

**Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича**

(повна найменування закладу вищої освіти)

**Навчально-науковий інститут фізико-технічних і комп'ютерних наук**

(назва інституту/факультету)

**Кафедра комп'ютерних систем та мереж**

(назва кафедри)

## **СИЛАБУС**

**навчальної дисципліни**

***Методи цифрової обробки сигналів вбудованих КС***

(вказати назву навчальної дисципліни (іноземною, якщо дисципліна вказується іноземною мовою))

**вибіркова**

(обов'язковий вибірково)

**Освітньо-професійна програма – “Програмування мобільних і**

***вбудованих комп'ютерних систем та засобів Інтернету речей”***

**Спеціальність – 123 – Комп'ютерна інженерія**

(шифр і назва спеціальності)

**Галузь знань – 12 – Інформаційні технології**

(шифр і назва галузь знань)

**Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)**

(вказати: перший (бакалаврський)/другий (магістерський)/третій (освітньо-науковий))

**Навчально-науковий інститут фізико-технічних і комп'ютерних наук**

(назва факультету / інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

**Мова навчання – українська**

(мова, на якій читється дисципліна)

**Розробники:**

Мельничук Степан Васильович, професор кафедри КСМ, доктор фіз.-мат. наук;

Іванушак Наталія Михайлівна, асистент кафедри КСМ, кандидат технічних наук;

(вказати авторів (викладачів (ів)), їхні посади, наукові ступені, освітлення)

**Профайл викладача (-ів)** <https://csn.chnu.edu.ua/>,  
<https://csn.chnu.edu.ua/employees/melnychuk-stepan-vasylovych>

**Контактний тел.** + (38) 067 372 0162, + (38) 095 494 59 29 – Мельничук С.В.  
+ (38) 0372 50 94 32 (кафедра КСМ) – Мельничук С.В.

**E-mail:** [s.melnychuk@chnu.edu.ua](mailto:s.melnychuk@chnu.edu.ua),

**Сторінка курсу в Moodle** <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=1270>

**Консультації**  
*on-line: понеділок з 14.00 до 15.00*  
*Очні консультації: четвер з 14.00 до 15.00*

## **1. Анотація дисципліни**

Сучасні тенденції в розвитку телекомунікацій і комп'ютерних мереж в значній мірі обумовлені розвитком технологій цифрової обробки інформації та комп'ютерного моделювання. Такі методології частково розглядаються в курсах обов'язкової компоненти спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія. Зокрема це стосується «Теорії інформації та кодування», «Комп'ютерної електроніки», «Алгоритмів та методів обчислень», тощо. Однак матеріал в сучасних підручниках з вказаної тематики в основному орієнтований на спеціальності електронного профілю. Тому запропоновані вибіркові компоненти у вигляді курсів «Методи цифрової обробки сигналів» та «Системи передачі даних» призначені в першу чергу для надання студентам-системотехнікам додаткових ґрунтовних знань і достатніх компетентностей для фахового підходу і глибокого розуміння матеріалу, що викладається надалі в курсах «Комп'ютерні мережі» та «Мережні інформаційні технології». По-друге, перевагою даного курсу є можливість об'єднати як фундаментальні аспекти сучасної теорії аналогової і цифрової обробки та передавання сигналів, так і ознайомити студентів – бакалаврів з комп'ютерної інженерії, з великим набором програмних засобів і застосунків пакету MatLab для практичного дослідження вказаних питань. У подальшому це є вагомим підґрунтям і значно розширює їхні можливості та компетентності з оволодіння сучасними технологіями комп'ютерного моделювання у сфері наукових досліджень в магістратурі та на рівні доктора філософії.

## **2. Мета навчальної дисципліни:**

Надати студентам знань достатніх для набуття компетентностей з розуміння принципів і методів створення, аналізу, передачі та обробки цифрових сигналів, та оволодіння технологіями їх моделювання в поширених сучасних програмних середовищах і використання в галузі інформаційних технологій.

### **Завдання**

- обґрунтувати і показати що методологія цифрової обробки сигналів є логічною ланкою, яка пов'язує між собою фундаментальні закони фізики, що описують інформаційні сигнали використовуючи математичний апарат, теорію інформації та кодування та технології комп'ютерних мереж;

- сформувати у студентів чіткі уявлення про фундаментальні основи і положення теорії цифрової обробки детермінованих та випадкових сигналів, та забезпечити підґрунтя для освоєння ними аналітичних і числових методів аналізу цифрових сигналів;

- познайомити студентів із базовими методами цифрової обробки сигналів, сприяти набуттю ними компетенцій з широкого застосування методів аналізу лінійних аналогових та дискретних систем, описання випадкових сигналів, шумів, цифрових фільтрів тощо, використовуючи поширені пакети прикладного програмування і комп'ютерного моделювання, зокрема застосунки пакету MatLab.

**3. Пререквізити.** Для засвоєння і розуміння курсу студенти повинні мати загальні та фахові знання з вищої математики, фізики, теорії ймовірності, теорії електричних кіл, комп'ютерної електроніки, знати архітектуру комп'ютерів, володіти методами алгоритмічного та об'єктно-орієнтованого програмування.

#### **4. Результати навчання**

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

##### **4.1. Знати:**

- основні методи перетворення аналогових сигналів в цифрові;
- зміст і суть цифрової обробки детермінованих та випадкових сигналів;
- сучасні програмні засоби цифрової обробки сигналів;
- особливості та методи опису лінійних систем у часовому та частотному представленнях;
- принципи побудови та застосування цифрових фільтрів;

##### **4.2. Вміти:**

- описувати аналогові сигнали, різні типи їх модуляції та демодуляції;
- застосовувати методи дискретизації та відновлення сигналів;
- проводити аналіз частотних і часових характеристик цифрових фільтрів;
- використовувати стандартні бібліотечні програми для візуалізації результатів розрахунків;
- застосовувати методи фільтрації за допомогою аналогових та цифрових фільтрів

##### **4.3. Набути компетентностей:**

###### ЗК - загальних

ЗК 3.Здатність застосовувати набуті знання для розв'язування практичних задач.

ЗК 6.Здатність удосконалювати свої знання на основі набутого досвіду.

ЗК 7.Вміння виділити в практичній проблемі алгоритм її розв'язку.

ЗК 8.Здатність працювати в команді та генерувати нові ідеї.

###### ФК - фахових

ФК 4. Здатність використовувати основні методи математичного опису сигналів та лінійних аналогових та цифрових систем.

ФК 5. Здатність використовувати властивості і характеристики лінійних аналогових і цифрових систем

ФК 7. Здатність розуміти загальні принципи апаратної реалізації цифрової обробки сигналів.

###### ПРН - програмовані результати навчання

ПРН1. Знати і застосовувати набуті знання про методи аналізу та моделювання цифрових сигналів у прикладних сферах.

ПРН2. Мати навички проведення розрахунків за власними програмами із використанням стандартних програм спеціалізованих бібліотек.

ПРН7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу цифрових фільтрів.

ПРН8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей.

ПРН16. Вміти оцінювати отримані результати та аргументовано їх захищати.

ПРН20. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення.

## 5. Опис навчальної дисципліни

### 5.1. Загальна інформація

Назва навчальної дисципліни <i>Методи цифрової обробки сигналів вбудованих КС</i>												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	3	5	4	120	2	30	-	-	15	75	-	Іспит
Заочна												

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання – 0,6 (30+15)/75).

### 5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назва змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							заочна форма						
	усього	у тому числі						усього	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	с.р.	л		п	лаб	інд	с.р.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
<b>Змістовий модуль 1. Загальні характеристики аналогових та цифрових сигналів</b>														
<b>Тема 1.</b> Загальні відомості про ЦОС. Математичні моделі сигналів. Гармонійні сигнали. Система МАТЛАБ та її можливості	20	4	-	4	-	9								
<b>Тема 2.</b> Дискретні сигнали. Z-перетворення і перетворення Фур'є. Теорема Котельникова	12	4	-	2	-	8								
<b>Тема 3.</b> Спектральні характеристики дискретних сигналів	14	4	-	3	-	8								
<b>Тема 4.</b> Лінійні системи	14	4	-	2	-	8								
<b>Разом за ЗМ1</b>	60	16	-	11	-	33								

Змістовний модуль 2. Випадкові сигнали												
Тема 5. . Імовірносні методи в теорії сигналів	8	4	-	-	-	8						
Тема 6. Спектральний аналіз випадкових процесів	24	4	-	2	-	12						
Тема 7. Випадкові сигнали в лінійних системах. Виділення корисного сигналу	12	2	-	1	-	10						
Тема 8. Дискретні випадкові сигнали	16	4	-	1	-	12						
<b>Разом за ЗМ2</b>	<b>60</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>42</b>						
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>75</b>						

### 5.3. Теми лабораторних занять

№	Назва теми
1.	Система МАТЛАБ
2.	Дослідження характеристик сигналів
3.	Дискретні сигнали
4.	Спектри амплітуд і фаз сигналів
5.	Лінійні системи в часовому представленні
6.	Лінійні системи в z-представленні
7.	Визначення характеристик випадкових сигналів
8.	Моделювання детермінованих цифрових сигналів
9	Моделювання випадкових цифрових сигналів
10	Аналіз детермінованих і випадкових сигналів засобами GUI SPTool

### 5.4. Тематика індивідуальних завдань

В даному курсі виконання індивідуальних завдань не передбачено.\*

\* ІНДЗ – може бути рекомендовано в окремих випадках для студентів, які успішно освоїли основний навчальний матеріал, з метою поглибленого вивчення ними та/чи удосконалення матеріалів певного змістового модуля, або в цілому для навчальної дисципліни за рішенням кафедри викладача.

### 5.5. Самостійна робота

Тематика самостійної роботи відповідає тематиці і контенту аудиторних занять в таблиці 5.2.

## **6. Форми і методи навчання**

**Форми навчання** – лекції, лабораторні заняття, заняття із застосуванням комп'ютерної техніки, відеозаняття і відеоконференції засобами GoogleMeet, заняття з використанням системи електронного навчання Moodle.

**Методи:** виклад матеріалу на лекції з постановкою науково-дослідницької проблеми, пошукові лабораторні практикуми, презентації, консультації і дискусії, робота в інтернет-класі: електронні лекції, лабораторні роботи, дистанційні консультації та ін., спрямовані на активізацію і стимулювання навчально-пізнавальної діяльності студентів.

**Підходи до навчання:** використовуються студентоцентрований, проблемно-орієнтований, діяльнісний, комунікативний, професійно-орієнтований, міждисциплінарний підходи.

**Реалізація навчального процесу** здійснюється під час лекційних, лабораторних занять, самостійної позааудиторної роботи з використанням сучасних інформаційних технологій навчання, консультацій з викладачами, комп'ютерного забезпечення.

Для **формувань умінь та навичок** застосовуються такі **методи навчання:**

- вербальні/словесні (*лекція, пояснення, розповідь, бесіда, інструктаж*);
- наочні (*спостереження, ілюстрація, демонстрація*);
- практичні (*проведення комп'ютерного імітаційного експерименту, практики*);
- пояснювально-ілюстративний або інформаційно-рецептивний, який передбачає пред'явлення готової інформації викладачем та її засвоєння студентами;
- репродуктивний (*виконання лабораторних завдань за зразком*);
- метод проблемного викладу матеріалу на лекційних заняттях.

### **6.1. Словесні методи навчання. Навчальна лекція**

За допомогою даного методу забезпечується усне викладення матеріалу великими ємністю й складністю логічних побудов, доказів і узагальнень. В ході лекції використовуються прийоми усного викладення інформації, підтримання уваги протягом тривалого часу, активізації мислення студентів, прийоми забезпечення логічного запам'ятовування, переконання, аргументації, доказів, класифікації, систематизації і узагальнення. В залежності від специфіки лекційного матеріалу іноді використовується лекція-діалог.

### **6.2. Індуктивний метод навчання**

Даний метод навчання використовується в рамках лекційних занять, коли матеріал носить, здебільшого, фактичний характер. В рамках лабораторних занять метод застосовується при виконанні технічних задач, коли студенти використовують раніше здобуті теоретичні знання при роботі з конкретними пристроями (комп'ютерами) та програмними продуктами.

### **6.3. Репродуктивний метод навчання**

Даний метод навчання використовується в рамках лекційних і лабораторних занять, а також під час самостійної роботи студентів. Метод передбачає роботу студентів за визначеним алгоритмом. Згідно з методом для виконання завдань студентам надаються методичні вказівки, правила і навчальні приклади.

#### **6.4. Проблемно-пошукові методи навчання**

Проблемно-пошукові методи застосовуються в ході проблемного навчання, а саме в процесі виконання лабораторних робіт та індивідуальних науково-дослідних завдань, де під проблемною ситуацією треба вважати невідповідність між тим, що вивчається і вже вивченим. При використанні проблемно-пошукових методів навчання викладач використовує такі прийоми: створює проблемну ситуацію (ставить питання, пропонує задачу, експериментальне завдання), організує колективне обговорення можливих підходів до рішення проблемної ситуації, стимулює висування гіпотез, тощо. Студенти роблять припущення про шляхи вирішення проблемної ситуації, узагальнюють раніше набуті знання, виявляють причини явищ, пояснюють їхнє походження, вибирають найбільш раціональний варіант вирішення проблемної ситуації. Викладач обов'язково керує цим процесом на всіх етапах, а також за допомогою запитань-підказок. Також даний метод використовується при опрацюванні матеріалів в системі дистанційної освіти «Moodle».

#### **6.5. Наочний метод навчання**

Наочний метод достатньо важливий для студентів, оскільки забезпечує візуальне подання навчального матеріалу, зокрема, з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. При викладанні дисципліни наочний метод навчання поєднується зі словесними методами для представлення інформації у вигляді таблиць, рисунків, схем та діаграм.

#### **6.6. Технічне й програмне забезпечення/обладнання.**

Комп'ютери в комп'ютерних класах №№ 302, 307, 313, 317, 322, 325, 8-го корпусу ЧНУ, кафедри КСМ з наступною орієнтовною конфігурацією:

- Motherboard Asus Prime H310M-A R2.0
- CPU Intel Pentium Gold G5400 (BX80684G5400) s1151 BOX
- SSD Apacer AS350 Panther 240GB 2.5" SATAIII TLC (AP240GAS350-1)
- Memory HyperX DDR4-2400 8192MB PC4-19200 Fury Black (HX424C15FB2/8)
- Case GameMax ET-207 400 Вт
- Keyboard Defender Element HB-520 PS/2 Black (45520)
- Mouse 2E MF107 USB Black (2E-MF107UB)
- Monitor 21.5" Philips.

Програмне забезпечення: ліцензійні пакети Windows 10, MS Office software 79P-05726 OfficeProPlus 2019 UKR OLP NL AcdmcNon-specificNoLevel (Word, Excel, PowerPoint, Access), а також демоверсії пакету MatLab 2007R/2011R.

### **7. Система контролю та оцінювання**

Засобами оцінювання результатів навчання студента є: результати виконання лабораторних робіт, а також результати тестування матеріалу першого та другого модулів.

Формами поточного контролю рівня знань є усний коментар про виконані лабораторні роботи та виконання тестового контролю.

### 7.1. Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання є досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання навчальної дисципліни.

У залежності від характеру відповіді студента кількість балів за кожний вид діяльності може бути визначена за наступними критеріями:

<b>К-ть балів</b>	<b>Критерії оцінки</b>
Мах	Студент дає вичерпну відповідь на поставлене запитання
0,8 · Мах	Студент при відповіді на поставлене запитання припустився незначних неточностей, які не впливають на суть відповіді
0,6 · Мах	Студент при відповіді на поставлене запитання припустився помилок, які виправляє за допомогою викладача; в середньому може дати правильні відповіді на 50% питань теми
0,4 · Мах	Студент при відповіді на поставлене запитання припустився суттєвих помилок, які все ж таки виправляє за допомогою викладача; дає правильні відповіді на 30% питань теми
0,2 · Мах	Студент за допомогою викладача фрагментарно відповідає на запитання, проте не в повній мірі володіє мінімальним рівнем знань з даного питання
0	Характер відповідей дає підставу стверджувати, що студент неправильно зрозумів суть питання чи не знав правильної відповіді, а тому відповідав, припускаючись грубих помилок.

**Примітка:** за Мах прийнято максимальну оцінку для даного виду діяльності; заокруглення проводиться до одиниць балу.

### Шкала та критерії оцінювання: національна та ЄКТС (Європейська кредитна трансферно-накопичувальна система, ECTS)

<b>Оцінка за шкалою ЄКТС</b>	<b>Пояснення</b>	<b>Оцінка за 100-бальною шкалою</b>	<b>Оцінка за національною шкалою</b>
<b>A</b>	відмінно	<b>90 – 100</b>	<b>відмінно</b>
<b>B</b>	дуже добре	<b>80-89</b>	<b>добре</b>
<b>C</b>	добре	<b>70-79</b>	
<b>D</b>	задовільно	<b>60-69</b>	<b>задовільно</b>
<b>E</b>	достатньо	<b>50-59</b>	
<b>FX</b>	(незадовільно) з можливістю повторного складання	<b>35-49</b>	<b>незадовільно</b>
<b>F</b>	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом	<b>1-34</b>	

## Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)										Підсумк. контроль (залік)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2						
T1	T2	T3	T4	M1	T5	T6	T7	T8	M2		
				30					25	45	100

T1 ... T8 – теми змістових модулів; M1 ..M2 – модульні контрольні роботи

### 7.2. Розподіл максимально можливої кількості балів, які отримують студенти за виконання всіх видів навчальної діяльності

**Змістовий модуль 1.** Загальні характеристики аналогових та цифрових сигналів  
**По матеріалах лекцій проводиться тестове опитування, яке містить 30 питань, що дозволяє набрати 30 балів. (правильна відповідь – 1 бал).**

**T1.** Загальні відомості про ЦОС. Математичні моделі сигналів. Гармонійні сигнал. Система МАТЛАБ та її можливості

**T2.** Дискретні сигнали. Дискретне перетворення Фур'є.  
Теорема Котельникова

**T3.** Спектральні характеристики дискретних сигналів

**T4.** Лінійні системи

**По матеріалах тем 5-8 проводиться тестове опитування, яке містить 50 питань, що дозволяє набрати 25 балів.(правильна відповідь -0,5 бала).**

**Змістовний модуль 2.** Цифрові фільтри та випадкові сигнали

**T5.** Модульовані коливання

**T6.** Випадкові сигнали та їх характеристики

**T7.** Випадкові сигнали в лінійних системах

**T8.** Аналогові та цифрові фільтри

**На тестах по двох модулях студент може набрати 55 балів. На залік залишається 45 балів. Сумарна оцінка на заліку визначається за національною шкалою та шкалою ЄКТС.**

### 7.3. Умови зарахування результатів неформальної освіти

Студент, згідно Положення ЧНУ «Про неформальну освіту» може отримати додаткові бали, або бути звільненим від окремих видів роботи з окремих тем, якщо у нього наявні сертифікати про неформальну освіту з проблем, які вивчаються на дисципліні «Комп'ютерні системи».

Також, як виконані види роботи з відповідних тем зараховуються студенту бали за наукові публікації у матеріалах науково-практичних конференцій та фахових чи апробаційних виданнях.

### 7.4. Політика дисципліни.

1. До заліку чи екзамену допускаються студенти, які виконали та здали звіти про виконання всіх 10 лабораторних робіт.

2. В білетах підсумкового контролю включаються 2 теоретичних запитання і одна із лабораторних робіт, виконання якої студент повинен прокоментувати та продемонструвати.
3. В процесі виконання лабораторних робіт студенти повинні дотримуватись правил доброчесності. Це означає самостійне виконання робіт, не допустимим є також плагіат.
4. Самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей).
5. Академічна доброчесність: посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.
6. Відвідування: Відвідування занять є обов'язковим. Засвоєння пропущеної теми лекції з поважної причини перевіряється під час складання підсумкового контролю. Пропуск лекції з неповажної причини відпрацьовується студентом (співбесіда, реферат тощо). Пропущені лабораторні заняття, незалежно від причини пропуску, студент відпрацьовує згідно з графіком консультацій.

## **8. Рекомендована література**

### **Базова (основна)**

1. John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis Digital Signal Processing Principles, Algorithms and Applications, Third Edition, PRENTICE-HALL INTERNATIONAL, INC. 2017.
2. Vinay K. Ingle, John G. Proakis Digital Signal Processing using MATLAB, PWS Publishing Company; Boston, Albany, Bonn, Cincinnati, Detroit, London, Madrid, Melbourne, Mexico City, New York, Paris, San Francisco, Singapore, Tokyo, Toronto, Washington, 2015.
3. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс. – Киев: Издательская группа ВHV, 2005.
4. Г.І. Воробець, С.В. Мельничук ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ, Навчальний посібник, ЧАСТИНА 1, Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2021.
5. Г.І. Воробець, С.В. Мельничук ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ, Навчальний посібник, ЧАСТИНА 2. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2021.

### **Допоміжна**

6. Бабак В.П., Белецкий А.Я., Гуржий А.Н. Сигналы и спектры К., Книжное издательство Национального авиационного университета, 2005.
7. Edward W. Kamen Bonnie S Heck «Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and MATLAB», Third Edition, Pearson Education Limited, 2014
8. MONSON H. HAYES «STATISTICAL DIGITAL SIGNAL PROCESSING AND MODELING», JOHN WILEY & SONS, INC. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 2018
9. Paulo S. R. Diniz, Eduardo A. B. da Silva, Sergio L. Netto Digital Signal Processing System Analysis and Design, Second Edition, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2010.

## 9. Інформаційні ресурси

1. Кветний Р.Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислення. Частина 2. Цифрова обробка сигналів / Богач О.Р., Софіна О.Ю., Шушура О.М. [Електронний ресурс] URL: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj\\_komp%27yuterne\\_modelyuvannya\\_system\\_procesiv/t2/1..htm](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp%27yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t2/1..htm)
2. Signal Processing [Електронний ресурс] URL: <https://es.mathworks.com/products/signal.html> Processing Toolbox
3. Digital Signal Processing [Електронний ресурс] URL: <https://es.mathworks.com/solutions/dsp.html>