

|N(f)|

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

(повна назва інституту/факультету)

**кафедра БІОМЕДИЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ**

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БМК

Є.А. Настенко

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломна робота**

**на здобуття ступеня «бакалавр»**

з напрямку підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки»

(код і назва)

на тему: «Комп'ютеризована система адаптивної фільтрації шумів у сигналах на основі алгоритму LMS»

Виконав: студент \_\_4\_\_ курсу, групи ІМ-22

(шифр групи)

**Солопенко Віктор Андрійович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник доц. каф. БМК Добровська Л.М.

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

(підпис)

Консультант з охорони праці доц., к.т.н. Демчук Г.В.

(назва розділу)

( посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент доц. каф. БМІ, к.т.н. Зубчук В. І.

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

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2016 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»**

Інститут (факультет) \_\_\_\_\_ **БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**  
(повна назва)

Кафедра \_\_\_\_\_ **БІОМЕДИЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ**  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший \_\_\_\_\_ **(бакалаврський)**  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_ **6.050101 «Комп'ютерні науки»**  
(код і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри БМК  
\_\_\_\_\_ **Є.А. Настенко** \_\_\_\_\_  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 р.

**ЗАВДАННЯ  
на дипломну роботу студенту**

**Солопенко Віктору Андрійовичу**  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ **Комп'ютеризована система адаптивної фільтрації шумів у сигналах на основі алгоритму LMS**

керівник роботи \_\_\_\_\_ **доц. каф. БМК Добровська Л.М.**  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 27 » травня, 2016 р. № 1732 с

2. Термін подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_ **Збережений у форматі txt цифровий сигнал Накладеним на нього синусоїдальним шумом**

4. Зміст роботи \_\_\_\_\_ **Комп'ютеризована система адаптивної фільтрації шумів у сигналах на основі алгоритму LMS**

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
охорона праці	Демчук Г.В., доц.		
нормоконтроль	Кисляк С.В., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання 5 травня 2016р

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання теми дипломної роботи	5 травня 2016р.	
2	Пошук інформаційних джерел по темі дипломної роботи	10 травня 2016р.	
3	Постановка задач згідно теми дипломної роботи	15 травня 2016р.	
4	Аналіз можливих засобів для виконання дипломної роботи	20 травня 2016р.	
5	Розробка теоретичної частини дипломної роботи	25 травня 2016р.	
6	Розробка програмного продукту	1 червня 2016р.	
7	Оформлення розділу з охорони праці	09 червня 2016р.	
8	Подання дипломної роботи рецензенту	10 червня 2016р.	
9	Подання дипломної роботи на захист	13 червня 2016р.	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Солопенко В.А.

(ініціали, прізвище)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Добровська Л.М.

(ініціали, прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Розмір пояснювальної записки становить 66 сторінок. Записка містить 5 ілюстрацій та 24 таблиці. Загалом опрацьовано та використано 36 джерел.

В даній роботі було розроблено комп'ютеризовану систему адаптивного фільтрування сигналу на основі алгоритму LMS. Розглядається реалізація основних функцій програми: Обробка вхідного сигналу, та очищення його від шумів, отримання очищеного сигналу для подальшої обробки та аналізу на наявність аномалій

Метою даної роботи є програмна реалізація програмного забезпечення для фільтрування вихідного сигналу від зайвого шуму, за допомогою алгоритму адаптивного фільтрування LMS, програмне забезпечення розроблялося за допомогою середовища розробки MATLAB.

У розділі з охорони праці проводиться аналіз можливих небезпек при роботі з комп'ютером, приймаються заходи щодо зменшення негативних факторів, таких як недостатня освітленість приміщення, шум, електромагнітне випромінювання, розумове перевантаження, небезпека пожежі та короткого замикання.

Ключові слова: адаптивна фільтрація, LMS, фільтр обробка сигналу, подавлення шуму.

## АННОТАЦИЯ

Размер пояснительной записки составляет 66 страниц. Записка содержит 5 иллюстраций и 24 таблицы. В общем было обработано и использовано 36 источников.

В данной работе была разработана компьютеризированная система адаптивной фильтрации сигнала на основе алгоритма LMS. Рассматривается реализация основных функций программы: Обработка входного сигнала, и очистка его от шумов, и получение очищенного сигнала для дальнейшей обработки и анализа на наличие аномалий.

Целью данной работы является программная реализация программного обеспечения для фильтрации выходного сигнала от лишнего шума, при помощи алгоритма адаптивного фильтра LMS, программное обеспечение разрабатывалось с помощью среды разработки MATLAB.

В разделе по охране труда проводится анализ возможных опасностей при работе с компьютером, принимаются меры по уменьшению негативных факторов, таких как недостаточная освещенность помещения, шум, электромагнитное излучение, умственная перегрузка, опасность пожара и короткого замыкания.

Ключевые слова: адаптивная фильтрация, LMS, фильтр обработка сигнала, подавление шума.

## ANNOTATION

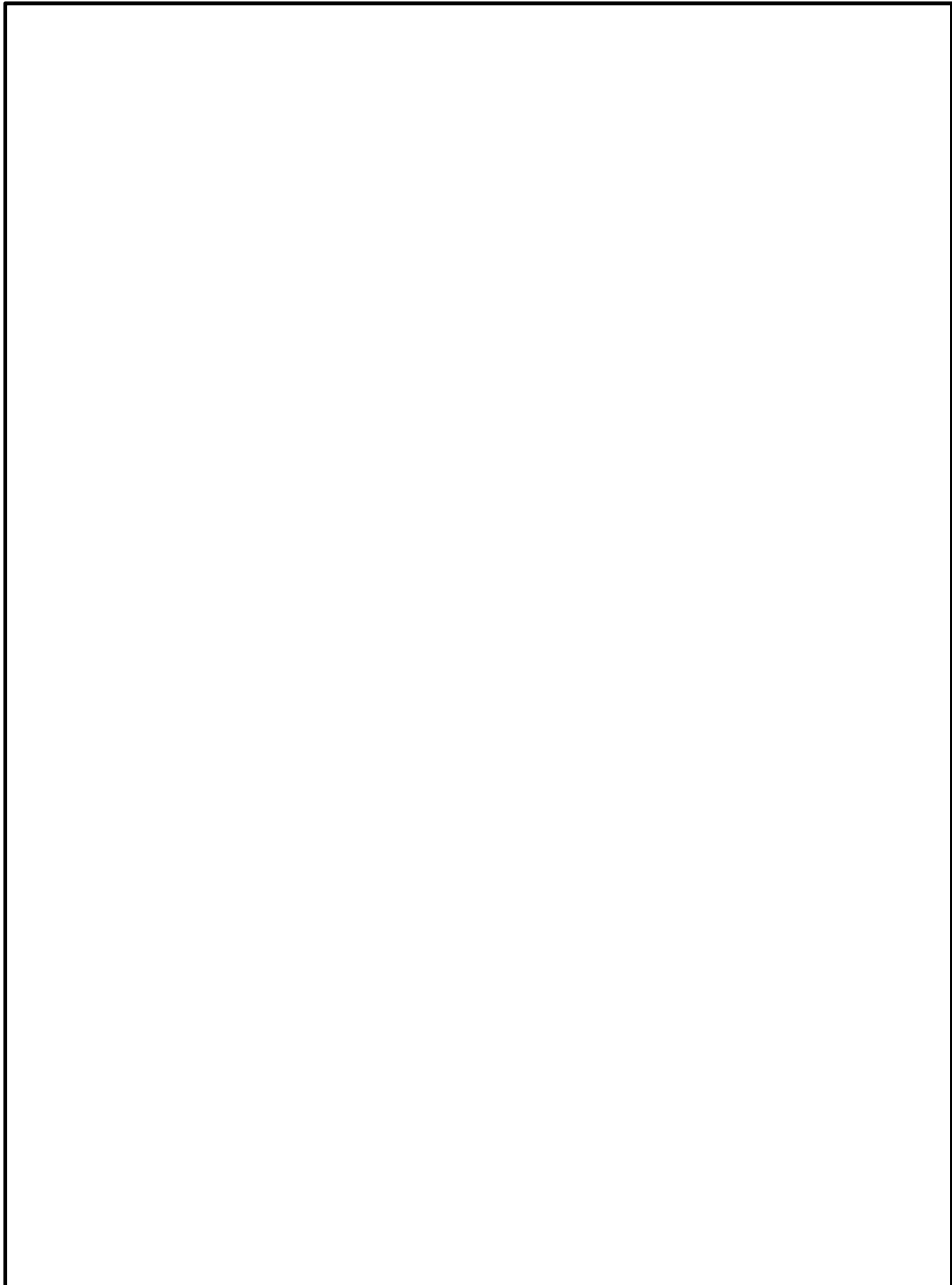
The size of the explanatory note makes the 66 pages. The note contains the 5 illustrations and the 24 table. It was generally processed and used the 36 sources.

In this operation the computerized system of the adaptive filtering a signal on the basis of algorithm of LMS was developed. Implementation of basic functions of the program is considered: Processing of an input signal, and its cleaning from noise, receiving ochisheny to a signal for later processing and the analysis on existence of anomalies.

The purpose of this operation is program implementation of the software for filtering an output signal from excess noise, on a dopoioga of algorithm of the adaptive of filtering LMS, the software was developed by means of MATLAB development environment.

In the section on labor protection the analysis of possible dangers is carried out by operation with the computer, measures for reduction of negative factors, such as insufficient illuminance of location, noise, an electromagnetic radiation, a mental overload, danger of the fire and short circuit are taken.

Keywords: the adaptive filtering, LMS, filter processing of a signal, noise suppression.



					IM22.2214.1300.1732.ПЗ		
Вим	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Болубенко В.А.	Комп'ютеризована система адаптивної фільтрації шумів у сигналах на основі алгоритму			Літ	Лист	Листів
Перевірив	Добровська Л.М.					7	66
Реценз.	Зубчук В. І.				НТУУ "КПІ" ФБМІ ІМ-22		
Н. Контр.	Кисляк С.В.						
Зав. каф.	Настенко Є.А.						



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ ТА ЗАСОБІВ.....	10
1.1 Теоретична частина.....	10
1.2 Аналітична частина.....	13
1.3 Вибір середі розробки.....	29
1.3.1 Мова програмування C++.....	30
1.3.2 Середовище розробки MATLAB.....	31
Висновки до розділу 1.....	35
2 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	35
2.1 Формування вимог до ПЗ.....	35
2.2 Проектування.....	36
2.3 Реалізація.....	37
2.3.1 Робоче вікно.....	37
2.4 Системні вимоги.....	38
Висновки до розділу 2.....	38
3 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	40
3.1 Загальна характеристика приміщення.....	40
3.2 Оцінка небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	43
3.2.1 Мікроклімат.....	44
3.2.2 Освітлення.....	45
3.2.3 Шум.....	46
3.2.4 Випромінювання.....	47

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ
Вим	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	
Розробив	Болубенко В.А.	Контролював	Болубенко В.А.		Літ. Діаг. на основі алгоритму
Перевірив	Добровська Л.М.	Контролював	Добровська Л.М.		
Реценз.	Зубчук В. І.				7 66
Н. Контр.	Кисляк С.В.				НТУУ "КПІ" ФБМІ ІМ-22
Зав. каф.	Настенко Є.А.				

3.2.5	Електробезпека.....	48
3.2.6	Пожежна безпека.....	50
3.2.7	Хімічні фактори.....	51
3.2.8	Психофізіологічні фактори.....	52
Висновки до розділу 3.....		53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....		54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....		55
Додаток .....		59

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ		
Вим	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Болубенко В.А.		Комп'ютеризована система адаптивної фільтрації шумів у сигналах на основі алгоритму		Літ	Лист	Листів
Перевірив	Добровська Л.М.					7	66
Реценз.	Зубчук В. І.				НТУУ "КПІ" ФБМІ ІМ-22		
Н. Контр.	Кисляк С.В.						
Зав. каф.	Настенко Є.А.						

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ОС – Операційна система

ПЗ – Програмне забезпечення

ПП – Програмний продукт

LMS – Least Mean Square, адаптивний алгоритм заснований на пошуку мінімуму цільової функції методом найшвидшого спуску.

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	51	

## ВСТУП

Проблема фільтрації сигналів в корельованих шумах традиційно привертала увагу в самих різних областях науки і техніки, що обумовлено практичною важливістю її рішення стосовно, в першу чергу, до завдань медичної діагностики (анатомічний шум). Класичні підходи до вирішення цієї проблеми базуються на припущенні про апріорно відомому характері спектральної залежності як корельованого шуму, так і аналізованого сигналу, що в багатьох практичних ситуаціях не відповідає дійсності.

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі задачі: провести аналіз наявних мов програмування та середовищ розробки ПЗ; визначити основні структурні та функціональні вимоги до ПЗ; сформувати структуру, розробити дизайн, та реалізувати готове ПЗ.

Методи розробки: вибір оптимального способу використання вхідних даних та матеріалів проектування майбутньої структури ПЗ; написання коду для ПЗ; способи використання мережевого з'єднання; готові алгоритми окремих складових функцій.

Практична цінність: розроблений в даній дипломній роботі ПЗ можна використовувати для очищення цифрових сигналів від зашумлення; як складову частину більш складних систем фільтрування

Задачі дослідження:

- знаходження інформаційних джерел по темі роботи;
- аналіз можливих засобів для виконання дипломної роботи;

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

- розробка теоретичної частини дипломної роботи;
- розробка програмного продукту;
- проведення аналізу умов праці та шкідливих виробничих факторів.
- 

## 1 АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ ТА ЗАСОБІВ

### 1.1 Теоретична частина

#### 1.1.1 Найменування ПП

"Система фільтрування сигналу на основі алгоритму LMS."

#### 1.1.2 Призначення і область застосування

ПП призначений для:

- Обробка вхідного сигналу, та очищення від шумів
- Отримання очищеного сигналу для подальшої обробки та аналізу

на наявність аномалій

#### 1.1.3 Вимоги до функціональних характеристик

ПП повинен забезпечувати можливість виконання перерахованих нижче функцій:

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	51	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

- Відкривати заданий файл з сигналом із заданої директорії
- Проводити очищення вхідного сигналу методом адаптивної фільтрації LMS
- Візуально відображати вхідний сигнал, вихідний, та виявлений шум.
- Працювати на найбільш відомих операційних системах (Windows, Mac OS, Linux).

#### **1.1.4** Вимоги до надійності

Надійне (стійке) функціонування ПП має бути забезпечене виконанням Замовником сукупності організаційно-технічних заходів,

перелік яких наведено нижче:

- організацією безперебійного живлення технічних засобів;
- відсутністю сторонніх або шкідливих програм, що можуть привести до непрацездатності даної програми.

#### **1.1.5** Час відновлення після відмови

Час відновлення після відмови, викликаного збоєм електроживлення технічних засобів (іншими зовнішніми чинниками), що не фатальним збоєм (не крах), операційної системи, не повинно перевищувати 30ти хвилин при дотриманні умов експлуатації технічних і програмних засобів.

Час відновлення після відмови, викликаного несправністю технічних засобів, фатальним збоєм (крахом) операційної системи, не

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

повинно перевищувати часу, необхідного на усунення несправностей технічних засобів і переустановлення програмних засобів.

#### **1.1.6** Кліматичні умови експлуатації

Особливих вимог до кліматичних умов (температура, вологість повітря) немає.

#### **1.1.7** Вимоги до кваліфікації та чисельності персоналу

Для роботи з ПП достатньо однієї людини з практичними навичками роботи з графічним інтерфейсом операційної системи.

#### **1.1.8** Вимоги до інформаційної та програмної сумісності

Вимоги до інформаційних структур і методів розв'язання

- Додаткові вимоги не пред'являються

Вимоги до вихідних кодів та мов програмування

- Вихідні дані мають бути надані в форматі TXT

Вимоги до програмних засобів, які використовують ПП

- До складу технічних засобів повинен входити будь-який ПК з розповсюдженою ОС типу: Windows, Linux, MacOS та ін.

- Встановлене інтерактивне середовище розробки алгоритмів MATLAB

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

### **1.1.9** Вимоги до захисту інформації та ПП

Вимоги до захисту інформації та ПП не пред'являються.

### **1.1.10** Спеціальні вимоги

ПП повинен забезпечувати роботу одного користувача за допомогою

Графічного інтерфейсу користувача.

### **1.1.11** Вимоги до інформаційних структур і методів розв'язання

Програма реалізується в MATLAB R2012a

### **1.1.12** Вимоги до вихідних кодів та мов програмування

ПП має бути розроблено за допомогою MATLAB R2012a для забезпечення роботи заданого алгоритму.

## **1.2** Аналітична частина

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51



Метою дипломної роботи є розробка алгоритма адаптивної фільтрації LSM-технології.

Предмет дипломної роботи складає питання, пов'язані з принципами організації біологічних нейронних мереж та їх математичних моделей – штучних нейронних мереж, а також технологія моделювання та програмної реалізації штучних нейронних мереж.

Штучні нейронні мережі це математичні моделі, а також їхня програмна та апаратна реалізація, побудовані за принципом функціонування біологічних нейронних мереж — мереж нервових клітин живого організму. Системи, архітектура і принцип дії базується на аналогії з мозком живих істот. Ключовим елементом цих систем виступає штучний нейрон як імітаційна модель нервової клітини мозку — біологічного нейрона. Цей термін виник при вивченні процесів, які відбуваються в мозку, та при спробі змоделювати ці процеси. Першою такою спробою були нейронні мережі Маккалока і Піттса. Як наслідок, після розробки алгоритмів навчання, отримані моделі стали використовуватися в практичних цілях: в задачах прогнозування, для розпізнавання образів, в задачах керування та інші.

Розвиток теорії штучних нейронних мереж багато у чому пов'язаний із іменами У. Маккалока, Ф. Розенблатта, Б. Уїдроу, М. Мінські, Т. Кохонена, С. Мурогі, В. Вапніка, Д. Хопфілда, Дж. Хінтона та інших. Значний внесок був зроблений українськими вченими М. Амосовим, О. Івахненком, Є. Бодянським, Н. Айзенбергом, І. Айзенбергом Р. Ткаченком, Л. Тимченком, О. Михальовим, В. Литвиненком, Ф. Гече, П. Тимощуком, Ю. Романишином.

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

Однак, незважаючи на значні успіхи, досягнуті останнім часом у застосуванні нейромережевих технологій, при використанні прикладних систем на основі штучних нейронних мереж необхідно вирішувати такі завдання, які існуючими системами на основі традиційних нейропарадигм розв'язуються з недостатньою точністю або швидкістю. Саме тому актуальним є вирішення задачі розробки і дослідження моделей узагальнених штучних нейронних елементів, які мають більш високі функціональні можливості, ніж звичайні нейронні елементи. Важливою науковою задачею є розроблення та обґрунтування ефективних методів навчання ШНМ, побудованих на основі узагальнених НЕ.

ШНМ являють собою систему з'єднаних між собою простих процесорів (штучних нейронів), які взаємодіють. Такі процесори зазвичай достатньо прості, особливо в порівнянні з процесорами, що використовуються в персональних комп'ютерах. Кожен процесор схожої мережі має справу тільки з сигналами, які він періодично отримує, і сигналами, які він періодично посиляє іншим процесорам. І тим не менш, будучи з'єднаними в досить велику мережу з керованою взаємодією, такі локально прості процесори разом здатні виконувати достатньо складні завдання. З точки зору машинного навчання, нейронна мережа є окремим випадком методів розпізнавання образів, дискримінантного аналізу, методів кластеризації тощо. З математичної точки зору, навчання нейронних мереж — це багатопараметрична задача нелінійної оптимізації. З точки зору кібернетики, нейронна мережа використовується в задачах адаптивного управління і як алгоритми для робототехніки. З точки зору розвитку

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

обчислювальної техніки та програмування, нейронна мережа — спосіб вирішення проблеми ефективного паралелізму . А з точки зору штучного інтелекту, ШНМ є основою філософської течії коннективізму і основним напрямком в структурному підході з вивчення можливості побудови (моделювання) природного інтелекту за допомогою комп'ютерних алгоритмів. Нейронні мережі не програмуються в звичайному розумінні цього слова, вони навчаються. Можливість навчання — одна з головних переваг нейронних мереж перед традиційними алгоритмами. Технічно навчання полягає в знаходженні коефіцієнтів зв'язків між нейронами. У процесі навчання нейронна мережа здатна виявляти складні залежності між вхідними даними і вихідними, а також виконувати узагальнення. Це означає, що у разі успішного навчання мережа зможе повернути правильний результат на підставі даних, які були відсутні в навчальній вибірці, а також неповних та / або «зашумлених», частково перевернутих даних.

Біологічна нейронна мережа складається з групи або декількох груп хімічно або функціонально пов'язаних нейронів. Один нейрон може бути пов'язаний з багатьма іншими нейронами, а загальна кількість нейронів та зв'язків між ними може бути дуже великою. Зв'язки, які називаються синапсами, як правило формуються від аксонів до дендритів, хоча дендро-дендритичні мікросхеми та інші зв'язки є можливими. Крім електричної передачі сигналів, також є інші форми передачі, які виникають з нейротрансмітерної (хімічний передавач імпульсів між нервовими клітинами) дифузії, і мають вплив на електричну передачу сигналів. Таким чином, нейронні мережі є надзвичайно складними.

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

Штучний інтелект і когнітивне моделювання намагаються імітувати деякі властивості біологічних нейронних мереж. Хоча аналогічні в своїх методах, перша має на меті вирішення конкретних завдань, а друга спрямована на створення математичних моделей біологічних нейронних систем.

У сфері штучного інтелекту, штучні нейронні мережі були успішно застосовані для розпізнавання мови, аналізу зображень та адаптивного управління, для того, щоб побудувати так званих програмних агентів (в комп'ютерних і відео ігор) або автономні роботи. На даний час, більшість розроблених штучних нейронних мереж для штучного інтелекту базуються на статистичних оцінках, класифікації оптимізації та теорії керування.

Сфера когнітивного моделювання включає в себе фізичне або математичне моделювання поведінки нейронних систем; від індивідуального нейронного рівня, через нейронний кластерний рівень до завершеного організму (наприклад, моделювання поведінки відповіді організму на подразники). Штучний інтелект, когнітивне моделювання і нейронні мережі є парадигмами обробки інформації натхненні системами біологічних нейронів обробки інформації.

Адаптивний фільтр — електронний фільтр, який самостійно регулює свою передавальну функцію відповідно до алгоритму оптимізації з використанням сигналу похибки.

Можна виділити три основних типи фільтрів, що знаходять застосування для придушення мережного наведення:

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

- режекторние неадаптивні фільтри;
- фільтри нижніх чи частот смугові фільтри, частотні характеристики яких мають нуль на частоті мережної перешкоди;
- адаптивні режекторние цифрові фільтри.

Фільтри першого з перерахованих типів, частотні характеристики яких мають провал на частоті мережного наведення, застосовуються для оперативної обробки ЕКС порівняно рідко, тому що є досить складними для реалізації.

Застосування фільтрів другого з названих типів звичайно має на меті вирішити одночасно двох чи більш різних задач фільтрації (усунення постійне складовий, придушення мережної і високочастотної перешкод). Така ідея представляється дуже привабливою, але при цьому підвищення ефективності рішення якої або однієї з зазначених задач досягається звичайно на шкоду іншим. Наприклад, досить прості для використання в режимі реального часу ФНЧ із нулем частотної характеристики на частоті мережної перешкоди мають, як правило, відносно низьке значення частоти зрізу 20—25 Гц. Це може приводити до помітного придушення високочастотних складових корисного сигналу, що не завжди припустимо.

Адаптивні режекторние фільтри мережного наведення відрізняються тим, що в процесі роботи здатні підбудовуватися під амплітуду і фазу наведення і здійснювати завдяки цьому її повну компенсацію. Такі фільтри, на відміну від перших двох зазначених типів цифрових фільтрів, мало впливають на сам корисний сигнал, зокрема на його

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

складові, спектр яких лежить поблизу частоти мережного наведення. Крім того, адаптивні цифрові фільтри здатні сполучити відносну простоту реалізації з високою добротністю. Їх основним є те, що стійка фільтрація можлива лише у випадках, коли амплітуда і фаза наведення не перетерплюють різких змін. Однак у реальних умовах оперативного аналізу ЕКС параметри наведення міняються, як правило, порівняно повільно. Тому адаптивна фільтрація виявляється найбільш кращою.

Оскільки параметри адаптивного фільтра змінюються в процесі його роботи, такий фільтр можна віднести до нелінійних пристроїв. Однак, при кожному фіксованому значенні параметрів адаптивний фільтр — це лінійний пристрій, оскільки між його вхідними і вихідними сигналами зазвичай існує лінійна залежність, обумовлена поточним набором вагових коефіцієнтів (ВК), подібно лінійним фільтрам з фіксованими ВК<sup>[1]</sup>.

Щоб визначити змінювані в процесі роботи параметри, необхідно сформулювати критерій роботи адаптивного фільтра. Таким критерієм часто є мінімум деякої цільової функції, — як правило, функції похибки між необхідним і вихідним сигналами адаптивного фільтра.

На практиці в якості алгоритмів адаптивної фільтрації зазвичай використовуються різні варіанти найпростішого з точки зору обчислювальної складності градієнтного алгоритму за критерієм найменшого середньоквадратичного відхилення (Least Mean Squares, LMS) . Вони характеризуються найменшим числом арифметичних операцій серед інших адаптивних алгоритмів. Однак LMS-алгоритмам властиві певні недоліки, серед яких повільна збіжність і високий рівень

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

залишкових помилок в усталеному режимі, що залежать від параметра, іменованого кроком збіжності.

Проміжні по ефективності адаптивні алгоритми - це швидкі алгоритми афінних проєкцій (Fast Affine Projections, FAP). У зазначених вище термінах ефективність таких алгоритмів вище, ніж у LMS-алгоритмів. Крім того, FAP-алгоритми мають обчислювальну складність близьку до складності LMS-алгоритмів в разі їх використання в адаптивних фільтрах з великою кількістю вагових коефіцієнтів (сотні, тисячі). Такі фільтри застосовуються, наприклад, при вирішенні завдань придушення ехосигналів.

Найскладнішими з обчислювальної точки зору є рекурсивні алгоритми адаптивної фільтрації за критерієм найменших квадратів. Ці алгоритми приваблива тим, що вони швидко сходяться і забезпечують малі значення залишкових помилок в усталеному режимі. RLS-алгоритми являють собою різні варіанти процедур обчислення вектора вагових коефіцієнтів фільтрів Вінера.

Різні аспекти отримання, особливостей функціонування та застосування відомих видів RLS-алгоритмів адаптивної фільтрації, крім перерахованих раніше публікацій, можуть бути також знайдені в ряді спеціалізованих книг по адаптивної обробки сигналів, в книгах по ЦГЗ і в книгах з різних проблем сучасної радіотехніки.

LMS-алгоритми відносяться до обчислювально простим алгоритмам. Оцінка складності таких алгоритмів -  $O(N) = 2N$  арифметичних операцій (додавань з множеннями, дійсних або комплексних залежно від виду оброблюваних сигналів), необхідних для виконання однієї ітерації, де  $N$  - кількість вагових коефіцієнтів адаптивного фільтра. До простих алгоритмам також відносяться

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

нормалізовані LMS-алгоритми (Normalized LMS, NLMS), в яких крок збіжності нормалізується до середньої енергії вхідного сигналу адаптивного фільтра.

LMS- і NLMS-алгоритми для адаптивних фільтрів також реалізуються в частотній області з використанням процедур швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). У таких алгоритмах за рахунок блокової обробки середня обчислювальна складність на одну ітерацію менше, ніж у однойменних алгоритмів в тимчасовій області. Блокові алгоритми використовуються в основному в задачах, де потрібні адаптивні фільтри з великою кількістю вагових коефіцієнтів. Адаптивні фільтри на основі LMS- і NLMS-алгоритмів в частотній області є багатоканальні адаптивні фільтри з одним комплексним ваговим коефіцієнтом в кожному з каналів. Такі фільтри мають недолік, що полягає в затримці оброблюваного сигналу. Частково цей недолік усувається в адаптивних фільтрах, що містять кілька вагових коефіцієнтів в кожному з каналів багатоканального фільтра. Подполосніе адаптивні фільтри також є різновидом фільтрів. У подполосних адаптивних фільтрах поділ вхідного сигналу по частоті здійснюється за допомогою банків фільтрів і при обробці дійсних сигналів використовуються дійсні вагові коефіцієнти, а не комплексні. Це зменшує обчислювальну складність таких алгоритмів у порівнянні з алгоритмами на основі ШПФ.

Більшість алгоритмів адаптивної фільтрації базується на безумовній мінімізації функціоналів: миттєвої або середньоквадратичної помилки між необхідним і вихідним сигналами адаптивного фільтра. У той же час існують завдання, вирішення яких вимагає використання прийомів умовної (лінійно-обмеженою) оптимізації. Адаптивні алгоритми з лінійними обмеженнями застосовуються, наприклад, в

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51



задачах управління адаптивними антенними ґратами і в задачах ідентифікації невідомого імпульсного відгуку при обмеженнях, що накладаються на значення амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) на заданих частотах. Лінійні обмеження застосовуються до всіх алгоритмам адаптивної фільтрації: від простих - до складних.

До алгоритмів середньої складності відносяться алгоритми афінних проєкцій (Affine Projections, AP), включаючи однойменні лінійно-обмежені алгоритми, і їх швидкі (обчислювально ефективні, тобто з малим числом арифметичних операцій на одну ітерацію) версії - FAP-алгоритми. AP-алгоритми являють собою різновиди блочного NLMS-алгоритму. Довжина блоку, на якому обчислюються помилки, дорівнює  $L$  отсчетах оброблюваних сигналів і іменується розміром проєкцій. AP-алгоритми отримали популярність завдяки FAP-алгоритму, оцінка обчислювальної складності якого  $O(n) + O(L) - 2N + O(L)$ , тобто порівнянна з складністю NLMS-алгоритму при  $N \gg L$ .

Відомі FAP-алгоритми були отримані для одноканальних адаптивних фільтрів з дійсними ваговими коефіцієнтами. У розділі 6 ці алгоритми отримані для багатоканальних адаптивних фільтрів з неоднаковим кількістю комплексних вагових коефіцієнтів в каналах. У цьому розділі також буде розглянуто застосування в FAP-алгоритмах обчислювальних процедур RLS-алгоритмів. Таке застосування відсутня в публікаціях.

Обчислювальна складність RLS-алгоритмів  $O(n^2)$ , а складність швидких RLS-алгоритмів  $O(n) > 7N$  арифметичних операцій. До недавнього часу використання RLS-алгоритмів на практиці було ускладнено обмеженою продуктивністю цифрових пристроїв, застосовуваних для реалізації адаптивних фільтрів. В даний час

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

можливість реалізації складних RLS-алгоритмів з'явилася завдяки успіхам сучасної мікроелектроніки в області створення високопродуктивних цифрових сигнальних процесорів (ЦСП), зокрема надвеликих інтегральних схем (НВІС) сигнальних контролерів першої вітчизняної серії «Мультикор», розроблених в Державному унітарному підприємстві м Москви Науково-виробничому центрі «Електронні обчислювально-інформаційні системи»

На практиці в основному використовуються адаптивні фільтри з кінцевою імпульсною характеристикою (КИХ). Адаптивні фільтри з нескінченною імпульсною характеристикою (БИХ) в дисертаційній роботі не розглядаються, так як вони характеризуються багатоекстремального природою мінімізованого в процесі роботи функціоналу (середньоквадратичної помилки), а значить неоднозначністю вирішення завдання адаптивної фільтрації.

Проблема фільтрації сигналів і зображень в корельованих шумах традиційно привертала увагу в самих різних областях науки і техніки, що обумовлено практичною важливістю її рішення стосовно, в першу чергу, до завдань медичної діагностики (Анатомічний шум), аналізу зображень геофізичних полів і даних дистанційного зондування (структурний шум). Класичні підходи до вирішення цієї проблеми базуються на припущенні про апріорно відомі характери спектральної залежності як корельованого шуму, так і аналізованого сигналу, що в багатьох практичних ситуаціях не відповідає дійсності. Тому завдання фільтрація корельованих шумів в умовах апріорної невизначеності є досить актуальною і спроби її вирішення базуються, як правило, на евристичних алгоритмах в припущенні «Гладкості» аналізованого сигналу (зображення). Аналіз відомих результатів. Відповідно до

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

загальної класифікації, даної Ван Тріссом, всі завдання фільтрації можуть бути співвіднесені з однією з трьох груп:

- 1) фільтрація сигналів відомої форми на фоні шуму з відомимистатистичними і спектральними характеристиками;
- 2) фільтрація сигналів відомої форми на фоні шуму з невідомимистатистичними і спектральними характеристиками;
- 3) фільтрація сигналів невідомої форми на фоні шуму з невідомими статистичними і спектральними характеристиками.

Третя група завдань, природно, є найбільш складною, і будь-яке її спільне рішення, оптимальне в тому чи іншому сенсі, до теперішнього часу невідоме.

Частотна характеристика оптимального (в сенсі мінімізації середньоквадратичної помилки) фільтра  $|H(f)|$  для випадку корельованих шумів (перша група завдань) має вигляд

$$|H(f)| = \frac{|S(f)|}{|S(f)| + |N(f)|}$$

де  $|S(f)|$  - спектральна щільність корисного випадкового сигналу,

$|N(f)|$  - спектральна щільність корельованого шуму.

Якщо хоча б одна з останніх характеристик невідома, то реалізація алгоритму оптимальної фільтрації стає неможливою. У цьому випадку найчастіше використовуються цифрові згладжують поліноміальні фільтри Савицького - Голі, ефективні при фільтрації (згладжування) широкосмугових сигналів в високочастотних некоррелірованих шуми. Ефективність застосування фільтрів Савицького - Голі для нейтралізації

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

впливу корельованих шумів залишається в загальному випадку проблематичною через відсутність будь-яких теоретичних рекомендацій щодо вибору порядку аппроксимирующего полінома і довжини інтервалуапроксимації.

Метою роботи є демонстрація інформаційних можливостей нового методу адаптивної фільтрації сигналів і зображень в корельованих шуми, що не потребує апріорних відомостей про спектральні характеристики корисних сигналів і шумів. Єдиною апріорної інформацією в рамках даного методу є протяжність (тривалість) максимального інтервалу кореляції структурного шуму.

Адаптивний фільтр - це цифровий фільтр з самоналаштуванням характеристиками. Такий фільтр автоматично адаптується до змін вихідних сигналів. Адаптивний фільтр відрізняється наступну властивість: його частотна характеристика автоматично регулюється або модифікується для поліпшення продуктивності фільтру відповідно до деякого критерію, що дозволяє фільтру адаптуватися до змін характеристик вхідного сигналу.

Адаптивний фільтр складається з двох частин: цифрового фільтра з регульованими коефіцієнтами і адаптивного алгоритму, який використовується для налаштування або зміни коефіцієнтів фільтра (рис. 1). В адаптивних алгоритмах сигнал помилки мінімізується відповідно до деякого критерію, наприклад, за схемою найменших квадратів. Найбільшого поширення набули алгоритми, в яких використовуються схема найменших квадратів (алгоритм LMS), рекурсивна схема найменших квадратів (алгоритм RLS) і алгоритм Калмана

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

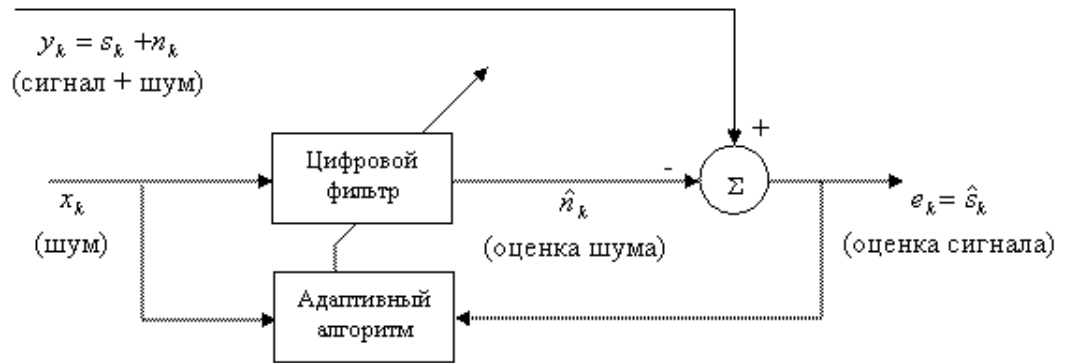


Рисунок 1 – Структура адаптивного фільтра-шумоподавителя

Схема найменших квадратів найбільш ефективна з точки зору обчислювальної складності та вимог до пам'яті. Більш того, для неї неістотна проблема чисельної нестійкості, притаманна двом іншим алгоритмам. Розглянемо схему обчислень, прийняту в алгоритмі найменших квадратів

Основною перевагою алгоритму LMS є легкість реалізації алгоритму і гранична обчислювальна простота - для підстроювання коефіцієнтів фільтра на кожному кроці потрібно виконати  $N + 1$  пар операцій "множення - додавання". Однак цей метод має повільної східністю і дає підвищену дисперсію помилки в сталому режимі.

Перевагою алгоритму RLS є швидка збіжність. Однак досягається це за рахунок значно вищою, в порівнянні з алгоритмом LMS, обчислювальної склад. При рекурсивном методі найменших квадратів (RLS) оцінки  $W_m = [X_m^T X_m]^{-1} X_m^T Y_m$  можна оновлять для кожного нового отриманого набору даних без прямого повторного трудоємкого обчислення матриці.

Алгоритм Калмана і алгоритм RLS є близькими за якісними параметрами і обчислювальної складності. Різниця полягає в

трактуванні параметрів алгоритмів і вихідних посилках, що використовувалися при виведенні формул.

Були проведені дослідження алгоритму LMS на основі моделі, створеної в середовищі MATLAB / DSP Blockset. Схема моделі приведена на рисунку 2

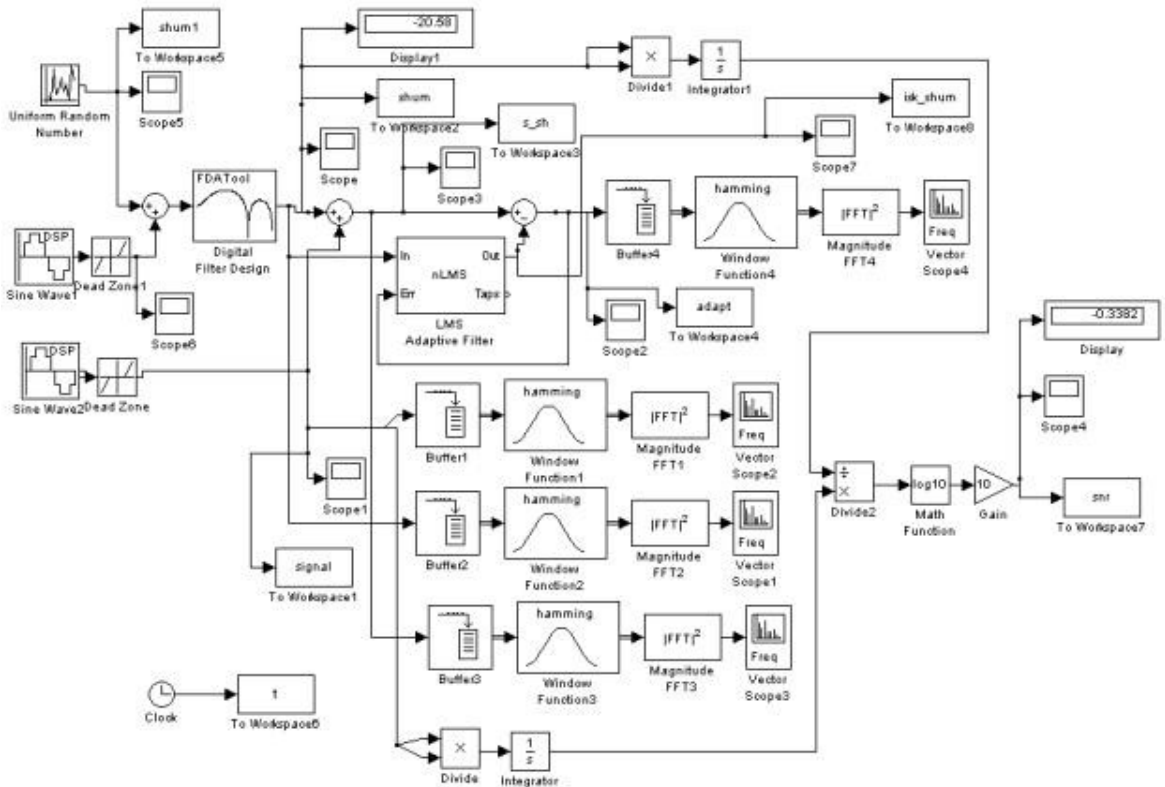


Рисунок 2 – Схема моделі алгоритма LMS

Алгоритм LMS заснований на пошуку мінімуму цільової функції методом найшвидшого спуску. При використанні даного способу оптимізації вектор коефіцієнтів фільтра)  $w(k)$  повинен рекурсивно оновлюватися наступним чином:

$$w(k+1) = w(k) - \frac{\mu}{2} \text{grad} J(w(k)) = w(k) + \mu p - \mu R w(k) \quad (1)$$

де  $\mu$  - позитивний коефіцієнт, званий розміром кроку, де алгоритм сходиться, якщо,  $0 < \mu < 2/\lambda_{\max}$  де  $\lambda_{\max}$  - максимальне власне число кореляційної матриці  $R$ . Швидкість збіжності при цьому залежить від розкиду власних чисел кореляційної матриці  $R$  - чим менше

відношення,  $\lambda_{\max}/\lambda_i$  тим швидше сходиться ітераційний процес.

Однак для розрахунку градієнта необхідно знати значення матриці  $R$  і вектора  $p$ . На практиці можуть бути доступні лише оцінки цих значень, що отримуються за вхідними даними. Найпростішими такими оцінками є миттєві значення кореляційної матриці і вектора взаємних кореляцій, одержувані без якого-небудь усереднення:

$$R(k) = u(k)u^T(k),$$

$$p(k) = d(k)u(k).$$

При використанні даних оцінок формула (1) приймає наступний вигляд:

$$w(k+1) = w(k) + \mu d(k)u(k) - \mu u(k)u^T(k)w(k) = w(k) + \mu u(k)(d(k) + u^T(k)w(k))$$

Вираз, що стоїть в дужках, відповідно до

$$e(k) = d(k) - y(k) = d(k) - u^T(k)w$$

являє собою різницю між зразковим сигналом і вихідним сигналом фільтра на  $k$ -му кроці, тобто помилку фільтрації  $e(k)$ . З урахуванням цього вираз для рекурсивного оновлення коефіцієнтів фільтра виявляється дуже простим:

$$w(k+1) = w(k) + \mu e(k)u(k) \quad (3)$$

Алгоритм адаптивної фільтрації, заснований на формулі (3), отримав назву LMS (Least Mean Square - метод найменших квадратів). Можна отримати ту ж формулу і дещо в інший спосіб: використавши замість градієнта статистично усередненого квадрата помилки  $e^2(k)$  градієнт його миттєвого значення  $e^2(k)$ . Аналіз збіжності алгоритму LMS показує, що верхня межа для розміру кроку  $\mu$  в даному випадку є меншою, ніж при використанні істинних значень градієнта. Ця межа приблизно дорівнює

$$\mu_{max} \approx \frac{2}{\sum_k \lambda_k} = \frac{2}{trace(R)} = \frac{2}{(N+1)\sigma_x^2}$$

Де  $\lambda_k$  - власні числа кореляційної матриці R, а  $\sigma_x^2$  - середній квадрат вхідного сигналу фільтра.

Основною перевагою алгоритму LMS є гранична обчислювальна простота - для підстроювання коефіцієнтів фільтра на кожному кроці потрібно виконати  $N + 1$  пар операцій «множення-складання». Платою за простоту є повільна збіжність і підвищена дисперсія помилки в сталому режимі- коефіцієнти фільтра завжди флюктуують навколо оптимальних значень  $w = R^{-1}p$ , що і збільшує рівень вихідного шуму.

Існує велика кількість модифікацій алгоритму LMS, спрямованих на прискорення збіжності або на зменшення числа арифметичних операцій. Прискорення збіжності може бути досягнуто за рахунок поліпшення використовуваної оцінки градієнта, а також за рахунок перетворення вхідного сигналу з метою зробити його відліки

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51



некоррелірованими. Зменшення обчислювальної складності може бути досягнуто, зокрема, за рахунок використання в (3) не самих сигналу помилки і вмісту лінії затримки фільтра, а лише їх знаків. Це дозволяє повністю позбутися від операцій множення при оновленні коефіцієнтів фільтра. В цілому слід зазначити, що вимоги прискорення збіжності і скорочення обчислювальних витрат є суперечливими.

### **1.3**    Вибір середі розробки

При виборі мови програмування та засобу для розробки розглядалися декілька варіантів, зокрема C++, MATLAB

#### **1.3.1**    Мова програмування C++

C++ – компіюєма, статично типізована мова програмування загального призначення.

Підтримує такі парадигми програмування як процедурне програмування, об'єктно-орієнтоване програмування, узагальнене програмування, забезпечує модульність, роздільну компіляцію, обробку винятків, абстракцію даних, оголошення типів (класів) об'єктів, віртуальні функції. Стандартна бібліотека включає, зокрема, загальноживані контейнери і алгоритми. C++ поєднує властивості як високорівневих, так і низькорівневих мов. Найбільшу увагу приділено підтримці об'єктно-орієнтованого і узагальненого програмування.

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

C++ широко використовується для розробки програмного забезпечення, будучи одним з найпопулярніших мов програмування. Область його застосування включає створення операційних систем, різноманітних прикладних програм, драйверів пристроїв, додатків для вбудованих систем, високопродуктивних серверів, а також розважальних додатків (ігор). Існує безліч реалізацій мови C++, як безкоштовних, так і комерційних, для різних платформ. Наприклад, на платформі x86 це GCC, Visual C++, Intel C++ Compiler, Embarcadero C++ Builder та інші.

Синтаксис C++ успадкований від мови C. Одним із принципів розробки було збереження сумісності з C. Мова має свої переваги та недоліки

#### Переваги C++:

- Доступність.
- Висока сумісність з C.
- Обчислювальна потужність від C.
- Підтримка нових парадигм програмування.
- Автоматичний виклик деструктора.
- Перевантаження операторів.
- Управління константами.
- Побудова шаблонів.
- Можливість розширення мови для підтримки парадигм.
- Можливість вбудовувати предметно-орієнтованих мов програмування в сам код.

#### Недоліки C++:

- Погано продуманий синтаксис.
- Успадковування від C низькорівневих властивостей ускладнюють прикладну розробку.

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	51	

- Не має багато важливих особливостей.
- Містить небезпечні можливості, які знижують якість програми.
- Продуктивність праці програмістів на мові виявляється невиправдано низька, а продукт праці – низькоякісним.

### 1.3.2 Середовище розробки MATLAB

Основною перевагою Matlab є відносна простота маніпуляцій з матричними і іншими видами даних, а також зручними засобами виведення графіків. Система MATLAB забезпечує виконання операцій з векторами і матрицями навіть в режимі безпосередніх обчислень. Нею можна користуватися як найпотужнішим калькулятором, в якому поряд зі звичайними арифметичними і алгебраїчними діями можуть використовуватися такі складні операції, як звернення матриці, обчислення її власних значень і векторів, рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь і багато інших. Характерною особливістю системи є її відкритість, тобто можливість її модифікації і адаптації до конкретних завдань користувача.

Привабливою особливістю системи MATLAB є наявність вбудованої матричної і комплексної арифметики. Система підтримує виконання операцій з векторами, матрицями і масивами даних, реалізує сингулярне і спектральне розкладання, розрахунок рангу і чисел обумовленості матриць, підтримує роботу з алгебраїчними поліномами, рішення нелінійних рівнянь і задач оптимізації, інтегрування функцій в квадратурі, чисельне інтегрування диференціальних і різницевих рівнянь, побудова різних графіків, тривимірних поверхонь і ліній рівня.

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

Система забезпечує можливість звернення до програм, які написані на мовах FORTRAN, C і C ++.

Система MATLAB використовує власний М-мову, який поєднує в собі позитивні властивості різних відомих мов програмування високого рівня. З мовою BASIC систему MATLAB ріднить те, що вона являє собою інтерпретатор (здійснює пооператорное компіляція і виконання програми, не утворюючи окремого виконуваного файлу), М-мова має незначну кількість операторів, в ньому відсутня необхідність оголошувати типи і розміри змінних. Від мови Pascal система MATLAB запозичила об'єктно-орієнтовану спрямованість, тобто така побудова мови, яке забезпечує утворення нових типів обчислювальних об'єктів на основі типів об'єктів, що вже існують у мові. Нові типи об'єктів (в MATLAB вони називаються класами) можуть мати власні процедури їх перетворення (вони визначають методи цього класу), причому нові процедури можуть бути викликані за допомогою звичайних знаків арифметичних операцій і деяких спеціальних знаків, які застосовуються в математиці.

Основні переваги MATLAB, вигідно виділяють її серед існуючих нині математичних систем і пакетів (MathCad, Mathematica і ін.), Полягають в наступному:

- Система MATLAB спеціально створена для проведення саме інженерних розрахунків: математичний апарат, який використовується нею, гранично наближений до сучасного математичного апарату інженера і вченого і спирається на обчислення з матрицями, векторами і комплексними числами; графічне представлення функціональних залежностей тут організовано у формі, необхідної саме інженерної документацією;

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

- Мова програмування системи MATLAB дуже проста, близька до мови Basic; вона містить всього кілька десятків операторів; незначна кількість операторів тут компенсується великим числом процедур і функцій, зміст яких зрозумілий користувачеві з відповідної математичної і інженерною підготовкою;

- На відміну від більшості математичних систем, MATLAB є відкритою системою; це означає, що практично всі процедури і функції MATLAB доступні не тільки для використання, але і для корекції і модифікації; MATLAB - система, яку користувач може розширювати на свій розсуд створеними ним програмами і процедурами (подпрограмами); її легко пристосувати до вирішення потрібних класів задач;

- Дуже зручна можливість, як складати, власні окремі програми з метою багаторазового їх використання для досліджень, так і застосовувати практично всі обчислювальні можливості системи в режимі надзвичайно потужного наукового калькулятора; це робить MATLAB незамінним засобом проведення наукових та інженерних розрахункових досліджень;

- Останні версії MATLAB дозволяють легко інтегрувати її з текстовим редактором Word, що дає можливість використовувати при складанні текстових документів обчислювальні і графічні засоби MATLAB.

- Можливості системи величезні, а за швидкістю виконання завдань вона випереджає багато інших подібних системи. Всі ці особливості роблять систему MATLAB дуже привабливою для використання в навчальному процесі вищих навчальних закладів.

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

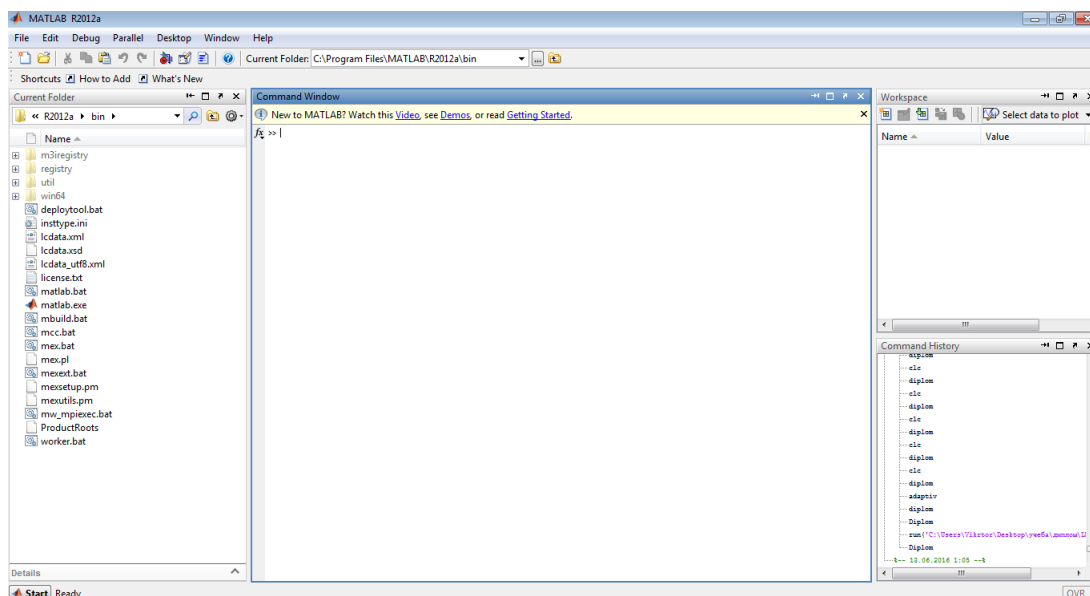


Рисунок 3 - Інтерфейс MATLAB

## Висновки до розділу 1

За допомогою використання інформаційних технологій, та в результаті аналізу вимог, було розроблено ТЗ та обрано оптимальні для розробки ПЗ мову та середовище розробки, а саме MATLAB.

## 2 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 2.1 Формування вимог до ПЗ

ППП повинен забезпечувати можливість виконання перерахованих

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

нижче функцій:

- Відкривати заданий файл з сигналом із заданої директорії
- Проводити очищення вхідного сигналу методом адаптивної фільтрації LMS
- Візуально відображати вхідний сигнал, вихідний, та виявлений шум.
- Працювати на найбільш відомих операційних системах (Windows, Mac OS, Linux).

Візуальне відображення роботи фільтру складатиметься з робочого вікна

Головна форма міститиме:

- Відображення початкового сигналу, приклад накладеного шуму, сигналу з накладеним шумом, результатом роботи адаптивного фільтру
- Комірки для задання амплітуди шуму, значення  $\mu$
- Кнопку для завершення роботи з програмою

## 2.2 Проектування

На етапі проектування було передбачено наступні компоненти ПЗ:

- hObject
- eventdata
- handles
- varargin
- gui\_Singleton
- gui\_State
- nargin

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	51	

- gui\_mainfcn
- str2num

Також, було передбачено, що ПЗ міститиме такі М-функції:

- function varargout
- function diplom\_OpeningFcn
- function varargout
- function pushbutton1\_Callback
- function pushbutton2\_Callback
- function pushbutton3\_Callback
- function pushbutton4\_Callback
- function pushbutton7\_Callback
- function edit1\_Callback
- function edit1\_CreateFcn
- function edit3\_Callback
- function edit3\_CreateFcn

### 2.3 Реалізація

На етапі аналізу засобів та матеріалів, для розробки ПЗ було обрано середовище розробки MATLAB

#### 2.3.1 Робоче вікно

При розробці інтерфейсу головного вікна пріоритетом було обрано зручність та зрозумілість.

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51



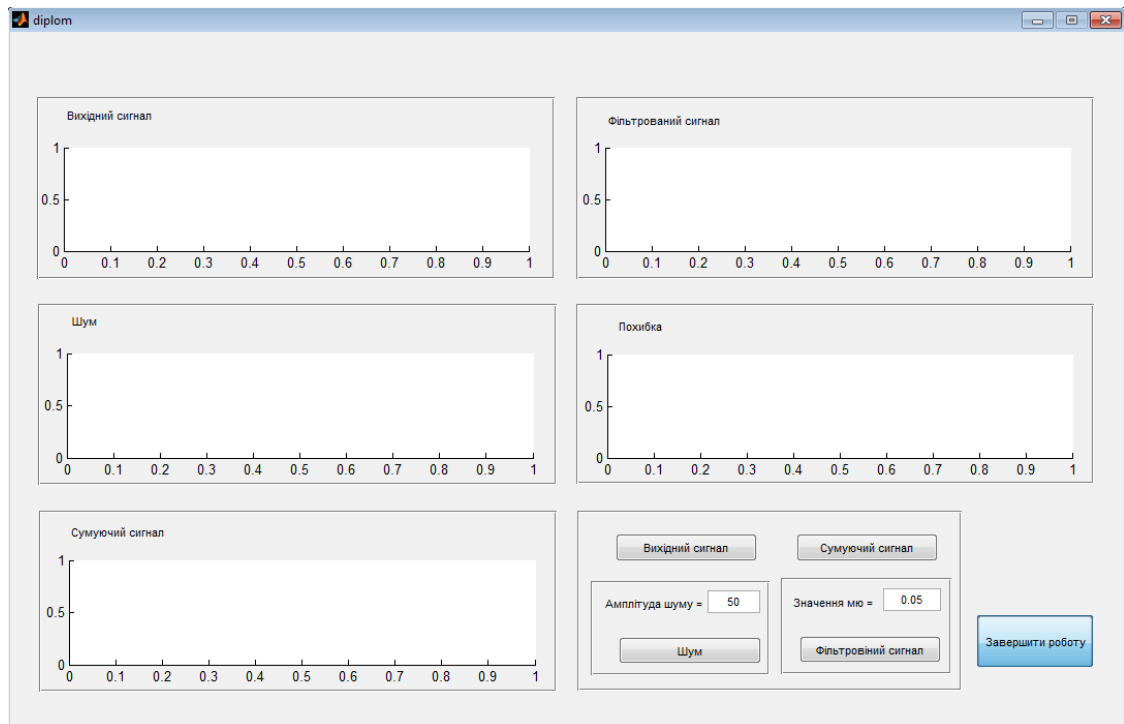


Рисунок 4 - Вікно програми

Головне вікно містить такі елементи (див. рис. 4):

- Кнопку відображення початкового сигналу, прикладу накладеного шуму, сигналу з накладеним шумом, результатом роботи адаптивного фільтру
- Графіки які відображають: початковий сигнал, приклад накладеного шуму, сигнал з накладеним шумом, сигнал з результатом роботи адаптивного фільтру, похибку
- Комірки для задання амплітуди шуму, значення  $\mu$
- Кнопку для завершення роботи з програмою
- 

#### 2.4 Системні вимоги

Для роботи програмного забезпечення повинні виконуватися наступні умови:

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

- Операційна система: Windows XP SP2/Vista/7/8 x32/x64;
- Процесор: Intel Pentium 4/ аналогічний AMD;
- Екран: не менше 1366x768;
- Оперативна пам'ять: 512 Мб;
- Звукова карта: вимоги відсутні;
- Жорсткий диск: 1 Гб;
- Net Framework 2.0.

### Висновки до розділу 2

За допомогою середовища розробки MATLAB було реалізовано програмний продукт.

Вихідний код всіх форм та компонентів наведено в додатку.

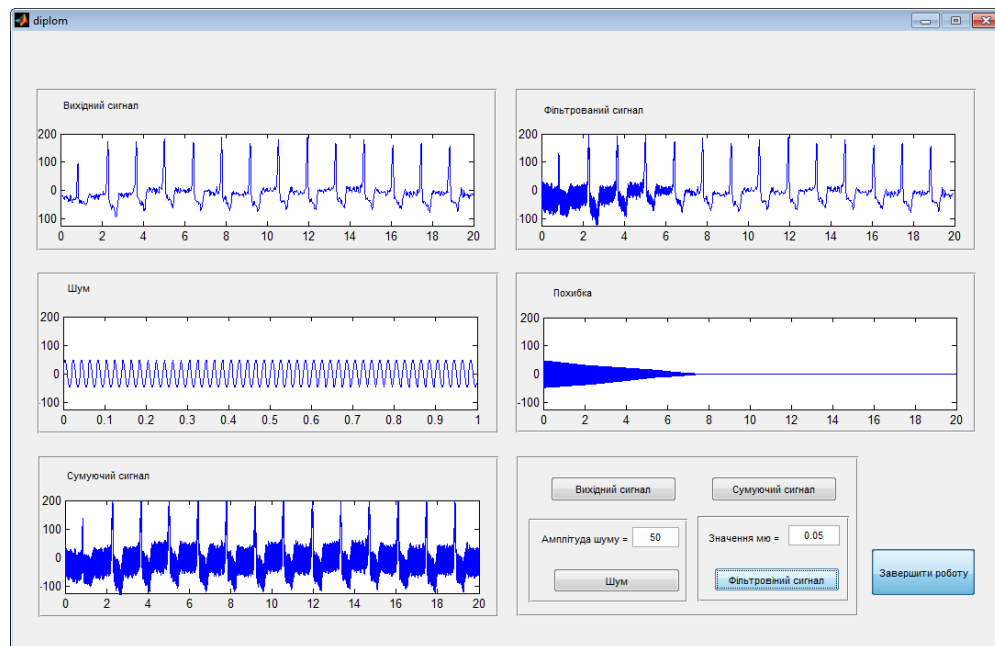


Рисунок 5 - Приклад виконання програми

## Вступ

В ході написання дипломної роботи було розроблено програмний продукт (ПП) за темою «Комп'ютеризована система адаптивної фільтрації шумів у сигналах на основі алгоритму LMS». Даний ПП призначений для Обробки вхідного сигналу, та очищення його від шумів, отримання очищеного сигналу для подальшої обробки та аналізу на наявність аномалій.

В даному розділі дипломної роботи приводиться аналіз умов праці у комп'ютерній лабораторії електрокардіографії, де буде відбуватись взаємодія із ПП.

**3.1** Загальна характеристика приміщення

Основні характеристики приміщення вказані в табл. 3.1 та на рис. 5 відповідно. Характеристики обладнання наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Характеристика приміщення

Параметри	Кількісна і візуальна характеристика
Розміри приміщення	7 (м) × 6 (м) × 2,8 (м)
Кількість працюючих	2 людини
Площа	42 (м <sup>2</sup> )
Об'єм приміщення	117,6 (м <sup>3</sup> )

Таблиця 3.2 – Характеристики обладнання

№	Кількі	Назва	Характеристика
1	1	Ноутбук Lenovo B570	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lenovo B570, 378 мм х 252 мм, Li-Ion</li> <li>• екран: Глянцевий 15.6 (1366x768) LED HD</li> <li>• процесор: Pentium B960 Sandy Bridge (2.2 ГГц)</li> <li>• оперативна пам'ять: 4 Гб DDR3</li> </ul>
2	1	Ноутбук ASUS X54L	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASUS X54L, 378мм х 253мм, Li-Ion</li> <li>• екран: Глянцевий 15.6 (1366x768), LED HD</li> <li>• процесор: Pentium B940 Sandy Bridge (2.0 ГГц)</li> <li>• оперативна пам'ять: 2 Гб DDR3-1333</li> </ul>
3	6	Освітлювальна лампа	Світильник ЛПО 2x36 T8 G13 Тип ПРА Дві лампи ЛЛ 36Вт Philips
4	3	Стілець	0,5 м × 0,55 м × 0,45 м
5	2	Батарей	Чавунний радіатор MC-140 (1 м),
6	3	Стіл	1,5 м × 0,8 м × 0,75 м
7	1	Двері	2,1 м × 0,95 м
8	2	Вікно	1,5 м × 1,7 м
9	1	Кондиціонер DAEWOO DSB-F079LN	Тип: спліт-системи, марки Delfa DSR-07HR (режим освітлення/охолодження/обігрів: P =
10	1	Електрокардіог	"БІОМЕД" іМ 12
11	1	Стіл	0,8 × 0,5 м × 0,75 м
12	1	Кухетка	1,5 м × 0,8 м × 0,5 м
13	1	Вазон із рослиною	Ficus carica L.

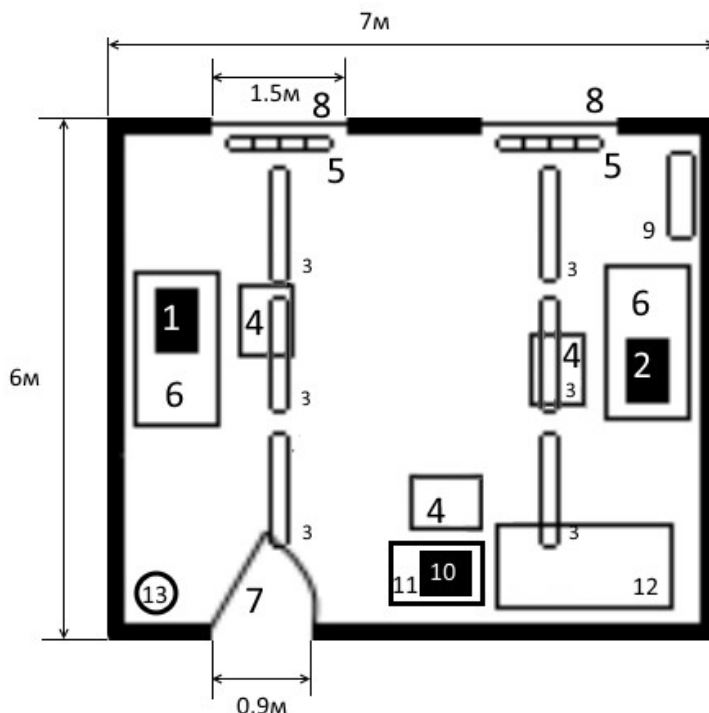


Рисунок 5 – План

Таблиця 3.3 - Норми відстаней за ДСанПІН 3.3.2.007-98

Характеристики	Нормативні значення	Реальні значення
Площа на одного працюючого, м <sup>2</sup>	Не менше 6	21
Об`єм на одного працюючого, м <sup>3</sup>	20	58,8
Відстань від комп`ютера до стіни	1 (м)	0,5 (м)
Прохід	Не менше 1 (м)	Більше 1 (м)
Розміри дверей, м	1,7-2,5x0,9	2,3x0,9
Розміри вікна, м	1,5x1,5	1,5 x 1,5

1. Реальні значення площі та об`єму на одне робоче місце частково не відповідають нормі (СНиП 2.09.02-85 [13]). Ноутбуки знаходяться

занадто близько до стін. Заходи нормалізації стану комп'ютерної аудиторії приведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 Заходи нормалізації стану лабораторії

Вид	Засоби подолання
Технічний	Відсунути столи з ноутбуками на 0,5м від
Організацій	Не передбачені
ЗІЗ	Не передбачені

### 3.2 Оцінка небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 за природою дії поділяються на 4 групи (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Небезпечні та шкідливі фактори

Фізичні	Хімічні	Біологічні	Психофізіологічні
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Мікроклімат</li> <li>• Освітлення</li> <li>• Шум</li> <li>• Випромінювання</li> <li>• Електробезпека</li> <li>• Пожежна безпека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пил</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Відсутні</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Розумове перенапруження</li> <li>• Монотонність праці</li> </ul>

#### 3.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат впливає на роботу працівників та стан працівників, які знаходяться у лабораторії. За санітарно-гігієнічним нормуванням відповідного нормативу ДСН 3.3.6.042-99 основні характеристики мікроклімату приміщення відповідають нормам. Категорія важкості праці вказана в табл. 3.6. Джерела впливу на мікроклімат в приміщенні – в табл. 3.7.

Таблиця 3.6 – Категорія важкості праці

Характер роботи	Категорія роботи	Загальні енерговитрати організму, Вт (ккал/год)	Характеристика робіт
Легкі роботи	I(a)	105-140 (90-120)	Роботи, що виконуються сидячи й не потребують фізичного напруження

Таблиця 3.7 – Джерела впливу на мікроклімат в приміщенні

Джерело	Наслідок
Комп'ютерна техніка	Перегрів та вихід з ладу апаратних складових комп'ютера
Висока температура повітря зовні (на вулиці)	Зменшення працездатності студента
Низька температура повітря зовні (на вулиці)	Некомфортні умови праці для студента
Працівники	Джерело надлишкового тепла та вологості

Таблиця 3.8– Заходи для нормалізації параметрів мікроклімату

Вид заходу	Засоби подолання
------------	------------------

Технічні заходи	У технологічному обладнанні		Застосовування кондиціонера DAEWOO DSB-E070I H пасивна вентиляція
	У приміщенні	У холодну	Опалення (2 чавунних радіатори MC- 140)
		У теплу	Кондиціонер в охолоджувальному режимі, провітрювання
Організаційні заходи			Щоденне прибирання вологе приміщення,
ЗІЗ			Непередбачені

Існуючих заходів та засобів нормалізації параметрів мікроклімату (табл. 3.8) достатньо для забезпечення постійного комфортного режиму праці.

### 3.2.2 Освітлення

Основна частин роботи відбувається із зображеннями на екрані монітору ноутбука. Характеристика зорової роботи представлена в табл. 3.9, заходи для захисту зору – в табл. 3.10.

Таблиця 3.9 – Джерела небезпеки та наслідки впливу

Джерело небезпеки	Наслідок
Підвищена яскравість світла	Перенапруження і погіршення зорового сприйняття працівника, негативний вплив на ЦНС, зниження рівня працездатності
Недостатнє місцеве освітлення	
Неправильне налаштування яскравості монітору	
Зниження контрасту	

Таблиця 3.10 – Заходи для нормалізації параметрів освітлення



Вид заходу		Засоби подолання небезпеки
Технічні заходи	У технологічному обладнанні	Використання матових покриттів для моніторів для ноутбуків, налаштування ноутбуків на автоматичне корегування яскравості монітора в залежності від навколишнього освітлення
	У приміщенні	Природне освітлення – бокове, 2 вікна на схід (1,5 (м) × 1,7 (м)). Штучне освітлення – комбіноване (6 світильників по дві лампи Т8, Р = 36 (Вт), закріплені на висоті 2,8 (м))
Організаційні заходи		Вологе прибирання, підтримання чистоти вікон
ЗІЗ		Непередбачені

Основні характеристики освітлення приміщення відповідають встановленим нормам ДБН В.2.5-28-2006 та ДСанПіН 3.3.2.007-98.

### 3.2.3 Шум

Основні джерела шуму та наслідки його впливу, а також заходи та засоби захисту зазначені в табл. 3.11 та 3.12 відповідно.

Таблиця 3.11 – Джерела небезпеки та наслідки впливу

Джерело шуму	Наслідок
Система охолодження комп'ютера	Погіршення самопочуття, емоційна напруженість, пригнічення ЦНС працівника
Кондиціонер	
Зовнішній шум	

Таблиця 3.12 – Заходи і засоби захисту від шуму

Вид заходу	Засоби подолання небезпеки
------------	----------------------------

Технічні заходи	У технологічному	Вентилятори ноутбуків та кондиціонер видають шум в
	У приміщенні	Встановлення металопластикових вікон, проведення шумоізоляції
Організаційні заходи		Проведення інструктажу з техніки безпеки, проведення планово-попереджувальних оглядів та ремонтів
ЗІЗ		Непередбачені

Середній рівень шуму не перевищує норми за ДСН 3.3.6.037-99.

#### 3.2.4 Випромінювання

У робочому кабінеті присутнє незначне електромагнітне випромінювання. Характеристика джерел випромінювання наведена в табл. 3.13. Заходи захисту наведені в табл. 3.14.

Таблиця 3.13 – Джерела випромінювань та статичної електрики

Джерело небезпеки	Наслідок
Електромагнітне випромінювання від монітора	Головний біль, сповільнення пульсу
Статична електрика внаслідок поляризації металевих частин комп'ютера	Нагрівання шкірного покриву, мимовільне скорочення м'язів

Таблиця 3.14 – Заходи та засоби для уникнення небезпек спричинених випромінюванням

Вид заходу	Засоби подолання небезпеки
Організаційні	Проведення перерв
Технічні	Відключення від мережі електроживлення електроприладув, які у даний момент не використовуються, у випадку ноутбуків – виймати акумулятори
ЗІЗ	Неперебачені

Оскільки електромагнітне випромінювання присутнє в незначній кількості, а інфрачервоні та ультрафіолетові випромінювання відсутні – виконаних заходів та засобів захисту достатньо для виконання норм ДСН 239-96.

### 3.2.5 Електробезпека

Характеристика джерел небезпеки ураження струмом наведена в табл. 3.15. Джерела небезпеки наведені в таблиці 3.16. Заходи і засоби захисту наведені в табл. 3.17.

Таблиця 3.15 – Характеристика джерел небезпеки ураження струмом

Найменування електроприладу	Споживча а потужніс	Джерело небезпеки	Наслідок
Ноутбуки	400	Деталі комп'ютерної техніки, що знаходяться	Ураження працівника струмом, опіки, механічні
Електрокардіограф	400	Деталі електрокардіографа, що знаходяться під	

Кондиціонер DAEWOO	700	Деталі кондиціонера, що знаходяться під	Ураження працівника струмом, опіки, механічні ушкодження
Джерела освітлення	36	Пошкоджені кабелі чи несправні вузли	

Таблиця 3.16 – Джерела та наслідки

№	Джерело небезпеки	Наслідок
1	Відсутня або пошкоджена ізоляція на кабелі	Ураження струмом, що може призвести до електричних опіків, знаків, металізації шкіри, електроофтальмії, механічних ушкоджень, електричного шоку, електричного удару, в т.ч. і IV ступеня – клінічної смерті.
2	Пошкоджений блок живлення	
3	Пошкоджений корпус ноутбука, роутера чи кондиціонера (оголення деталей апаратного забезпечення, що знаходяться під напругою).	
4	Оголена проводка	

Таблиця 3.17– Заходи і засоби захисту від ураження електричним струмом

Вид заходу		Засоби подолання небезпеки
Технічн і заходи	У техн. обладн.	Ввімкнення техніки в мережу через заземлені фільтри.
	У приміщен і	Прихована та ізольована проводка. Електричні блоки безпеки. Встановлено запобіжники типу «пробка-автомат».
Організаційні заходи		Інструктаж з техніки безпеки
ЗІЗ		Непередбачені

Існуючих заходів та засобів захисту від електротравм достатньо, щоб забезпечити безпечну роботу в комп'ютерній лабораторії (ДБН В.2.5-27-2006).

Електрокардіограф "БІОМЕД" іМ 12 відповідає вимогам ГОСТ Р 50267.0-92 та ГОСТ Р 50267.25-94, і не потребує особливих умов для застосування

### 3.2.6 Пожежна безпека

В приміщенні присутні наступні горючі речовини: дерево, пластмаса. Категорію лабораторії за вибухонебезпечністю визначено як В (пожежонебезпечна), а за пожежною безпекою - П-Па – у приміщенні знаходяться тверді горючі речовини та матеріали.

Характеристика пожежонебезпечної зони наведено в табл. 3.18. Основні джерела пожежної небезпеки наведені в табл. 3.19. Для запобігання пожежі вжито такі заходи безпеки (табл. 3.20)

Таблиця 3.18 – Характеристика пожежонебезпечної зони

Тип пожежі	Характеристика
Клас пожежі	А – горіння твердих речовин, Е – горіння електроустановок, під напругою до 1000 В
Підклас пожежі	А <sub>1</sub> горіння супроводжується тлінням
Вибухобезпечна зона	Клас 2
Пожежонебезпечна зона	Клас – П-Па
Горючі матеріали	Волокнисті (папір), тверді (столи, стільці, двері), пластикові (вікно, стільці, лінолеум, комп'ютер)

Таблиця 3.19 – Джерела небезпеки

Джерело небезпеки	Небезпечний фактор
Несправності електропроводки, розеток	Коротке замикання або пробій ізоляції
Матеріали і речовини, схильні до займання(папір, дерево)	Займання матеріалів
Недотримання заходів пожежної безпеки	Займання матеріалів, устаткування

Таблиця 3.20 – Заходи та засоби з пожежної безпеки

В	Засоби подолання небезпеки
Технічн і заходи	Вогнегасник ОУ-3(знаходиться біля пожежного щита) вільний доступ до мережних рубильників та вимикачів, у коридорі – пожежний кран та рукав. Датчик теплової пожежної сигналізації КИ-1.
Організ аційні заходи	Інструктаж з правил пожежної безпеки та періодичний контроль знань про правила пожежної безпеки, план евакуації при пожежі
ЗІЗ	Непередбачені

Вимоги ДБН В.1.1-7-2002 та СНіП 2.09.02-85 дотримуються в повній мірі.

### 3.2.7 Хімічні фактори

Основні джерела пожежної небезпеки наведені в табл. 3.21. Заходи і засоби захисту наведені в табл. 3.22.

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

Таблиця 3.21 – Джерела небезпеки

Джерело небезпеки	Наслідок
Відсутність вологого прибирання	Шкідливий вплив на дихальну систему.

Таблиця 1.22 – Засоби і захист від шкідливих хімічних факторів

Вид заходу	Засоби подолання небезпеки
Технічні заходи	Підтримання порядку та чистоти
Організаційні заходи	Щоденне вологе прибирання підлоги та сухе прибирання горизонтальних поверхонь
Засоби індивідуального захисту	Непередбачені

Вимоги ГОСТ 12.1.007-76 дотримуються в повній мірі.

### 3.2.8 Психофізіологічні фактори

Основні небезпечні та шкідливі психофізіологічні фактори наведені в табл. 3.23. Заходи щодо зменшення загрози небезпечних та шкідливих психофізіологічних факторів наведені в табл. 3.24.

Таблиця 3.23 – Джерела небезпеки

Джерело небезпеки	Наслідок
Розумове перенапруження	Головний біль, порушення уваги.
Монотонність праці	Швидкий розвиток втоми в зв'язку з локалізацією м'язових і нервових навантажень, гіподинамія.

Таблиця 3.24 – Засоби і захисту від шкідливих психофізіологічних факторів

Вид заходу	Засоби подолання небезпеки
Технічні заходи	Столи і стільці мають комфортну висоту для середнього зросту людини – 75 см та 45 см відповідно. Кут нахилу екрану по вертикалі має становити 10 °. Кут зору працюючих щодо екрану не перевищує 40 °.
Організаційні заходи	Проведення 10 хвилинних перерв кожні 40 хвилин робочого часу, та 20 хвилинних перерв кожні 90 хвилин робочого часу.
Засоби індивідуального захисту	Відсутні

Існуючих заходів захисту від шкідливих психофізіологічних факторів достатньо, для комфортної роботи в комп'ютерній лабораторії (ГОСТ 12.2.032-78)

#### Висновки до розділу 3

В даному розділі дипломної роботи були розглянуті норми та заходи з охорони праці й техніки безпеки в комп'ютерній лабораторії. Загалом приміщення відповідає нормам з охорони праці. Створені умови забезпечують комфортну роботу.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи було виконано наступні задачі:

1. Знайдені необхідні інформаційні джерела по темі роботи.
2. В результаті аналізу засобів для виконання дипломної роботи обрано середовище розробки MATLAB, як такі, що найкраще підходять для маніпуляцій з матричними і іншими видами даних, а також зручними засобами виведення графіків..
3. Розроблено теоретичну частину дипломної роботи, як підготовчий етап перед виконанням практичної частини.
4. Спроектовано та розроблено програмний продукт, який повністю відповідає висунутим на етапі проектування вимогам.
5. Проведено аналіз умов праці та впливу шкідливих виробничих факторів, при використанні розробленого програмного продукту, та запропоновано заходи щодо усунення наслідків цього впливу.

Всі поставлені задачі були досягнуті у повному обсязі.

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Добровська Л.М., Добровська І.А. Теорія та практика нейронних мереж, Київ 2015
2. Ахметшина Л.Г., Адаптивна фільтрація шумів в сигналах і зображеннях: метод селективного інгулярного розкладання. 2005
3. Джиган В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы, 2013
4. Сергиенко А. Б., Алгоритмы адаптивной фильтрации: особенности реализации в MATLAB, 2003
5. Emmanuel C. Ifeachor, Barry W. Jervis, Digital Signal Processing: A Practical Approach Second Edition, 2008
6. ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ОБРАБОТКЕ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ [Електронний ресурс] [www.studfiles.ru](http://www.studfiles.ru) — Режим доступу: <http://www.studfiles.ru/preview/2172987/>
7. Збірка студентських наукових праць факультету "Комп'ютерних інформаційних технологій і автоматики". Випуск 5. [Електронний ресурс] [masters.donntu.org](http://masters.donntu.org) — Режим доступу: [http://masters.donntu.org/2008/kita/bondar/library/my\\_nau\\_statia1.htm](http://masters.donntu.org/2008/kita/bondar/library/my_nau_statia1.htm)
8. ФИЛЬТРАЦИЯ ПОМЕХ И АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ФИЛЬТРОВ [Електронний ресурс] [cyberleninka.ru](http://cyberleninka.ru) — Режим доступу: <http://cyberleninka.ru/article/n/filtratsiya-pomeh-i-analiz-harakteristik-filtrov-na-osnove-adaptivnyh-algoritmov-i-neyronnoy-seti-adaline>
9. C++ — Википедия. [Електронний ресурс] [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org) — Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/C++](https://ru.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B).

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

10. С++ обзор языка программирования. [Электронный ресурс] [www.black-trader](http://www.black-trader.com/2015/03/c-obzor-yazyka-programmirovaniya/) — Режим доступа: <http://www.black-trader.com/2015/03/c-obzor-yazyka-programmirovaniya/>.

11. Лаборатория цвета в Matlab. Введение [Электронный ресурс] [milovsky.ru](https://milovsky.ru) — Режим доступа: <https://milovsky.ru/matlab/intro.php>

12. Система MatLAB [Электронный ресурс] [life-prog.ru](http://www.life-prog.ru) — Режим доступа: [http://www.life-prog.ru/1\\_11345\\_sistema-MatLAB.html](http://www.life-prog.ru/1_11345_sistema-MatLAB.html)

13. Электротехнические расчеты в MATLAB [Электронный ресурс] [atomas.ru](http://atomas.ru) — Режим доступа: [http://atomas.ru/rasht\\_matlab/moler\\_lab2.htm](http://atomas.ru/rasht_matlab/moler_lab2.htm)

14. Применение программы MATLAB [Электронный ресурс] [matkb.ru](http://matkb.ru) — Режим доступа: <http://matkb.ru/arf24/15>

16. LMS (Least Mean Square) Filter Matlab [Электронный ресурс] [spturtle.blogspot.com](http://spturtle.blogspot.com) — Режим доступа: <http://spturtle.blogspot.com/2014/10/lms-least-mean-square-filter-matlab.html>

17. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы [Электронный ресурс] [technosphaera.ru](http://www.technosphaera.ru) — <http://www.technosphaera.ru/lib/book/333?read=1>

18. LMS-алгоритм адаптивной фильтрации сигналов [Электронный ресурс] [slidegur.com](http://slidegur.com) — [http://slidegur.com/doc/253420/lms-algorithm-adaptivnoj-fil.\\_tracii-signalov](http://slidegur.com/doc/253420/lms-algorithm-adaptivnoj-fil._tracii-signalov)

19. MATLAB [Электронный ресурс] [ex.ua](http://www.ex.ua) — <http://www.ex.ua/9447378>

20. Активное шумоподавление с помощью адаптивного КИХ-фильтра с дополнительной фильтрацией выходного сигнала. [Электронный ресурс] [matlab.ru](http://matlab.ru) — <http://matlab.ru/blog/AlAn/107/>

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

21. Computer exercise 2: Least Mean Square (LMS) . [Електронний ресурс] eit.lth.se —

<http://www.eit.lth.se/fileadmin/eit/courses/ett042/CE/CE2e.pdf>

22. Adaptive filter [Електронний ресурс] uk.mathworks.com —  
[http://uk.mathworks.com/help/dsp/ref/adaptfilt.html?s\\_tid=gn\\_loc\\_drop](http://uk.mathworks.com/help/dsp/ref/adaptfilt.html?s_tid=gn_loc_drop)

23. Державні стандарти і норми [Електронний ресурс] sop.zp.ua —  
[http://sop.zp.ua/norm\\_standart\\_gost01.php](http://sop.zp.ua/norm_standart_gost01.php)

24. СНиП 2.09.02-85. Строительные нормы и правила  
Производственные здания.

25. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

26. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

27. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

28. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ЕОМ.

29. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

30. ДСН 239-96 Державні санітарні норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань.

31. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

32. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

33. СТ 12.1.007-76. Система стандартів безпеки труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

34. ГОСТ 12.2.032-78. Рабоче місце при виконанні робіт сидячи.  
Загальні ергономічні вимоги.

35. ГОСТ Р 50267.0-92. Изделия медицинские электрические.  
Часть 1. Общие требования безопасности

36. ГОСТ Р 50267.25-94. Изделия медицинские электрические.  
Часть 2. Частные требования безопасности к электрокардиографам

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

## Головне вікно програми

## Diplom.m

```
function varargout = diplom(varargin)
% DIPLOM MATLAB code for diplom.fig
%     DIPLOM, by itself, creates a new DIPLOM or raises the
existing
%     singleton*.
%
%     H = DIPLOM returns the handle to a new DIPLOM or the
handle to
%     the existing singleton*.
%
%     DIPLOM('CALLBACK', hObject,eventData,handles,...) calls
the local
%     function named CALLBACK in DIPLOM.M with the given
input arguments.
%
%     DIPLOM('Property','Value',...) creates a new DIPLOM or
raises the
%     existing singleton*. Starting from the left, property
value pairs are
%     applied to the GUI before diplom_OpeningFcn gets
called. An
%     unrecognized property name or invalid value makes
property application
%     stop. All inputs are passed to diplom_OpeningFcn via
varargin.
%
```

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

```

%      *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.  Choose "GUI
allows only one
%      instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help diplom

% Last Modified by GUIDE v2.5 12-May-2014 17:10:23

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @diplom_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @diplom_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State,
varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

```

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

```

function diplom_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
x1=load('ecg2.txt');
N=length(x1);
Fd=250;
T=1/Fd;
tmax=N/Fd;
handles.t=0:T:tmax-T;
load('filter.mat');
handles.x0 = filter(Num,1,x1);

handles.output = hObject;

guidata(hObject, handles);

function varargout = diplom_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)

varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
axes(handles.axes1);
plot(handles.t,handles.x0);
set (handles.axes1,'YLim',[-125 200])
title('Вихідний сигнал');

```

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51



```

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
Fd=500;
T=1/Fd;
tmax=1;
t=0:T:tmax-T;
str=get(handles.edit3,'String');
A=str2num(str);
x2=A*sin(2*pi*50*t);
axes(handles.axes2);
plot(t,x2) ;
set(handles.axes2,'YLim',[-125 200])
title('Шум');

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
str=get(handles.edit3,'String');
A=str2num(str);
x2=A*sin(2*pi*50*handles.t);
x2=x2';
x3=plus(handles.x0,x2);
axes(handles.axes3);
plot(handles.t,x3) ;
set(handles.axes3,'YLim',[-125 200])
title('Сумуючий сигнал')

```

					ІМ22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

```

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
Fd=250;
str=get(handles.edit3,'String');
A=str2num(str);
x2=A*sin(2*pi*50*handles.t);
x2=x2';
x3=plus(x2,handles.x0);
str=get(handles.edit1,'String');
da=str2num(str);
y=fs50(x3,Fd,da);
axes(handles.axes4);
plot(handles.t,y);
set(handles.axes4,'YLim',[-125 200])
title('Фільтрований сигнал');

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as
text
%           str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit1 as a double

```

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit3 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.

```

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

```

function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
% --- Executes on button press in pushbutton.
function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
close

```

**Фільтр  
adaptiv.m**

```

function
[output,ert,filter]=adaptiv(target,source,fil_len,mu,h)

sig_len=length(target);
e=zeros(sig_len,1);
y_out=zeros(sig_len,1);
delta=0.05;
source_block=source;

for k=(fil_len+1):(sig_len-1)

```

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

```

r=source_block(k-fil_len+1:k,1);
p=target(k-fil_len,1);

y=dot(r,h);
e(k-fil_len,1)=p-y;

energy=sum( r(:,1).*r(:,1) );
h(:,1)=h(:,1) + (mu/(energy+delta))*r(:,1)*e((k-fil_len),1);
y_out(k-fil_len,1)=y;
end

ert=e;
filter=h;
output=y_out;
end

```

					IM22.2214.1300.1732.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51