

|                            |   |                                       |
|----------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                            | Екземпляр № 1   | Арк 13 / 1                            |

## ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету  
комп'ютерно-інтегрованих  
технологій, мехатроніки і  
робототехніки

31 серпня 2023 р., протокол № 7  
Голова Вченої ради

  
Олексій ГРОМОВИЙ

### **РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «СИСТЕМИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ З ВИМІРЮВАЛЬНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ»**

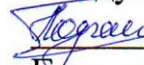
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр»  
спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»  
освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані інформаційно-  
вимірювальні системи»

факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і  
робототехніки

кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Схвалено на засіданні кафедри  
метрології та інформаційно-  
вимірювальної техніки  
28 серпня 2023р., протокол № 9

Завідувач кафедри

 Юрій ПОДЧАШИНСЬКИЙ  
Гарант ОПП

 Юрій ПОДЧАШИНСЬКИЙ

Розробники: к.т.н., доцент, доцент кафедри метрології та інформаційно-  
вимірювальної техніки ЧЕПЮК Ларіна, к.т.н., доцент, доцент кафедри  
робототехніки, електроенергетики та автоматизації ім. проф. Б.Б. Самотокіна  
ДОБРЖАНСЬКИЙ Олександр

Житомир  
2023 – 2024 н.р.

|                         |   |                                       |
|-------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                         | Екземпляр № 1   | Арк 13 / 2                            |

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників   | Галузь знань, напрям підготовки, освітній ступінь                         | Характеристика навчальної дисципліни |                       |
|---|---|--------------------------------------|-----------------------|
|   |   | денна форма навчання                 | заочна форма навчання |
| Кількість кредитів 5  | Галузь знань 17<br>«Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» | <i>Нормативна</i>                    |                       |
| Модулів – 1   | Спеціальність 175<br>«Інформаційно-вимірювальні технології»               | Рік підготовки:                      |                       |
| Змістових модулів – 2   |   | 1-й                                  | 1-й                   |
| Загальна кількість годин – 150  |   | Семестр                              |                       |
|   |   | 1-й                                  | 1-й                   |
| Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 год. самостійної роботи студента – 4,5 | Освітній ступінь «магістр»  | Лекції                               |                       |
|   |   | 16 год.                              | 6 год.                |
|   |   | Практичні                            |                       |
|   |   | 16 год.                              | 2 год.                |
|   |   | Лабораторні                          |                       |
|   |   | 32 год.                              | 8 год.                |
|   |   | Самостійна робота                    |                       |
| 86 год.   | 134 год.  |                                      |                       |
| Вид контролю: екзамен.  |   |                                      |                       |

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

для денної форми навчання – 43 % аудиторних занять, 57 % самостійної та індивідуальної роботи;

для заочної форми навчання - 11 % аудиторних занять, 89 % самостійної та індивідуальної роботи.

|                         |   |                                       |
|-------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                         | Екземпляр № 1   | Арк 13 / 3                            |

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою дисципліни «Системи цифрової обробки сигналів з вимірювальною інформацією» є**

- ознайомлення студентів з можливостями цифрової обробки сигналів та галузями її застосування;
- вивчення ними теоретичних основ цифрової обробки, головним чином цифрової фільтрації вимірювальної інформації;
- вивчення математичного апарату, який дозволяє побудувати адекватні математичні моделі сигналів та процедур їх обробки шляхом використання сучасних пакетів цифрової обробки сигналів.

**Завданнями вивчення дисципліни є:**

- освоїти принципи розробки та реалізації систем цифрової обробки сигналів з вимірювальною інформацією;
- освоїти методи розробки фільтрів з кінцевою імпульсною характеристикою (КІХ-фільтрів) та нескінченною імпульсною характеристикою (БІХ-фільтрів);
- освоїти методи реалізації алгоритмів цифрової обробки сигналів на процесорах цифрової обробки сигналів (ЦОС).

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»:

K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

K13. Знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів експериментальної інформатики.

K17. Здатність застосовувати комплексний підхід до вирішення експериментальних завдань із застосуванням засобів інформаційно-вимірювальної техніки та прикладного програмного забезпечення.

K19. Здатність розробляти програмне, апаратне та метрологічне забезпечення комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем.

K24. Здатність моделювати, обирати та застосовувати електронні та мікропроцесорні блоки у комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних системах.

K25. Здатність обґрунтовано вибирати, розробляти та використовувати методи обробки та аналізу сигналів з вимірювальною інформацією (в тому числі – цифрових зображень об'єктів вимірювань).

|                         |   |                                       |
|-------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                         | Екземпляр № 1   | Арк 13 / 4                            |

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за спеціальністю 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»:

ПР05. Вміти формулювати та вирішувати завдання у галузі метрології, що пов'язані з процедурами спостереження об'єктів, вимірювання, контролю, діагностування і прогнозування з урахуванням важливості соціальних обмежень (суспільство, здоров'я і безпека, охорона довкілля, економіка, промисловість тощо).

ПР07. Вміти проектувати і розробляти інженерні продукти, процеси та системи метрологічної спрямованості, обирати і застосовувати методи комп'ютеризованих експериментальних досліджень.

ПР13. Застосовувати апаратні та програмні засоби сучасних інформаційних технологій для вирішення задач в сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

ПР15. Знати і розуміти принципи, засоби та математичні моделі побудови і функціонування комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем, вміти застосовувати їх на практиці.

ПР16. Знати і розуміти теорію та методи цифрової обробки сигналів та зображень, застосовувати їх на практиці для аналізу, фільтрації та перетворення вимірювальної інформації.

ПР17. Застосовувати методи системного аналізу, структурні та програмно-алгоритмічні методи підвищення точності вимірювань в комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних системах.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1.**

#### **Теорія та методи експериментальної інформатики.**

#### **Розробка цифрових КІХ і БІХ фільтрів**

**Тема 1.** Предмет та задачі дисципліни. Інформаційні технології в метрології. Засоби цифрової обробки сигналів. Принципи розробки та реалізації систем цифрової обробки сигналів. Вирішення експериментальних завдань із застосуванням засобів інформаційно-вимірювальної техніки.

**Тема 2.** Теоретичні основи розробки цифрових фільтрів. Схема розробки цифрових фільтрів. Типи цифрових фільтрів: КІХ- та БІХ-фільтри. Вибір між

|                         |   |                                       |
|-------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                         | Екземпляр № 1   | Арк 13 / 5                            |

КІХ- та БІХ-фільтрами. Етапи розробки цифрового фільтра: Специфікація вимог. Розрахунок коефіцієнтів фільтра. Подання фільтра відповідною структурою. Аналіз впливу кінцевої розрядності. Реалізація фільтра.

**Тема 3.** Розробка фільтрів з кінцевою імпульсною характеристикою (КІХ-фільтрів). Ключові особливості КІХ-фільтрів. Типи КІХ-фільтрів з лінійною фазовою характеристикою. Методи розрахунку коефіцієнтів КІХ-фільтрів. Метод зважування. Вагові функції. Оптимізаційні методи. Співвідношення для оцінки довжини фільтра. Метод частотної вибірки. Порівняння методу зважування, оптимального методу та методу частотної вибірки. Вплив кінцевої розрядності на цифрові КІХ-фільтри: Помилки квантування коефіцієнтів Помилки округлення. Помилки переповнення.

**Тема 4.** Розробка фільтрів з нескінченною імпульсною характеристикою (БІХ-фільтрів). Етапи розробки цифрових БІХ-фільтрів. Специфікація продуктивності. Методи розрахунку коефіцієнтів БІХ-фільтрів. Розрахунок коефіцієнтів фільтра шляхом розміщення нулів та полюсів. Розрахунок коефіцієнтів методом інваріантного перетворення імпульсної характеристики. Розрахунок коефіцієнтів за допомогою узгодженого z-перетворення. Розрахунок коефіцієнтів за допомогою білінійного z-перетворення. Використання для розробки БІХ-фільтрів білінійного z-перетворення та класичних аналогових фільтрів. Розрахунок коефіцієнтів БІХ-фільтра шляхом відображення полюсів та нулів s-площини. Вибір методу розрахунку коефіцієнтів БІХ-фільтрів. Структури реалізації цифрових БІХ-фільтрів. Вплив кінцевої розрядності на БІХ-фільтри. Помилки квантування коефіцієнтів. Реалізація БІХ-фільтрів. Приклади використання БІХ-фільтрів у вимірювальних приладах.

## Змістовий модуль 2.

### **Адаптивні методи обробки сигналів вимірювальної інформації. Оцінка та аналіз спектра. Апаратна реалізація алгоритмів ЦОС в інформаційно-вимірювальних системах**

**Тема 5.** Принципи та математичні моделі обробки вимірювальної інформації. Адаптивні цифрові фільтри. Концепції адаптивної фільтрації. Основи теорії фільтрів Вінера. Стандартний адаптивний алгоритм найменших квадратів. Рекурсивний алгоритм найменших квадратів. Прикладне програмне забезпечення. Структурні та програмно-алгоритмічні методи підвищення точності вимірювань.

|                         |   |                                       |
|-------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                         | Екземпляр № 1   | Арк 13 / 6                            |

**Тема 6.** Спостереження та контроль об'єктів на основі оцінки та аналізу спектра сигналів вимірювальної інформації. Принципи оцінки спектра. Традиційні методи. Зважування. Метод та властивості періодограм. Методи модифікованих періодограм. Метод Блекмена-Тьюкі. Метод швидкої кореляції. Порівняння методів оцінки спектральної щільності потужності. Сучасні параметричні методи оцінки. Авторегресійна оцінка спектра.

**Тема 7.** Апаратні засоби інформаційних технологій та їх застосування у метрології. Універсальні та спеціалізовані процесори ЦОС. Комп'ютерна архітектура обробки сигналів. Універсальні процесори ЦОС. Процесори ЦОС із фіксованою комою. Процесори ЦОС із плаваючою комою. Вибір цифрового процесора. Реалізація алгоритмів ЦОС на універсальних процесорах ЦОС. Цифрова КІХ-фільтрація. Цифрова БІХ-фільтрація. Розрахунок БПФ. Адаптивна фільтрація. Спеціалізована апаратура ЦОС.

**Тема 8.** Розробка інформаційно-вимірювальних систем з урахуванням ефекту кінцевої розрядності відліків вимірювальної інформації. Аналіз ефектів кінцевої розрядності у системах ЦОС. Арифметика ЦОС. Шум квантування АЦП та якість сигналу. Ефекти кінцевої розрядності у цифрових БІХ-фільтрах. Вплив структури фільтра ефекти кінцевої розрядності. Помилки квантування коефіцієнтів. Вимоги до довжин коефіцієнтів з погляду стійкості та бажаної частотної характеристики.

#### 4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

| Змістові модулі і теми  | Кількість годин |        |           |             |                   |              |        |           |             |                   |
|---|-----------------|--------|-----------|-------------|-------------------|--------------|--------|-----------|-------------|-------------------|
|   | денна форма     |        |           |             |                   | заочна форма |        |           |             |                   |
|   | усього          | лекції | практичні | лабораторні | самостійна робота | усього       | лекції | практичні | лабораторні | самостійна робота |
| <b>Модуль 1</b>   |                 |        |           |             |                   |              |        |           |             |                   |
| <b>Змістовий модуль 1. Теорія та методи експериментальної інформатики.<br/>Розробка цифрових КІХ і БІХ фільтрів</b> |                 |        |           |             |                   |              |        |           |             |                   |
| Тема 1. Предмет та задачі дисципліни. Інформаційні технології в метрології  | 15              | 2      | 2         | 4           | 7                 | 15           | 1      | -         | -           | 14                |
| Тема 2. Теоретичні основи розробки цифрових фільтрів  | 20              | 2      | 2         | 4           | 12                | 20           | 1      | -         | 2           | 17                |
| Тема 3. Розробка фільтрів з кінцевою імпульсною   | 20              | 2      | 2         | 4           | 12                | 20           | -      | 1         | -           | 19                |

|                         |   |                                       |
|-------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                         | Екземпляр № 1   | Арк 13 / 7                            |

|   |     |    |    |    |    |     |   |   |   |     |  |
|---|-----|----|----|----|----|-----|---|---|---|-----|--|
| характеристикою (КІХ-фільтрів)  |     |    |    |    |    |     |   |   |   |     |  |
| Тема 4. Розробка фільтрів з нескінченною імпульсною характеристикою (БІХ-фільтрів).   | 20  | 2  | 2  | 4  | 12 | 20  | 1 | - | 2 | 17  |  |
| <i>Разом за змістовий модуль 1</i>  | 75  | 8  | 8  | 16 | 43 | 75  | 3 | 1 | 4 | 67  |  |
| <b>Змістовий модуль 2. Адаптивні методи обробки сигналів вимірювальної інформації.<br/>Оцінка та аналіз спектра. Апаратна реалізація алгоритмів ЦОС в інформаційно-вимірювальних системах</b> |     |    |    |    |    |     |   |   |   |     |  |
| Тема 5. Принципи та математичні моделі обробки вимірювальної інформації. Адаптивні цифрові фільтри.   | 15  | 2  | 2  | 4  | 7  | 15  | 1 | - | - | 14  |  |
| Тема 6. Спостереження та контроль об'єктів на основі оцінки та аналізу спектра сигналів вимірювальної інформації  | 20  | 2  | 2  | 4  | 12 | 20  | 1 | - | 2 | 17  |  |
| Тема 7. Апаратні засоби інформаційних технологій та їх застосування у метрології. Універсальні та спеціалізовані процесори ЦОС  | 20  | 2  | 2  | 4  | 12 | 20  | - | 1 | - | 19  |  |
| Тема 8. Розробка інформаційно-вимірювальних систем з урахуванням ефекту кінцевої розрядності відліків вимірювальної інформації  | 20  | 2  | 2  | 4  | 12 | 20  | 1 | - | 2 | 17  |  |
| <i>Разом за змістовий модуль 2</i>  | 75  | 8  | 8  | 16 | 43 | 75  | 3 | 1 | 4 | 67  |  |
| <b>ВСЬОГО</b>   | 150 | 16 | 16 | 32 | 86 | 150 | 6 | 2 | 8 | 134 |  |

|                         |   |                                       |
|-------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                         | Екземпляр № 1   | Арк 13 / 8                            |

### 5. Теми практичних та лабораторних занять

| № з/п | Назва теми практичних занять  | Кількість годин |              |
|-------|---|-----------------|--------------|
|       |   | денна форма     | заочна форма |
| 1     | Моделювання детермінованих і випадкових послідовностей                          | 2               | -            |
| 2     | Синтез КІХ - фільтрів методом вікон   | 2               | -            |
| 3     | Синтез КІХ - фільтрів методом найкращої рівномірної (чебишовської) апроксимації | 2               | 1            |
| 4     | Синтез БІХ - фільтрів методом білінійного Z-перетворення                        | 2               | -            |
| 5     | Моделювання систем адаптивної фільтрації  | 2               | -            |
| 6     | Синтез цифрових фільтрів в середовищі MATLAB                                    | 2               | -            |
| 7     | Розрахунок цифрових фільтрів у пакеті MATLAB з урахуванням квантування          | 2               | 1            |
| 8     | Симулювання роботи процесора цифрової обробки сигналів                          | 2               | -            |
| РАЗОМ |   | 16              | 2            |

| № з/п | Назва теми лабораторних занять  | Кількість годин |              |
|-------|---|-----------------|--------------|
|       |   | денна форма     | заочна форма |
| 1     | Моделювання детермінованих і випадкових послідовностей                          | 4               | -            |
| 2     | Синтез КІХ - фільтрів методом вікон   | 4               | 2            |
| 3     | Синтез КІХ - фільтрів методом найкращої рівномірної (чебишовської) апроксимації | 4               | -            |
| 4     | Синтез БІХ - фільтрів методом білінійного Z-перетворення                        | 4               | 2            |
| 5     | Моделювання систем адаптивної фільтрації  | 4               | -            |
| 6     | Синтез цифрових фільтрів в середовищі MATLAB                                    | 4               | 2            |
| 7     | Розрахунок цифрових фільтрів у пакеті MATLAB з урахуванням квантування          | 4               | -            |
| 8     | Симулювання роботи процесора цифрової обробки сигналів                          | 4               | 2            |
| РАЗОМ |   | 32              | 8            |



|                         |   |                                       |
|-------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                         | Екземпляр № 1   | Арк 13 / 9                            |

## 6. Завдання для самостійної роботи

1. Принципи розробки та реалізації систем цифрової обробки сигналів.
2. Вибір між КІХ- та БІХ-фільтрами.
3. Подання фільтра відповідною структурою.
4. Ключові особливості КІХ-фільтрів.
5. Метод частотної вибірки.
6. Порівняння методу зважування, оптимального методу та методу частотної вибірки.
7. Методи розрахунку коефіцієнтів БІХ-фільтрів.
8. Розрахунок коефіцієнтів за допомогою узгодженого z-перетворення. Використання для розробки БІХ-фільтрів білінійного z-перетворення та класичних аналогових фільтрів.
9. Розрахунок коефіцієнтів БІХ-фільтра шляхом відображення полюсів та нулів s-площини.
10. Структури реалізації цифрових БІХ-фільтрів.
11. Концепції адаптивної фільтрації.
12. Основи теорії фільтрів Вінера.
13. Рекурсивний алгоритм найменших квадратів.
14. Принципи оцінки спектра.
15. Метод та властивості періодограм.
16. Методи модифікованих періодограм.
17. Метод швидкої кореляції.
18. Порівняння методів оцінки спектральної щільності потужності.
19. Авторегресійна оцінка спектра.
20. Комп'ютерна архітектура обробки сигналів.
21. Універсальні процесори ЦОС.
22. Процесори ЦОС із плаваючою комою.
23. Реалізація алгоритмів ЦОС на універсальних процесорах ЦОС.
24. Адаптивна фільтрація.
25. Спеціалізована апаратура ЦОС.
26. Арифметика ЦОС.
27. Вплив структури фільтра на ефекти кінцевої розрядності.
28. Вимоги до довжин коефіцієнтів з погляду стійкості та бажаної частотної характеристики.

## 7. Індивідуальні завдання

Індивідуальні семестрові завдання виконуються у формі розрахункової роботи.

Типове завдання складається з задачі:

Цифровий фільтр описується заданим різницеvim рівнянням з заданим періодом дискретизації. Знайти аналітичні вирази для:

|                         |   |                                       |
|-------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                         | Екземпляр № 1   | Арк 13 / 10                           |

- 1) системної функції цифрового фільтра;
- 2) імпульсної характеристики;
- 3) частотної характеристики.

Зобразити розташування нулів і полюсів системної функції на  $Z$ -площині.

Побудувати графік АЧХ фільтра (по вісі частот частоту вказати в герцах).

Зобразити структурну схему фільтра.

З'ясувати, чи є стійким даний фільтр.

Побудувати початкову частину імпульсної характеристики фільтра, використовуючи отриманий аналітичний вираз (не менш 30 відліків),

Навести таблицю значень імпульсної характеристики.

## 8. Методи навчання

На лекційних заняттях: розповідь, пояснення, демонстрація, бесіда, дискусія.  
На лабораторних заняттях: пояснення, розв'язування ситуаційних задач, виконання індивідуального варіанту завдання. Самостійна робота студента: вивчення розділів основної і допоміжної літератури, реферати, повідомлення, науково-пошукові, дослідницькі проекти.

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – лабораторна робота, практична робота, вправи. За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний. За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

Методи навчання:

МН1 – вербальні (лекція, пояснення, розповідь, бесіда, інструктаж);

МН2 – наочні (спостереження, ілюстрація, демонстрація);

МН3 – практичні (різні види вправ та завдань, виконання розрахунків, практики);

МН4 – пояснювально-ілюстративний (передбачає надання готової інформації викладачем та її засвоєння студентами);

МН5 – репродуктивний, в основу якого покладено виконання різного роду завдань за зразком;

МН6 – метод проблемного викладу;

МН7 – частково-пошуковий (евристичний);

МН9 – дискусійний метод;

МН10 – метод активного навчання (проведення ділових ігор, ігрового проектування);

МН11 – ситуаційний метод, рішення кейсових завдань.

|                         |   |                                       |
|-------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                         | Екземпляр № 1   | Арк 13 / 11                           |

## 9. Методи контролю

Контрольні заходи включають поточний та підсумковий модульний контроль в тому числі у вигляді модульних контрольних робіт.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лабораторних занять для перевірки рівня підготовки студента до виконання конкретної роботи. Форма проведення поточного контролю: усне опитування, вирішення ситуаційних задач, тестовий контроль, виконання лабораторної роботи. Оцінюється вхідний, проміжний, кінцевий рівень знань студента.

Методи контролю:

МО1 – оцінювання роботи під час аудиторних занять;

МО2 – виконання практичних завдань;

МО3 – поточне тестування;

МО4 – виконання аудиторної контрольної роботи;

МО5 – захист індивідуального завдання;

МО6 – екзамен.

## 10. Розподіл балів

| Поточне тестування та самостійна робота |    |    |    |
|---|----|----|----|
| Змістовий модуль №1                     |    |    |    |
| T1                                      | T2 | T3 | T4 |
| 15                                      | 10 | 10 | 15 |

| Поточне тестування та самостійна робота |    |    |    | Сума |
|---|----|----|----|------|
| Змістовий модуль №2                     |    |    |    |      |
| T5                                      | T6 | T7 | T8 | 100  |
| 10                                      | 10 | 15 | 15 |      |

## Шкала оцінювання

| За шкалою | Екзамен  | Бали   |
|-----------|----------|--------|
| A         | Відмінно | 90-100 |
| B         | Добре    | 82-89  |
| C         |          | 74-81  |

|                         |   |                                       |
|-------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                         | Екземпляр № 1   | Арк 13 / 12                           |

|    |              |       |
|----|--------------|-------|
| D  | Задовільно   | 64-73 |
| E  |              | 60-63 |
| FX | Незадовільно | 35-59 |
| F  |              | 0-34  |

## 11. Рекомендована література

### *Основна література*

1. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики: навч. посібник / уклад.: Ю.О. Ушенко, М.С. Гавриляк, М.В. Талах, В.В. Дворжак. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 308 с.
2. Братченко Г. Д., Перелигін Б. В., Банзак О. В., Казакова Н. Ф., Григор'єв Д. В. Методи та засоби обробки сигналів. Навчальний посібник. – Одеса: Типографія-видавництво «Плутон», 2014. – 452 с.
3. Заболотній С. В. Цифрове оброблення сигналів: Посібник для студентів. Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 119 с.
4. Філатова Г.Є. Проектування цифрових фільтрів: навчальний посібник /Г.Є. Філатова. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – 120 с.
5. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 79 с.
6. Теорія сигналів: навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А.О. Попов. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 268 с.

### *Допоміжна література*

1. Richard G. Lyons, D. Lee Fugal The Essential Guide to Digital Signal Processing Prentice Hall, 2014, p. 208.
2. D. Sundararajan: Digital Signal Processing: An Introduction Springer, 2021, p. 403.
3. Lars Wanhammar, Tapio Saramaki Digital Filters Using MATLAB Springer 2020 p. 798.
4. Luis F. Chaparro, Aydin Akan Signals and Systems using MATLAB, 3rd Edition Academic Press 2018 p. 820.
5. MATLAB Signal Processing Toolbox User's Guide (R2021a): The MathWorks, Inc. : 2021 :p.1404.
6. Samir I. Abood Digital Signal Processing: A Primer With MATLAB CRC Press 2020, p. 338.
7. Emmanuel Ifeachor Barrie Jervis Digital Signal Processing: A Practical Approach Prentice Hall, 2nd edition, 2001, p. 933

|                            |   |                                       |
|----------------------------|---|---------------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф-20.09-<br>05.01/175.00.1/М/ОК8-2023 |
|                            | <i>Екземпляр № 1</i>  | <i>Арк 13 / 13</i>                    |

## 12. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Матеріали з дисципліни «Системи цифрової обробки сигналів з вимірювальною інформацією» кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки на освітньому порталі «Навчальні ресурси Державного університету «Житомирська політехніка»»: <http://learn.ztu.edu.ua>.

2. <https://mrcet.com/downloads/ECE/DSP%20Lab%20Manual.pdf>

3. <http://ultra.sdk.free.fr/docs/DxO/Practical%20Digital%20Signal%20Processing.pdf>