

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І.І.МЕЧНИКОВА

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютерних систем та технологій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## Дипломна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Моделювання цифрового фільтра з використанням Matlab  
Simulation of Digital Filter using Matlab

Виконав: студент денної форми навчання

напрямку підготовки 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Першин Сергій Євгенович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник канд. ф-м. наук Шугайло Ю.Б.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали, підпис)

Рецензент ст. викл. Берков Ю.М.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали, підпис)

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ 9 від «16» 06 2020 р.

Захищено на засіданні ЕК № \_\_\_\_\_

Протокол № \_\_\_\_\_ від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

Оцінка \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Ю.О. Гунченко

(прізвище, ініціали)

Голова ЕК

(підпис)

Н.Ф. Казакова

(прізвище, ініціали)

Одеса - 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І.І.МЕЧНИКОВА  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра системного програмного забезпечення та технологій дистанційного навчання  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## **Дипломна робота**

на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

**Моделювання цифрового фільтра з використанням Matlab**

Виконав:

студент денної форми навчання

спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Першин Сергій Євгенович

(Прізвище, Ім'я, По-батькові)

Керівник \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Одеса – 2020

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра за темою «Моделювання цифрового фільтра з використанням Matlab», про можливості програми Matlab та підсистеми Simulink для моделювання цифрових фільтрів. Означений продукт є сучасним, надзвичайно потужним інструментом для обробки даних, моделювання процесів різної природи їх візуалізації, програмування процесів та явищ.

Цифровий фільтр – це система, що перетворює один цифровий сигнал в інший. В роботі поведений огляд питань пов'язаних з проектуванням фільтрів. Проведено огляд літературних джерел по теорії фільтрації. Огляд алгоритмів проектування цифрових фільтрів. Ну і звісно, огляд літератури присвячений середовищу в якому виконувалось моделювання Matlab.

В роботі проведено моделювання фільтра нижніх частот (фільтр Кауера, або еліптичний). Моделювання проведено з заданими вихідними даними.

Схема цифрового фільтра була проєктована програмою Matlab за допомогою підсистеми Simulink.

## ABSTRACT

Goal of this bachelor's paper is modeling of digital filter using Matlab. This program is a modern, extremely powerful tool for data processing, modeling of processes of different nature and their visualization, programming of processes .A digital filter is a system that converts one digital signal into another. The paper provides an overview of issues related to filter design. A review of literature sources on the theory of filtration. Overview of algorithms for designing digital filters. And of course, the literature review is devoted to the environment in which Matlab modeling was performed.The paper simulates the low-pass filter (Cower filter, or elliptical). The simulation was performed with the specified initial data.The digital filter circuit was designed by Matlab using the Simulink subsystem.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	5
ВСТУП .....	7
1 СИСТЕМА MATLAB – ГНУЧКА ТА ПОТУЖНА СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ПРИЛАДІВ ....	9
1.1 Загальні відомості .....	9
1.2 Matlab у ролі потужного наукового калькулятора .....	11
1.3 Графіка системи Matlab. Особливості графіки системи Matlab:.....	14
1.4 Візуалізація й графічні засоби .....	15
1.5 Характеристика та можливості системи Matlab .....	16
1.6 Пакет блокового імітаційного моделювання Simulink.....	19
1.7 Підсистема Simulink її склад, характеристики та можливості .....	21
1.8 Призначення пакета Signal Processing Toolbox.....	25
2 ЦИФРОВІ ФІЛЬТРИ – ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	29
2.1 Загальні відомості та види фільтрів .....	29
2.2 Основні структури фільтрів .....	32
2.3 Функції фільтрів.....	33
3 МОДЕЛЮВАННЯ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ MATLAB	38
3.1 Засоби автоматизованого моделювання .....	38
3.2 Моделювання цифрового фільтра.....	39
3.3 Моделювання реакції аналогової й дискретної системи на одиничний східчастий імпульс.....	44
3.4. Проектування цифрового фільтра з заданими характеристиками.....	48
ВИСНОВОК.....	58
ЛІТЕРАТУРА .....	60

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ACF - Autocorrelation Function (автокореляційна функція).
- AF - Adaptive Filter (адаптивний фільтр).
- DCT - Discrete Cosine Transform (дискретне косинус-перетворення).
- DFT - Discrete Fourier Transform (дискретне перетворення Фур'є).
- DSP - Digital Signal Processing (цифрова обробка сигналів).
- FFT - Fast Fourier Transform (швидке перетворення Фур'є).
- FIR - Finite Impulse Response (кінцева імпульсна характеристика).
- GUI - Graphical User Interface (графічний інтерфейс користувача).
- IDFT - Inverse Discrete Fourier Transform (зворотне дискретне перетворення Фур'є).
- IFFT - Inverse Fast Fourier Transform (зворотне швидке перетворення Фур'є).
- IIR - Infinite Impulse Response (нескінченна імпульсна характеристика).
- АЧХ — амплітудно-частотна характеристика
- ФЧХ — фазо-частотна характеристика
- KIX або FIR — Finite Impulse Response
- BIX або IIR — Infinite Impulse Response
- ФНЧ — фільтр нижніх частот
- ФВЧ — фільтр вищих частот
- АФП - аналоговий фільтр-прототип.
- АЦП - аналого-цифровий перетворювач.
- ДКП - дискретне косинус-перетворення.
- ДПФ - дискретне перетворення Фур'є.
- ІХ - імпульсна характеристика.
- KIX - кінцева імпульсна характеристика (тип фільтра).
- СЗ - смуга затримування.
- СП - смуга пропускання.
- ПТ - плаваюча точка.
- СФ - смуговий фільтр.

ФВЧ - фільтр верхніх частот.

ФЛ - фазова ланка.

ФНЧ - фільтр нижніх частот.

ФТ - фіксована точка.

ФЧХ - фазочастотная характеристика.

ЦОС - цифрова обробка сигналів.

ЦФ - цифровий фільтр.

ЧХ - частотна характеристика.

## ВСТУП

Сучасні тенденції в різних галузях науки й техніки значною мірою пов'язані з розробкою цифрової апаратури й програмного продукту і це радикально міняє характер роботи інженерів і науковців: вона усе більше зводиться до комп'ютерного моделювання. Особливістю обладнань цифрової обробки сигналів (ЦОС) є те, що програмні частини даних обладнань створюються безпосередньо в процесі комп'ютерного моделювання, тому оволодіння його сучасними технологіями висувається на перший план. До таких технологій, безумовно, ставиться, що одержала широке поширення у світі система (програмне середовище) Matlab, створена компанією The Math Works, Inc.

Matlab це матрична система комп'ютерної математики, призначена для автоматизації математичних і науково-технічних розрахунків і побудована на розширеній виставі й застосуванні матричних операцій. Це впливає з назви системи — Matrix Laboratory це матрична лабораторія, тобто великий набір функцій і операторів для здійснення векторних і матричних операцій.

За допомогою численних пакетів розширення Matlab легко адаптується до розв'язку різних класів математичних і технічних завдань.

Інтересу фахівців до Matlab багато в чому сприяло те, що до реалізації професійно виконаних розширень системи були притягнуті провідні вчені, фахівці й наукові школи миру, найчастіше першими, що запропонували реалізовані в пакетах розширення ідеї й методи, або відомі серйозними науковими працями у відповідних галузях науки й техніки.

У зв'язку з розвитком інформаційних технологій виникла необхідність знайомства із професійними програмами. Широкі можливості дає програмний комплекс, який призначений для моделювання динамічних систем і систем керування, Matlab/Simulink. Працює Simulink під керуванням Matlab використовує для моделювання весь спектр його можливостей. Найважливіша

особливість Matlab є можливість моделювання в самих різних сферах. Процес моделювання розвиває професійні навички.

В даній роботі освітлюється напрямок моделювання цифрових фільтрів за допомогою Matlab.

У вузькому сенсі моделювання цифрових фільтрів це моделювання аналогових та цифрових фільтрів, аналіз їх частот і тимчасових характеристик.

Напрямок моделювання цифрових фільтрів використовують у своїй роботі фахівці-програмісти, фахівці-інженери, фахівці комп'ютерних систем та студенти вищих навчальних закладів.

## ВИСНОВОК

У ході виконання дипломної роботи було проведене дослідження методів цифрової обробки сигналів, зокрема алгоритмів побудови цифрових фільтрів.

Розрахунки й проектування електричних фільтрів взагалі, а цифрових фільтрів зокрема являє собою велику й цікаву задачу. Але ця тема є дуже складною і насиченою математичною інформацією. Що ускладнює її розуміння для пересічного студента та даже фахівця промисловості – інженера. Для більш детального і докладного огляду тематики пов'язаної з електричними фільтрами буде потрібно затратити набагато більше зусиль, що потребує більше часу.

В роботі проведений огляд середовища в якому виконувалось моделювання, розглянені та обгрунтовані його переваги які і вплинули на вибір. Також в роботі проведено теоретичний огляд теорії фільтрів. Розглянено різновиди фільтрів, їх властивості. Зокрема їх різновиду – цифрових фільтрів. Після аналізу спеціалізованої літератури розглянуто також алгоритми синтезу цифрових фільтрів.

В роботі проведено моделювання фільтра нижніх частот (фільтр Кауера, або еліптичний). Моделювання проведено з заданими вихідними даними. Вихідні дані в роботі вибирались з урахуванням зручності, та з оглядом на літературні дані для самоконтроля. Отримані результати узгоджуються з літературними даними, але є і деякі неспівпадіння. Але можливо вони викликані неоптимальним налаштуванням компілятора Matlab.

В цілому завдання роботи виконано. Результати моделювання не протирічають теоретичним даним які розглянені в спеціалізованій літературі.

Спрощення розрахунків, безумовно, полегшує синтез і застосування цифрових фільтрів і сприяє більш широкому їхньому поширенню.

Зазначена тема є важливою при формуванні фахівця в області комп'ютерних наук.

Використання пакетів Matlab приведе до підвищення якості навчання студентів. Зазначені пакети програм повинні бути рекомендовані навчальним закладам. На користь цих пакетів говорить наявність навчальної літератури.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дьяконов В.П. MATLAB R2007/2008/2009 для радиоинженеров. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 976 с.
2. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6<sup>®</sup>. Основы применения. Серия «Библиотека профессионала». – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 800 с.
3. Васильев А.Н. MATLAB. Самоучитель. Практический подход. 2-е издание. – СПб.: Наука и Техника, 2015. – 448 с.
4. Юкио Сато: Без паники! Цифровая обработка сигналов. М.: Додэка-XXI, 2010. – 176 с.
5. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. – 3-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 768 с.
6. Солонина А.И. Цифровая обработка сигналов и MATLAB: учеб. пособие / А. И. Солонина, Д. М. Клионский, Т. В. Меркучева, С. Н. Перов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 512 с.
7. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в Simulink. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.
8. Солонина А.И. Цифровая обработка сигналов в зеркале MATLAB: учеб. пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 560 с.
9. Кудряков С.А., Соболев Е.В., Рубцов Е.А. Теоретические основы фильтрации сигналов. (Учебное пособие).- С. Пб. 2018.- 198 с.
10. Васильев В.П. Основы теории и расчёта цифровых фильтров: учеб пособие / Васильев В.П., Муру Е.Л., Смольский С.М.: под ред. С.М. Смольского. – 2-е изд., стереотип. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 272 с.
11. Коберниченко, В. Г. Расчет и проектирование цифровых фильтров: [учеб.-метод. пособие] / В. Г. Коберниченко. — Екатеринбург : Изд-во Урал.ун-та, 2013. – 64 с.
12. Лазарев Ю. Моделирование процессов и технических систем в MATLAB. Учебный курс. - К.: 2004. - 474 с.