Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

факультет комп'ютерно-інформаційних систем та продукційної інженерії
(назва факультету)

кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр
(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Комп'ютерна система генерування тестових сталів штучного людини

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи СІ-ку-61
спеціальності (напряму підготовки)
123 Комп'ютерна інженерія
(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

(підпис) Моха Л.О. (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) Чвостівський М.О. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль (підпис) Тиш С.В. (прізвище та ініціали)

Рецензент (підпис) Стрембицький М.О. (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії
Кафедра комп'ютерних систем та мереж
Освітній ступінь магістр
Напрям підготовки
(шифр і назва)
Спеціальність 123 комп'ютерна інженерія
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Завідувач кафедри КС
Духовна Р.М.
«02» 03 2013 р.

# ЗАВДАННЯ
## НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Мога Костянтин Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Комп'ютерна система генерування тестових сигналів сітківки ока людини

Керівник проекту (роботи) Хвостівський Микола Орестович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «28» 08 2019 року № 4/7-736

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 23.12.2019

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Об'єкт дослідження: процес генерування тестових сигналів сітківки ока людини; Предмет дослідження: математичне алгоритмічне та програмне забезпечення комп'ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Аналіз відомого математичного забезпечення комп'ютерних систем генерування тестових сигналів сітківки ока
2. Математичне та алгоритмічне забезпечення комп'ютерної системи генерування тестових сигналів
3. Програмне забезпечення комп'ютерної системи генерування тестових сигналів
4. Обгрунтування економічної ефективності
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
6. Еколого

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1. Актуальність теми 2. Мета і задачі дослідження 3. Експериментальні неслідовані електричні сигнали сітківки ока людини 4. Тестування алгоритму генерування тестових сигналів сітківки ока 5. Реалізація різних між експериментальними та генеровими сигналами. В. Висновки

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата завдання видав | Підпис, дата завдання прийняв |
|---|---|---|---|
| Екологія | Лесота О.М., доц. | [signature] | [signature] 18.11.19 |
| Обгрунт. екон. ефект. | Кирич Н.Б. | [signature] | [signature] |
| Безпека в НС | Стручок В.С., ст. викл. каф ОХ | [signature] | [signature] |
| Охорона праці | Обуховська Г.М. | [signature] 21.11.19 | [signature] 21.12.19 |
| Спеціальна частина | Хвостівський Н.О., доц. каф. КС | [signature] | [signature] |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 02.09.2019

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1. | Отримання завдання | 02.09.19 | виконано |
| 2. | Аналіз завдання | 03.09.19 | виконано |
| 3. | Написання розділу 1 | 05.09.19 | виконано |
| 4. | Написання розділу 2 | 26.09.19 | виконано |
| 5. | Написання розділу 3 | 24.10.19 | виконано |
| 6. | Обгрунтування економічної ефективності | 31.10.19 | виконано |
| 7. | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | 11.11.19 | виконано |
| 8. | Екологія | 18.11.19 | виконано |
| 9. | Оформлення пояснювальної записки | 25.11.19 | виконано |
| 10. | Оформлення графічної частини та презентації | 02.12.19 | виконано |
| 11. | Попередній захист | 20.12.19 | виконано |
| 12. | Захист | 23.12.19 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент [signature] (підпис) Мога Костянтин Олександрович (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) [signature] (підпис) Хвостівський Н.О. (прізвище та ініціали)

# АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи: «Комп’ютерна система генерування тестових сигналів сітківки ока людини» // Дипломна робота // Моха Костянтин Олександрович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп’ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії, група СІмз-61 // Тернопіль, 2019 // с. – 116, рис. – 30, табл. – 11, аркушів А1 – 10, додат. – 4, бібліогр. –45.

Ключові слова: КОМП’ЮТЕРНА СИСТЕМА ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ СИГНАЛІВ СІТКІВКИ ОКА ЛЮДИНИ, МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ.

Дипломну роботу присвячено розроблені програмного забезпечення комп’ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини на основі математичного забезпечення основою якого є імітаційна модель та алгоритм генерування сигналу.

За імітаційну модель сигналів сітківки ока людини використано зворотне Фур’є перетворення, яке уможливило процедуру розроблення алгоритмічного забезпечення комп’ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини.

На основі алгоритмічного забезпечення розроблено програмне забезпечення засобами Matlab для комп’ютерної системи, яке забезпечує процедуру автоматизованого генерування тестових сигналів сітківки ока людини.

# ANNOTATION

The theme of the thesis: «Computer system of human eye retina text signals generation» // Master thesis // Mokha Konstantyn // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, group SImz-61 // Ternopil, 2019 // p. – 116, fig. – 30, tab. – 11, Sheets A1 – 10, Add – 4, Ref. – 45.

Keywords: COMPUTER SYSTEM OF HUMAN EYE RETINA TEXT SIGNALS GENERATION, MATHEMATICAL SOFTWARE, SOFTWARE, SIMULATION MODEL.

The Master thesis is devoted to the development of software of computer system for generating test results of the retina of the human eye based on mathematical support which is based on the simulation model and the algorithm of signal generation.

The human retina simulation model used human inverse Fourier transform, which made it possible to develop an algorithmic software for the computer system to generate human retina test signals.

Algorithmic software is developed by Matlab software for a computer system, which provides a procedure for automated generation of human retina test signals.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 9
ВСТУП 10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВІДОМОГО МАТЕМАТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ СИГНАЛІВ СІТКІВКИ ОКА 13
1.1. Механізм виникнення електричних сигналів сітківки ока 13
1.2. Електричний сигнал сітківки ока людини 16
1.3. Значення електричного сигналу сітківки ока в медичній практиці 18
1.4. Відоме математичне забезпечення комп'ютерних систем 20
1.4.1. Імітаційна модель сигналу сітківки ока на основі аналізу рівнів моделювання та біофізики викликаних потенціалів. 20
1.4.2. Імітаційна модель сигналу сітківки ока у вигляді диференціального рівняння 2-го порядку. 22
1.4.3. Імітаційна модель сигналу сітківки ока в вигляді полігармнонійного ряду 25
1.4.4. Імітаційна модель сигналу сітківки ока у вигляді адитивної суміші детермінованої і випадкової складових 25
1.4.5. Імітаційна модель сигналу сітківки ока у вигляді лінійного випадкового процесу 26
1.5. Висновок до розділу 1 26
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНЕ ТА АЛГОРИТІМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ СИГНАЛІВ 27
2.1. Технічне забезпечення 27
2.2. Математичне забезпечення 31
2.2.1. Визначення параметрів комп'ютерної системи генерування 31
2.2.2. Параметри електричних сигналів сітківки ока для їх генерування 37
2.2.3. Імітаційне моделювання сигналів сітківки ока 39
2.3. Алгоритмічне забезпечення комп'ютерної системи та її тестування 48
2.3.1. Алгоритм генерування сигналів сітківки ока 48
2.3.2. Тестування алгоритму генерування сигналів 49

2.3.3. Блок-схема програмного забезпечення генерування сигналів 54
2.4. Висновки до розділу 2 56
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ СИГНАЛІВ 57
3.1. Розробка програмного забезпечення 57
3.1.1. Розробка програмного забезпечення функції генерування 57
3.1.2. Розробка інтерфейсу програмного забезпечення генерування сигналів 59
3.2. Результати комп'ютерного генерування сигналів 64
3.3. Висновки до розділу 3 67
РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ 68
4.1. Науково-технічна актуальність науково-дослідної роботи 68
4.2. Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи 69
4.3. Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи 75
4.4. Висновки до розділу 4 79
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 80
5.1. Охорона праці 80
5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях 82
5.3. Висновки до розділу 5 84
РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЯ 85
6.1. Моніторинг поверхневих вод 85
6.2. Статистична оцінка екологічного стану навколишнього природного середовища та закономірностей його розподілу 88
6.3. Висновки до розділу 8 91
ВИСНОВКИ 92
СПИСОК ВИКОРИТАНИХ ДЖЕРЕЛ 93
Додаток А. Теза конференції «Комп'ютерна система генерування електричних сигналів сітківки ока людини» 97
Додаток Б. Теза конференції «Комп'ютерні системи генерування тестових сигналів кровоносних судин та сітківки ока людини» 102

Додаток В. Текст програмного забезпечення функції генерування сигналів сітківки ока 105
Додаток Г. Текст програмного забезпечення комп’ютерної системи з інтерфейсом 106

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЕССО – електричні сигнали сітківки ока;

ЗВП – зорові визвані потенціали;

ЗК – зорові клітини;

ІМ – імітаційне моделювання;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПК – персональний комп’ютер;

СОК – сітківка ока людини;

ССО – сигнали сітківки ока.

# ВСТУП

Актуальність роботи. Для діагностики функціонального стану зорового аналізатора за електричними сигналами сітківки ока людини (зареєстровані сумарні електропотенціальні відгуки клітин сітківки ока на зовнішнє світлове подразнення) застосовують комп'ютерні системи (ДКЗО-01 (Україна), Calypso (США), Нейрон-МВП" (Росія); NEUROPA (Англія); BASIC EPM (Італія)) та сучасні інформаційні технології. Задача тестування коректності роботи розроблених комп'ютерних систем, зокрема їх алгоритмічного та програмного забезпечення, шляхом генерування різних типів сигналів сітківки ока людини та подальшого їх дослідження є важливою задачею. Оскільки, ефективність аналізу електричних сигналів сітківки ока людини в процесі діагностування залежить від наявності адекватності його математичного та алгоритмічного забезпечень і розробленої на їх основі комп'ютерної системи генерування сигналів як засобу тестування коректності роботи систем діагностики функціонального стану зорового аналізатора.

Питанням розробки комп'ютерних систем з використанням програмних генераторів займалось ряд науковців таких як: Хьюбел Д., Педхем И. Сондерс Дж., Линник Л.Ф., Антропов Г.М., Максимов Г.В., Яворський Б.І., Юзьківа А.В., Мацюка О.В., Паламар М.І., Ткачук Р.А., Хвостівський М.О., Шадріна Г.М., Рілк А.Д.

Ядром відомих комп'ютерних систем генерування є математичне забезпечення (математичні та імітаційні моделі), яке не уможливлює процедуру відтворення сигналів сітківки ока людини за вхідними морфологічні параметрами, що є важливим при коректності тестування алгоритмічного та програмного забезпечення комп'ютерної системи.

Наведені аргументи вказують на актуальність розроблення нової комп'ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини на базі математичного забезпечення, яке би врахувала у своїй структурі морфологічні

показники (амплітудні та часові параметри), для адекватного тестування коректності роботи систем діагностики стану зорового аналізатора.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розробка комп'ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз відомих комп'ютерних систем генерування тестових сигналів сітківки ока людини, зокрема їх математичного забезпечення, для обґрунтування напрямку наукового дослідження.

2. Розробити математичне забезпечення комп'ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини, яке би врахувало у своїй структурі морфологічні показники (амплітудні та часові параметри).

3. Розробити алгоритмічне забезпечення комп'ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини та спосіб його тестування.

4. Розробити програмне забезпечення комп'ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини.

5. Провести процедуру тестування розробленої комп'ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини

Об'єкт дослідження: процес генерування тестових сигналів сітківки ока людини

Предмет дослідження: математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення комп'ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини.

Методи дослідження. Цифрове опрацювання сигналів, математична статистика, імітаційне та математичне моделювання, теорія проектування обчислювальних систем, а також математичного та комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше розроблено комп'ютерну систему автоматизованого генерування тестових сигналів сітківки ока людини на базі математичного та алгоритмічного апарату Фур'є перетворення, що забезпечило процедуру тестування коректності роботи систем діагностики стану зорового аналізатора.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблене програмне забезпечення може бути використані при тестуванні алгоритмів роботи комп’ютерних систем діагностики стану сітківки ока людини.

Публікації.

Викладені в роботі результати будуть доповідалися і обговорюватися на II Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених та студентів «Сучасні інформаційні системи та технології» (м.Херсон, 30 листопада, 2019 р.) та VII науково-технічній конференцій «Інформаційні моделі, системи та технології» (м.Тернопіль, 11-12 грудня, 2019 р.).

Структура роботи.

Робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка складається із вступу, шести розділів, висновків, список використаних джерел та додатків. Обсяг роботи: пояснювальна записка – 116 аркушів формату А4, графічна частина - 10 аркушів формату А1.

# РОЗДІЛ 1
# АНАЛІЗ ВІДОМОГО МАТЕМАТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ СИГНАЛІВ СІТКІВКИ ОКА

## 1.1. Механізм виникнення електричних сигналів сітківки ока

Механізм утворення ССО в рецепторах його передача в ділянки ЗК обумовлюється процесами фізико-хімічної природи, які відбуваються в нейронах.

Всередині та назовні клітин ССО різниться по значенню різниці потенціалів на 0,07В [21]. В клітинах мембрани сітківки є багато різногабаритних пор через які іони можуть переміщатися в процесі її подразнення при утворенні ССО, як зображено на рис.1.1.

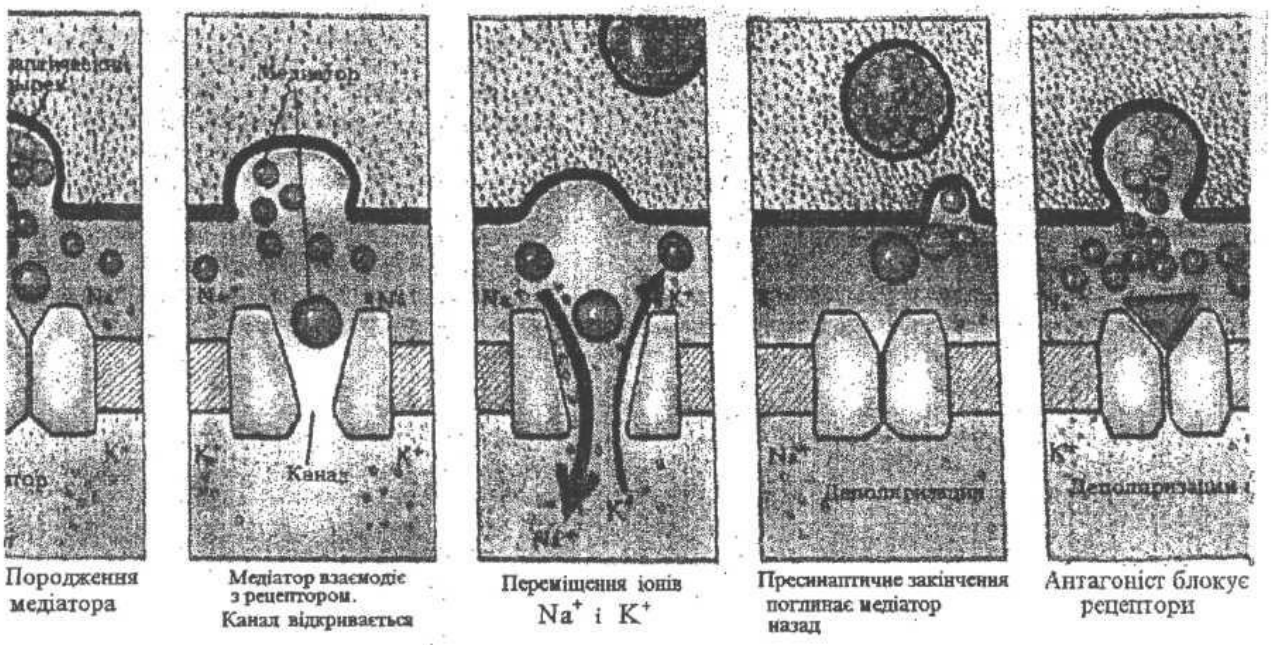



Рис. 1.1. Механізм утворення ССО

Утворення електричних сигналів базується ґрунтується на явищі проникання іонів натрію $Na^+$, калію $K^+$, , кальцію $Ca^+$ та складових інших через мембрану клітини м'язу з різною їх проникненістю. Різниця потенціалів виникає внаслідок того, що концентрація $K^+$ всередині не збудженої клітини в 30 разів вища в

міжклітинному просторі і навпаки концентрація $Na^+$ в 20 разів вища в міжклітинному просторі та в 13 разів вища концентрації $Cl^-$, і цей процес забезпечення високих градієнтів концентрації іонів обумовлений функціонуванням іонних насосів, які допомагають вивести з клітини іони $Na^+$, $Ca^+$, $Cl^-$, а ввести $K^+$. Рух іонів приводить до поляризації не збудженої клітинної мембрани, де зовнішня поверхня має позитивний заряд, а внутрішня – від'ємний, внаслідок чого виникає різниця потенціалів, яка затримує переміщення іонів, що характеризує стабільний стан поляризації мембран клітин в період діастоли.

Якщо ж збудити клітину виділеними при фотохімічній реакцій медіаторами, то швидко змінюється її проникність і це приводить до зміни іонних потоків через клітинну мембрану, а відповідно можна вирахувати за рівнянням Ернста [9], ґрунтуючись на концепції іонів калію:

$$U = \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln \frac{\left[K^+\right]_B}{\left[K^+\right]_C}, \qquad (1.1)$$

де $U$ - потенціал мембрани, $R$ - газова постійна $R = 8{,}316$ Дж/К;

$T$ - абсолютна температура ($T = 273^\circ C$);

$F$ - число Фарадея;

$n$ - валентність;

$\left[K^+\right]_B$, $\left[K^+\right]_C$ - концентрація іонів калію всередині та оточуючого середовища.

В подразненій клітині розвивається швидке високоамплітудне коливання такого потенціалу [9], яке розповсюджується по всій мембрані м'язової клітини, а нервовій клітині виходить на її аксон і розповсюджується по всій його довжині. На рис. 1.2 показана структура збудженого нейрону і поширення потенціалу аксоном до інших нейронів

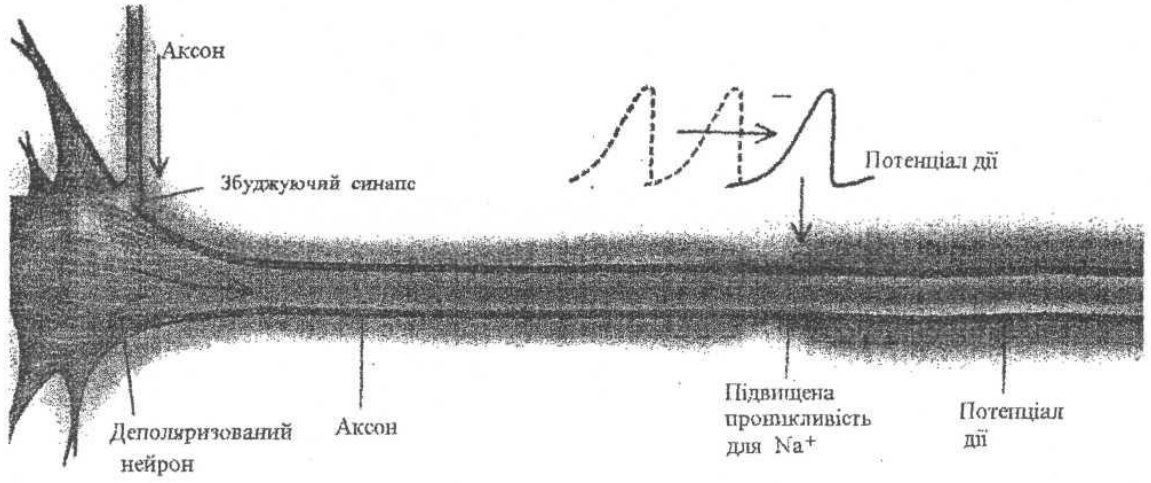



Рис 1.2. Структура нейрона і передачі біопотенціалів

Таким чином світло, внаслідок фотохімічної реакції і викликаних молекулярних процесів, трансформується в електричну форму енергії.

Отже нейрони і ніші клітини сітківки можна вважати сукупністю точкових джерел електричного струму, навколо яких виникають електричні поля. Електричні потенціали виникають також на поверхні збудженої тканини, передаються через неоднорідне провідникове середовище ока, тому можлива реєстрація різниці потенціалів при розповсюдженні хвилі збудження не тільки безпосередньо на поверхні клітин збудженої сітківки, а також на певній віддалі від неї на поверхні рогівки, де і розміщують електроди.

Користуючись принципом суперпозиції у випадку дії системи точкових зарядів в об’ємному провіднику, сумарна напруженість електромагнітного поля в певній точці буде рівна векторній сумі напруженості полів, які утворюються окремо кожним зарядом. Потрібно врахувати також нерівномірність розподілу рецепторів і нейронів по площині сітківки, а також багатошарову будову сітківки, де кожен шар складається з груп нейронів певного типу і відповідає за формування певної компоненти загального сигналу.

## 1.2. Електричний сигнал сітківки ока людини

Аналіз електричний сигнал сітківки ока є найбільш інформативною методикою діагностики багатьох захворювань зорової системи [4,18]. ССО – це графічне вираження зміни сумарного електричного потенціалу множини клітинних елементів сітківки ока (рецепторів і різних типів нейронів) внаслідок дії зовнішнього світлового подразнення (рис. 1.3).

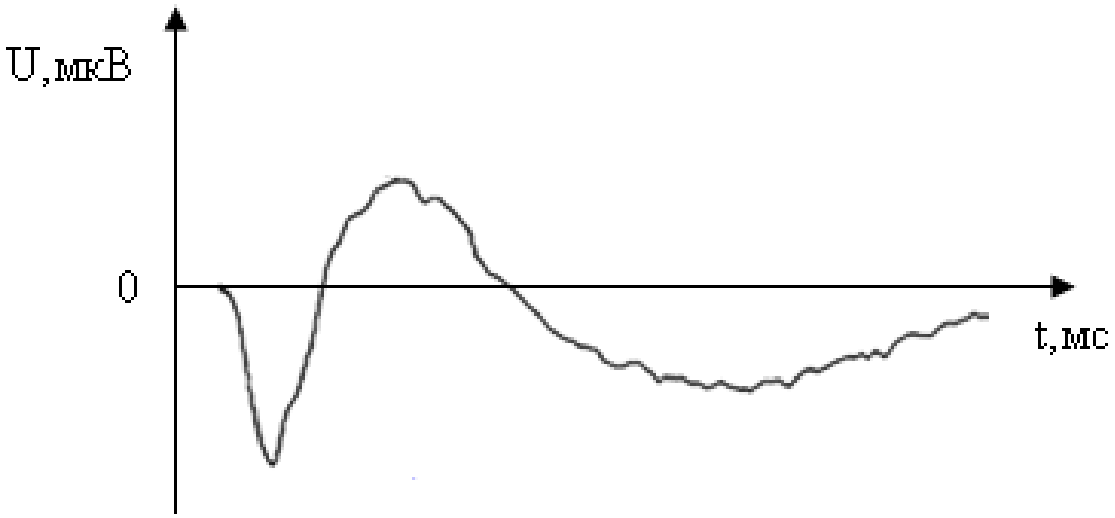



Рис.1.3. Загальний вигляд ССО

Практично ССО реєструється шляхом вимірювання потенціалу рогівки ока по відношенню до референтної точки, в якості звичайно використовуються мочка вуха, або точка на лобі. Для подразнення рецепторів сітківки використовують спалахи світла різної довжини хвилі, інтенсивності і частоти повторення. Існує декілька видів електроретинограм [6,22-24]:

а) глобальна (або ганц-фельд, або загальна) електроретинограма, яка реєструється в тому випадку, коли освітлюється все поле сітківки;

б) зональна (або локальна) ЕРГ, що виділяється при освітленні окремих зон сітківки. З допомогою зональної ЕРГ виділяють функції центральної частини сітківки (макули) з перевагою паличок. Фотопічна (колбочкова) система забезпечує денний зір, а скотопічна (паличкова) – смерковий. Для виділення ЕРГ кожної з цих систем використовують різні способи:

- різні інтенсивності стимулюючого світла, низькі для паличкової, високі – для колбочкової систем;

- світлову адаптацію для колб очкової систем і темнову – для паличкової;

- застосування фонового освітлення (білого і голубого) для подавлення функцій паличкового апарату;

- подання світлових імпульсів з різною частотою миготінь: до 20 Гц для паличкової системи і вище 30 Гц – для колбочкової;

- використання хроматичних фільтрів для кольорової стимуляції з врахуванням спектральної чутливості паличок і колбочок (до синього світла більш чутливі палички, а до червоного - колбочки);

- врахування в самому ССО латентностей (часу появи ВП після стимулу) колб очкових і паличкових компонентів: колбочки мають коротші латентні періоди відповідей в порівнянні з відповіддю паличок.

Звичайно зональний ССО реєструє відповіді від трьох областей сітківки: центральної (макулярної), пара центральної (парамакулярнорної), і периферійної. Макулярний ССО [21] реєструється від світло адаптованого ока (інтенсивність світлової адаптації 10-15 лк) стимули. Кутовий розмір стимулу складає 10°. Парамакулярний ССО досліджується в центральній зоні при подачі ослаблених (в 2 тис. раз) синіх спалахів світла. Кільцевий стимул утворюється шляхом застосування екрану, який розміщують перед очима досліджуваного пацієнта. Таким чином, для збудження парамакулярної області сітківки екранується центральна частина сітківки від 0° до 15° і периферійна понад 50°. Периферійний ССО досліджується після 3 хв. Темнової адаптації у відповідь на достатньо слабкі сині спалахи (питома енергія стимулів в 10 тис. Раз менша ніж при стимуляції центральної зони сітківки). Стимул в цьому випадку має вигляд кільця з діаметром 110° і 50°. Амплітуда імпульсу і час його появи при знятті різних ЕРС можуть бути різними. Так, наприклад, ганц-фельд ССО має два основних екстремуми – хвиля „а”, що виникає приблизно на 30-й мс після стимулу з амплітудою 25-75 мкВ, і „б” – на 80-й мс після стимулу з амплітудою 200-400мкВ. При реєстрації зональної ССО і стимулі 10° амплітуда ССО менше 30мкВ. В зв’язку з цим для реєстрації повільних і швидких компонентів

ССО необхідно застосовувати високочутливі підсилювачі з низьким рівнем шумів, а також виділяти сигнал із шумів шляхом його накопичення. Похибка вимірювання амплітуди ССО повинна бути не гіршою ±4%. Калібровочний сигнал повинен бути 50мкВ на 2 мм, а для локального ССО – 10мкВ.

Протокол стандартного ССО містить дослідження п’яти типів електричних відгуків [30]:

1) максимальний відгук ока, адаптованого в темряві;
2) палочковий відгук ока, адаптованого в темряві;
3) осциляторні потенціали;
4) колб очковий відгук;
5) відгук на мерехтіння світла (флікер-відгук).

Рекомендується використання світлового стимулу ,який освітлює повністю сітківку (ганфельд). Реєструючи електроди являють собою рогівкову контактну лінзу і референтний електрод, розміщений на лобі по середній або коло краю орбіти. Електрод заземлення може бути розміщений на лобі або вусі. Нашкірні електроди повинні мати опір 10кОм або менше, виміряний на частоті 30-200Гц. Електроди повинні пройти очищення після використання.

Світловий стимул повинен представляти собою спалах максимальною тривалістю 5мс і з колірною температурою близькою 7000К. Використовуються білі світлові дифузори.

Стандартний спалах – світловий спалах, який створює на поверхні Ганцфельд-шару освітленість 1,5-3,3Кд/м$^{1.}$

## 1.3. Значення електричного сигналу сітківки ока в медичній практиці

Електроретинографія є одним з основних функціональних методів дослідження стану зорового аналізатора ока у клінічній практиці [1,4,18]. Результати отримані за допомогою електроретинографії разом з клінічними даними функціональних досліджень покращують діагностику і диференціальну діагностику різних захворювань сітківки і зорового нерву. Електрофізіологічні дослідження необхідні

для ранньої діагностики захворювань сітківки, виявлення місця, розповсюдження і важкості патологічного процесу, прогнозування тривалості захворювання, контролю за лікуванням, визначення доцільності оперативних втручань, оцінювання функціонального стану сітківки при прозорих очних середовищ і при їх помутнінні (катаракта, гемофтальм, бельмо рогівки, зміни в скловидному тілі і т.д.) [18].

Цінність електрофізіологічних досліджень для клініки очних захворювань очевидна, тому що вони дають можливість об'єктивної оцінки функціонального стану оболонки сітківки, є тонким індикатором її патологічного стану [2,6]. На основі даних електрофізіології існує робоча функціональна класифікація дистрофічних уражень сітківки в залежності від ураження анатомічних структур сітківки, яка дає змогу відділити спадково-стаціонарні дефекти (дистрофія макулярної області Штаргарда і т.д.) [2,6,18].

Локалізація патологічних процесів в зоровій системі, в діагностиці і диференціальній діагностиці яких використовуються електрофізіологічні методи дослідження, різна. При цьому вибір методу визначення походження біоелектричної активності в пігментному епітелії, тих або інших шарах і нейронах сітківки, центральному відділі зорового аналізатора.

Локалізація захворювань, при яких проводять електрофізіологічне тестування, може бути наступне: пігментний епітелій сітківки (ЕОГ, dc ЕРГ, с-хвиля), зовнішній пігмент фоторецепторів (ранній, рецепторний потенціал, денситометрія), рецепторний шар (а-хвиля в загальному ССО), колб очкова система (фототипічний ССО, тести на кольоровий зір, мигаючий ССО), палочкова система (палочковий ізольований ССО на слабкий голубий або білий стимул нижче колб очкового порогу, тести на темнову адаптацію), середні шари сітківки, клітини Мюллера (b-хвиля загального ССО), амакринові або біполярні клітини (осциляторної відповіді), шар гангліозних клітин сітківки (патерн ССО), макулярна область (локальний, макулярний ССО), зоровий тракт (зорові викликані потенціали).

Зниження хвилі b ССО – один із основних характерних симптомів при захворюванні сітківки різного породження. Оскільки b-хвиля відображає активність нейронів другого порядку, повністю реально очікувати зміну форми ССО при

локалізації патологічного процесу в внутрішньому ядрі шару сітківки. При збереженості фото рецепторного шару, коли амплітуда а-хвилі добре виражена, спостерігається типова зміна форми біоелектричної відповіді сітківки, відома як негативізація ССО.

Однак не завжди вибірне зменшення b-хвилі відображає органічне порушення в сітківці. Це зв'язано з тим, що фоторецептори мають синоптичне закінчення не на одній, а на декількох біполярних клітинах (за винятком центральних колбочок). Внаслідок цього порушення процесів просторової сумації в сітківці, навіть при відсутності в ній виражених органічних змін, не уникаючи відображення на амплітудних параметрах ССО, що приводить до зміни співвідношення амплітуд а- і b- хвиль з загальному ССО.

В якості прикладу розглянемо найбільш демонстративні нозологічні форми захворювань сітківки, при яких результати електроретинографії досліджень мають важливе значення при встановленні діагнозу.

## 1.4. Відоме математичне забезпечення комп'ютерних систем

### 1.4.1. Імітаційна модель сигналу сітківки ока на основі аналізу рівнів моделювання та біофізики викликаних потенціалів.

Серед детермінованих моделей генезису ССО відома фізико-хімічна модель, яка зображена у вигляді суми кількох компонент і є породженням різних груп нейронів [29]. В праці Яворського Б.І. і Юзьківа А.В. [29] на основі аналізу рівнів моделювання та біофізики викликаних потенціалів сітківки ока побудовано математичну модель ССО, яка аналітично описується виразом:

$$f(t) = e^{-\frac{(t-a)^2}{b^2}} \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right) \cdot c, \quad t \in R, \tag{1.2}$$

де $c$ - масштабний коефіцієнт; $a, b, \varphi$ - коефіцієнти, які визначаються реакцією окремих елементів сітківки.

Підібравши значення коефіцієнтів отримаємо за допомогою програми, яка наведена в додатку А наступний графік( рисунок 1.4) (fd=50, t=200, a=70, b=30, c=200):

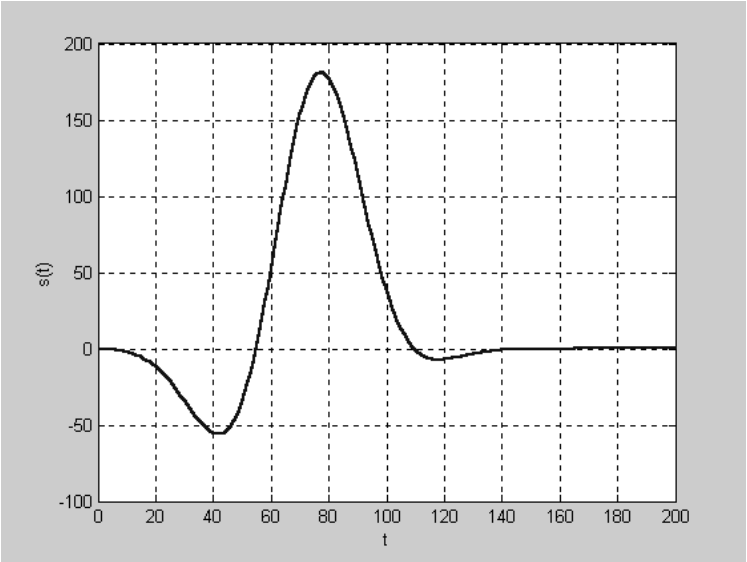



Рис. 1.4. Графік функції (1.1)

Модель електричного сигналу сітківки ока підтверджується експериментальними даними (рис. 1.5).

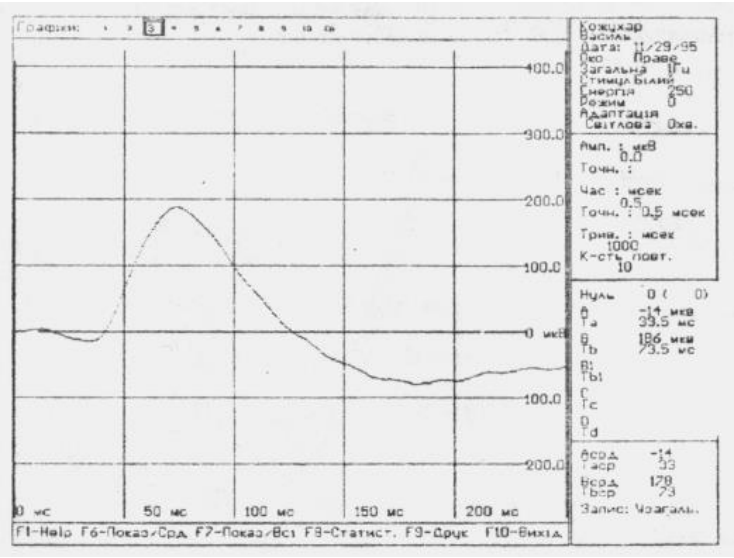



Рис. 1.5. Експериментально зареєстрований ССО

На основі аналізу рівнів моделювання та біофізики викликаних потенціалів ока створено математичну модель електричний сигнал сітківки ока, і також дана модель включає інформаційні параметри сигналу, підтверджується

експериментальними даними і є вихідною для створення тестового сигналу. Дану математичну модель

Показано що дана модель відображає інформативні ознаки, але не є досить достовірною для відтворення експериментально відібраних даних, а відображає лише механізм утворення (структурна ідентифікація).

1.4.2. Імітаційна модель сигналу сітківки ока у вигляді диференціального рівняння 2-го порядку. ССО являє собою затухаюче коливання, тобто модель ССО - диференціальне рівняння 2-го порядку, а оскільки обробка ССО буде здійснюватися на ЕОМ, то представимо даний ССО з допомогою дискретної моделі у вигляді різницевого рівняння 2-го порядку [20].

$$b_2 y_{n-2} + b_1 y_{n-1} + y_n = x_n, \qquad (1.2)$$

де $x_n = \begin{cases} 1, & n = 0 \\ 0, & n \neq 0 \end{cases}$; $b_1$, $b_2$ – коефіцієнти, які характеризують ССО.

Коефіцієнти $b_1$ і $b_2$ повинні вибиратися такими, щоб побудована на основі математичної моделі крива $y_м$ максимально наближалася до експериментальної кривої $y_е$.

Критерієм вибору $b_1$ і $b_2$ буде:

$$\arg\min_{j=1,m} K_j \ \forall\{b_1, b_2\}, \qquad (1.3)$$

де $K_j = \sum_i \left(y_{мi} - y_{ei}\right)^2$.

Значення $y_{мi}$ обчислюватимемо за алгоритмом, який випливає із представлення математичної моделі ССО у вигляді наступної блок-схеми, яку зображено на рис.1.6.

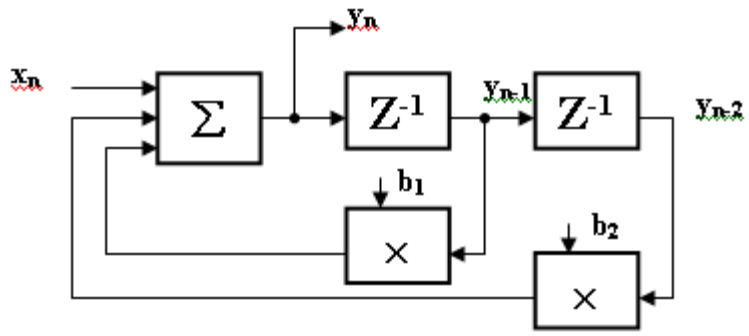



Рис. 1.6. Блок-схема математичної моделі ССО [20]

Змодельована крива ССО має вигляд (рис. 1.7).

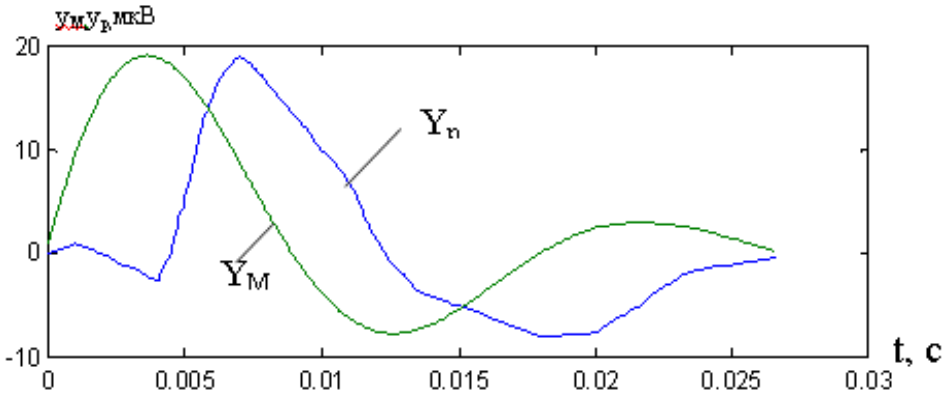



Рис.1.7. Реальна ($y_р$) та змодельована ($y_м$) криві ССО [20]

Але дана модель не є досить вірогідною і в неповній формі висвітлює всі інформативні ознаки.

Різницева модель електричний сигнал сітківки ока у просторі змінних станів зображено у вигляді системи таких рівнянь у вектор-матричному вигляді:

$$\begin{cases} Y_{n-1} = AY_n + BX_n; \\ Y_{вих} = CY_n + DX_n; \end{cases} \qquad (1.4)$$

де $Y_n$ — вектор виходу; $X_n$ — вектор входу;

$A$ — матриця стану; $B$ — матриця входу;

$C$ — матриця виходу; $D$ — матриця зв'язку.

У різницевому рівнянні $y_n = x_n + b_1 y_{n-1} + b_2 y_{n-2}$ зробимо заміну $y_{n-1} = \nu_n$, тоді $y_{n-2} = \nu_{n-1}$.

$$\begin{cases} y_{n-1} = \nu_n \\ \nu_{n-1} = \dfrac{1}{b_2} y_n - \dfrac{b_1}{b_2} \nu_n - \dfrac{1}{b_2} x_n \end{cases}. \qquad (1.5)$$

Звідси:

$$Y_{n-1} = \begin{vmatrix} y_{n-1} \\ \nu_{n-1} \end{vmatrix}; \qquad X_n = \begin{vmatrix} x_n \\ 0 \end{vmatrix}; \qquad Y_n = \begin{vmatrix} y_n \\ \nu_n \end{vmatrix}; \qquad A = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ -\dfrac{1}{b_2} & -\dfrac{b_1}{b_2} \end{vmatrix}; \qquad B = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ \dfrac{1}{b_2} & 0 \end{vmatrix}. \qquad (1.6)$$

Вектор-матричне $Y_{n-1} = AY_n + BX_n$ рівняння запишеться так:

$$\begin{vmatrix} y_{n-1} \\ \nu_{n-1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ -\dfrac{1}{b_2} & -\dfrac{b_1}{b_2} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} y_n \\ \nu_n \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ -\dfrac{1}{b_2} & 0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} x_n \\ 0 \end{vmatrix}, \qquad (1.7)$$

Вектор-матричне рівняння $Y_{вих} = CY_n + DX_n$ матиме такий вигляд:

$$Y_{вих} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} y_n \\ \nu_n \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \end{vmatrix}, \qquad (1.8)$$

оскільки $C = \begin{vmatrix} 1 & 0 \end{vmatrix}; \quad D = \begin{vmatrix} 0 \end{vmatrix}$.

Отже, різницева модель ССО у просторі змінних станів зображається у вигляді системи таких рівнянь у вектор-матричному вигляді:

$$\begin{cases} \begin{vmatrix} y_{n-1} \\ \nu_{n-1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ -\dfrac{1}{b_2} & -\dfrac{b_1}{b_2} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} y_n \\ \nu_n \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ -\dfrac{1}{b_2} & 0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} x_n \\ 0 \end{vmatrix} \\ Y_{вих} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} y_n \\ \nu_n \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \end{vmatrix} \end{cases}. \qquad (1.9)$$

1.4.3. Імітаційна модель сигналу сітківки ока в вигляді полігармнонійного ряду. Враховуючи, що ССО виникає внаслідок світлового спалаху, що завжди є початком відліку і реєструється через певний проміжок часу, який можна вважати періодом сигналу при повторюваності реєстрації, а також враховуючи коливальний характер сигналу його можна зобразити в вигляді полігармнонійного ряду з обмеженим числом гармонік в обмеженій смузі частот, зокрема у вигляді дискретного ряду Фур'є [15,16]:

$$x(n\Delta t)=\sum_{k=1}^{K} A_k \cdot \cos\left(k\frac{2\pi}{T}n\Delta t-\varphi_k\right), \qquad (1.10)$$

де $n\in[1,N]$ - номер текучого відліку;

$k\in[1,K]$ - номер гармоніки; $K\le N$ - кількість гармонік;

$A_k$ - амплітудно-частотна характеристика сигналу;

$\varphi_k$ - фазова характеристика k-ї гармоніки сигналу. За відомими значеннями сигналу $x(n\cdot\Delta t)$ вони визначаються таким чином:

1.4.4. Імітаційна модель сигналу сітківки ока у вигляді адитивної суміші детермінованої і випадкової складових. Однією з найпростіших загальновідомих математичних моделей ССО є, так названа, адитивна модель: сума детермінованої функції $f(t)$ та стаціонарного в широкому розумінні випадкового процесу $[\xi_1(t), t\in\mathbf{R}]$:

$$\xi(t)=f(t)+\xi_1(t),\ \ t\in\mathbf{R}. \qquad (1.11)$$

В працях [13,20,31] використовується така модель, коли функцію $f(t)$ вважають корисним сигналом, а $\{\xi_1(t)\}$ - завадою (білим шумом з нульовим математичним сподіванням і обмеженою дисперсією).

Адитивна модель носить досить спрощений характер і не дає змогу поглибити

опис електричний сигнал сітківки ока до рівня, необхідного для потреб сучасної діагностики сітківки ока людини.

1.4.5. Імітаційна модель сигналу сітківки ока у вигляді лінійного випадкового процесу. В праці Мацюка О.В. [13] стверджується, що механізм утворення ССО дає змогу з певним припущенням розглядати зорову систему лінійною. Припустивши, що на лінійну систему діють випадкові імпульси, які виникають у випадкові моменти часу, і якщо $\varphi(u,t)$ - імпульсна реакція зорової системи (ядро лінійного випадкового процесу), тобто відгук нестаціонарної системи в момент $t$ на одиничний імпульс, що потрапив на вхід в момент часу $u$, тоді ССО може бути описаний за допомогою лінійного випадкового процесу (ЛВП) [13]:

$$\xi(t)=\int_{-\infty}^{\infty}\varphi(u,t)d\eta(u),\ \ t\in\mathbf{R}, \qquad (1.12)$$

де $\eta(u)$ - випадковий процес однорідний з незалежними приростами.

Якщо вважати системою інваріантною в часі, тобто для її імпульсної реакції $\varphi(u,t)=\varphi(t-u)$, то моделлю ССО є стаціонарний лінійний випадковий процес. Імітаційна модель (1.12) за своєю структурою не уможливлює процедуру відтворення ССО за морфологічні параметри, що є важливим при тестуванні алгоритмів системи діагностики стану зорового аналізатора.

## 1.5. Висновок до розділу 1

За результатами аналізу відомого математичного забезпечення комп’ютерних систем, зокрема імітаційних моделей ССО встановлено, що відомі моделі не забезпечують параметрів вірогідності та точності при генеруванні сигналів по відношенню до реальних ССО. Тому розробка математичного забезпечення компютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока, які би дали можливість забезпечити параметричну ідентифікацію з вірогідним та точним відтворенням даних є актуальною задачею.

# РОЗДІЛ 2
# МАТЕМАТИЧНЕ ТА АЛГОРИТІМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ СИГНАЛІВ

## 2.1. Технічне забезпечення

Для реєстрації емпіричних ЕССО необхідно використати систему з можливостями реєстрації та обробки сигналу в реальному часі через динамічність ЕССО . Такою системою є комп'ютерна система у вигляду комплексу діагностичного ДСЗО-1 (рис.2.1), розробниками якої є Мацюк О.В., Ткачук Р.А. та Паламар М.І. [13, 15, 16, 17, 20]. Ця система забезпечує запис, реєстрацію та обробку ССО.

Рис. 2.1. Система для реєстрації та обробки ЕССО

Система складається з давача сигналів [1] з кріпленням на рогівці ока у вигляді всмоктувача. Фільтрація та підсилення ССО забезпечується чутливим підсилювач електричних потенціалів. Обробка даних ЕССО та формулювання діагностичних висновків у системі здійснюється за допомогою спеціального ПЗ.

Для світостимуляції СОК використано стимулятор „ФС-03”, який формує стимули світла для сітківки. Стимуляція світлова здійснюється із використанням імпульсної лампи типу газорозрядної. Енергія стимулу задається в межах від 0,035 Дж до 0,14Дж з часовою тривалістю світоімпульсу фото 50 мкс з програмним керуванням.

Інтерфейс програмної оболонки системи наведено на рис.2.2.

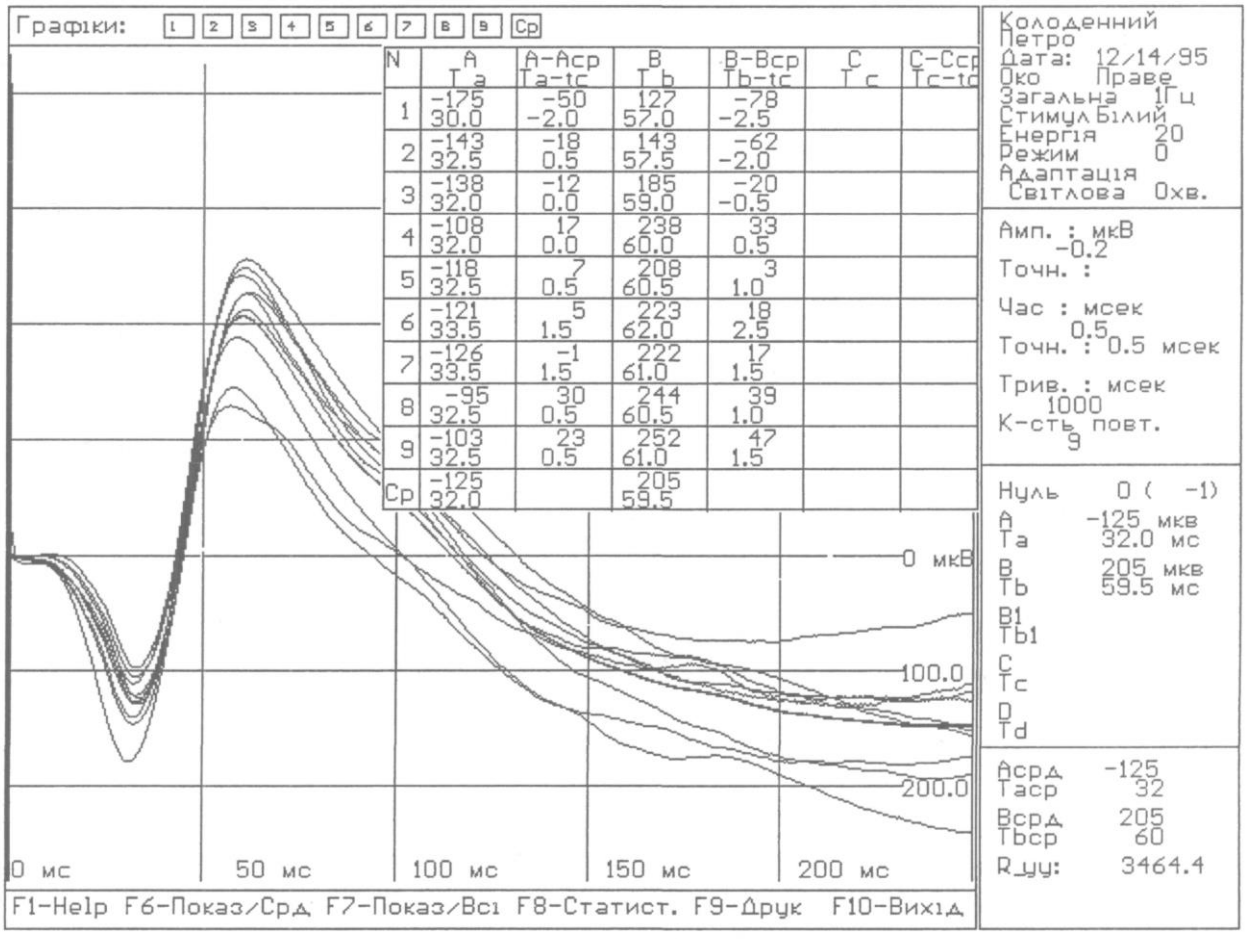



Рис. 2.2. Інтерфейс програмної оболонки системи

Основні технічні характеристики системи:

- Межі вимірювання - ± 500мкВ з точністю 1,5мкВ;

- Діапазон підсилювача - 0,3...100Гц;
- Вхідний опір - 1МОм;
- max частота дискретизації - 300кГц;
- Час перетворення аналогового сигналу в код 2мкс;
- Межі енергії світостимуляції - 0,03-1 Дж з точністю ±0,01 Дж;
- Частота світостимулів - 0,1-100 Гц;
- Кут розсіювання світостимулу $10^0$;
- Довжини хвиль $\lambda_ч = 0{,}63$ нм і $\lambda_з = 0{,}52$ нм;
- Тривалість світостимулів 5 мс;

На рис. 2.3 наведено структурну схему комп'ютерної системи реєстрації та обробки ЕССО.

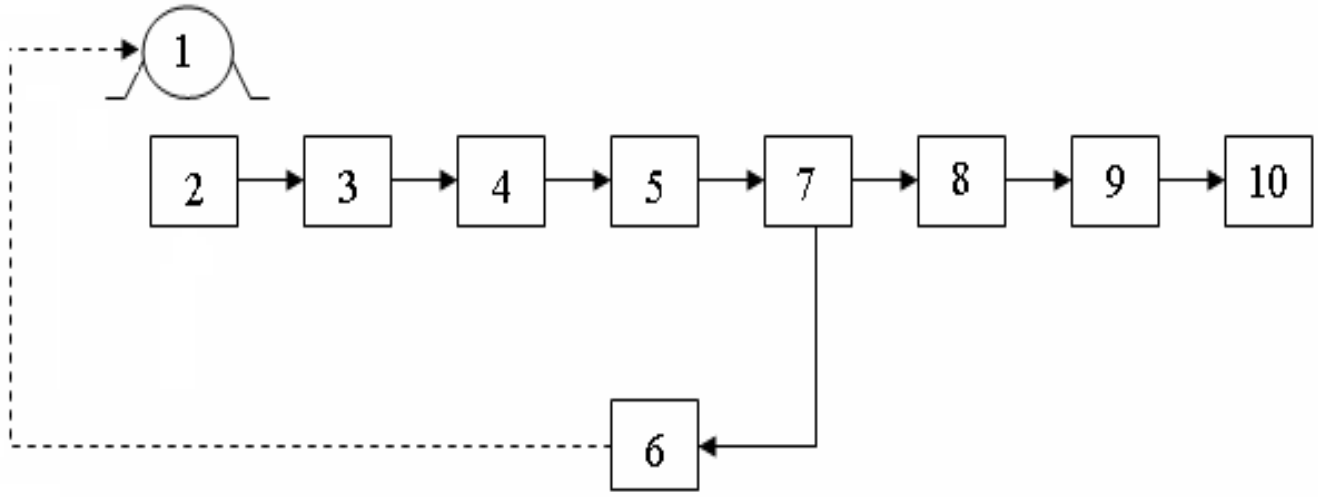



Рис. 2.3. Структурна схема системи реєстрації та обробки ЕССО:
1 – сітківка ока 2 - ЕССО, 3 – давач; 4 – підсилювач; 5 – АЦП; 6 – світостимулятор; 7 – мікропроцесор; 8 – узгоджувач вхід-вихід; 9 – ПК; 10 – блок відображення

Як матеріал давача використано Ag (срібло)/AgCI (срібло з хлором), а саме давач до рогіки ока під'єднується за допомогою лінзи контактної як показано на рис. 2.4.

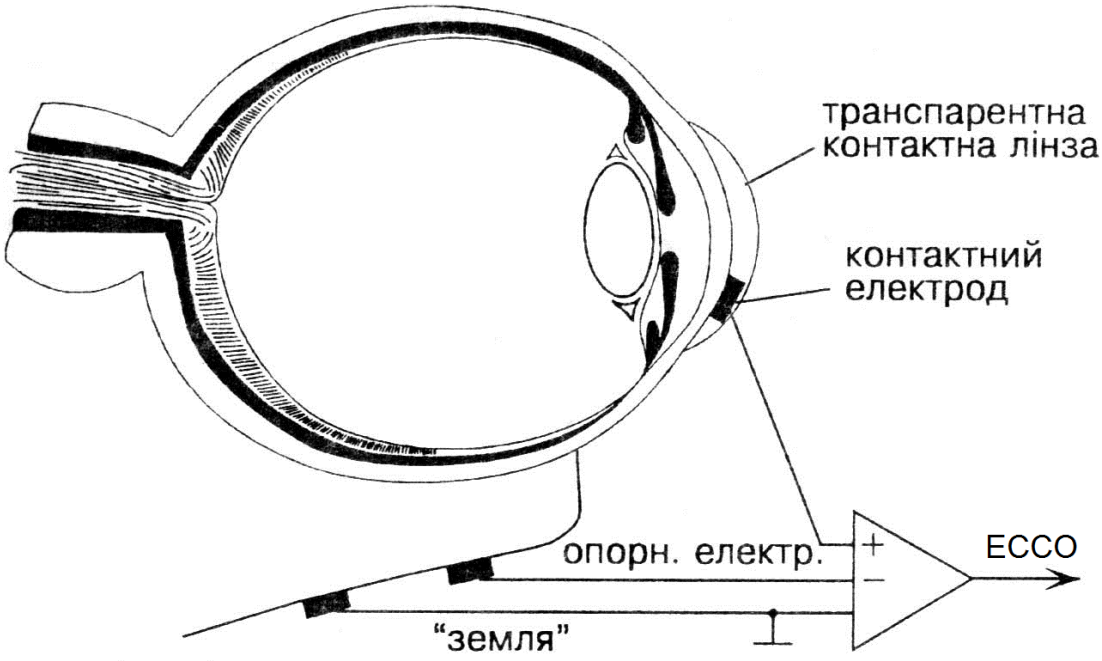



Рис.2.4. Підключення давачів (електродів)

З давачів (електродів) сигнал аналогової форми подається на вхід підсилювача 4 з метою збільшення його амплітудних параметрів. Для здійснення процесу фільтрації та виділення інформативних параметрів необхідно сигнал передати на вхід USB ПК 10, який здійснює програмну обробку вище сказаних операцій.

Для перетворення форми з аналогової в цифрову використано АЦП 5, що необхідно для входу ПК 10. З АЦП цифровий ЕССО поступає на порти мікропроцесора 7, який формує інформаційний пакет для USB ПК(10). Узгоджувачем рівнів сигналів між мікропроцесором та ПК є узгоджувач «вхід-вихід» 8.

Для формування кожного наступного ЕССО здійснює світлове подразнення сітківки ока через світостимулятор 6, який перетворює енергію електричну в світлову.

Процедура тестування ПЗ системи діагностичної забезпечується спеціальними КС генерування, шляхом пропускання тестового ССО з наперед відомими параметрами через алгоритми системи та отримання вихідних результатів з процедурою порівняння з вхідними.

## 2.2. Математичне забезпечення

2.2.1. Визначення параметрів комп'ютерної системи генерування. Визначення параметрів КС генерування ССО є важливим етапом, який визначає можливості цієї системи при формуванні медичних діагностичних висновків. В даному випадку параметри КС забезпечує структура та параметри імітаційної моделі ССО. Для оцінювання структури ССО застосовано методи спектрального аналізу на основі Фур'є перетворення, яке дає змогу охарактеризувати ССО як періодичної функції ( $f(t) = f(t + nT), \quad n = 1,2,...$) частотний склад та область частотної локалізації. Область частотної локалізації ССО здійснюється шляхом кореляцій сигналу з гармонічними функціями різної частоти відповідно до виразу:

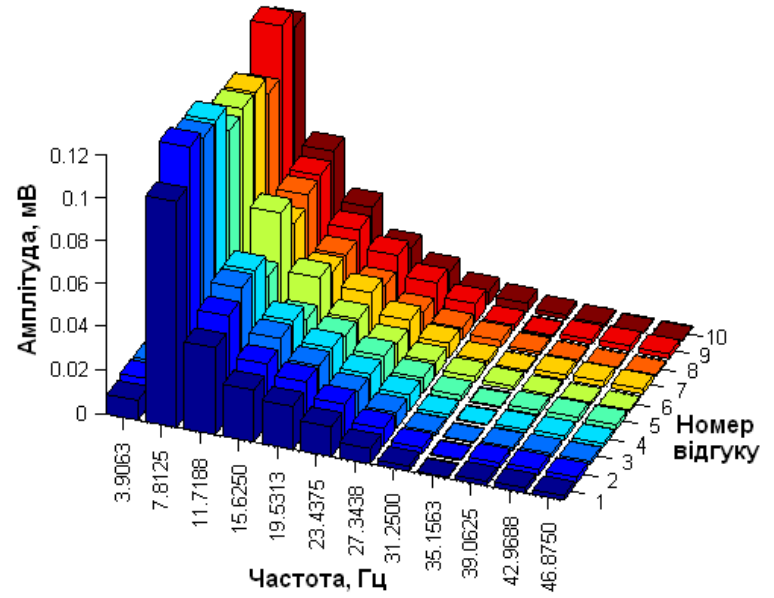
$$S(f_k) = \frac{1}{T}\int_0^T f(t) e^{-ik\,2\pi ft}\,dt, \quad k \in \mathbf{Z}, \tag{2.1}$$

де $f_k$ – $k$-та частота гармонічної функції.

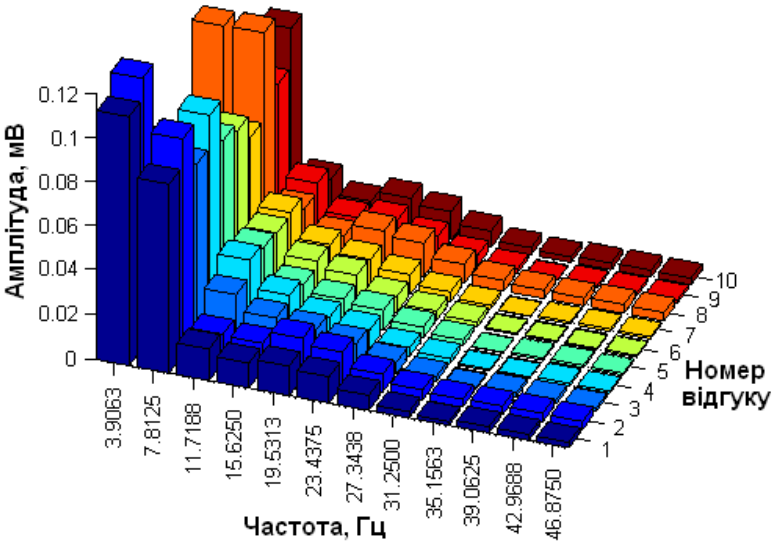
Оскільки результатом виразу 2.1 буде комплексне число кореляції синусоїдального та косинусоїдального сигналу у відповідних дійсних та уявних частинах, тому для пошуку реального числа, а саме АЧХ ССО, буде використовуватися модуль від комплексного числа:

$$A(f_k) = |S(f_k)| e^{i \arg S(f_k)}, \quad k \in \mathbf{Z} \tag{2.2}$$

Частотний склад ССО подано на рис.2.2.




(а)




(б)

Рис.2.2. Частотний склад ССО: а –норма; б – патологія

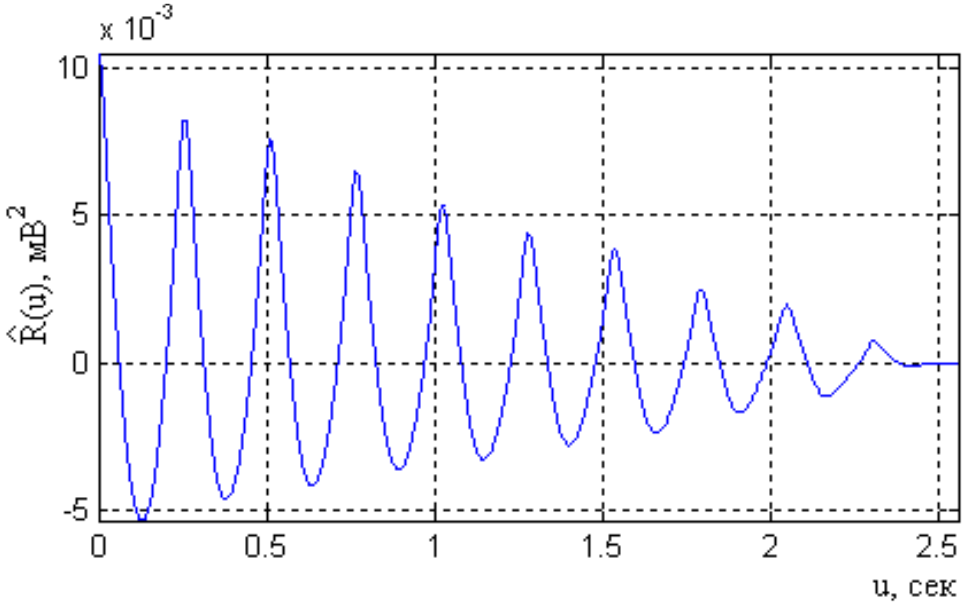
На різних відгуках ССО для різних людей частотний склад є різним, як зображено на рис.2.2. Така варіативність складу вказує на параметр випадковості у реалізації моделі ССО.

Для визначення типу випадковості, чи типу змінних миттєвих значень ССО в часі доцільно застосувати кореляційну обробку, яка досягнула свого завершення у працях Н.Вінера.

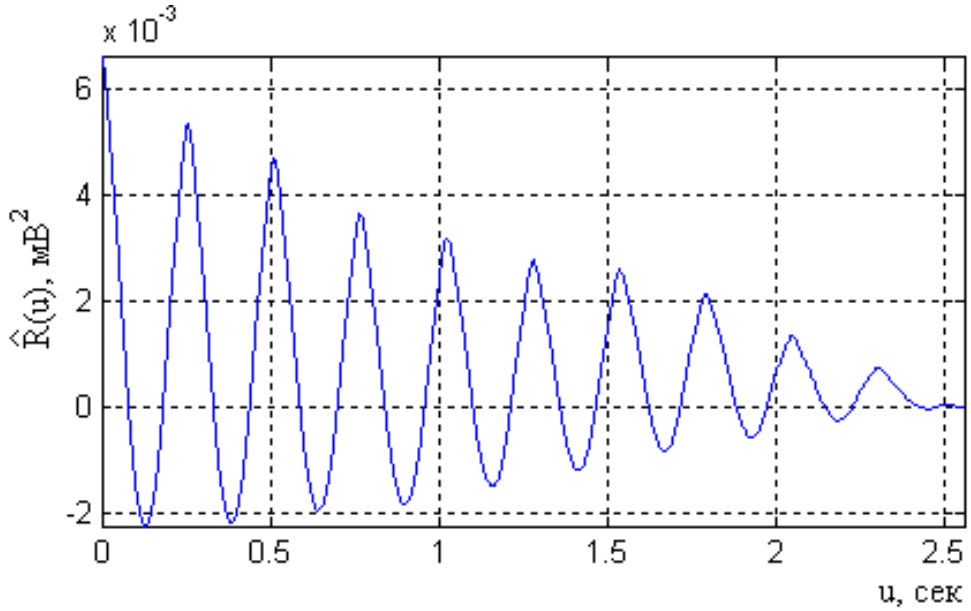
Для обчислення кореляції ССО застосовано вираз:

$$R_f(u) = \lim_{\Theta \to \infty} \frac{1}{2\Theta} \int_{-\Theta}^{\Theta} f(t+u)\overline{f(t)}dt. \qquad (2.3)$$

Реалізації автокореляції ССО подано на рис.2.3.




(а)




(б)

Рис. 2.3. Реалізації автокореляції ССО: : а –норма; б – патологія;

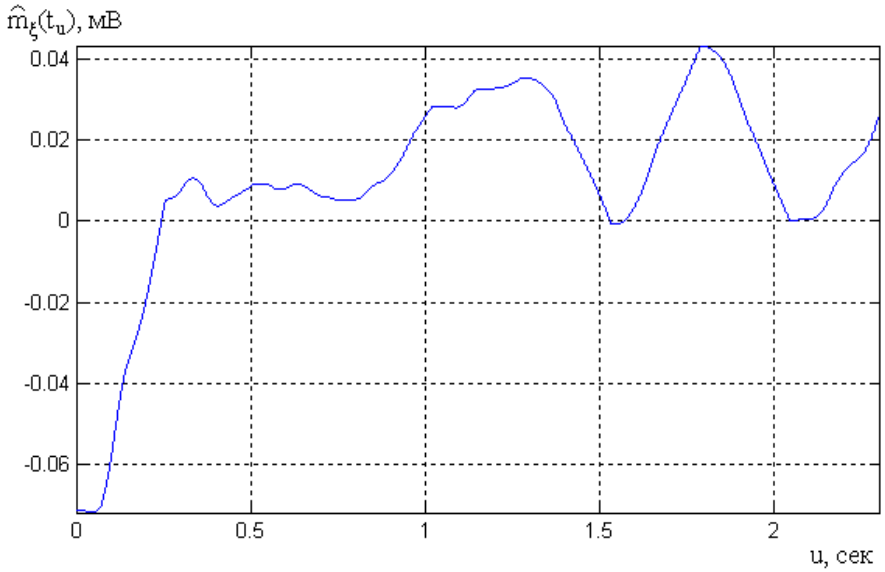
На рис.2.3 видно, що кореляція є періодичною в часі та затухаючою, що вказує на періодичність та його завершуваність реалізації ССО.

Для дослідження статистики ССО, а саме як змінюються реалізації кожного відгуку в часі після кожної світостимуляції доцільно використати оцінки математичного сподівання/дисперсії, які числять згідно виразу:

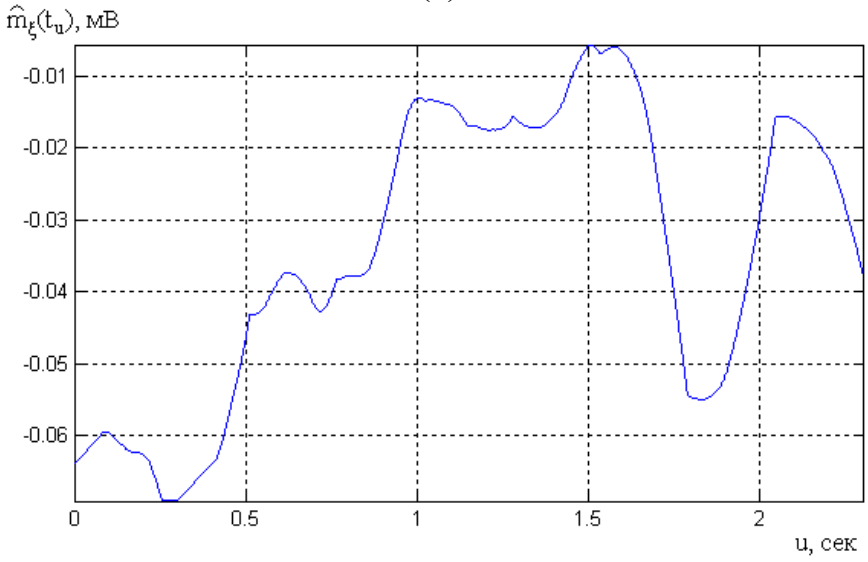
$$\hat{m}_\xi(t_u) = \frac{1}{N}\sum_{i=u}^{N+u}\xi(t_i), \qquad \hat{d}_\xi(t_u) = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N+u}\left[\xi(t_i) - \hat{m}_\xi(t_u)\right]^2. \qquad (2.4)$$

де $N$ – довжина періоду (у відліках).

На рис.2.4-2.5. наведено дисперсії $\hat{d}_\xi(t_u)$та математичних сподівань $m_\xi(t_u)$ ССО.

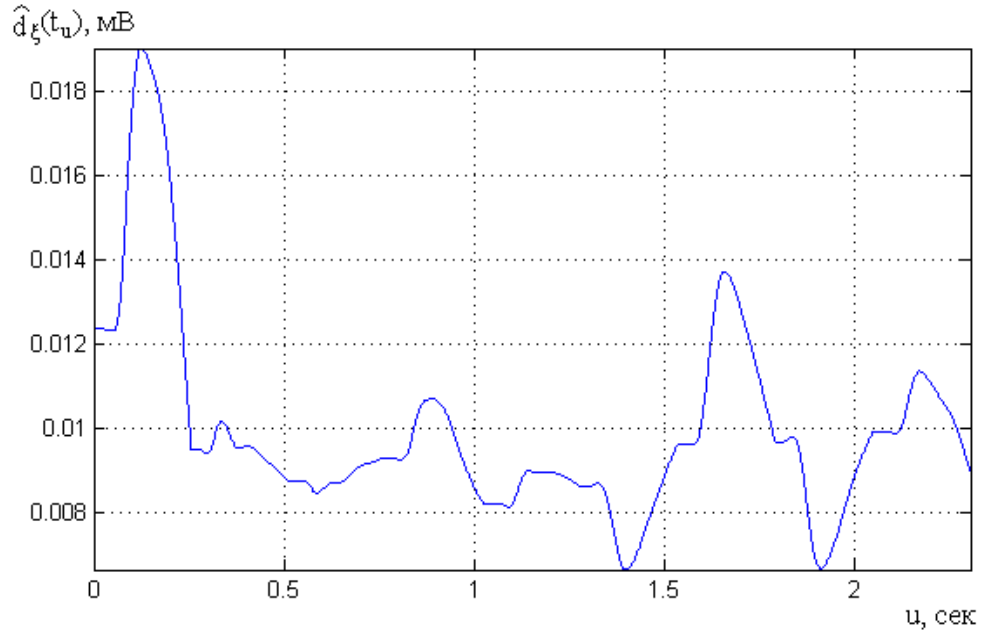



(а)

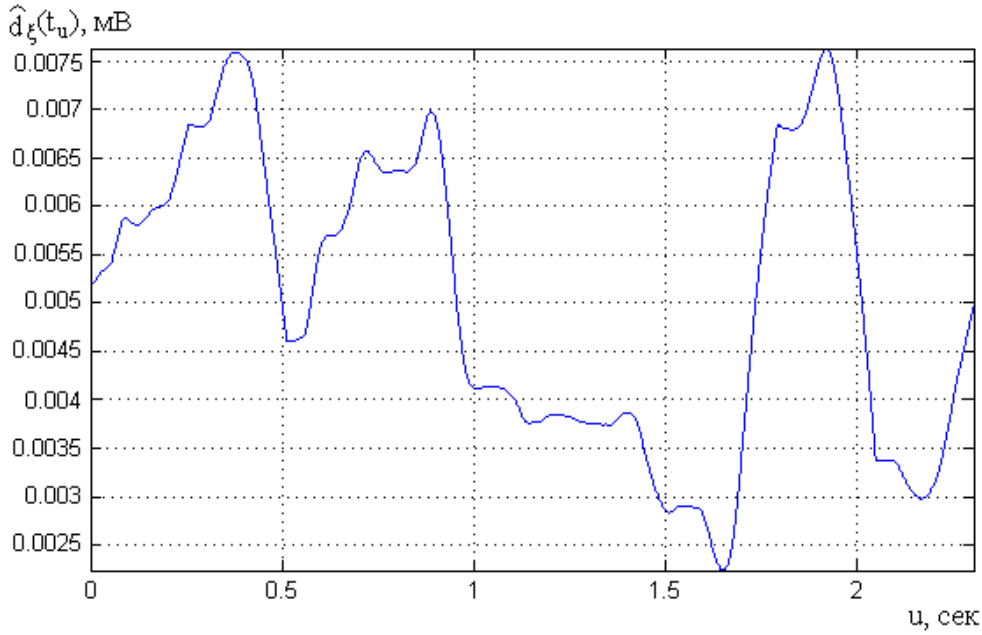



(б)

Рис. 2.4. Математичне сподівання ССО $m_\xi(t_u)$: а - норма; б – патологія




(а)

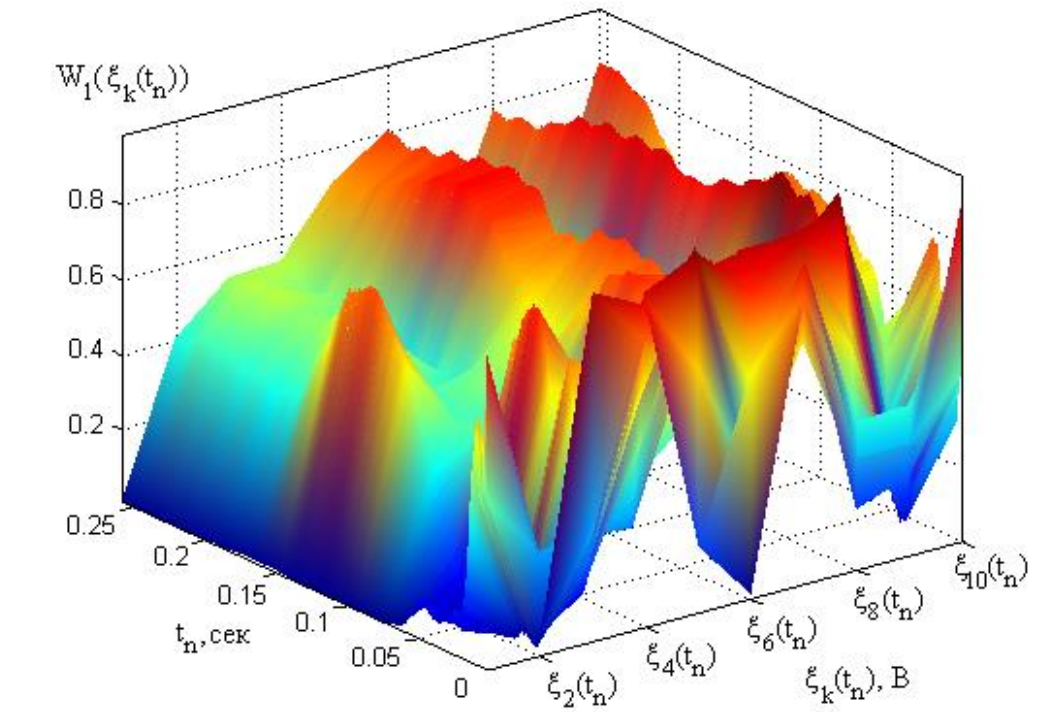



(б)

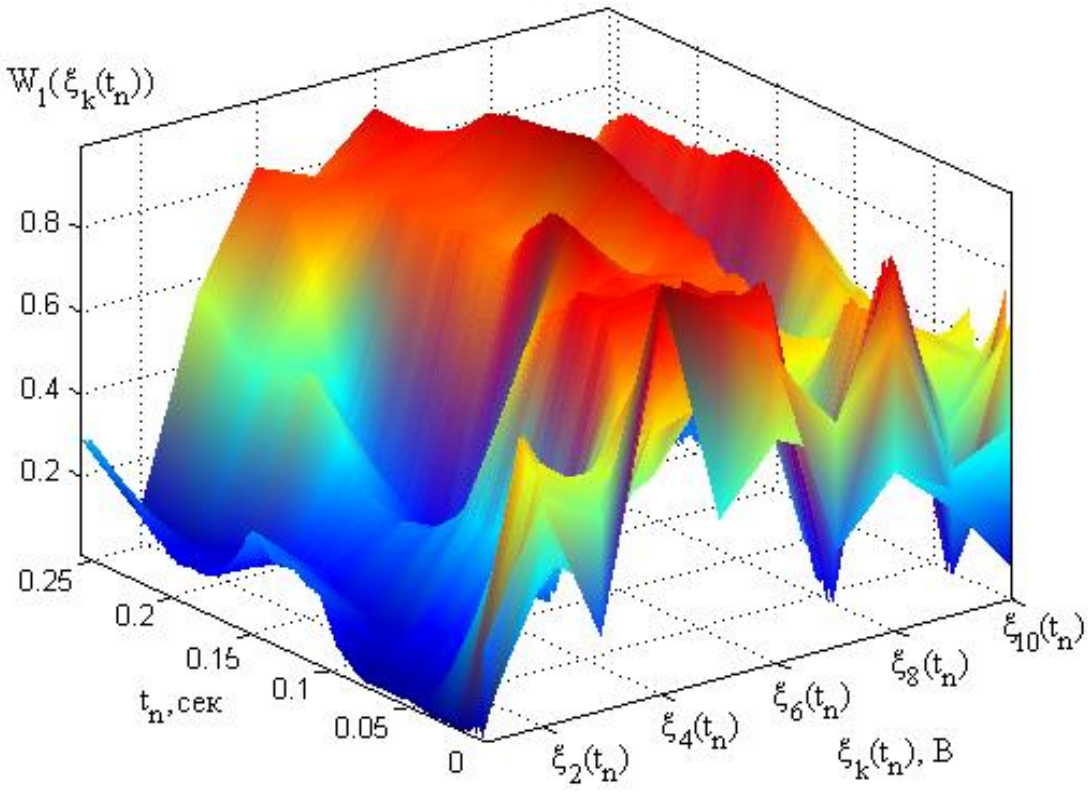
Рис. 2.5. Дисперсія ССО $\hat{d}(\xi(t_u))$: а - норма; б – патологія

За результатами отриманих статистик встановлено, зо вони є динамічно-змінними та незалежні в часі, тобто не корельовані (не подібні за рахунок великої варіативності статистик).

Для відстеження динаміки зміни значень для кожного відгуку однієї часової фази проведено аналіз густини розподілу значень ССО $W_1(\xi_k(t_n))$, результат якого наведено на рис.2.6.




(а)




(в)

Рис. 2.6. Густини розподілу ймовірності ССО $W_1(\xi_k(t_n))$:

а – норма; б - патологія

Результат, який наведено на рис. 2.6, підтверджує факт зміни значень густини ймовірності в часі, що вказує на чітку випадковість ССО.

За результатами дослідження параметрів ССО встановлено, модель як основа системи генерування повинна відображати у собі параметри випадковості значень з певною їх повторюваністю в часі від реалізації до реалізації, які формуються світловими спалахами.

Оскільки при генеруванні ССО ставиться задача точного відтворення морфологічних параметрів по відношенню до реальних сигналів, тому усі властивості, які притаманні реальним сигналам не буде враховано.

При перевірці результатів проектування системи діагностики стану СОК необхідно мати інструмент тестування його алгоритмів у вигляді імітаційної моделі ССО. Отже, як було сказано, кінцевим етапом проектування системи є її тестування, яке необхідне для верифікації коректності встановлення діагнозу пацієнта, який аналізується із використанням певного алгоритму ПЗ, який є в ядрі системи.

Тому імітаційне моделювання ССО, яке би забезпечило ідентифікацію параметрів з точним відтворенням даних сигналу є актуальним завданням для перевірки коректності роботи систем.

2.2.2. Параметри електричних сигналів сітківки ока для їх генерування. ЕССО за структурою складається з негативної хвилі „a”, яку творять фоторецептори та хвилі позитивної „b”, яку утворять гліальні клітини та Мюллера біполяри. Кожен із складових ЕССО відображає функціональний стан скотопічної та фотопічної системи.

У медпрактиці за діагностичні ознаки використовуються переважно хвилю «a» та хвилю «b», а саме їх амплітудні та часові показники як зображено на рис. 2.7 [1].

Різні значення амплітуд та часі характеризують різні патологічні стани або дають змогу досліджувати динаміку розвитку будь-якого захворювання на ранніх чи пізніх стадіях їх прогресу. Тому значення амплітуді та часі при генеруванні ССО є дуже важливими параметрами, які забезпечать точний контроль визначення точності роботи відомих алгоритмів обробки ЕССО.

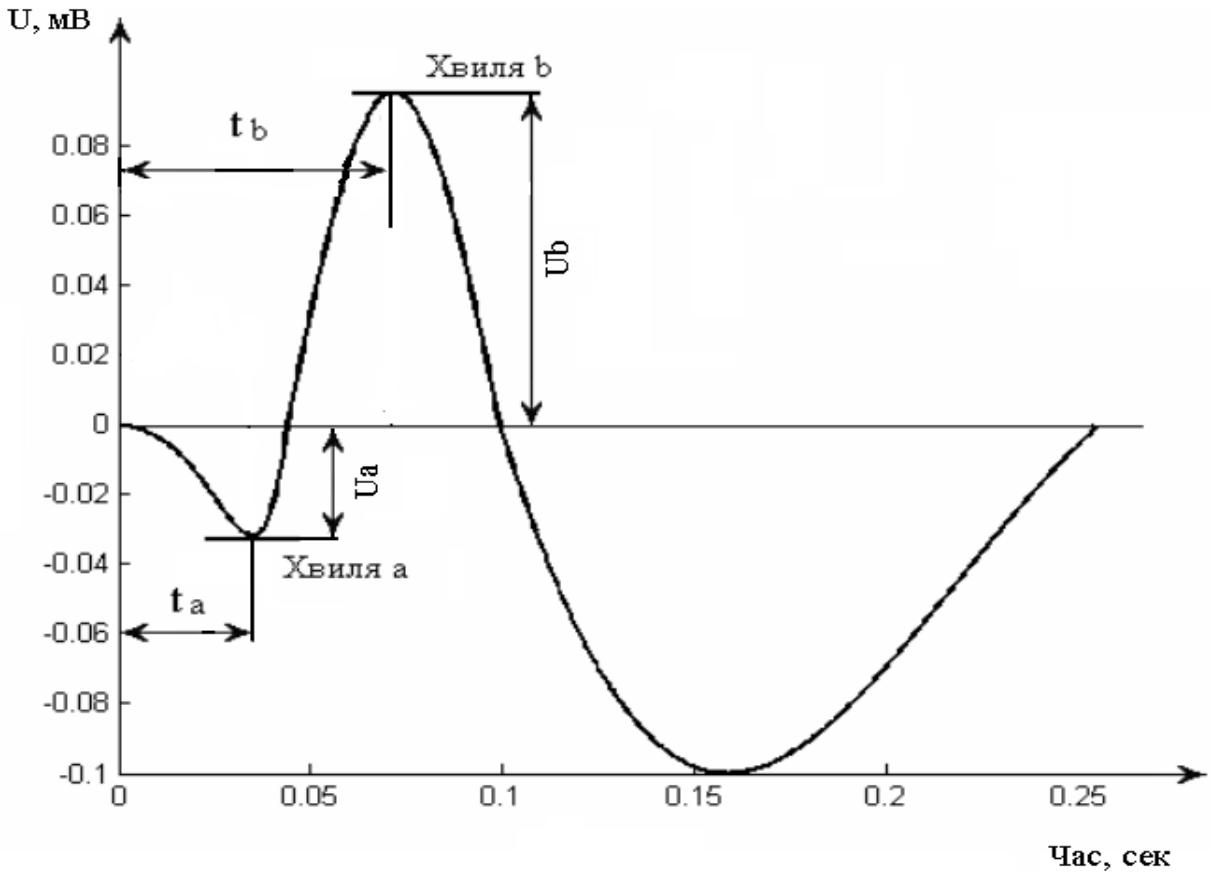



Рис. 2.7. Загальний вигляд форми ЕССО та виділення його параметрів

Обґрунтування вибору параметрів ЕССО, які наведено на рис.2.7, як діагностичних (інформативних) параметрів здійснюється з позицій фізико-хімічних процесів, які її утворюють. При моделі ЕССО як сума декількох незалежних компонент породжених групами нейронів [8,21] кожен пік представлений екстремумом. Вимірювання параметрів часу та амплітуди як діагностичних проводиться ручним методом, що вказує на неможливість відтворюваності ЕССО.

Слід відмітити, що діагностування стану СОК на базі визначення точок екстремумів та часових параметрів застосовується в більшості відомих технічних системах за результатами обробки ССО.

У табл. 2.1 наведено нормативні медичні параметри ЕССО як інформативні та діагностичні, які використовуються в медичній практиці при формулювання діагностичних висновків на основі їх порівняння з отриманими значеннями.

*Таблиця 2.1*

**Нормативні медичні параметри ЕССО для стану фізіологічної норми**

| Хвиля А, $U_A$, мкВ | Час $t_A$, мсек | Хвиля Б, $U_A$, мкВ | Час $t_A$, мсек | $U_A$-$U_Б$, мкВ | $t_A$-$t_Б$, $t_A$, мсек |
|---|---|---|---|---|---|
| -14 | 29,5 | 239 | 73 | 253 | 42,5 |
| -14 | 29 | 228 | 71 | 242 | 42 |
| -8 | 30,5 | 231 | 72 | 239 | 41,5 |
| -7 | 24 | 245 | 71 | 252 | 47 |
| -10 | 28,5 | 246 | 69 | 256 | 40,5 |
| -17 | 30,5 | 217 | 69 | 234 | 38,5 |
| -22 | 30,5 | 220 | 73 | 242 | 42,5 |
| -17 | 29,5 | 227 | 72,5 | 244 | 43 |
| -15 | 32 | 221 | 70 | 236 | 38 |
| -29 | 30 | 190 | 74 | 219 | 44 |
| -8 | 28,5 | 71,5 | 71,5 | 246 | 42 |

Нормативні показники були сформовані в медичній практиці при наборі статистики в кількості 100 досліджуваних пацієнтів.

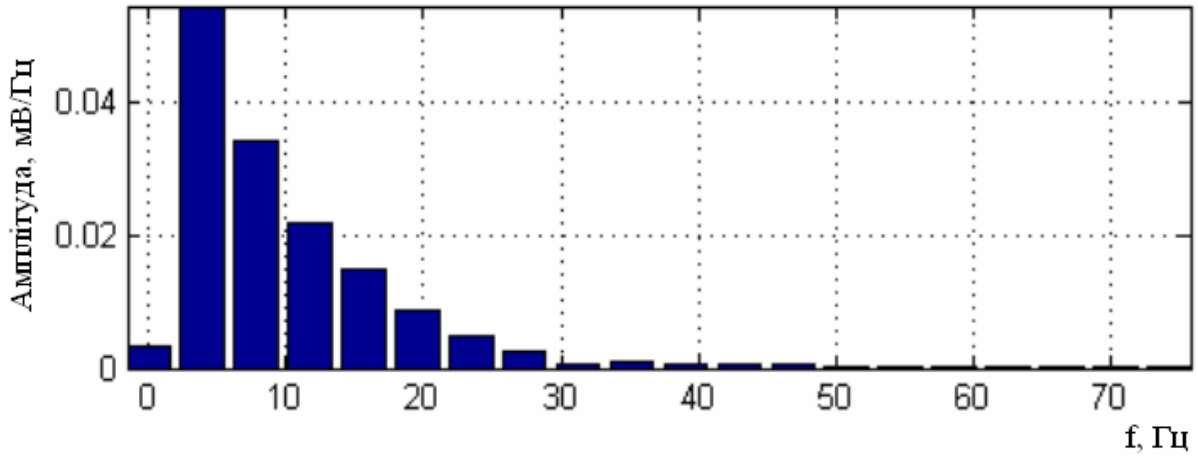
Також, як діагностичні ознаки застосовують часові інтервали між максимумами ЕССО [23].

ЕССО як гармонічна модель, в якої число гармонічних компонент є лімітована, дає змогу використати частотний (спектральний) аналіз для дослідження характеристик (параметрів) та визначення типу ЕССО. У своїй праці [14] автори Robson J. та Campbell F. зазначали, що в процесі сприймання світлового потоку органами зору відбувається процес їх розкладання в ряди Фур'є через унікальність зорової системи, яка має у своїй структурі низку природніх смугових фільтрів налаштованих на різну частоту пропускання для формування зображення.

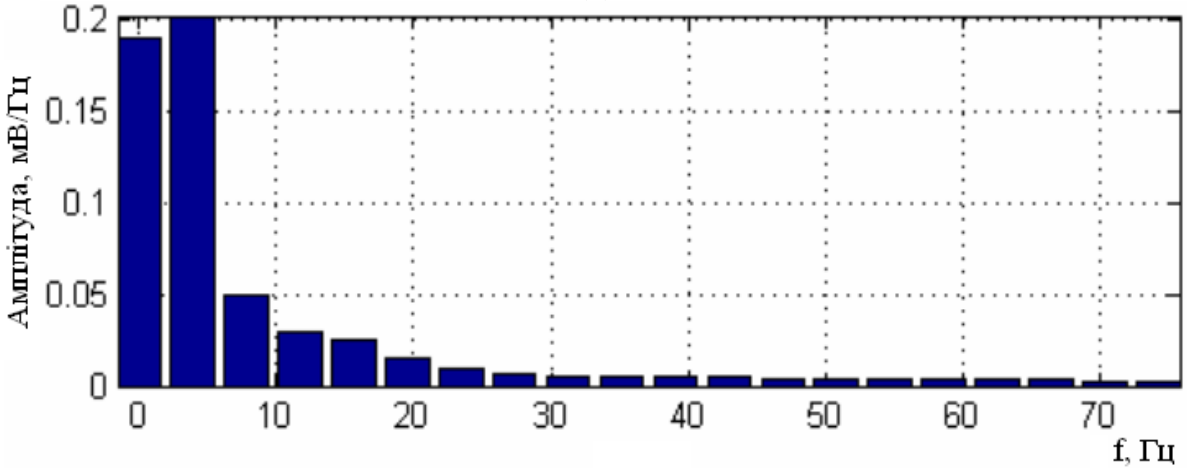
Така теорія вчених в результаті є важливою при вивченні механізмів функціонування зорової системи і була підтверджена низки досліджень інших науковців. Тому генерування ССО через частотне його шляхом наповнення

гармонічних складових із використанням частотного (спектрального) аналізу (Фур'є) буде носити частково природній характер.

На рис.2.8 наведено результати частотного аналізу ЕССО у вигляді АЧХ за допомогою перетворення Фур'є для пацієнтів здорових та хворих.




(а)




(б)

Рис. 2.8. АЧХ ЕССО: а – норма; б – патологія

На рис. 2.8,а,б видно, що перших вісім гармонік ЕССО пацієнтів з нормою суттєво відрізняються від аналогічних гармонік ЕССО хворого пацієнта, тому можуть бути ознаками при розрізненні стані СОК.

Параметри ЕССО в частотній області по відношенню до часової є стійкими до часових зсувів тобто інваріантними, тому

Тому застосування параметрів ЕССО як гармонік для відтворення його форми в спектральної області є доцільним.

2.2.3. Імітаційне моделювання сигналів сітківки ока. Реалізація ССО, яка задана на часовому інтервалі $T = b - a$ і має скінчену кількість розривів роду першого із скінченою кількістю локальних мінімумів та максимумів), може бути представлена через ряди Фур'є в експоненціальній формі виразом:

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_n e^{jn\Delta\omega t}, \quad S_n = S(n\Delta\omega), \qquad \Delta\omega = \frac{2\pi}{T}, \tag{2.5}$$

де $T$ – період ССО;

$S_n$ – частотні коефіцієнти:

$$S_n = \frac{1}{T}\int_a^b \xi(t) e^{-jn\Delta\omega t} dt. \tag{2.6}$$

Ряди розкладу Фур'є мають вигляд множини експонент $e^{jn\Delta\omega t}$ комплексного виду з гармоніками, які формують прогресію арифметичну. Вагові коефіцієнти $S_n$ називають спектром сигналу періодичного комплексного типу або Фур'є-образом ССО $\xi(t)$. Спектр ССО як дискретний є визначений для значень цілих $n$ з кроком частоти дискретизації по шкалі частоти:

$$\Delta\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ або } \Delta f = \frac{1}{T}. \tag{2.7}$$

Перша частотна гармоніка коли $n = 1$ на частоті $\omega_1 = 1 \cdot \Delta\omega = 2\pi/T$ (або $f_1 = 1/T$) є основною частотою ССО, в інші гармоніки частотного складу $n\omega_1$ коли $n > 1$ є гармоніками СОО.

Значення гармонік $S(n\Delta\omega)$ є комплексними. Крок між гармоніками в частотній області $\Delta\omega$ між двома гармоніками (двома синусоїдами різної частоти) з розкладом Фур'є розширенням спектру.

Множина експоненційних функцій $e^{jn\Delta\omega t}$, $-\infty < n < \infty$-$\infty$ перетворення формує базис простору лінійного $L^2[a,b]$ ортогональних синусних та косинусних функцій, а коефіцієнт $S_n$ виразу (2.6) є проекцією ССО $s(t)$ на функції базисні вигляду:

$$e^{\pm j\omega t} = \cos(\omega t) + j\sin(\omega t), \tag{2.8}$$

Базисні функції можна розкласти на складові косинуса і синусна та подати через спектр комплексний з уявною та дійсною частинами:

$$S_n = \frac{1}{T}\int_a^b \xi(t)[\cos(n\Delta\omega t) - j\sin(n\Delta\omega t)]dt = a_n - jb_n\,. \tag{2.9}$$

$$a_n = A(n\Delta\omega) = \frac{1}{T}\int_a^b \xi(t)\cos(n\Delta\omega t)dt, \tag{2.10}$$

$$b_n = B(n\Delta\omega) = \frac{1}{T}\int_a^b \xi(t)\sin(n\Delta\omega t)dt, \tag{2.11}$$

Числа функції у виразі 2.6 можна подати у вигляді модулів комплексних чисел, що забезпечує формування спектру комплексного ССО виразом:

$$S_n = R_n \cdot e^{j\varphi_n}, \tag{2.12}$$

$$A_n^2 = A^2(n\Delta\omega) = a^2(n\Delta\omega) + b^2(n\Delta\omega), \tag{2.13}$$

$$\varphi_n = \varphi(n\Delta\omega) = arctg\left(-\frac{b(n\Delta\omega)}{a(n\Delta\omega)}\right). \tag{2.14}$$

Модуль спектру $A(n\Delta\omega)$ є спектром амплітуди сигналу, а аргумент спектру ССО - спектром фаз ССО.

Оскільки при генеруванні ССО будуть застосовуватися дискретні відліки ССО, то будемо відповідно застосовувати дискретне перетворення Фур'є для отримання гармонік ССО згідно виразів ($t_k = k\Delta t$, $f_n = n\Delta f$, де $\Delta t$ - крок часової

дискретизації):

$$S(f)=\int_{-\infty}^{\infty}\xi(t)e^{-j2\pi ft}dt,\qquad S(f_n)=\Delta t\sum_{k=-\infty}^{\infty}s(t_k)e^{-j2\pi f_n k\Delta t}, \tag{2.15}$$

$$\xi(t)=\int_{-\infty}^{\infty}S(f)e^{j2\pi ft}df,\qquad s(t_k)=\Delta f\sum_{k=-\infty}^{\infty}S(f_n)e^{-j2\pi f_n k\Delta t}. \tag{2.16}$$

Для перетворень дискретних «час-частота» $s(k\Delta t)\Leftrightarrow S(k\Delta f)$ функція та її частотний спектр є дискретно-періодичними, а масиви їх представленні на періодах $T=N\Delta t$ (від 0 до $T$ або від -$T/2$ до $T/2$), і $2f_N=N\Delta f$ (від $-f_N$ до $f_N$):

$$\Delta f=\frac{1}{T}=\frac{1}{N\Delta t},\qquad \Delta t=\frac{1}{2f_N}=\frac{1}{N\Delta f},\ \Delta t\Delta f=\frac{1}{N},\ \ N=2Tf_N. \tag{2.17}$$

Вираз (2.17) є умовами представлення дискретних ССО, а саме кількість часових відліків та гармонік повинні бути ідентичними.

ССО як дискретний подається номерами відліків $k=0,1,...,N-1$), а і відповідно Фур'є перетворення здійснюється по номеру кроку в частотній області на головному періоді (при $N$ кратному 2):

$$S(f_n)=S_n=\sum_{k=0}^{N-1}s_k e^{\frac{-j2\pi kn}{N}},\ n=-\frac{N}{2},...,0,...,\frac{N}{2}. \tag{2.18}$$

$$s(t_k)=s_k=\frac{1}{N}\sum_{n=-N/2}^{N/2-1}S_n e^{\frac{j2\pi kn}{N}},\ k=0,1,...,N-1. \tag{2.19}$$

Період спектру ССО у виразі 2.18 для частот в діапазоні $[-0,5;0,5]$ для кутових частот діапазону $[-\pi;\pi]$.

При обчисленнях на ПК для видалення частот негативних період основний спектру ССО приймаємо в межах $[0;2f_N(0\le n\le N)]$, а сумування у виразі 2.19 здійснюється в межах $[0;N-1]$. При цьому в інтервалі $0-2f_N$ є позв'язаними

числові відліки $S_n$ і $S_{N+1-n}$ n.

Враховуючи специфіку перетворення Фур'є, а саме його здатність до розкладання ССО на гармоніки з значеннями амплітуд $S_n$, які зосереджені на частотах $f_n$, то обернене (зворотне) Фур'є перетворення забезпечує процедуру генерування ССО $s(t)$ в області часу за параметрам амплітуд $S_n$ як діагностичних медичних параметрів.

Алгоритм генерування ССО на базі вище сказаного зображено на рис.2.9.

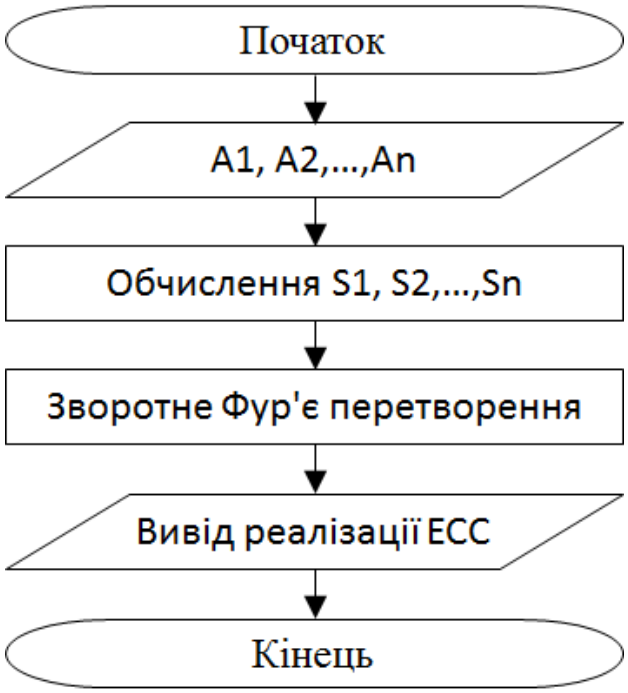



Рис. 2.9. Алгоритм генерування ССО

Згідно алгоритму (рис.2.9) здійснюється процедура числення зворотного Фур'є перетворення для заданих (обчислених) комплексних значень амплітуд гармонік $S_1, S_2, ..., S_n$ за відповідно введеними значеннями $A_1, A_2, ..., A_n$ (згідно медичної статистики), що забезпечить в кінцевому варіанті реалізацію згененрованого ССО.

Для довготривалої реалізації ССО $n \to \infty$ необхідно почислити мінімальну кількість коефіцієнтів, при якій генерований ССО був би точно відтворений у порівняні із емпіричним.

Для коректності роботи розробленого алгоритму буде проведено процес його тестування при генеруванні ССО на $n$-их гармоніках для станів різної фізіології. Передусім необхідно визначити кількість гармонік, які буде введено для генерування ССО, а інші гармоніки будуть сталими для усіх генерованих реалізацій ССО.

Використовуючи вираз (2.18) та алгоритм (рис.2.9) отримано АЧХ ССО станів патології та норми як показано на рис.2.10.

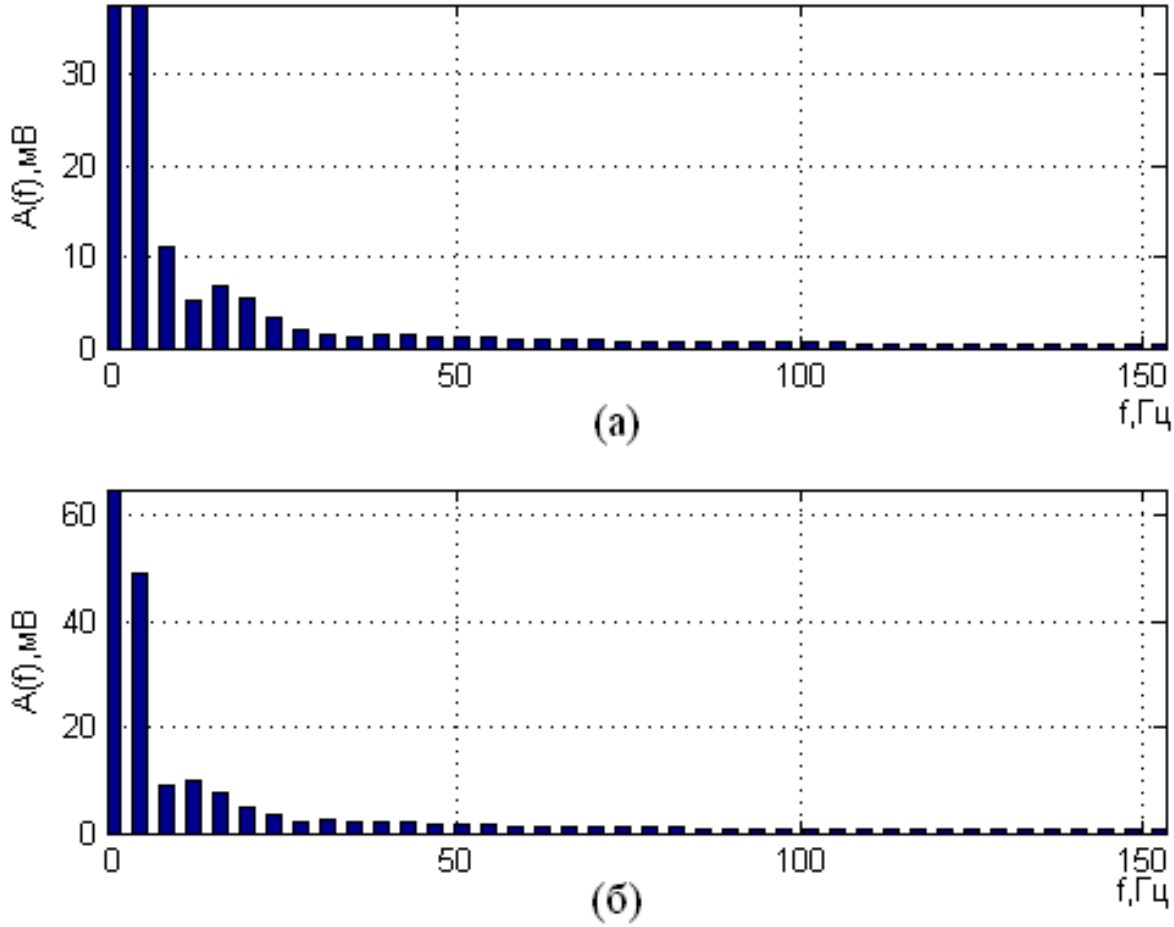



Рис.2.10. АЧХ ЕССО: а – норма, б – патологія

Шляхом візуального аналізу отриманих амплітудних значень гармонік визначено, що від 1 до 7 гармоніки значення є змінними, а після них - є незмінними для різних фізіологічних станів. Проте застосування візуального аналізу є недостатньо, тому що факт визначення сталості гармонік є лише приблизно

сказаним, тому оцінки їх сталості чи не сталості використано методи статистичного та кореляційної обробки.

Автокореляцію ССО визначено виразом::

$$r(uf)=\frac{1}{f\,\max}\sum_{f=0}^{f\,\max-1}A(f)\cdot A(f+uf), \qquad (2.20)$$

де $f\,\max$ – максимальна частота ССО;

$uf$ – крок зсув по шкалі частоти ССО.

На рис.2.11 зображено реалізації автокореляції ССО різних станів.

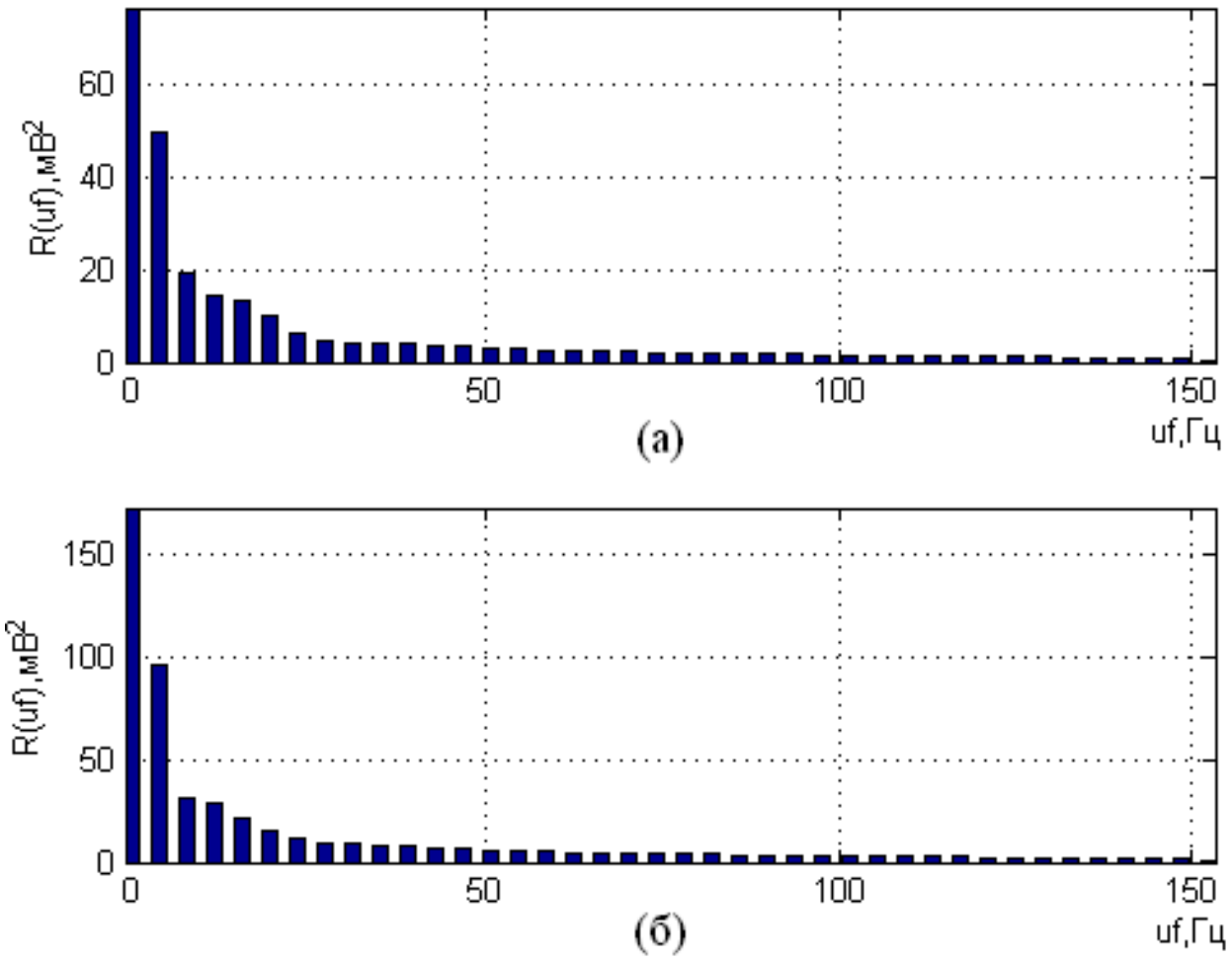



Рис.2.11. Реалізації автокореляції ССО (а – норма, б – патологія)

За результатами аналізу, які наведено на рис.2.11 підтверджено що з 8-ої гармоніки $R(uf)$ спостерігається процес прямування значень до нуля, а до 8 – варіативність значень спектрів ЕССО, тому результати підтвердили результати візуального аналізу.

Для детальнішого аналізу зміни спектрального складу ЕССО обчислено дисперсію амплітудних гармонік $A_n$ ЕССО виразом:

$$d_{A_n}(f)=\frac{1}{m}\sum_{n=1}^{m}\left(A_n(f)-m_{A_n}(f)\right)^2,\ n=\overline{1,m} \qquad (2.21)$$

де $A_n$ – амплітуди гармонік;

$m$ – кількість відгуків ССО.

Результат обчислення дисперсії подано на рис.2.12.

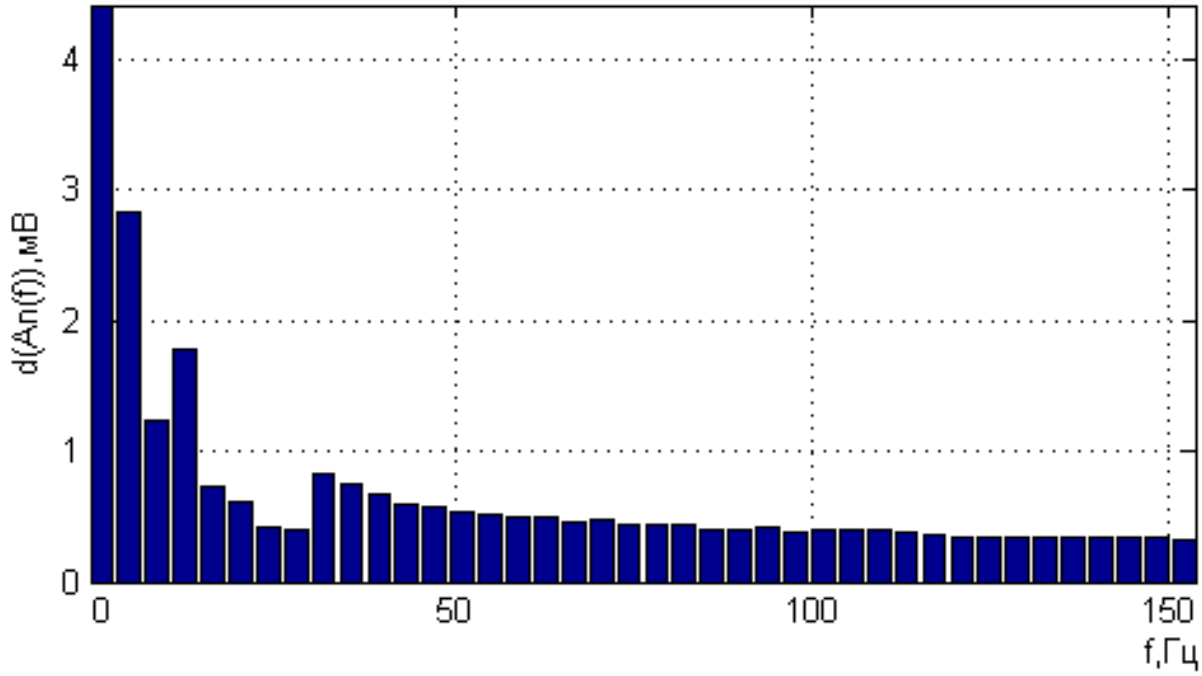



Рис. 2.12. Дисперсія амплітудних гармонік ЕССО

За результатом рис.2.12 встановлено, що включно до 9-ої гармоніки є значні амплітудні варіації, а після 8-ої – слабо виражена плавна мінімальна зміна значень. Значення дисперсії $d_{A_n}(f)$ підтвердили результати візуального та кореляційного

аналізу, проте що після 8-ої гармоніки є інваріантність низька, що забезпечує процес генерування ССО лише за 8-ми гармоніками, а решта значень є сталими.

## 2.3. Алгоритмічне забезпечення комп'ютерної системи та її тестування

2.3.1. Алгоритм генерування сигналів сітківки ока. За результати аналізу АЧХ ССО розроблено алгоритм генерування ССО, який зображено на рис2.13.

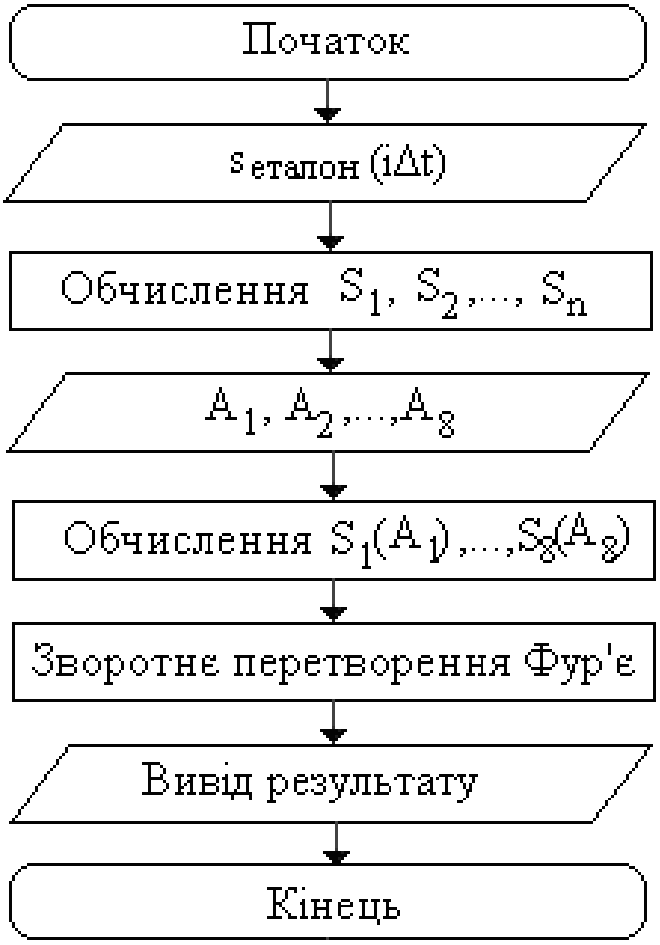



Рис.2.13. Алгоритм генерування ССО

Згідно алгоритму (рис.2.13) завантажуються дані еталонного ССО (норма або патологія) $s_{еталон}(i\Delta t)$ і від нього числимо зворотне перетворення Фур'є для отримання комплексних амплітуд гармонік $S_1, S_2, ..., S_n$. Введені значення амплітуд $A_1, A_2, .., A_8$ задають форму генерованого ССО. Проводимо заміну перших восьми

гармонік еталонного на введені значення амплітуд. Для отриманих значень амплітуд здійснюємо процес зворотного Фур'є перетворення, а саме здійснюємо перехід із частотної області в часову. По отриманій реалізації генерованого ССО по діагностичних параметрах $A_1, A_2, .., A_8$, виводимо графічну реалізацію на дисплей.

2.3.2. Тестування алгоритму генерування сигналів. Оскільки Основними діагностичними параметрами ССО в спектральній області є амплітуди гармонік та їх частоти, які є достатніми у медичній практиці для формування діагнозу, тому математичною моделлю ССО яка врахує всі вище приведені параметри подано виразом:

$$s(i) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} k_n S_n e^{\frac{j2\pi kn}{N}}, \; i = \overline{0, N-1}. \qquad (2.22)$$

де $k_n$ – коефіцієнт масштабування $n$-ої гармоніки;

$i$ - номер відліку;

$N$ – довжина ССО.

Ця модель дає можливість тестування алгоритму генерування через дослідження впливу зміни значень амплітуд гармонік на результат генерування.

Процес тестування розробленого алгоритму ССО дасть змогу визначити можливості генератора, точність генерування, дослідити яким чином змінюються параметри хвиль ССО в часі прирізних заданих значення гармонічних складових частотного діапазону.

На рис.2.14-2.21 зображено результат впливу коефіцієнтів $k_n$ на вихідну форму генерованого ССО.

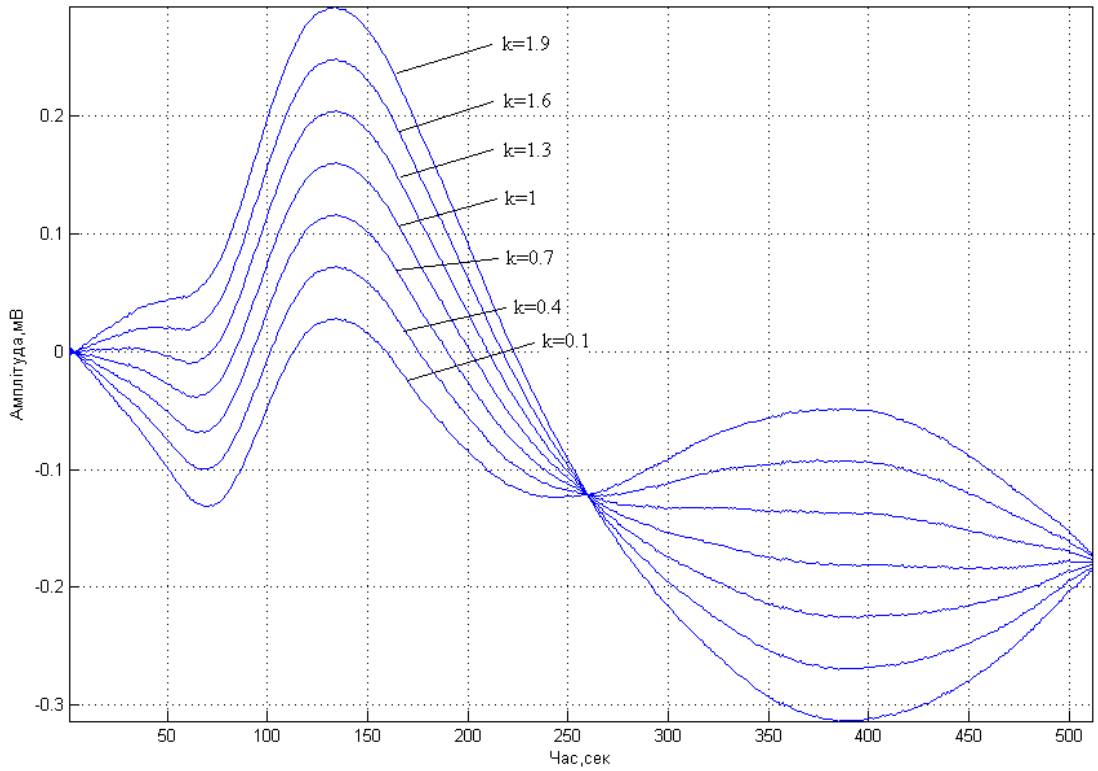



Рис.2.14. Генерування ССО при зміні $k_1$

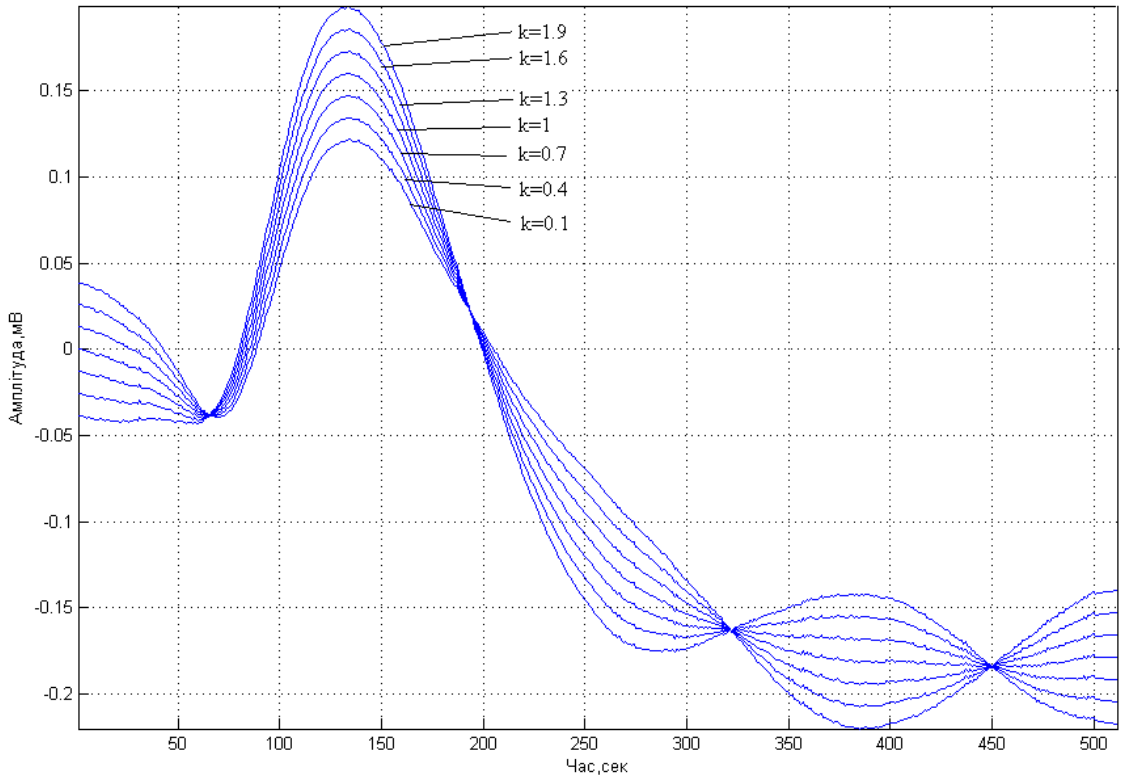



Рис.2.15. Генерування ССО при зміні $k_2$

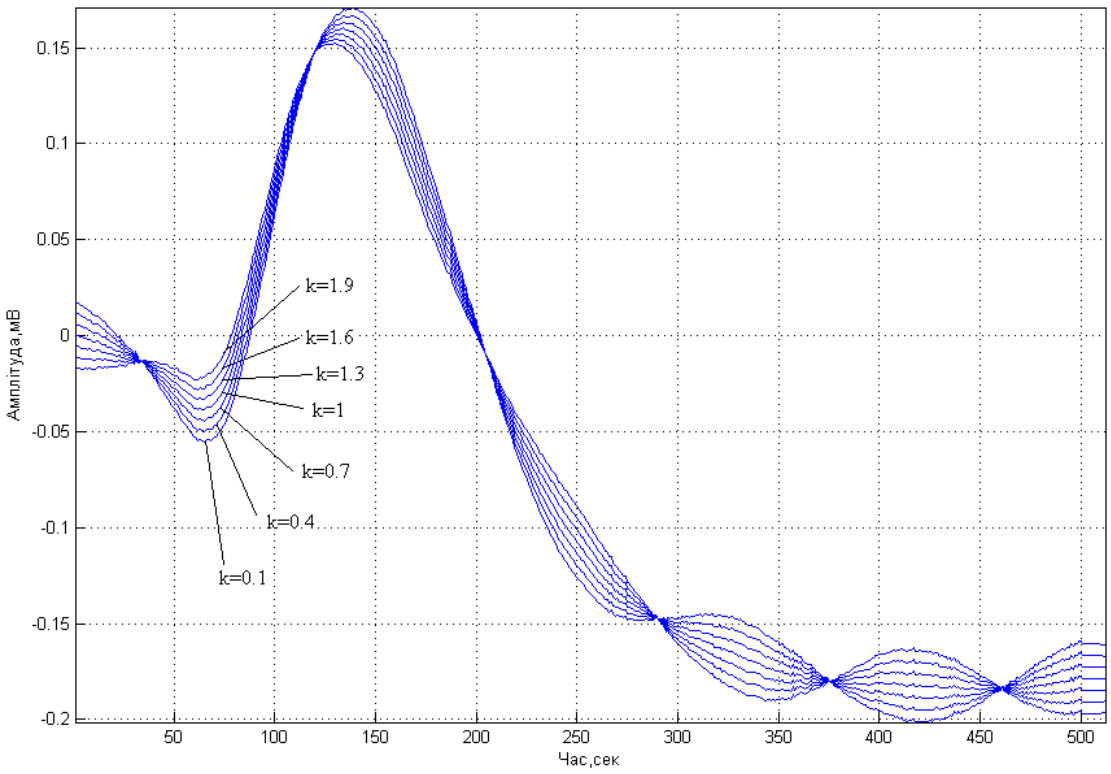



Рис.2.16. Генерування ССО при зміні $k_3$

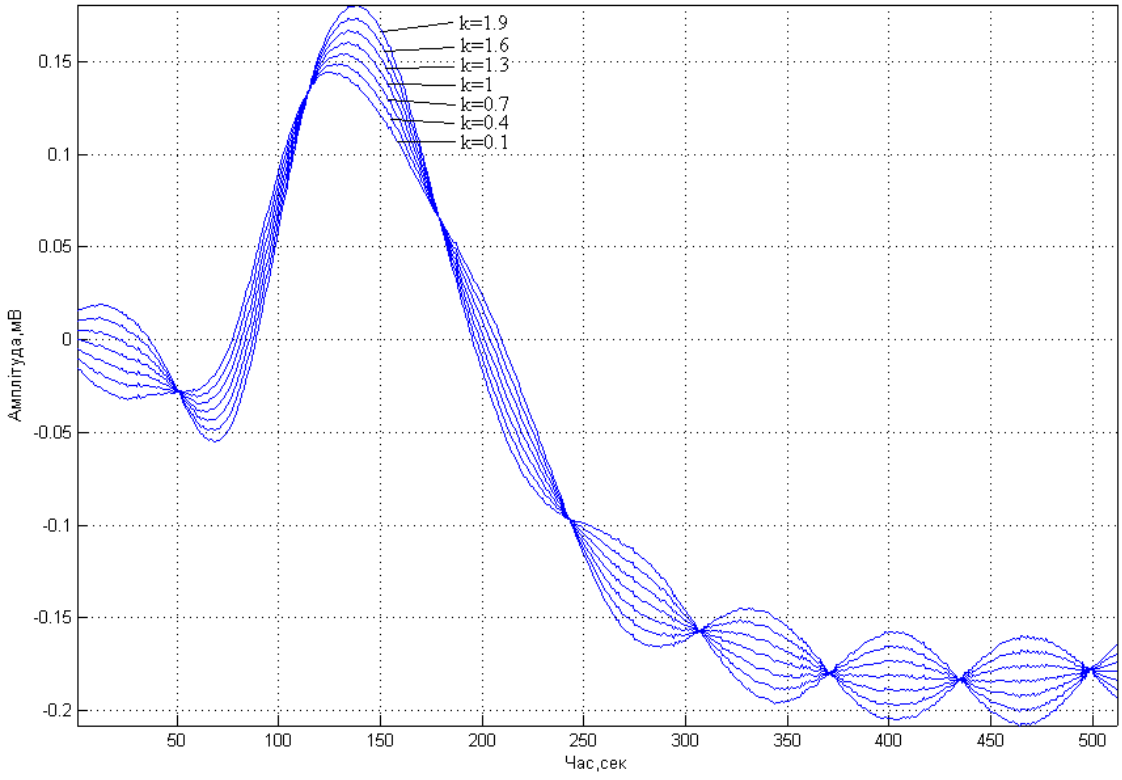



Рис.2.17. Генерування ССО при зміні $k_4$

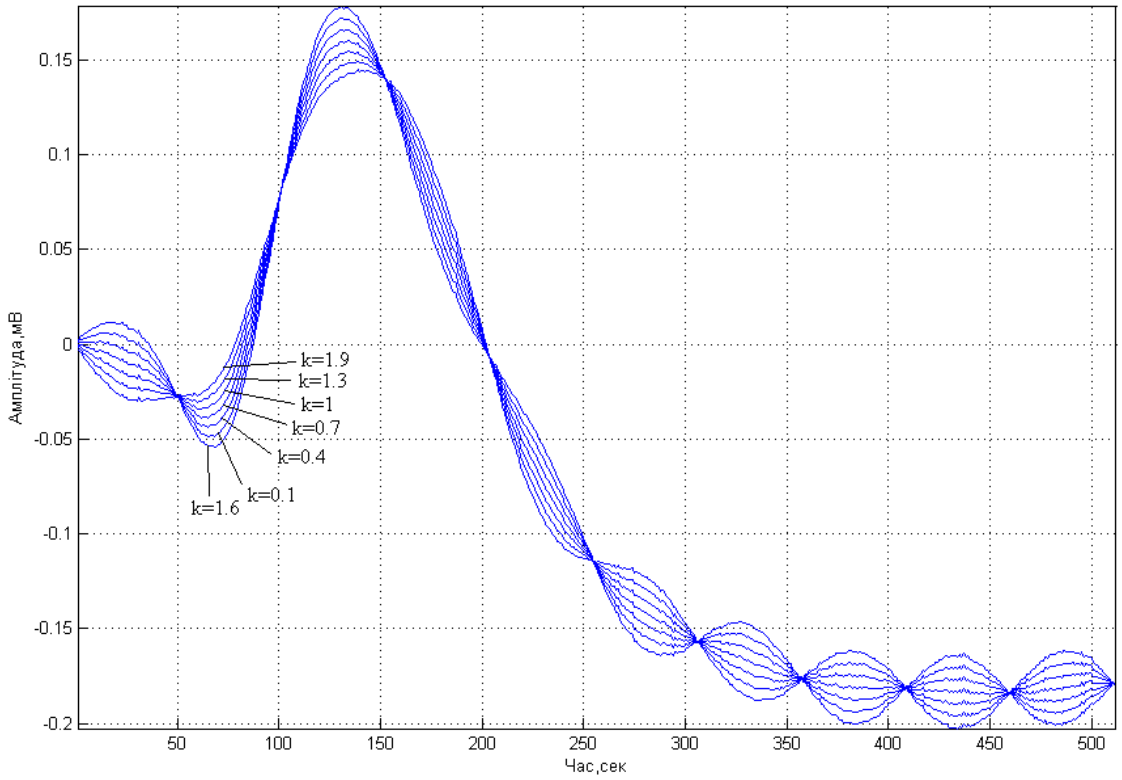



Рис.2.18. Генерування ССО при зміні $k_5$

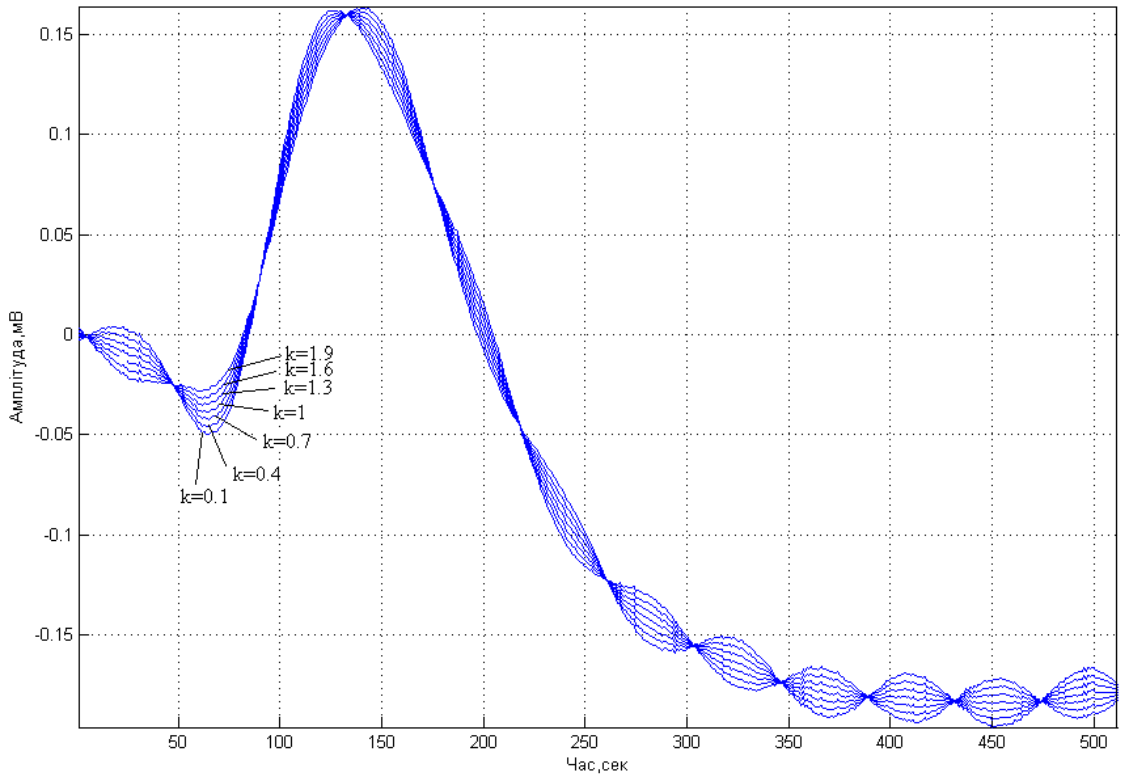



Рис.2.19. Генерування ССО при зміні $k_6$

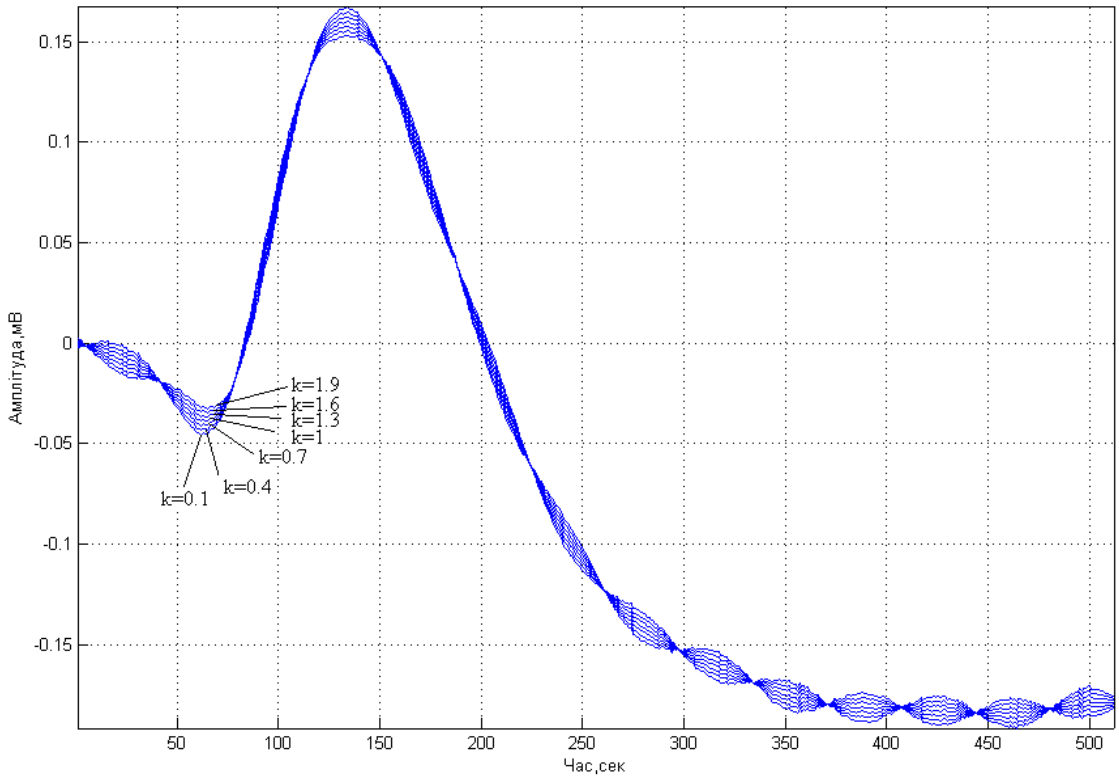



Рис.2.20. Генерування ССО при зміні $k_7$

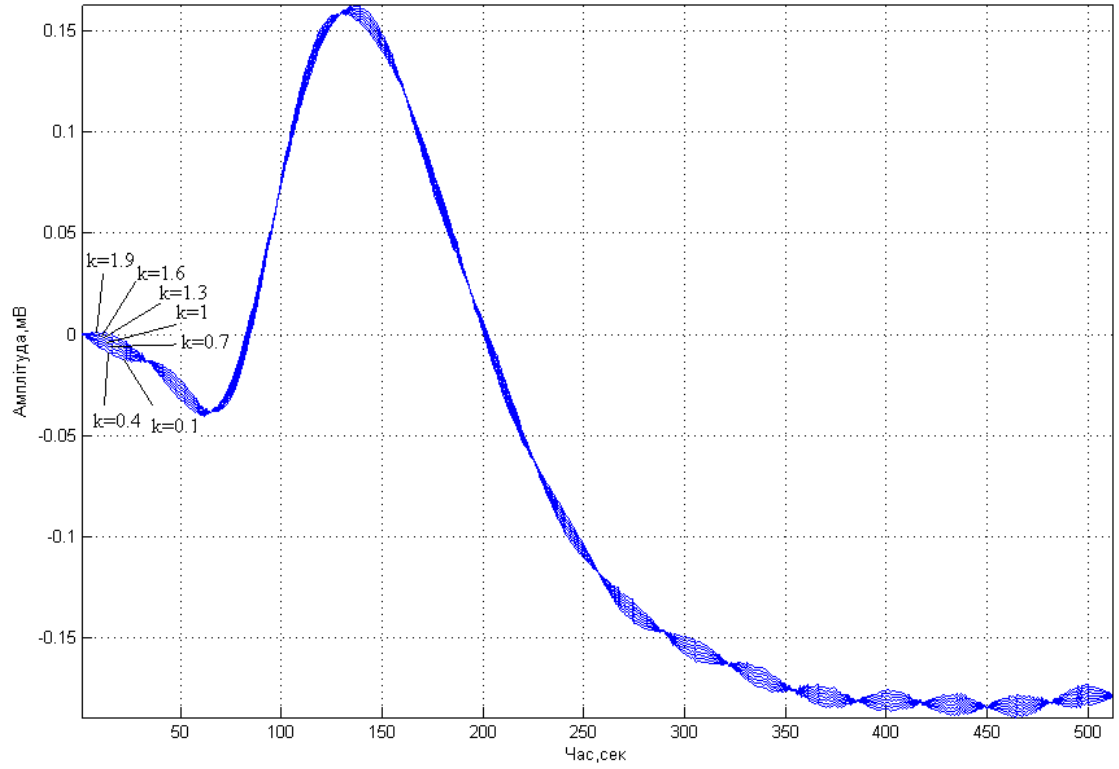



Рис.2.21. Генерування ССО при зміні $k_8$

На рис.2.14-2.21 видно, що при $n \to 8$ відхилення генерованих ССО є

незначним, тому отримані результати підтверджують додатково, що до 9 гармоніки параметри є інформативними, а після 8-ої – слабо змінними (майже неінформативними).

Отже, використання зворотного Фур'є перетворення для генерування ССО за значеннями амплітуд гармонік $A_1,..A_8$ ($A_n = |S_n|/k_n$) (рис.2.14-2.21) забезпечує за медично-діагностичними параметри (амплітуди гармонік) відтворення форми ССО для будь-якого стану фізіологічного.

2.3.3. Блок-схема програмного забезпечення генерування сигналів. Для розробки ПЗ генерування ССО з використанням Matlab, необхідно розробити блок-схема, за якою буде працювати ПЗ.

ПЗ складається з генератора ССО і інтерфейсу програми, яка забезпечує зв'язок генератора з елементами керування.

Основними операціями при розробці блок схеми є:

1) Завантаження даних еталонного ССО $s_{\text{еталон}}$, значення амплітуд $A_{1,...,}A_{\text{n}}$ та частоту дискретизації з метою формування шкали часу;

2) Розклад даних еталонного ССО $s_{\text{еталон}}$ на гармоніки $S_{1,...,n}$ (Фур'є перетворення);

3) Формування коефіцієнтів масштабування $k_{1,...,8}$, які формуються як відношення модуля $S_{1,...,8}$ до значень амплітуд $A_{1,...,8}$ для перших 8-ми гармонік;

4) Зміна комплексних значень гармонік $S_{1,...,8}$ на $A_{1,...,8}$, $k_{1,...,8}$ (значення $S_{1,...,8}$ приймають значення $A_{1,...,8}$).

5) Обчислення зворотного Фур'є перетворення для $S_{1,..n}$ і збереження під зміну $x_{1,..n}$;

6) Формування значень часу $t_{1,..,n}$;

7) Вивід результату генерування ССО, у вигляді залежності $x_{1,..n}$ від $t_{1,..,n}$.

Блок-схему генератора ССО зображено на рис.2.22 і описує лише загальні операції ПЗ генерування ССО.

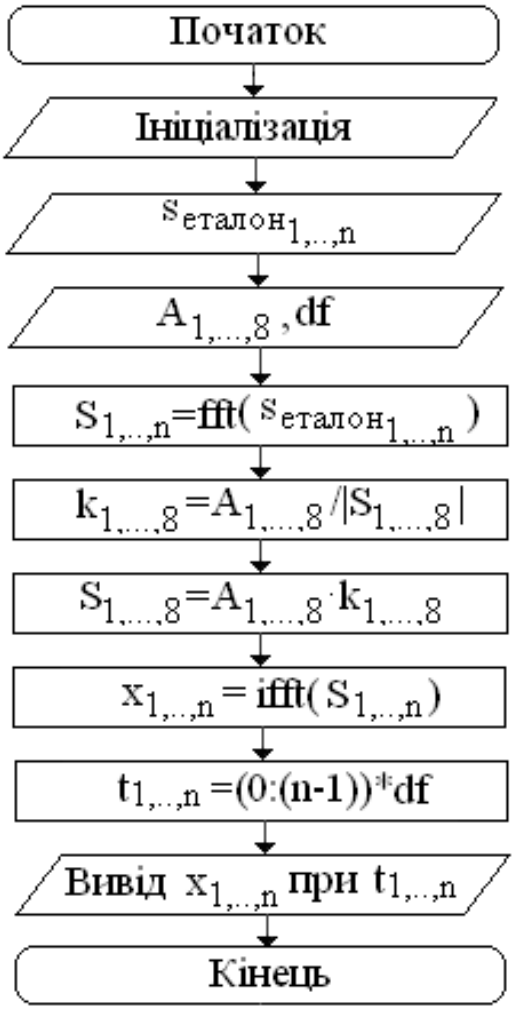



Рис. 2.22. Блок-схема генератора ССО

Для забезпечення простоти генерування в автоматизованому режимі розроблено блок-схему інтерфейсу, яку зображено на рис. 2.23.

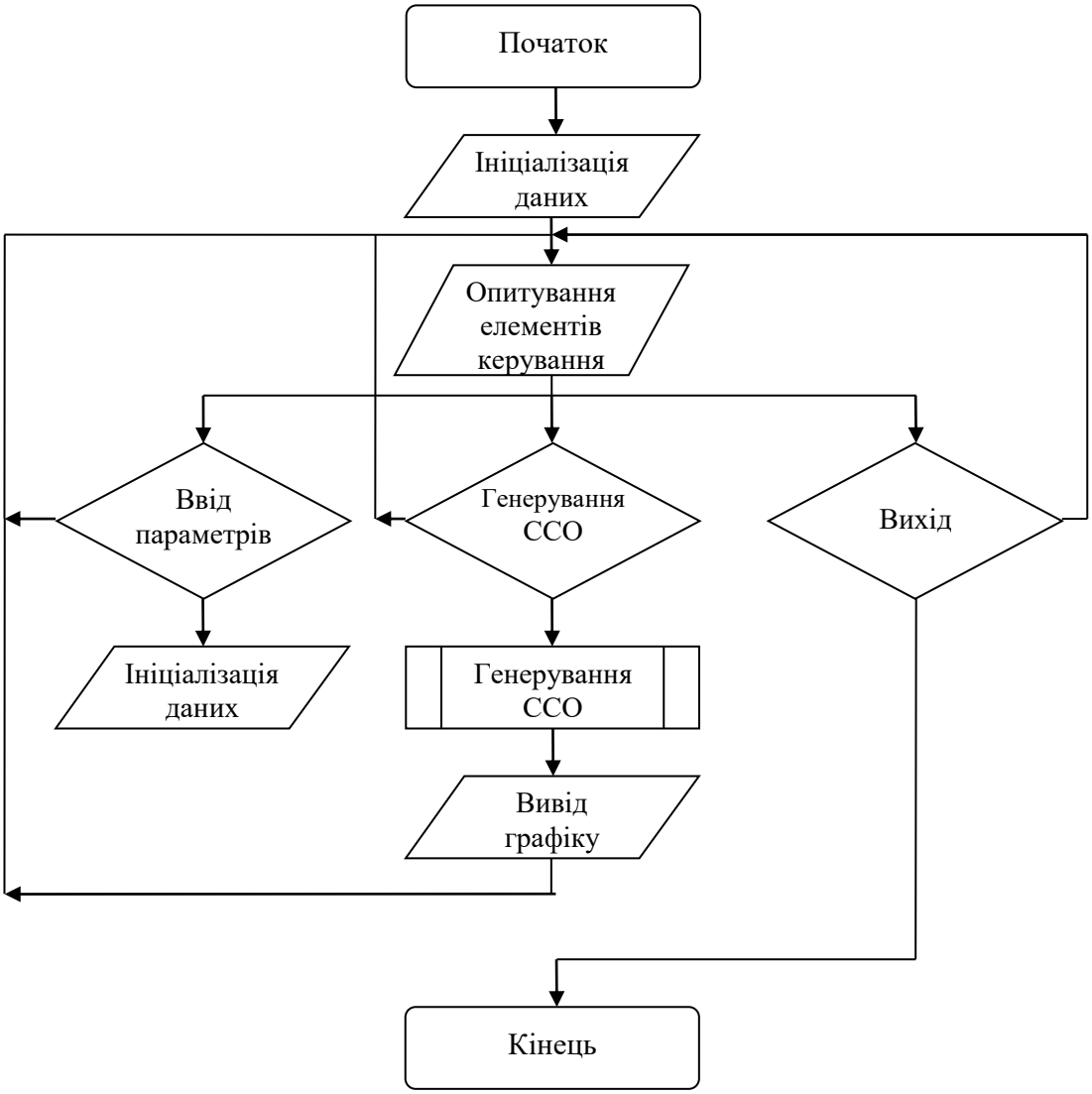



Рис. 2.23. Блок-схема інтерфейсу ПЗ

На основі блок схеми інтерфейсу ПЗ буде розроблено програма інтерфейсу користувача.

## 2.4. Висновки до розділу 2

В розділі наведено схему структурну системи для реєстрації електричних сигналів сітківки ока як основи щодо розробки комп’ютерної системи генерування тестових сигналів. Розроблено математичне та алгоритмічне забезпечення генерування тестових сигналів сітківки ока на основі зворотного Фур’є перетворення для тестування алгоритмів роботи комп’ютерних технічних систем діагностики стану сітківки ока. Наведено результати тестування розробленого алгоритму генерування сигналів при динамічній змінні вхідних параметрів.

# РОЗДІЛ 3
# ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ СИГНАЛІВ

## 3.1. Розробка програмного забезпечення

Основною задачею, яка постає на даному етапі, це розробка тексту ПЗ за розробленими алгоритмами, а саме:

- ПЗ генерування ССО;
- інтерфейс ПЗ.

3.1.1. Розробка програмного забезпечення функції генерування. Основою задачею ПЗ є генерування ССО, в основі якого лежить блок-схема (рис. 2.22).

За допомогою мови програмування MATLAB створено програмну функцію, яка буде створювати масив значень функції (2.22) під зміною s і значення масиву значень часу під змінною t:

```
function [t sout]=ssoIMIT(s,A,df);
```

Основними вхідними даними для функції ssoIMIT є змінні s - масив даних еталонного ССО, A - масив амплітуд гармонік, df - частота дискретизації. Текст програми функції ergIMIT наведено в додатку В.

Нижче по тексту описано принцип роботи функції генерування ССО.

```
if nargin<3, error('Необхідно ввести не менше 3-ми аргументів'); end;
```

Функція nargin здійснює перевірку загальної кількість вхідних параметрів, якщо менше 3-ох то видається повідомлення „Необхідно ввести не менше 3-ми аргументів".

Згідно до алгоритму (рис.2.22) еталонний ССО розкладаємо на гармоніки за допомогою дискретного Фур'є перетворення із використанням функції fft(s), де s - вхідний сигнал:

```
S=fft(s); % Фур'є перетворення комплексне
```

Обчислюємо коефіцієнти масштабування k, які формуються як відношення модуля abs(S(m)) до значень амплітуд A(m) для перших 8-ми гармонік:

```
N=length(S);
for m=1:length(A)
k(m)=A(m)/abs(S(m)); end;
```

Присвоюємо комплексним гармоніки S(m) та комплексно зв'язаним відлікам двостороннього спектру S(N-m+2) на A(m) (значення S(m) приймають значення S(m), при m=1,..,8).

```
S(1)=S(1)*k(1);
for m=2:length(A)
        S(m)=S(m)*k(m);
        S(N-m+2)=S(N-m+2)*k(m);
end;
```

Використовуючи функцію ifft обчислено зворотне Фур'є перетворення для S і збереження під зміну sout;

```
sout=ifft(S);
```

Формуємо вісь часу t, а саме здійснюємо перехід від відліків до конкретних значень часу на цих відліках

```
N=length(sout);
t=(0:(N-1))/df;
```

Розроблена функція ergIMIT є ядром програми інтерфейсу комп'ютерного генерування ССО.

3.1.2. Розробка інтерфейсу програмного забезпечення генерування сигналів.

Для розробки інтерфейсу використано GUDE Quick Start складової MATLAB.

Створення інтерфейсу починається після вибору бланку (форми) інтерфейсу (рис. 3.1).

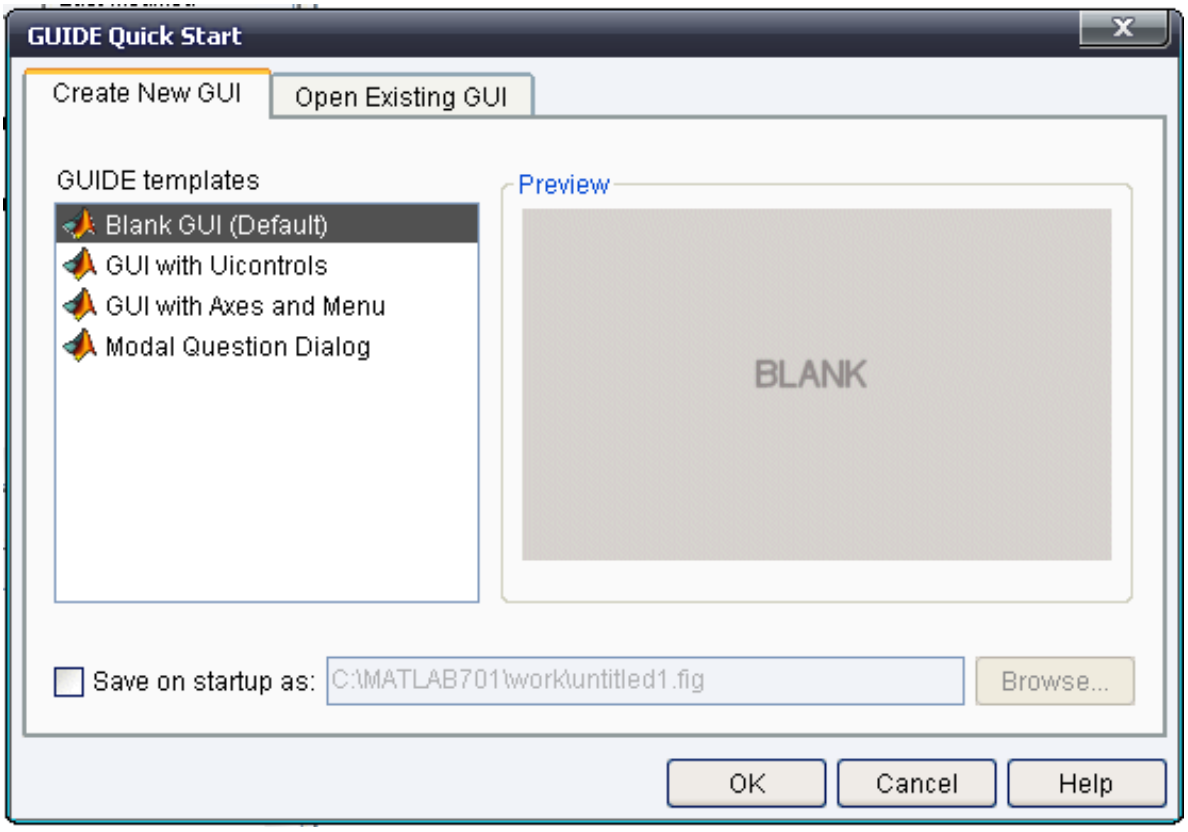



Рис. 3.1. Стартове вікно створення інтерфейсу

Вікно розроблення інтерфейсу зображено на рис.3.2

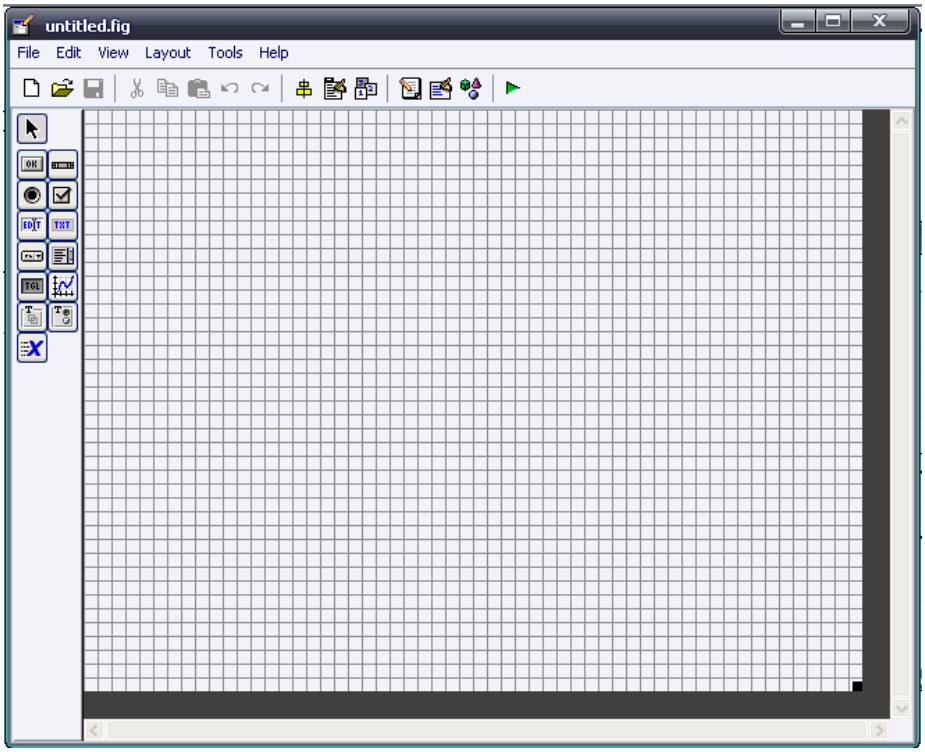



Рис. 3.2. Вікно розроблення інтерфейсу

Використавши робочу панель з розташованими на ній графічними об’єктами, розроблено інтерфейс, який зображено на рис. 3.3.

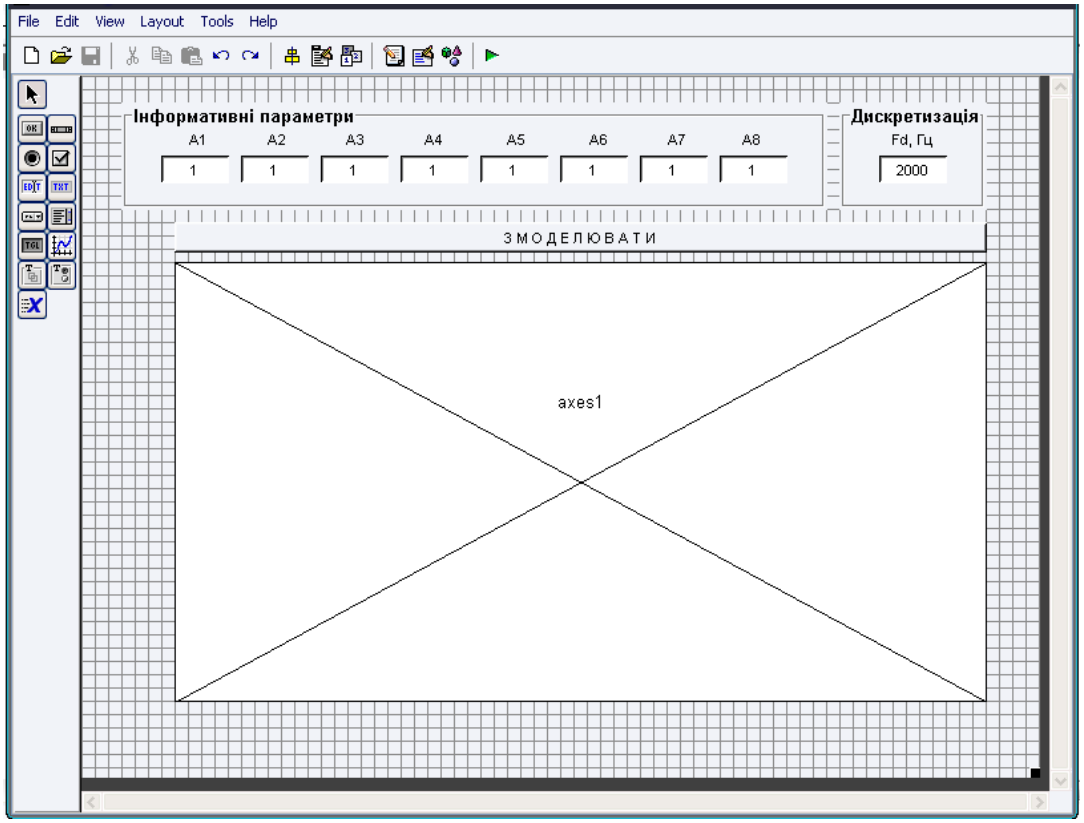



Рис. 3.3. Інтерфейс ПЗ генерування ССО

Для створення інтерфейсу застосовано елементи:

1) Edit Text (ввід даних) – 9 штук;
2) Uipanel– 1 штука;
3) Text (напис) – 2 штуки;
4) Pushbutton (кнопка) – 1 штука;
5) Axes (візуалізація) – 1 штука.

Під кожним елементом знаходиться певна функція, а саме при натисненні на кнопку Pushbutton1 з назвою „З М О Д Е Л Ю В А Т И” (тотожно генерувати), знаходиться функція function pushbutton1_Callback з орієнтованим об’єктом (eventdata, handles).

При запуску програми графічного інтерфейсу автоматично запускається функція function pushbutton1_Callback з орієнтованим об’єктом (eventdata, handles).

За допомогою функції load завантажено числові дані еталонного ССО:

```
etalon=load('C:\data\etalon.dat');
```

За допомогою команди set під параметр userdata елементу pushbutton1 зберігаємо масив значень еталонного ССО для подальшому їх використання:

```
set(handles.pushbutton1,'userdata',etalon);
```

Від даних масиву ССО числимо амплітудні гармоніки за допомогою Фур’є перетворення:

```
y=abs(fft(etalon));
```

Поточні значення завантаженого ССО виводимо на елементі axes1:

```
N=length(etalon);          %Довжина нормованого ССО
t=(0:(N-1))/df;%           %Шкала даних часу
axes(handles.axes1);       %Вибір об’єкту візуалізації
plot(t,etalon);            %Графік даних ССО
```

```
axis tight;                 %Розтягнення
grid on;                    % Вкл. сітки
xlabel('Час, сек');         %Шкала часу
ylabel('Амплітуда, мВ');    %Шкала амплітуди
```

Після введення параметрів амплітуди гармонік, частоти дискретизації і натиснення кнопки pushbutton1 запускається програмна функція pushbutton1_Callback, яка генерує числові дані ССО за введеними параметрами на інтерфейсі користувачем.

Першою операцію, при запуску цієї функції, є завантаження масиву даних ССО із зміни об’єкту pushbutton0 параметру 'userdata' під зміну даних etalon:

```
etalon=get(назва кнопки (pushbutton1),'userdata');
```

Після завантаження числових даних, записуємо в масив А значення введених амплітуд частотних гармонік, а значення частоти дискретизацію – під зміну df:

```
A(1)=str2num(get(назва об’єкту (edit1),'string'));
A(2)=str2num(get(назва об’єкту (edit2),'string'));
A(3)=str2num(get(назва об’єкту (edit3),'string'));
A(4)=str2num(get(назва об’єкту (edit4),'string'));
A(5)=str2num(get(назва об’єкту (edit5),'string'));
A(6)=str2num(get(назва об’єкту (edit6),'string'));
A(7)=str2num(get(назва об’єкту (edit7),'string'));
A(8)=str2num(get(назва об’єкту (edit8),'string'));
df=str2num(get(назва об’єкту (edit13),'string'));
```

Використовуючи розроблену функцію ergIMIT, яку наведена в додатку В, здійснюємо генерування (моделювання) масиву числових значень ССО під зміну sout:

```
[t sout]=ergIMIT(etalon,A,df);
```

Згенеровані числові значення ССО по заданим значення введених значень амплітуд та частоти дискретизації виводимо візуально на дисплей екрану за допомогою елементу програми axes1 та програмної функції plot:

```
axes(handles.axes1);        %Вибір об’єкту віуалізації
plot(t,sout);               % Вивід
axis tight;                 % Розтягненні
grid on;                    % Сітка
xlabel('Час, сек');         % Напис осі x
ylabel('Амплітуда, мВ');%Напис осі y
```

Процес запису згенерованих ССО здійснюється за допомогою діалогового графічного вікна (рис.3.4), яке запускається програмною функцією uiputfile із змінними ім’я файлу та шляху його розташування.

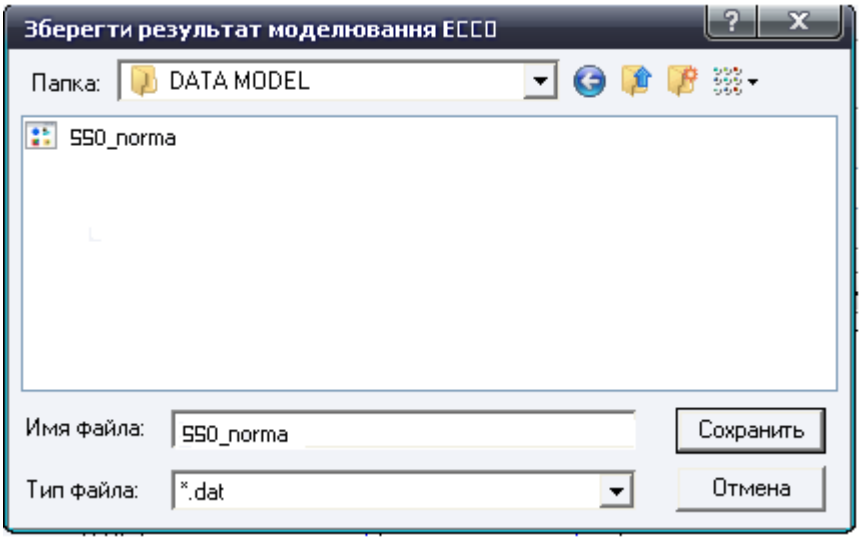



Рис. 3.4. Вікно збереження даних ССО

Команда dlmwrite(dir, d,' ') забезпечує записування даних d генерованих (модельованих) ССО за вибраним шляхом dir.

## 3.2. Результати комп'ютерного генерування сигналів

На рис. 3.5-3.6 зображено згенеровані реалізації ССО за допомогою розробленого комп'ютерного ПЗ. При генеруванні ССО застосовано параметри, які отримано в медицині шляхом статистичного їх набору

На рис.3.5-3.6 видно, що реалізації мають форму реальних ССО у відношенні відтворюваності усіх хвиль.

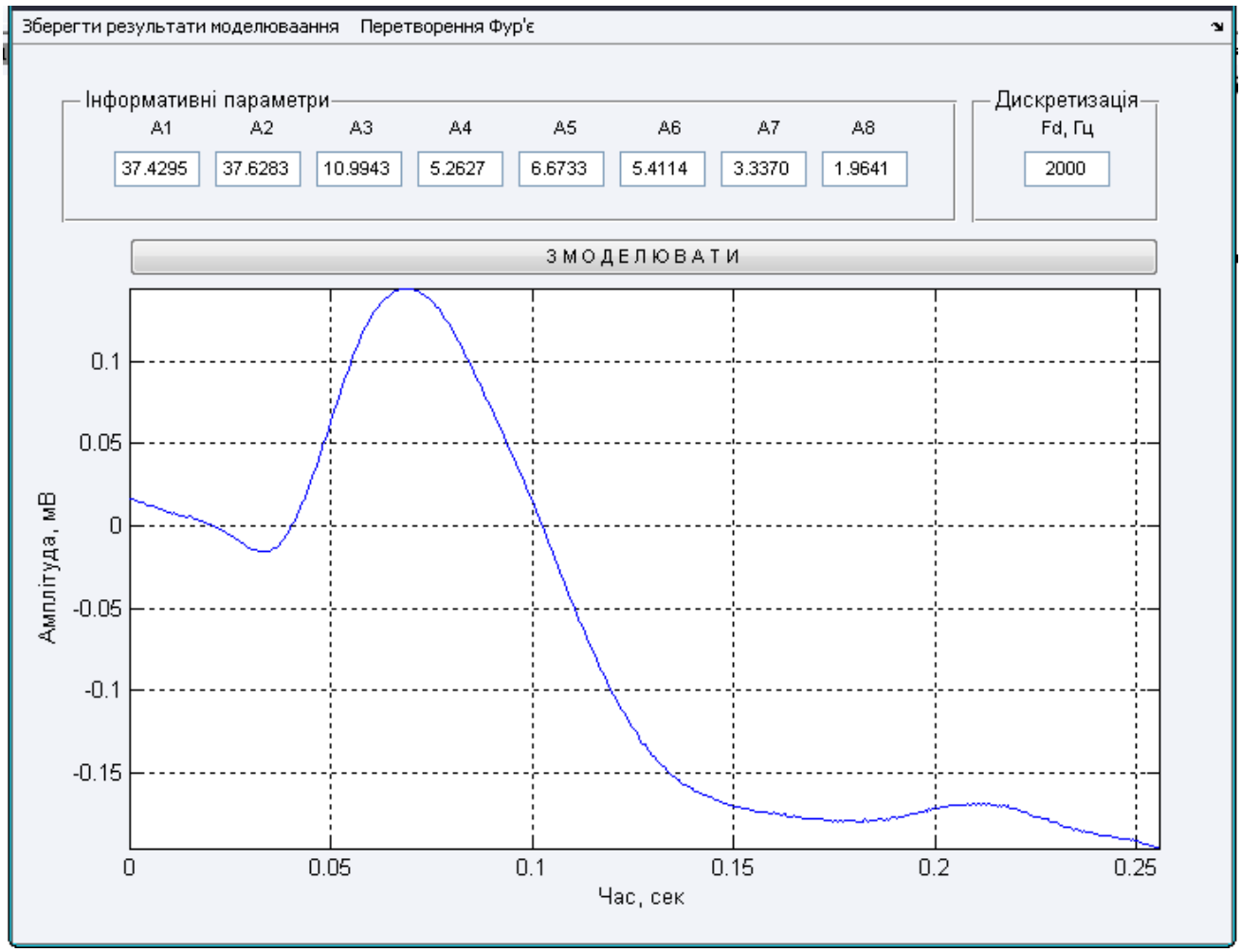



Рис. 3.5. Результат генерування (генерування) ССО (норма)

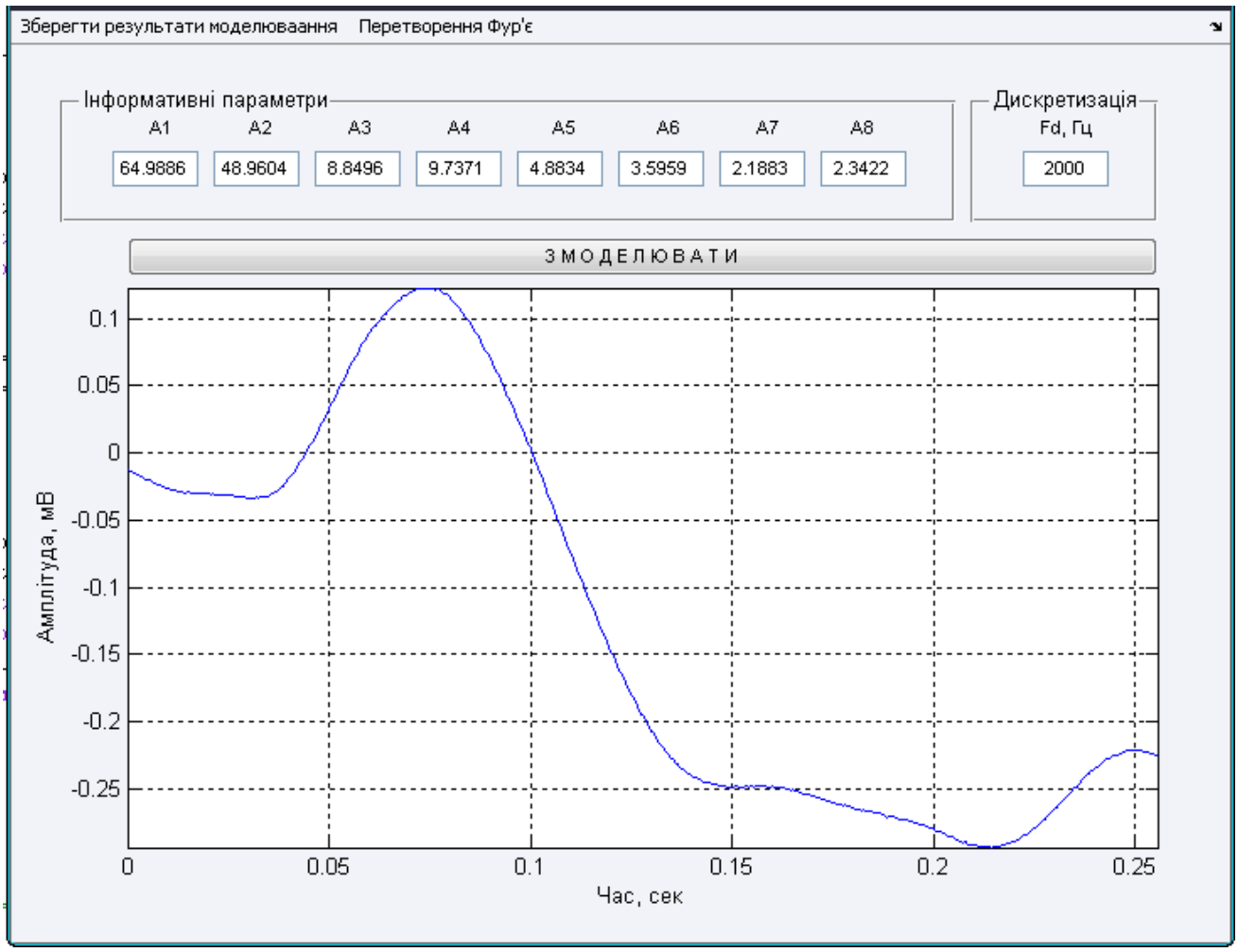



Рис. 3.6. Результат генерування (генерування) ССО
(патологія типу центральні порушення сітківки)

На рис. 3.7-3.8 наведено реалізації експериментальних та згенерованих реалізацій ССО на одному рисунку з метою їх візуального порівняння.

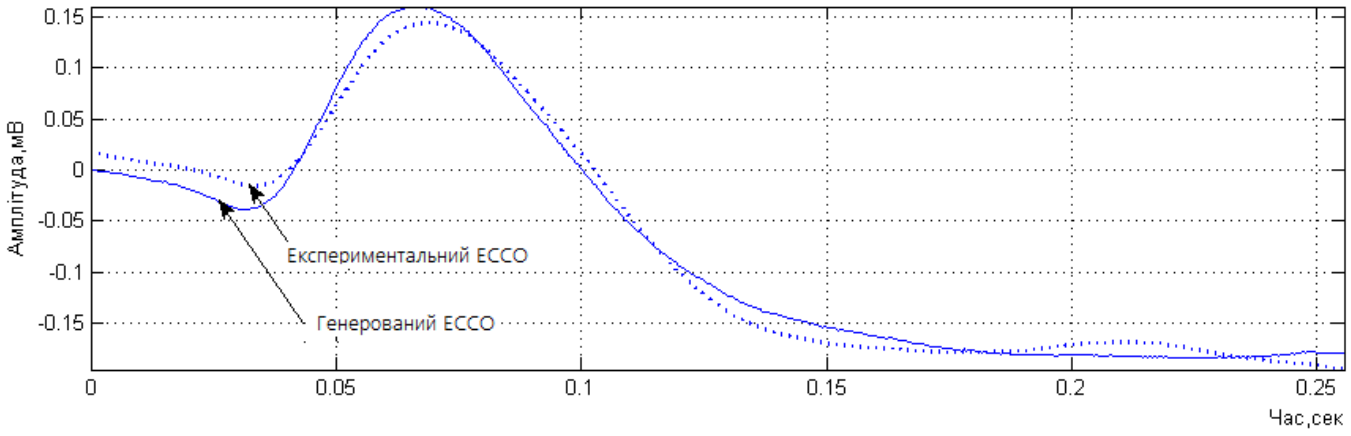
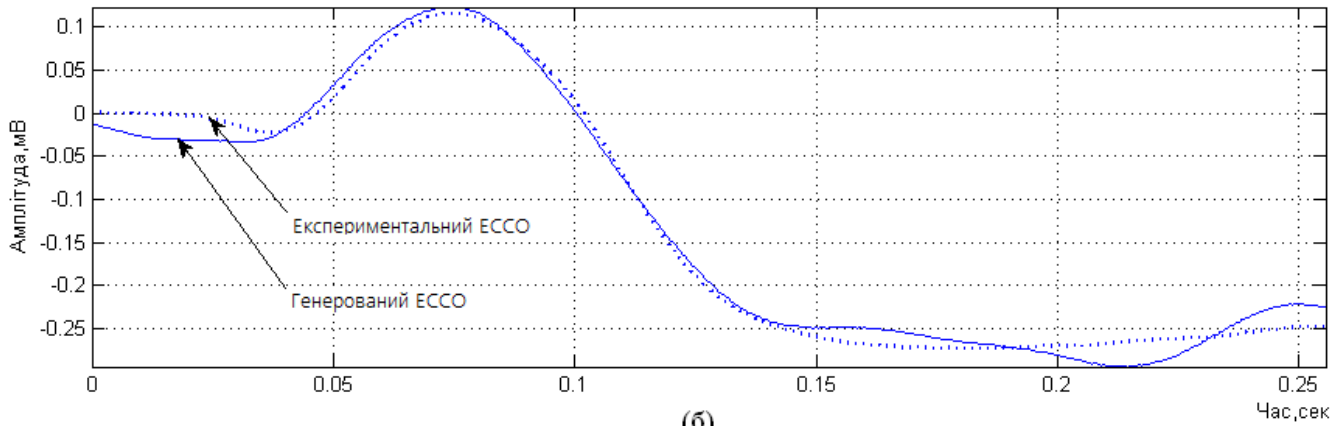



Рис.3.7. Реалізація згенерованого та експериментального ССО для норми




(б)

Рис.3.8. Реалізації згенерованого та експериментального ССО для патології

Результати аналізу відхилення експериментальних числових даних ССО від генерованих даних ССО, які зображено на рис.3.7-3.8, як результат обчислення різниці між миттєвими значеннями сигналу в кожен момент часу зображено на рис.3.9.

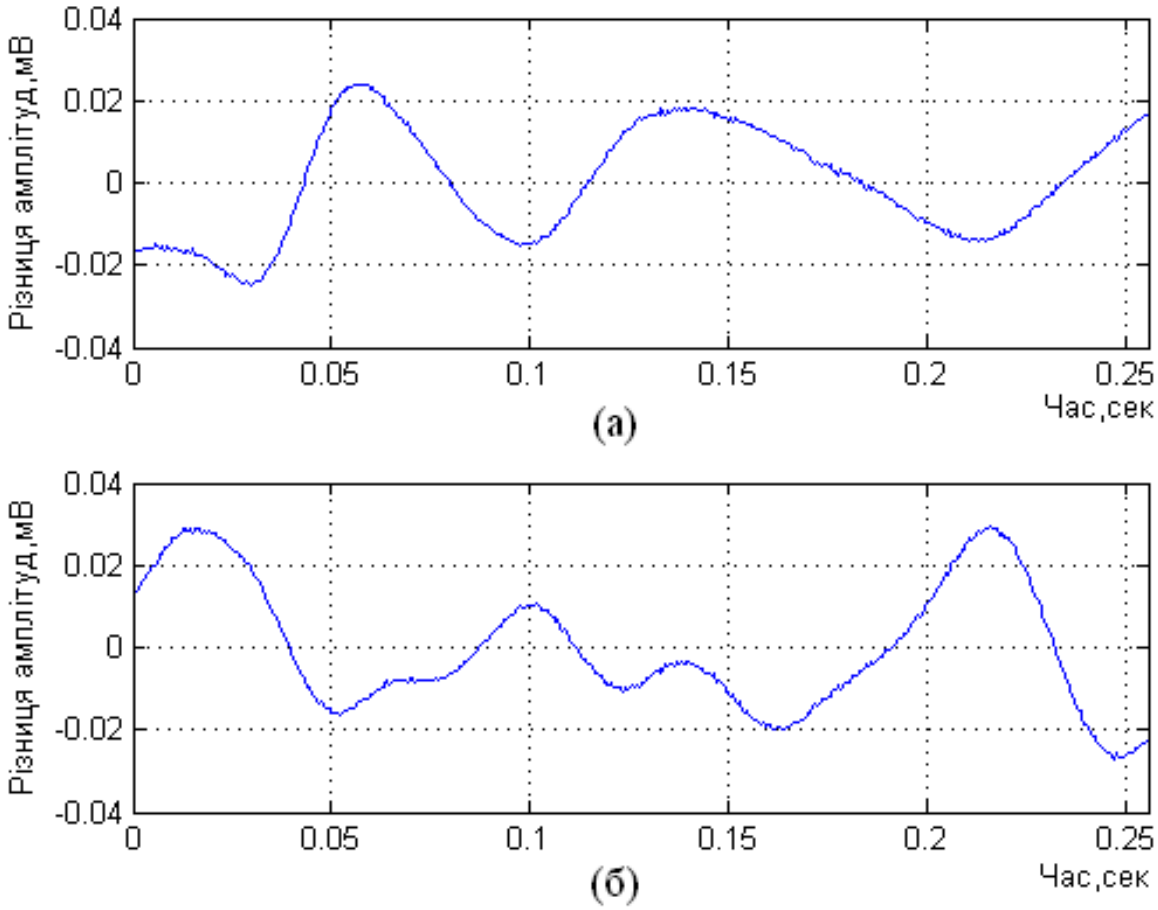



Рис.3.9.Реалізація різниць між експериментальним та генерованим ССО

Максимальна різниця значення між експериментальним та генерованим сигналами для стану норми складає 0.015мВ, а для патології складає 0.018мВ, що чітко вказує на високу точність відтворення форми ССО. Цей факт та отримані числові показники точності є підставою для коректної верифікації забезпечення комп’ютерного генерування ССО.

## 3.3. Висновки до розділу 3

Розроблено програмне забезпечення комп’ютерної системи генерування електричних сигналів сітківки людини в середовищі MATLAB. Результати роботи програмного забезпечення забезпечили високою точність генерування сигналів по відношенню до емпіричних сигналів, що вказує на високі показники при тестуванні алгоритмів роботи комп’ютерних систем діагностики функціонального стану зорового аналізатора.

# РОЗДІЛ 4
# ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

## 4.1. Науково-технічна актуальність науково-дослідної роботи

В системі чинників економічного і соціального розвитку інноваційні процеси займають одне з перших місць. В дослідженнях структури інноваційних процесів [38], як правило, дотримуються схеми: «наукові дослідження-розробки-виробництво-маркетинг-продаж». Фахівці США поглиблюють наведену схему: «фундаментальні дослідження – прикладні дослідження – розробки – дослідження ринку – конструювання – дослідне виробництво – ринкове випробування – комерційне виробництво».

Наукові дослідження, які є основою наступних стадій інноваційних процесів, класифікують по трьом видам: фундаментальні, пошукові та прикладні.

Фундаментальні дослідження проводять з метою отримання систематизованих даних щодо певної науково-технічної проблеми, виявлення нових закономірностей і принципів розвитку світу, обґрунтування нових понять, створення нових теорій.

Пошукові дослідження розвивають фундаментальні розробки з метою їх практичної використання, тобто вони спрямовані на конкретний науково-технічний результат.

Прикладні наукові дослідження, в свою чергу, базуються на пошукових і проводяться для розробки нових чи удосконалення існуючих технологічних процесів; створення матеріалів з особливими властивостями; принципово нових зразків машин, обладнання, приладів, оснащення, високотехнологічних наукомістких виробництв.

І, нарешті, розробки – технологічні, дослідно-конструкторські, проектні, організаційні роботи, які включають створення техніко-економічної документації для освоєння нововведень (нових технологій, нової продукції та виробництв, споруд, прогресивних методів організації та управління виробництвом) та їх дослідно-експериментального випробування.

Основне завдання економічного обґрунтування – довести, що тема досліджень, яку опрацьовує магістрант, має, перш за все, наукову, технічну, а також економічну, соціальну або екологічну значущість і сприяє тим самим зростанню темпів науково-технічного прогресу в цілому. З цією метою акцентується увага на масштабах виробництва і використання продукції, на підвищення якості або удосконалення виробництва якої направлена тема магістерської роботи.

У разі, коли дослідження має фундаментальний або фундаментально-пошуковий характер необхідно висвітлити науково-технічне значення даної сфери знань та перспективи, які розкривають дослідження по темі магістерської роботи.

Ця частина економічного розділу повністю формується на основі критичного опрацювання фахових публікацій останніх років, які присвячені питанням, що стосуються теми дослідження. Всі викладки цієї частини повинні спиратись на конкретні кількісні оцінки експлуатаційних та технологічних властивостей матеріалів та виробів, обсягів їх виробництва та використання, режимів технологічних процесів, ринкової вартості виробів та технологічних матеріалів, сировини, енергоресурсів тощо з відповідним посилками в тексті на першоджерела.

Результатом цього розділу має стати чітко сформульована науково-технічна проблема, на вирішення якої повинна бути направлена дана дослідницька робота. Таким чином, сформульована проблема і тема науково-дослідницької роботи повинні знаходитись у логічній єдності між собою.

## 4.2. Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Розрахунок усіх витрат організації-виконавця НДР, пов’язаних з виконанням теми, дає можливість встановити її собівартість або кошторисну вартість. Кошторис розробляє виконавець робіт на основі календарного плану проведення досліджень і затверджує замовник або орган, що забезпечує фінансування робіт. Як правило, кошторис складається до початку виконання робіт і тому називається плановим.

Встановлення величини витрат на проведення робіт по темі в розрізі типових статей кошторисної вартості (калькуляції собівартості) НДР наводяться нижче.

4.2.1 Витрати на оплату праці. Витрати за цією статтею включають заробітну плату безпосередніх виконавців теми, а заробітна плата адміністративно-управлінського персоналу, працівників дослідних виробництв включаються в кошторисну вартість теми через статтю «Накладні витрати». Крім цього, слід враховувати, що для тем, які фінансуються за рахунок держбюджету прибуток не планується і тому в дану статтю витрат включається тільки основна заробітна плата (без премій та інших виплат, що здійснюються із прибутку). Витрати на оплату праці розраховують на основі даних про трудомісткість окремих робіт по темі (табл. 1.1) та посадових окладів безпосередніх їх виконавців.

Загальна трудомісткість робіт, що виконуються безпосередньо студентом (інженером - дослідником), визначається навчальним планом спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія».

*Таблиця 4.1*

**Трудомісткість робіт по темі НДР**

| Найменування робіт по темі дослідження | Трудомісткість за виконавцями, людино-днів | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Провідний науковий співробітник | Старший науковий співробітник | Молодший науковий співробітник | Інженер | Лаборант | Студент |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 |
| 1. Уточнення та конкретизація завдань по темі дослідження | 2 | 2 | 1 | – | – | 2 |
| 2. Аналіз науково-технічних публікацій з теми | 1 | 2 | 3 | – | – | 7 |
| 3. Розроблення моделі сигналів сітківки ока людини | 3 | 3 | 4 | – | – | 5 |

*Продовж. табл.4.1*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4. Розроблення методу, алгоритму та програмного забезпечення | 3 | 3 | 4 | – | – | 5 |
| 5.Експериме-нтальні дослідження по генерування сигналів сітківки ока | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 6. Формування звіту по НДР | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Разом за виконавцями теми | 16 | 20 | 21 | 9 | 9 | 28 |

Подальші розрахунки витрат на оплату праці проводиться за алгоритмом, зрозумілим із табл. 4.2.

Середньоденна заробітна плата за категоріями виконавців розраховується шляхом ділення їх посадового місячного окладу на 21,2 (де 21,2 – усереднене число робочих днів за місяць).

*Таблиця 4.2*

**Розрахунок витрат на оплату праці**

| Посада виконавців теми | Планова трудомісткість, люд-днів | Заробітна плата, грн | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Посадовий місячний оклад | Середньоденна зарплата | Усього за виконавцями |
| 1.Провідний науковий співробітник | 15 | 4289,70 | 202,34 | 3035,10 |
| 2.Старший науковий співробітник | 18 | 3334,80 | 157,30 | 2831,40 |
| 3. Молодший науковий співробітник | 19 | 1802 | 85 | 1615 |
| 4. Інженер | 8 | 1683 | 79,39 | 635,12 |
| 5. Лаборант | 8 | 1302 | 61,42 | 491,36 |
| 6. Студент | 28 | 1302 | 61,42 | 1719,76 |
| Разом оплата праці з теми | | | | 10327,74 |

4.2.2 Відрахування на соціальні заходи. До цієї статті витрат належать виплати у вигляді єдиного соціального внеску, які здійснює організація – виконавець теми в пенсійний фонд в розмірі 37,26%, що становить 3848,12 грн. від загальних витрат на оплату праці.

Базою вказаного нарахування слугують загальні витрати на оплату праці по темі (табл.4.2).

4.2.3 Обладнання, необхідне для проведення досліджень. В даній статті враховують вартість усіх видів матеріалів, необхідних для проведення НДР, з вирахуванням вартості зворотних відходів.

Тематика дослідницької роботи, яка виконується на кафедрі комп'ютерних систем та мереж ТНТУ імені Івана Пулюя, передбачає використання, перш за все, комп'ютерної системи реєстрації сигналів сітківки ока людини, комп'ютерів для генерування електричних сигналів сітківки ока людини та формування матеріалів звітності, оргтехніки та інші.

Розрахунки зведено за формою у табл.4.3

*Таблиця 4.3*

**Розрахунки витрат на обладнання**

| Найменування обладнання | Одиниця виміру | Кількість | Ринкова ціна за одиницю, грн | Сума,грн. |
|---|---|---|---|---|
| 1. Комп'ютерна система реєстрації сигналів сітківки ока людини | шт | 1 | 11000 | 11000 |
| 1. ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення) | шт | 1 | 4000 | 4000 |
| 2. Принтер лазерний | шт | 1 | 850 | 850 |
| 3. Кабель для підключення комп'ютерної системи до ПК | шт | 1 | 50 | 50 |
| Загальні витрати на матеріали | | | | 15900 |

4.2.4 Енергоносії для проведення досліджень. На підприємстві електроенергія використовується для освітлення, комп'ютерної системи, комп'ютерної техніки та оргтехніки [38]:

$$З_{ст} = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot k_i \cdot t_i \cdot Ц_i, \qquad (4.1)$$

де $P_i$ – витрата *i*-го виду матеріального ресурсу, натуральні одиниці;

$Ц_i$ - ціна за одиницю *i*-го виду матеріального ресурсу, грн;

$k_i$ – коефіцієнт використання потужності *i*-го виду матеріального ресурсу;

$t_i$ – час роботи *i*-го виду матеріального ресурсу;

*i* - вид матеріального ресурсу;

*n* - кількість видів матеріальних ресурсів.

Якщо для проведення НДР використовується електрообладнання, то необхідно розрахувати витрати на електроенергію за формою (4.1), наведеною в таблиці 4.4.

*Таблиця 4.4*

**Витрати на електроенергію**

| Найменування обладнання | Паспортна потужність, Вт | Коефіцієнт використання потужності | Час роботи обладнання для розробку АІС, год | Ціна електро-енергії, Грн/ (кВт/год) | Сума, грн. |
|---|---|---|---|---|---|
| Комп'ютерна система реєстрації сигналів сітківки ока людини | 50 | 0,35 | 2 | 0,83 | 29,05 |
| ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення) | 300 | 0,15 | 100 | 0,83 | 3735 |
| Принтер лазерний | 910 | 0,25 | 3 | 0,83 | 566,48 |
| Лампи розжарювання (освітлення) | 100 | 0,85 | 10 | 0,83 | 705,5 |
| РАЗОМ витрати на електроенергію | | | | | 5036,03 |

4.2.5 Витрати на службові відрядження**.** Дані витрати складаються із фактичних витратна службові відрядження штатних працівників, зайнятих виконанням НДР: витрат на проїзд до місця відрядження і назад; витрат на проживання у готелі; добових витрат, які розраховуються на кожний день перебування у відрядженні, враховуючи час перебування в дорозі, та деякі інші.

Під час виконання НДР здійснюються ряд відряджень, які пов'язанні із доповідями на конференціях, які наведено у таблиці 4.5.

*Таблиця 4.5*

**Приблизні витрати на службові відрядження**

| Тип відрядження | Кількість | Приблизна вартість відрядження |
|---|---|---|
| Конференція | 5 | 1000 |
| Здача звітів НДР | 1 | 200 |
| Впровадження результатів НДР | 3 | 300 |
| Всього | – | 1500 |

4.2.4. Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми**.** Планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі складається на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних (табл.4.6).

*Таблиця 4.6*

**Планова калькуляція кошторисної вартості НДР**

| Найменування статей витрат | Сума, грн | Обґрунтування |
|---|---|---|
| **1** | **2** | **3** |
| 1.Витрати на оплату праці | 10327,74 | Відповідно до розрахунків |
| 2.Відрахування на соціальні заходи | 3848,12 | Відповідно до діючих загальнодержавних нормативів |
| 3.Обладнання для проведення досліджень | 15900 | Відповідно до розрахунків |
| 4.Енергоносії для проведення досліджень | 5036,03 | Відповідно до розрахунків |
| 5.Витрати на службові відрядження | 1500 | Відповідно до розрахунків |

Таблиця 4.6

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 6.Інші невраховані прямі витрати по темі | 3661,19 | 10% від суми прямих розрахованих витрат по темі |
| 7.Кошторисна вартість теми | 40273,08 | Сума попередніх статей |

Кінцевим результатом науково-дослідницьких робіт є досягнення наукового, науково-технічного, економічного, соціального, екологічного та інших видів ефектів.

Науковий ефект від виконання теми передбачає приріст наукових знань у певній сфері науки, а науково-технічний ефект характеризує можливість використання цих наукових знань в інших наукових напрямах та при розробці принципово нових технічних рішень. Економічний ефект відображає потенціал НДР в досягненні кращого співвідношення результатів виробництва до витрат і має прогнозний характер. Соціальний ефект заводиться до збільшення числа робочих місць, поліпшення умов праці та побуту, скорочення тривалості робочого тижня, розвитку охорони здоров'я, науки, культури, освіти. Екологічний ефект полягає в поліпшенні стану навколишнього середовища, зменшенні електромагнітного та іонізуючого випромінювання тощо.

## 4.3. Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи

Економічна оцінка фундаментальних і пошукових НДР у вартісному вимірі, як правило, неможливо, бо ймовірність доведення результатів таких досліджень до конкретного практичного застосування невелике. Для таких досліджень рекомендується [38] визначати науковий та науково-технічний ефект, який враховує результати наукових досліджень та їх значущість для прискорення науково-технічного прогресу та розвитку національної економіки.

Науковий та науково-технічний ефект рекомендується оцінювати коефіцієнтом науково-технічної ефективності ($E_{нт}$) за допомогою формули [38]:

$$E_{нт} = \frac{\sum B_i \cdot Б_{ij}}{\sum B_i \cdot Б_{ij}^{\max}}, \qquad (4.2)$$

де $B_i$ – нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності (табл. 4.7);

$Б_{ij}$ – середнє значення балу, який виставляється експертами і-му фактору;

$Б_{ij}^{\max}$ – максимально можливе значення балу (табл. 4.8);

$i$ – порядковий номер фактору;

$j$ – відповідна характеристика і-го фактора.

Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності наведені в табл. 4.7.

*Таблиця 4.7*

**Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності**

| Фактори ($i$) | Коефіцієнти вагомості ($B_i$) |
|---|---|
| 1.Новизна очікуваних або одержаних результатів | 0,25 |
| 2.Глибина наукового опрацювання | 0,16 |
| 3.Ступінь ймовірності успіху | 0,09 |
| 4.Перспективність використання результатів | 0,25 |
| 5.Масштаб можливої реалізації результатів | 0,15 |
| 4.Завершеність одержаних результатів | 0,10 |
| Разом | 1,00 |

Характеристика факторів науково-технічної ефективності НДР наведена в табл. 4.8.

*Таблиця 4.8*

**Характеристика факторів науково-технічної ефективності НДР**

| Фактор наукової та науково-технічної ефективності | Характеристика фактора | Оцінка фактора | |
|---|---|---|---|
| | | Якісна | Бальна $A_{ij}^{\max}$ |
| **1** | **2** | **3** | **4** |
| 1.Новизна одержаних або передбачуваних результатів | Одержані принципово нові результати, раніше невідомі в науці, розроблена нова теорія, відкрита нова закономірність | Висока | 10 |

*Продовж. табл. 4.8*

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| | Встановлені деякі часткові закономірності, методи, способи, які дозволяють створити принципово нові види техніки | Середня | 7 |
| | Позитивне вирішення поставлених задач на підставі простих узагальнень, аналіз зв'язків між факторами, розповсюдження відомих наукових принципів на об'єкти | Недостатня | 3 |
| | Опис окремих елементарних фактів, передача та поширення отриманих раніше результатів, реферативні огляди | Тривіальна | 1 |
| 2.Глибина наукового опрацювання | Проведена значна кількість експериментів по нетрадиційним методикам, виконані складні теоретичні розрахунки, підтверджені експериментальними даними | Істотна | 10 |
| | Проведена обмежена кількість розрахунків по відомим методикам, виконані теоретичні розрахунки невисокої складності, частково перевірені експериментальними даними | Середня | 6 |
| | Проведена недостатня кількість експериментів, виконані прості теоретичні розрахунки без експериментальної перевірки | Несуттєва | 1 |
| 3.Стпінь ймовірності успіху | Висока ймовірність повного вирішення поставлених задач НДР | Значна | 10 |
| | Середня ймовірність вирішення більшості експериментальних або теоретичних задач | Помірна | 6 |
| | Низька ймовірність вирішення поставлених задач, отримання позитивних результатів сумнівне | Незначна | 1 |
| 4.Масштаб використання результатів | Результати можуть бути використані в багатьох наукових напрямках, мають значення для розвитку суміжних наук | Широкий | 10 |
| | Результати можуть бути використані в конкретному науковому напрямку при розробці нових технічних рішень, спрямованих на суттєве підвищення продуктивності суспільної праці | Достатньо широкий | 8 |
| | Результати будуть використані при проведені наступних НДР, при розробці нових технічних рішень в конкретній галузі | Достатній | 5 |

*Продовж. табл. 4.8*

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| 5.Ступінь реалізації результатів | Строк впровадження, роки: До 2 | Висока | 10 |
| | До 4 | Середня | 7 |
| | До 6 | Достатня | 4 |
| | Більше 6 | Недостатня | 2 |
| 6.Завершення одержаних результатів | Авторське свідоцтво, стаття в фаховому виданні, методика, інструкція, класифікатор, стандарти, нормативи. | Висока | 10 |
| | Технічне завдання на прикладну НДР | Середня | 8 |
| | Рекомендації, розгорнутий аналіз, пропозиції | Достатня | 6 |
| | Огляд, інформаційне повідомлення | Недостатня | 3 |

Кількісна оцінка факторів науково-технічної ефективності НДР здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне. Отримані результати зводять за формою табл. 4.9.

*Таблиця 4.9*

**Результати розрахунків науково-технічної ефективності НДР**

| Фактори науково-технічної ефективності | Характеристика фактора | Розрахунок $Б_{ij}$ | | | $Б_{ij}^{max}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Експертні оцінки | | $Б_{ij}$ | |
| | | 1 | 2 | | |
| 1.Новизна очікуваних або одержаних результатів | Встановлені деякі часткові закономірності, методи, способи, які дозволяють створити принципово нові види техніки | 5 | 5 | 5 | 10 |
| 2.Глибина наукового опрацювання | Проведена обмежена кількість розрахунків по відомим методикам, виконані теоретичні розрахунки невисокої складності, частково перевірені експериментальними даними | 6 | 6 | 6 | 10 |
| 3.Ступінь ймовірності успіху | Середня ймовірність вирішення більшості експериментальних або теоретичних задач | 6 | 6 | 6 | 10 |
| 4.Перспективність використання результатів | Результати можуть бути використані в багатьох наукових напрямках, мають значення для розвитку суміжних наук | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 5.Масштаб можливої реалізації результатів | До 2 років | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 6.Завершеність одержаних результатів | Рекомендації, розгорнутий аналіз, пропозиції | 6 | 6 | 6 | 10 |

Розраховане за формулою 4.2 значення $E_{нт}$ буде відображати рівень наукової та науково-технічної ефективності конкретної теми фундаментального чи пошукового дослідження:

$$E_{нт} = \frac{0.25 \cdot 5 + 0.16 \cdot 6 + 0.09 \cdot 6 + 10 \cdot 0.25 + 10 \cdot 0.15 + 6 \cdot 0.1}{1 \cdot 10} = 0{,}735.$$

Загальну оцінку бакалаврської НДР можна здійснити, користуючись даними табл. 4.10.

*Таблиця 4.10*

**Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності фундаментальних та пошукових НДР [70]**

| Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності | | Можливі рекомендації по результатам виконання НДР |
|---|---|---|
| Розраховане значення $E_{нт}$ | Загальна якісна оцінка ефективності | |
| 0,91-1,00 | Відмінно | Оформлення авторського свідоцтва, публікація у фаховому виданні, продовження досліджень по даній тематиці |
| 0,76-0,90 | Дуже добре | |
| **0,61-0,75** | Добре | Рекомендації можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів |
| 0,36-0,60 | Достатня | Переглянути технічне завдання у разі продовження досліджень по даній темі |
| Менш 0,35 | Незадовільна | Здійснити всебічний аналіз отриманих результатів по темі |

## 4.4. Висновки до розділу 4

У розділі за результаами векономічних розрахунків встановлено, що планова вартість проведення науквого дослідження по темі становить 40273,08 грн., а кількісна оцінка науково-технічної ефективності роботи за десятибальною шкалою, яка здійснюються експертним шляхом складає 0,735 від максимального числа 1.

# РОЗДІЛ 5
# ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

## 5.1 Охороні праці

В процесі виконанння науково-дослідної роботи за тематикою наукового дослідження розроблено програмне забезпечення комп’ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини із дотриманням усіх Державних санітарних правил і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин (ДСанПіН 3.3.2.007-98) (затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 р. №7) [42] та вимог щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджених наказом Міністерства соціальної політики України 14.02.2018 № 207 (НПАОП 0.00-7.15-18) (розроблено 29 травня 1990 року на основі Директиви 90/270/ЄЕС про мінімальні вимоги безпеки та здоров’я при роботі з екранними пристроями) [43].

Длч забезпечення захисту здоров’я та безпеки в процесі роботи з комп’ютерною системою усе випромінювання від пристроїв візуалізації зведено до гранично-допустимого рівня, який не викликає соматичних або психічних розладів, а також змін у стані здоров’я, працездатності, поведінки, що виходять за межі пристосувальних реакцій з урахуванням вимог безпеки та охорони здоров’я працівників.

Площа на одне робоче місце становить не менше ніж 6,0 кв м, а об'єм не менше ніж 20,0 куб м. Приміщення де здійснення розроблення ПЗ має природне та штучне освітлення відповідно до СНиП II-4-79. Приміщення обладнене системами опалення, кондиціонування повітря, відповідно до СНиП 2.04.05-91.

Конструкція робочого місця розробнгика забезпечує підтримання оптимальної робочої пози. Висота робочої поверхні робочого столу з компютерною системою є регульованою в межах 680...800 мм, а ширина і глибина - забезпечує

можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600...1400 мм, глибина - 800...1000 мм).

Робочий стіл має простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, завширшки не менше ніж 500 мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450 мм, на рівні простягнутої ноги - ніж 650 мм.

Значення напруженості електромагнітних полів на робочому місці відповідає нормативним значенням (ГДР N 3206-85, ГДР N 4131-86, СН N 5802-91, ГОСТ 12.1.006-84).

Екран компютерної системи розташований на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600…700 мм, але не ближче ніж за 600 мм з урахуванням розміру літерно-цифрових знаків і символів. Розташування дисплею компютерної системи забезпечує зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом + 30 град. до нормальної лінії погляду.

Розташування пристрою введення-виведення інформації забезпечує добру видимість екрана (дисплею), зручність ручного керування в зоні досяжності моторного поля і за висотою 900....1300 мм, за шириною 400...500 мм..

Місцем експлуатації комп’ютерної системи обрано таке, яке не створює зайвого шуму та не виділяє надлишкового тепла. Рівень відповідає вимогам Санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (ДСН 3.3.6.037-99 (затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 37) [44]. Мікроклімат середовище при роботі з комп’ютерною системою підтримується на постійному рівні та відповідає вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99) (затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 42) [45].

Таким чином, комп’ютерна система при розробці ПЗ генератора тестових сигналів сіткіки ока людини є безпечною з точки зору охорони праці та техніки безпеки.

## 5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Підприємтсво з випуску комп’ютерної системи діагностики функціонального стану судин людини є пожежонебезпечним, тому акуальним є забезпечення протипожежного захисту робітників та службовців, які на них працюють. Заходи протипожежного захисту здійснюються з дотриманням вимог глави 13 Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012 р. №5403-VI.

Всі заходи організаційно-технічного характеру протипожежного захисту на виробництві на об'єкті можна підрозділити на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої або іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств та підприємців. Це повинно бути відображено у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств.

Керівник підприємства з випуску контролера повинен визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, дільниць, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання і експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту. Обов’язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту мають бути відображені у відповідних посадових документах (функціональних обов'язках, інструкціях, положеннях тощо).

На кожному підприємстві з урахуванням його пожежної небезпеки наказом (інструкцією) повинен бути встановлений відповідний протипожежний режим, в тому числі визначені:

• можливість (місце) паління, застосування відкритого вогню та побутових нагрівальних приладів;

• порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних (в тому числі зварювальних) робіт;

• правила проїзду та стоянки транспортних засобів;

• місця для зберігання і допустима кількість сировини, напівфабрикатів та

готової продукції, які можуть одночасно знаходитися у виробничих приміщеннях і на території (у місцях зберігання);

• порядок прибирання горючого пилу та відходів, зберігання промасленого спецодягу і шмаття, очищення повітроводів вентиляційних систем від горючих відкладень;

• порядок відключення від мережі електрообладнання у разі пожежі;

• порядок огляду і зачинення приміщень після закінчення роботи;

• порядок проходження посадовими особами навчання та перевірки знань з пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму з призначенням відповідальних за їх проведення;

• порядок організації експлуатації і обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту (протипожежного водопроводу, насосних станцій, вогнегасників тощо);

• дії працівників у разі виявлення пожежі.

Для об'єктів з перебуванням людей вночі інструкції мають передбачати два варіанти дій відповідно у денний та нічний час.

Усі працівники при прийнятті на роботу і за місцем здійснення професійної діяльності повинні проходити інструктаж з питань пожежної безпеки (вступний, первинний, повторний на робочому місці, позаплановий та цільовий). Посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично один раз на 3 роки мають проходити навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Отже, організаційні заходи пожежної безпеки передбачають: організацію пожежної охорони на об'єкті, проведення навчань з питань пожежної безпеки (включаючи інструктажі та пожежно-технічні мінімуми), застосування наочних засобів протипожежної пропаганди та агітації, проведення перевірок, оглядів стану пожежної безпеки приміщень, будівель, об'єкта в цілому та ін.

До технічних заходів належать: суворе дотримання правил і норм, визначених чинними нормативними документами при реконструкції приміщень, будівель та об'єктів, технічному переоснащенні виробництва, експлуатації чи можливому

переобладнанні електромереж, опалення, вентиляції.

Заходи режимного характеру передбачають заборону куріння та застосування відкритого вогню в недозволених місцях, недопущення появи сторонніх осіб у вибухонебезпечних приміщеннях чи об'єктах, регламентацію пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт тощо.

Експлуатаційні заходи охоплюють своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань, ремонтів технологічного та допоміжного устаткування, а також інженерного господарства (електромереж, електроустановок, опалення, вентиляції).

## 5.3. Висновки до розділу 5

У підрозділі з охорони праці обґрунтована безпечність експлуатації комп’ютерної системи при розробці програмного забезпечення для генерування тестових сигналів сітківки ока людини з точки зору охорони праці із використанням правил та вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98, ДСН 3.3.6.037-99 та ДСН 3.3.6.042-99.

У підрозділі з охорони праці сформульовані рекомендації по охорони праці з питань електробезпеки обслуговуючого персоналу при експлуатації комп’ютерної системи при розробці програмного забезпечення для генерування тестових сигналів сітківки ока людини

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано заходи організаційно-технічного характеру протипожежного захисту на виробництві комп’ютерної системи реєстрації електричних сигналів сітківки ока людини.

# РОЗДІЛ 6
# ЕКОЛОГІЯ

## 6.1. Моніторинг поверхневих вод

Державний моніторинг вод згідно порядку його здійснення (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758) [39] здійснюється з метою забезпечення збирання, обробки, збереження, узагальнення та аналізу інформації про стан водних об’єктів, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі використання, охорони вод та відтворення водних ресурсів.

Державний моніторинг вод є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля.

Об’єктами державного моніторингу вод є [39]:

– масиви поверхневих вод (поверхневі водні об’єкти або їх частини), в тому числі прибережні води та зони (території), які підлягають охороні;

– масиви підземних вод (підземні водні об’єкти або їх частини), в тому числі зони (території), які підлягають охороні;

– морські води в межах територіального моря та виключної морської економічної зони України, в тому числі зони (території), які підлягають охороні (далі - морські води).

Суб’єктами державного моніторингу вод є Мінприроди, Держводагентство, Держгеонадра, ДСНС, а також ДАЗВ (у зоні відчуження та зоні безумовного (обов’язкового) відселення території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи) [39].

Для встановлення стану масивів поверхневих та підземних вод, а також стану морських вод можуть використовуватися дані звітності (включаючи державну статистичну звітність), передбаченої законодавством.

Суб’єкти, що здійснюють державний соціально-гігієнічний моніторинг, державний контроль за додержанням законодавства про охорону навколишнього

природного середовища, санітарного законодавства, законодавства про охорону та інших водних живих ресурсів (водних біоресурсів), державний контроль за провадженням рибогосподарської діяльності та в галузі охорони, використання та відтворення водних біоресурсів, безоплатно подають суб'єктам державного моніторингу вод дані, одержані за результатами такого моніторингу або нагляду (контролю), щомісяця до 5 числа.

Держрибагентство надає суб'єктам державного моніторингу вод інформацію про державний моніторинг водних біоресурсів у рибогосподарських водних об'єктах (їх частинах).

Держгеокадастр подає суб'єктам державного моніторингу вод топографо-геодезичну і картографічну інформацію та геопросторові дані в порядку, визначеному законодавством.

ДКА подає суб'єктам державного моніторингу вод архівну та оперативну аерокосмічну інформацію дистанційного зондування Землі на території України.

Загальна координація та організація державного моніторингу вод здійснюються Мінприроди.

Для здійснення державного моніторингу вод Мінприроди з урахуванням пропозицій суб'єктів державного моніторингу вод розробляє та затверджує програму державного моніторингу вод.

Програма державного моніторингу вод повинна містити [39]:

– інформацію про об'єкт державного моніторингу вод (код, найменування об'єкта, місце розташування та інші характеристики);

– біологічні, фізико-хімічні, хімічні та гідроморфологічні показники, періодичність здійснення моніторингу, інформацію про суб'єкта та виконавця моніторингу вод.

На виконання міжнародних зобов'язань України можуть розроблятися спільні з прибережними державами програми моніторингу вод.

Залежно від цілей та завдань державного моніторингу вод встановлюються такі процедури [39]:

– процедура діагностичного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод;

– процедура операційного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод;

– процедура дослідницького моніторингу масивів поверхневих вод;

– процедура моніторингу морських вод.

Діагностичний, операційний та дослідницький моніторинг здійснюється за басейновим принципом.

Діагностичний моніторинг здійснюється для масивів поверхневих та підземних вод з метою:

– доповнення та підтвердження результатів визначення основних антропогенних впливів на кількісний і якісний стан поверхневих та підземних вод, у тому числі від точкових і дифузних джерел;

– розроблення програми державного моніторингу вод;

– встановлення референційних умов та оцінки їх довгострокових змін;

– оцінки довгострокових змін, спричинених антропогенним впливом на кількісний і якісний стан поверхневих та підземних вод;

– оцінки довгострокових тенденцій зміни рівня та концентрації забруднюючих речовин у підземних водах внаслідок природних змін та антропогенного впливу на їх стан.

Операційний моніторинг здійснюється для масивів поверхневих та підземних вод, у яких існує ризик недосягнення екологічних цілей, а також масивів поверхневих та підземних вод, забір води з яких для задоволення питних і побутових потреб населення з метою:

– визначення екологічного і хімічного стану масивів поверхневих вод та кількісного і хімічного станів масивів підземних вод;

– оцінки змін в екологічному і хімічному стані масивів поверхневих вод;

– виявлення довгострокових тенденцій збільшення концентрацій забруднюючих речовин у масивах підземних вод, зумовлених антропогенним впливом на їх стан.

Дослідницький моніторинг здійснюється для масивів поверхневих вод з метою встановлення причин відхилення від екологічних цілей та з'ясування масштабу та наслідків аварійного забруднення вод;

Моніторинг морських вод здійснюється для територіального моря та виключної морської економічної зони України.

## 6.2. Статистична оцінка екологічного стану навколишнього природного середовища та закономірностей його розподілу

Проблеми забруднення навколишнього середовища та природних ресурсів та нераціонального природокористування – одні із найбільш нагальних і гострих проблем сучасності та вимагають участі усіх держав як на національному, так і на транснаціональному рівнях. Статистичні екологічні показники є основним інструментом для проведення оцінки стану навколишнього природного середовища.

Властивістю статистичної сукупності є коливання, мінливість значень будь-якої ознаки, тобто варіація. Вона зумовлена дією безлічі взаємопов'язаних причин, серед яких є основні і другорядні. Основні причини формують центр розподілу, другорядні – варіацію ознак, сукупна їх дія – форму розподілу [40].

Аналіз варіаційного ряду розподілу полягає у виявленні закономірностей зміни частот залежно від зміни кількісної ознаки, яка покладена в основу групування. При аналізі варіаційних рядів найуживанішими є такі групи показників: центра розподілу, розміру варіації, форми розподілу [40].

Центром розподілу називається значення змінної ознаки, навколо якого групуються інші варіанти. До характеристик центра розподілу належать середня, мода, медіана, чверть і десята частина.

Середня величина – це величина, яка відображає характерний рівень ознаки, притаманної усім елементам сукупності [40].

Варіація будь-якої ознаки формується під впливом двох груп причин [40]:

– перша група – це основні причини, які тісно пов’язані з природою самого явища; під впливом цих причин формується характерний типовий рівень ознаки;

– друга група – другорядні випадкові причини для сукупності в цілому; дією цих причин зумовлені відхилення індивідуальних значень ознаки від типових, які врівноважуються і тому на рівень середньої істотно не впливають.

При вивченні закономірностей розподілу застосовують середню арифметичну, варіації – середню квадратичну, інтенсивності розвитку – середню геометричну [40].

Середня арифметична проста застосовується тоді, коли розрахунок здійснюють на основі первинних, не згрупованих даних (наприклад, обсяг викидів шкідливих речовин по різних об’єктах). Проте в практиці аналітичної роботи нерідко виникає потреба розраховувати середні величини на основі згрупованих даних, передусім даних варіаційного ряду розподілу. У цьому випадку для визначення загального обсягу варіюючої ознаки слід кожну з варіант помножити на частоту і отримані результати підсумувати.

До характеристик центру розподілу, крім середньої арифметичної, належать мода і медіана. Їх часто називають порядковими або структурними середніми і розглядають разом з такими характеристиками розподілу, як чверті (квантилі) і десяті частини (децилі).

У дискретному ряді моду легко відшукати візуально, бо це варіанта, якій відповідає найбільша частота. Наприклад, найчастіше показник випуску забруднених стічних вод у відкриті водойми складав 22%, тобто Мо = 22%. Модальна забрудненість відображає середній рівень забруднення в ряді розподілу [40].

Мода і медіана в окремих випадках мають свої переваги перед середньою арифметичною і використовуються при вирішенні деяких практичних питань [40]:

– мода показує, яке значення ознаки є найбільш вірогідним, тобто масовим, типовим, оскільки вона зустрічається в сукупності найчастіше;

– медіана є центром розподілу кількості одиниць сукупності, на відміну від середньої арифметичної, яка є центром розподілу відхилень ознаки від х; вона

служить додатковою характеристикою сукупності. Для неоднорідної сукупності вона краще характеризує типовий рівень ознаки ніж середня величина.

Вивчення варіації має велике значення для оцінки сталості та диференціації явищ, при використанні вибіркового та інших статистичних методів.

Для виміру і оцінки варіації використовують систему абсолютних і відносних характеристик, а саме: розмах варіації, середнє лінійне відхилення, середнє квадратичне відхилення, дисперсія і коефіцієнти варіації [40].

Кожна з названих характеристик має певні аналітичні переваги при вирішенні тих чи інших завдань статистичного аналізу.

Виявлення закономірності розподілу, тобто закономірності зміни частот відповідно до зміни ознаки – одна з найголовніших задач аналізу рядів розподілу. Воно здійснюється за допомогою побудови графіків рядів розподілу і на цій основі виявлення форми розподілу.

Графіки варіаційних рядів (полігон, гістограма) дають певну уяву про емпіричний розподіл, але вони показують дію не лише основних, а й випадкових факторів. Якщо збільшувати обсяг сукупності, зменшуючи довжини інтервалів, то графік ряду наближається до деякої кривої лінії, що називається кривою розподілу. Крива розподілу може характеризувати емпіричний або теоретичний розподіл. Вони відображають вплив на ознаки двох груп факторів: систематичних, що є основними причинами, які впливають на характер розподілу; випадкових, що часто викликають суттєві відхилення від закономірного розвитку [40].

Встановлення загального характеру розподілу вимагає оцінки ступеня його однорідності, обчислення показників асиметрії та ексцесу. Однорідність сукупності для розподілу близьких до нормального, встановлюють за значенням коефіцієнта варіації ($V < 33\%$) [40].

Асиметрія характеризує ступінь скошеності варіаційного ряду розподілу щодо його симетрії вправо або вліво. При зміщенні вправо від центра асиметрія матиме додатне число, при зміщенні вліво – від’ємне.

Найпростішими показниками асиметрії є абсолютне і відносне відхилення між показниками центра розподілу, проте найбільш точною і поширеною формулою розрахунку показника асиметрії служить нормований момент третього порядку.

Для встановлення міри відхилення від нормального розподілу, тобто кількісного виміру гостровершинності вираховують коефіцієнт ексцесу. Він характеризує відхилення від нормального розподілу варіант із виступанням або падінням вершини кривої розподілу. При виступанні вершини ексцес називають додатним, при її падінні - від'ємним.

Більшість статистичних сукупностей у природі і суспільстві підпорядковується закону нормального розподілу. Крива нормального розподілу відіграє роль стандарту, з якою порівнюються всі емпіричні розподіли. Нормальний розподіл описує залежність між змінною ознакою і густиною розподілу безперервної випадкової величини. При нормальному розподілі значення ознаки x переважно зосереджуються біля центра розподілу x . Розмах коливань ознаки вліво і вправо від центра залежить від значення середнього квадратичного відхилення (σ) і вкладається в основному в межах трьох середніх квадратичних відхилень (правило трьох сигм). Чим ближче до центра розміщені одиниці сукупності, тим більша їхня чисельність, чим далі – тим менша їхня чисельність.

Крива нормального розподілу обчислюється математично за формулою або шляхом спрощених обчислень [40].

## 6.3. Висновки до розділу 6

У розділі проаналізовано питання моніторингу поверхневих вод та статистичної оцінки екологічного стану навколишнього природного середовища та закономірностей його розподілу.

# ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розв’язано актуальну наукову задачу розробки комп’ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини.

Досягнення цієї мети вимагає розв’язання таких задач:

1. Проведено аналіз відомих комп’ютерних систем генерування тестових сигналів сітківки ока людини, зокрема їх математичного забезпечення, чим обґрунтувано напрям наукового дослідження.

2. Розроблено математичне забезпечення комп’ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини на основі зворотного Фур’є перетворення, що забезпечило врахування у своїй структурі морфологічних показників (амплітудні та часові параметри).

3. Розроблено алгоритмічне забезпечення комп’ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини та спосіб його тестування.

4. Розроблено програмне забезпечення комп’ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини в середовищі MATLAB

5. Здійснено процедуру тестування розробленої комп’ютерної системи генерування тестових сигналів сітківки ока людини та встановлено, що точність відтворення генерованих сигналів по відношенню до емпіричних є високою, а максимальне значення їх відхилення складає 0,029мВ.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абакумов В.Г., Геранін В.О., Рибін О.І., Сватош Й., Синкоп Ю.С. Біомедичні сигнали та їх обробка. Київ, 1997. 349 с.

2. Богословский А.И. Жданов В. Приборы для электрофизиологических исследований зрительного анализатора. Москва, 1971. 37 с.

3. Гультяев А.К. Matlab 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows. Санкт-Петербург, 1999. 286 с.

4. Диагностическое значение электрофизиологических показателей при основных заболеваниях зрительно-нервного аппарата: научные труды Московского НИИ глазных болезней им. Гельмольца; под ред. К.В.Трутневой. Москва, 1976. Вып. 22. 231с.

5. Зайченко К.В., Жаринов О.О., Кулин А.Н., Кулігина Л.А., Орлов А.П. Съем и обработка биоэлектрических сигналов; под ред. профессора К.В. Зайченко. Санкт-Петербург, 2001. 140 с.

6. Зислина Н.Н., Шамшинова А.М. Физиологические основы и возможности использования зрительных вызванных потенциалов в дифференциальной диагностике глазных болезней. *Клиническая физиология зрения: сб. науч. тр*. Москва. 1993. С.146-157.

7. Семеновская Е.Н. Электрофизиологические исследования в офтальмологии. Москва, 1963. 279 с.

8. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение; пер. с англ. Москва, 1990. 24 с.

9. Педхем Дж. Восприятие света и цвета; пер. с англ. Москва, 1980. 123с.

10. Юзьків А.В. Яворський Б.І. Математичне моделювання електроретинографічних сигналів. *Вісник Тернопільського державного технічного університету*. Тернопіль, 1997. №2. С.40-45

11. Либерман Е.А. Чайлахях Л.Н. Две основные концепции о природе биопотенциалов нервных и мышечных волокон. *Физико-химические основы биопотенциалов: сб. трудов МОИП*. 1964. №9. С. 55-73

12. Линник Л.Ф., Антропов Г.М., Максимов Г.В. Биофизические и

функциональные отклики биологических тканей на воздействия магнитными полями и электрическими токами. *Научно-практ. конф*. Оренбург, 1995. С. 35-37.

13. Мацюк О.В. Система для діагностики захворювань зорового аналізатора: автореф.дис. на здобуття канд. техн. наук: спец. 05.11.16. Київ, 2001. 17с.

14. Мацюк О.В. Паламар М.І. Статистична обробка і гармонійний аналіз електроретинограм. *Вісник ТДТУ імені Івана Пулюя*. Тернопіль. 1997. С. 25–28.

15. Паламар М.І. Комп'ютерні вимірювальні системи для дослідження біопотенціалів зорового аналізатора: автореф.дис. на здобуття канд. техн. наук: спец. 05.11.05. Львів, 1998. 17с.

16. Паламар М. Побудова і аналіз вимірювально-керуйочого інтерфейсу з персональним комп’ютером в системі реєстрації ЕРГ-сигналів. *Вісник Тернопільського державного технічного університету*. 1997. Т2. С. 34-40.

17. Паламар М.І. Пастушок Я.Д. Система реєстрації і аналізу електроретинограми для оцінки функціонального стану сітківки ока. *Вісн. ТІП*. 1996. №2. С.10-15

18. Семеновская Е.Н. Электрофизиологические исследования в офтальмологии. Москва, 1963. 279 с.

19. Паламар М.І. Ткачук Р.А. Адаптивна комп’ютерна вимірювально-керуюча система для дослідження біопотенціалів ока. *Контроль и управление в технических системах: тези доповіді на 3-й міжн. конф*. Вінниця, 18-21.09.1995. С.335-336.

20. Ткачук Р., Яворський Б. Метод побудови біотехнічної системи для оцінювання електроретинограм з підвищеними вірогідністю та ефективністю. *Вісник ТДТУ*. 2009. Том 14. № 4. С. 102-110.

21. Уэмер Дж. Теория потенциал; пер. с англ. Вавилова В.В. Москва, 1980. 123с.

22. Шамшинова А.М., Яковлев А.А. Оценка функции сетчатки при катаракте с помощью електроретиграфии. *Вест. офтальмологии*. 1991. №1. С.36-40.

23. Шамшинова А.М. Волков В.В. Функциональные методы исследования в офтальмологи. Москва, 1999. 416 с.

24. Шамшинова А.М. Электроретинография в клинике глазных болезней. *Клиническая физиология зрения: сб. науч. тр*. М.: Русомед, 1993. С. 57-83.

25. Шпак А.А. Исследования зрительных вызванных потенциалов на вспышку

света у больных с атрофией зрительного нерва. *Офтальмологический журнал*. 1990. № 6. С.366-369.

26. Зуева М.В., Шамшинова А.М., Цапенко И.В., Яковлев А.А. Электроретинография в оценке функции сетчатки при катаракте. Методические рекомендации. Московский НИИ глазных болезней им. Гельмоголца. Москва, 1990. 24 с.

27. Френкс Л. Теория сигналов; пер. с англ., под ред. Д. Е. Вакмана. Москва, 1974. 344 с.

28. Юзьків А.В. Паламар М.І., Пастушок Я.Д. Система реєстрації і аналізу електроретинограми дял оцінки функціонального стану сітківки ока. *Вісн. ТІП*. 1996. №2.

29. Юзьків А.В. Яворський Б.І. Математичне моделювання електроретинографічних сигналів. *Вісник Тернопільського державного технічного університету*. Тернопіль, 1997. №2. С.40-45

30. Odom V.J. , Bach M., Barber C. , Brigell M. , Marmor M.F. , Tormene A.P. Электрофизиология. Стандарт для зрительных вызванных потенциалов. Одобрен международным обществом клинической электрофизиологии зрения (ISCEV) в Нагое (Япония). Япония, 2003.

31. Rilk A.J. The Flicker Electoretinogram in Phase Space: Embeddings and Techniques. Aalen. 2003. 93p.

32. Wolf J.J. Efficient acoustic parameters for speaker recognition. *Journal of The American Statistical Association*. 1972. Vol.51., no.6. pp.2044-2056.

33. Campell F.W. Robson J.R. Application of Fourier analysis to the visibility of grattings. London. 1968. Vol.197. №3.-P.551-566.

34. Wiener N. Generalized harmonic analysis. *Acta Mathematica*. 1930. Vol. 55. pp. 117-258.

35. Білявський Г. О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології: підручник для студ. вищих навч. закладів. Київ, 2004. 408 с. ISBN 966-06-0289-8.

36. Хвостівський М., Моха К., Кравчук А. Комп’ютерні системи генерування тестових сигналів кровоносних судин та сітківки ока людини. VII науково-технічній

конференцій «Інформаційні моделі, системи та технології» (м.Тернопіль, 11-12 грудня, 2019 р.). Тернопіль. С.

37. Хвостівська Л.В., Моха К.О., Хвостівський М.О. Комп'ютерна система генерування електричних сигналів сітківки ока людини. Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні»: збірка наукових праць. Херсон, 2019. – 107-109 с.

38. Йохна М.А., Стадник В.В. Економіка і організація інноваційної діяльності: Навч. посіб. – К.: Видавничий центр «Академія», 2005. – 400с.

39. Порядок здійснення державного моніторингу вод. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF (дата звернення: 13.10.2019).

40. Тарасова В. В. Екологічна статистика (з блочно-модульною формою контролю знань) : підручник / В. В. Тарасова; Держ. агроекол. ун-т. - К. : ЦУЛ, 2008. - 392 с.

42. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПІН 3.3.2.007-98. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98 (дата звернення: 10.10.2019).

43. Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями НПАОП 0.00-7.15-18. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0508-18 (дата звернення: 29.09.2019).

44. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99. URL: http://arm.te.ua/docs/DSN-3.3.6.037-99.pdf (дата звернення: 10.10.2019).

45. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99 (дата звернення: 10.10.2019).

Додаток А

Теза конференції «Комп’ютерна система генерування електричних сигналів сітківки ока людини»

Lytvynenko D.O., Sydorova M.G. Augmented Reality As A Modern Area In Information Technologies ..... 61

Луценко Д.В., Ілляшенко К.В. Digital-технології у світі: сучасне та майбутнє ..... 63

Мазурук О.В., Січко Т.В. Вплив квантових обчислень на розвиток програмного забезпечення ..... 64

Макаров В.А., Єфімов Д.В. Використання інформаційно-комунікаційних технологій в навчальному процесі як необхідність 21-го століття ..... 66

Марченко М.М., Римар П.В. Розробка мобільного додатку "Social Media Sharer" під платформу Android ..... 68

Мельничук А.О., Хвостівський М.О. Програмне забезпечення комп'ютерної системи діагностування функціонального стану периферичної нервової системи людини ..... 70

Пашкевич Д.І., Комісаров О.С. Використання шаблонів проектування для оптимізації коду 72

Петренко К.Ю., Ілляшенко Т.О. Інформаційна економіка та напрямки її розвитку ..... 73

Поштар А.В., Карамушка М.В. Зародження криптографії як інструменту захисту інформації ..... 74

Presnyakov V.A., Kurnosov A.V., Naumov D.I. Media Orientation And Media Competency Of The Modern Belarusian Society: Sociological Analysis ..... 76

Presnyakov V.A., Kurnosov A.V., Naumov D.I. Subjects Of Belarusian Media Sphere: Comparative Analysis ..... 79

Росюк О. М., Козел В.М. Розподілені обчислення в бездротових сенсорних мережах ..... 83

Салімоненко М.Д., Райко Г.О. Застосування Mashup додатку Open StreetMap ..... 85

Слугін М.Д., Сидорова М.Г. Багатокористувальницькі проекти як перспективний шлях розвитку сучасних технологій ..... 88

Соснін О.В., Кононець М.О. Проблема визначення інформаційного ресурсу в координатах вимог до комп'ютерних систем ..... 89

Статкевич А.О., Кірюшатова Т.Г. Особливості розробки веб-сайту для інтернет торгівлі ..... 91

Сторожилова У.Л., Сторожилов П.М. Сучасні тенденції цифрової економіки та розвиток інформаційних технологій ..... 92

Tverdokhlib A., Sydorova M. Developing Of Algorithms And Web Application For Image Styling ..... 94

Теліпко В.О., Сидорова М.Г. Розробка інтелектуальної системи кластерного аналізу даних різної природи ..... 95

Труш П.В., Комісаров О.С. Розробка web платформи для краудінвестиційних угод ..... 96

Федорова М.С., Федько Т.Ю., Захаров Є.С., Райко Г.О. Інформаційні технології технічного діагностування інформаційних систем на основі сценаріїв ..... 99

Федушко С.С. Побудова інформаційного портрета веб-особистості ..... 102

Фількінштейн Ж.В., Сидорова М.Г. Дослідження застосування нейромережевого підходу до задачі пошуку схожих за контентом зображень ..... 105

Хвостівська Л.В., Кравчук А.І., Хвостівський М.О. Комп'ютерний генератор тестових сигналів пульсової хвилі судин людини ..... 106

Хвостівська Л.В., Моха К.О., Хвостівський М.О. Комп'ютерна система генерування електричних сигналів сітківки ока людини ..... 107

Комп'ютерний генератор тестових сигналів (рис.1) дає змогу генерувати ПХ різного генезису із різними станами та відповідно різними амплітудно-часовими параметрами.

**Література.**

1. Хвостівська Л. В. Математична модель пульсового сигналу для підвищення інформативності систем діагностики стану судин людини / Л.В. Хвостівська, Б.І. Яворський // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. - 2015. - Вип. 6(1). - С. 29-34.

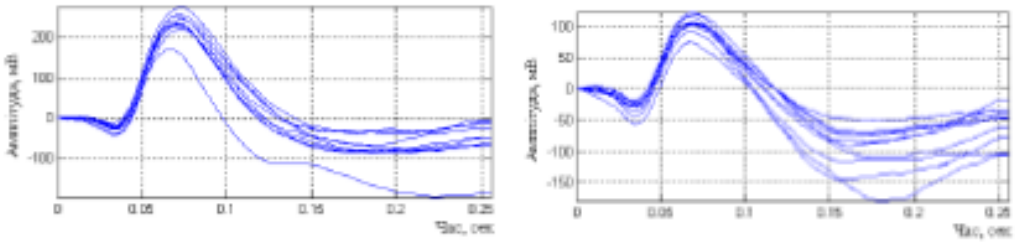
УДК 517.443:004.4:612.843

***Хвостівська Л.В.,*** *асистент кафедри радіотехнічних систем*
***Моха К.О.,*** *студент 6 курсу спеціальності «Комп'ютерні системи та мережі»*
***Хвостівський М.О.,*** *к.т.н., доцент кафедри біотехнічних систем*

## КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ГЕНЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ СІТКІВКИ ОКА ЛЮДИНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

Для діагностування стану зорового аналізатора людини за електричними сигналами сітківки ока (ЕССО) у вигляді електропотенціальних відгуків клітин сітківки (рис.1) ока на світлове збурення використовують комп'ютерні системи такі як Retinograf ERG (Польща), Нейро-ЭРГ (Росія), ДКЗО-01 (Україна), та інші.



норма патологія

Рис.1. Експериментальні ЕССО [1]

Задача верифікації роботи програмного забезпечення комп'ютерних систем засобами генераторів вихідних сигналів сітківки ока різного типу є важливою науковою задачею. Враховуючи те, що коректність та ефективність обробки ЕССО при діагностуванні стану сітківки в першу чергу залежить від математичного та алгоритмічного забезпечень як основи розробки програмного забезпечення комп'ютерних систем генерування ЕССО.

У працях науковців Педхем И., Антропов Г.М., Юзьківа А.В., Яворського Б.І., Ткачука Р.А., Мацюка О.В., Хвостівського М.О. та Рілка А.Д. представлено цілу низку генераторів ЕССО. В основі генераторів є імітаційні моделі ЕССО, які не дають змоги повного відтворення структури сигналу за морфопараметрами, що суттєво впливає на точність та коректність процесу верифікації програмного забезпечення комп'ютерних систем діагностики.

Отже, розроблення комп'ютерної системи для генерування ЕССО на базі імітаційної моделі із урахуванням морфопоказників (часові та амплітудні параметри) реальних сигналів

при верифікації програмного забезпечення комп'ютерних систем діагностування стану зорового аналізатора є актуальною задачею

Оскільки перетворення Фур'є забезпечує процедуру розкладання ЕССО на гармоніки з амплітудами $S_n$ на частотах $f_n$, тому зворотне перетворення Фур'є забезпечує процедуру генерування ЕССО $s(t_k)$ в часовій області із апріорно заданими амплітуд $S_n$ згідно виразу:

$$s(t_k)=\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1}k_n S_n e^{\frac{j2\pi ki}{N}},\ i=\overline{0,N-1}, \quad (1)$$

де $k_n$ - *n*-ні коефіцієнти підсилення/послаблення для *n*-ної гармоніки $S_n$.

В основі виразу (1) розроблено алгоритм генерування ЕССО, який зображено на рис.2.

Рис. 2. Алгоритм генерування ЕССО

Згідно алгоритму (рис. 2) здійснюється процедура зворотного перетворення Фур'є для обчислення комплексних амплітуд $S_1, S_2, ..., S_n$ гармонік за вхідними параметрами амплітуд ЕССО $A_1, A_2, ..., A_n$. На базі алгоритму (рис.2) із використанням утиліти GUIDE засобу MATLAB розроблено комп'ютерну систему генерування ЕССО, яку зображено на рис. 3.

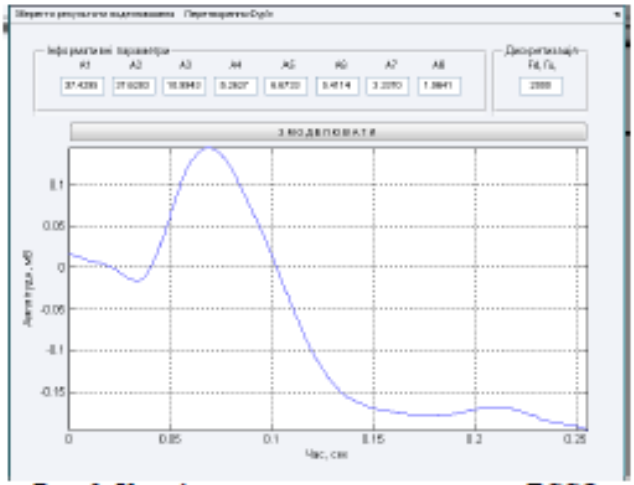


Рис. 3. Комп'ютерна система генерування ЕССО

Отже, розроблена комп'ютерна система генерування ECCO, програмний інтерфейс якої зображено на рис.3, дає змогу генерувати сигнали різного типу (норма чи патологія) із урахуванням морфопоказників, що забезпечує процедуру верифікації програмного забезпечення комп'ютерних систем діагностики стану сітківки ока людини.

**Література.**

1. Хвостівський М.О. Обгрунтування математичної моделі електроретинографічного сигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу / Я.П. Драган, Г.М. Осухівська, М.О. Хвостівський // Комп'ютерні технології друкарства. – Львів: Українська академія друкарства, 2007. – № 18. – С. 129-138.

УДК 004.92-028.23:004.451.9

***Хмелівський Ю.С.,*** *студент 3 курсу спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Сучасні інформаційні технології та програмування»*
***Римар П.В.,*** *старший викладач кафедри інформаційних технологій*

## РОЗРОБКА ГРИ «4 АЛМАЗИ» ДЛЯ ПРИСТРОЇВ НА ПЛАТФОРМІ ANDROID

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця, Україна

Мобільні додатки увірвалися в наше життя всього десять років тому і майже відразу стали невід'ємною її частиною. Без них неможливо уявити життя сучасної людини. Вони поділяються на декілька категорій за своїм призначенням, серед яких можна виділити ті, що будять нас вранці, допомагають підібрати одяг відповідно до погоди, показують час найближчого автобуса, повідомляють про нові листи на електронній пошті. За допомогою додатків ми шукаємо роботу, керуємо своїми фінансами, слідкуємо за подіями в світі та багато іншого.

Окрім додатків, які полегшують наше повсякденне життя, чинне місце на ринку мобільних додатків займають ігри[1]. Вони дозволяють цікаво провести наш вільний час і розважитись. Мобільний геймінг почав стрімко зростати у популярності і став в один ряд з найбільш розвиненими ігровими платформами, такі як ПК та консолі[2]. Одним із жанрів мобільних ігор є головоломки. До даної категорії відноситься гра «4 алмази», якій присвячена дана робота. На сьогоднішній день в Play Market знаходиться дуже велика кількість подібних ігор. Під час написання цієї гри за мету ставилося не тільки спроектувати гру, а й також розібратися в техніці створення програмних продуктів для мобільних платформ. Від існуючих аналогів гра відрізняється простотою дизайну, зручним меню, відсутністю реклами під час роботи.

Постановка задачі. Створити мобільний додаток для гри «4 алмази», використовуючи мову програмування Java[3]. Додаток створений для платформи Android версії 5.0 і вище[4]. Гра відбувається між двома гравцями на одному пристрої.

Правила гри: гравці по черзі ставлять на вільні клітини поля алмази (один гравець ставить червоний алмаз, інший – синій). За один хід можна поставити тільки один алмаз. Перший хід робить червоний гравець. Алмази потрібно на полі розміщувати у вигляді квадрата відповідного кольору. Гравець, який зумів побудувати квадрат 2x2 своїми алмазами, отримує 1 очко. Тому потрібно бути дуже уважним під час гри та обрати правильну тактику для розміщення алмазів. Гра триває поки всі клітинки не будуть заповнені. Перемагає той, хто при завершені гри має більше очок.

До програми були поставлені такі вимоги:

Додаток Б

Теза конференції «Комп’ютерні системи генерування тестових сигналів кровоносних судин та сітківки ока людини»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**М А Т Е Р І А Л И**

**VII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

# «ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ, СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ »

**11–12 грудня 2019 року**

**ТЕРНОПІЛЬ**
**2019**

**В. Лукашук**
ЗАСОБИ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВАНТАЖУ В ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ 128
**А. Мельничук, М. Хвостівський, І. Горбовий**
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ 129
**К. Моха, М. Хвостівський, А. Кравчук**
КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ СИГНАЛІВ КРОВОНОСНИХ СУДИН ТА СІТКІВКИ ОКА ЛЮДИНИ 130
**В. Нестор, В. Яцишин**
ПРОЦЕДУРА КЛАСИФІКАЦІЇ АТРИБУТІВ ЗА ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЯКОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ 131
**А. Паламар**
ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ДЖЕРЕЛ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ 132
**Н. Паляниця, В. Дорофей**
РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ ДЛЯ РОЗМІЧУВАННЯ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У МАШИННОМУ НАВЧАННІ 133
**Л. Пуляк, С. Лупенко**
МЕТОДИ ОПРАЦЮВАННЯ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ 135
**Б. Равчак**
ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОЛОГІЇ JAMSTACK 136
**Є. Сов'як, Є. Тиш**
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОПЕРЕДНЬОГО ОПРАЦЮВАННЯ ЕКГ ДЛЯ СИСТЕМИ ТЕЛЕМОНІТОРИНГУ 137
**В. Стеблик, У. Поливана**
МЕРЕЖЕВИЙ МОНІТОРИНГ ЯК ЗАСІБ АНАЛІЗУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ЛОКАЛЬНІЙ І ГЛОБАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ 138
**Є. Тиш, О. Зима**
ВИБІР КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗПРОВІДНИХ ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ МЕРЕЖ 139
**С. Туркот**
НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ В СИСТЕМАХ БІОМЕТРИЧНОЇ АУНТЕНТИФІКАЦІЇ 140
**О. Цебрик**
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ БЕНЗИНУ 141
**Б. Цюприк, О. Ясній**
БЕЗПЕКА МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ 142
**В. Часник, Н. Луцик**
ПРОЦЕС АВТОМАТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ МОВИ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ 143
**Я. Чирський, В. Яцишин**
АНАЛІЗ МОДЕЛІ ЗРУЧНОСТІ ВИКОРИСТАННІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЮДИНО-МАШИННОЇ ВЗАЄМОДІЇ 144
**Х. Юркевич, А. Луцків, Н. Попович**
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ВЕЛИКИХ ТЕКСТОВИХ ДАНИХ ЗАСОБАМИ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ 145
**Я. Юськів, Є. Тиш**
БАЗА ДАНИХ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ДЕФЕКТІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА НАДІЙНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ 146

УДК 612.16:612.843:519.213:517.443:004.4
**К. Моха, М. Хвостівський, А. Кравчук**
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕСТОВИХ СИГНАЛІВ КРОВОНОСНИХ СУДИН ТА СІТКІВКИ ОКА ЛЮДИНИ

UDC 612.16:612.843:519.213:517.443:004.4
**K. Mokha, M. Hvostivskyy, A. Kravchuk**
(Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine)

## COMPUTER SYSTEMS OF GENERATION OF TEST SIGNALS OF HUMAN VESSELS AND RETINAL

Для діагностики стану кровоносних судин та сітківки ока людини застосовують комп'ютерні діагностичні системи, результат яких залежить від методу та алгоритму обробки пульсових хвиль (рис.1) (ПХ) та електричними сигналами сітківки ока (ЕССО) (рис.2) людини.

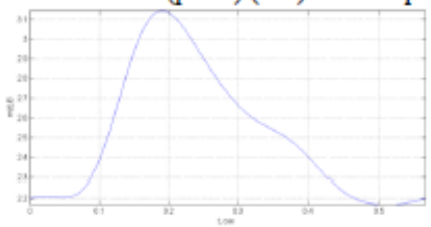


Рис.1. Реалізація ПХ

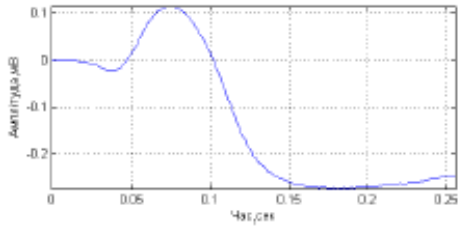
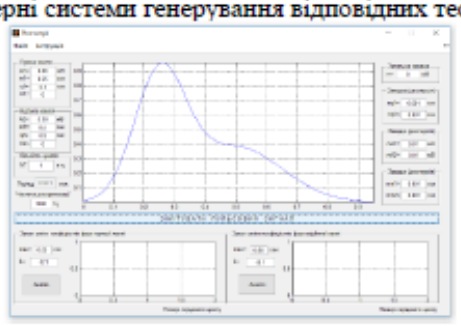


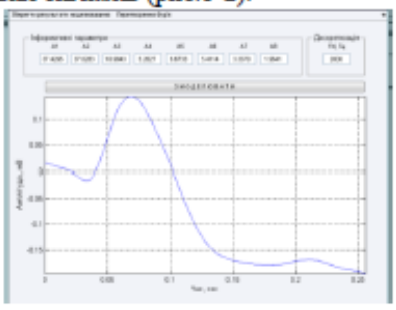

Рис.2. Реалізація ЕССО

Коректність обробки ПХ та ЕССС є важливим показником, оскільки на пряму впливає на точність встановлення медичного діагностичного висновку. Тому розроблення комп'ютерних систем для генерування тестових сигналів (ТС) як засобів тестування роботи комп'ютерні діагностичні системи є важливою задачею. Відомі методи та алгоритми генерування ПХ та ЕССО, які описано в працях [1,2], не забезпечують точне відтворення сигналів по відношенню до реальних сигналів.

Базуючись на перетворенні Фур'є щодо генерування тестових сигналів ЕЕСС та функціях Гауса адитивного характеру з білим шуму щодо генерування ПХ розроблено комп'ютерні системи генерування відповідних тестових сигналів (рис.1-2).



Генерування ПХ



Генерування ЕССО

Рис.3. Комп'ютерні системи генерування ПХ та ЕССО

**Література**

1. Хвостівська Л. В. Аналіз математичних моделей пульсового сигналу / Лілія Хвостівська // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», 19–21 травня 2015 року — Т. : ТНТУ, 2015 — С. 158-159. — (Комп'ютерно-інформаційні технології та системи зв'язку).
2. Хвостівський М.О. Математична модель електроретинографічного сигналу / М.О. Хвостівський, Г.М. Шадріна // Вісник Хмельницького національного технологічного університету – Хмельницький: ХНУ, 2007.–№ 2. – С.103-106.

Додаток В

Текст програмного забезпечення функції генерування сигналів сітківки ока

```
function [t sout]=ssoIMIT(s,A,df);
%
% Генерування ССО метод Фур'є
% [t sout]=ssoIMIT(s,A,df);
% s - масив даних еталоного ССО
% A  - масив амплітуд гармонік
% df  - частота дискретизації

if nargin<3, error('Необхідно ввести не менше 3-ох аргументів'); end;

S=fft(s);
N=length(S);
for m=1:length(A)
   k(m)=A(m)/abs(S(m))
end;
   S(1)=S(1)*k(1);
for m=2:length(A)
   S(m)=S(m)*k(m);
   S(N-m+2)=S(N-m+2)*k(m);
end;
sout=ifft(S);
N=length(sout);
t=(0:(N-1))/df;
```

Додаток Г

Текст програмного забезпечення комп’ютерної системи з інтерфейсом

```
function varargout = Mokha(varargin)
% MOKHA M-file for Mokha.fig
%      MOKHA, by itself, creates a new MOKHA or raises the existing
%      singleton*.
%
%      H = MOKHA returns the handle to a new MOKHA or the handle to
%      the existing singleton*.
%
%      MOKHA('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%      function named CALLBACK in MOKHA.M with the given input arguments.
%
%      MOKHA('Property','Value',...) creates a new MOKHA or raises the
%      existing singleton*.  Starting from the left, property value pairs are
%      applied to the GUI before Mokha_OpeningFunction gets called.  An
%      unrecognized property name or invalid value makes property application
%      stop.  All inputs are passed to Mokha_OpeningFcn via varargin.
%
%      *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.  Choose "GUI allows only one
%      instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Copyright 2002-2003 The MathWorks, Inc.

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

% Last Modified by GUIDE v2.5 18-Aug-2009 08:41:32

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
```

```
                'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                'gui_OpeningFcn', @Mokha_OpeningFcn, ...
                'gui_OutputFcn',  @Mokha_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
% End initialization code - DO NOT EDIT


% --- Executes just before Mokha is made visible.
function Mokha_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to Mokha (see VARARGIN)

% Choose default command line output for Mokha
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Mokha wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
```

```
% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Mokha_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;
format long;
etalon=load('C:\data\etalon.dat');
set(handles.pushbutton1,'userdata',etalon);
y=abs(fft(etalon));
set(handles.edit1,'string',num2str(y(1)));
set(handles.edit2,'string',num2str(y(2)));
set(handles.edit3,'string',num2str(y(3)));
set(handles.edit4,'string',num2str(y(4)));
set(handles.edit5,'string',num2str(y(5)));
set(handles.edit6,'string',num2str(y(6)));
set(handles.edit7,'string',num2str(y(7)));
set(handles.edit8,'string',num2str(y(8)));
df=str2num(get(handles.edit13,'string'));
N=length(etalon);
t=(0:(N-1))/df;
axes(handles.axes1);
plot(t,etalon);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек');
ylabel('Амплітуда, мВ');


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


% --- 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 edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (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 edit2 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit2 as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (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.
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

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject    handle to edit4 (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 edit4 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit4 as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit4 (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 edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (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 edit5 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit5 as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (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 edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit6 (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 edit6 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit6 as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit6 (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 edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (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 edit7 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit7 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (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 edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (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 edit8 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit8 as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (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 edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (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 edit9 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit13 as a double


% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (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 pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
etalon=get(handles.pushbutton1,'userdata');
A(1)=str2num(get(handles.edit1,'string'));
A(2)=str2num(get(handles.edit2,'string'));
A(3)=str2num(get(handles.edit3,'string'));
A(4)=str2num(get(handles.edit4,'string'));
```

```
A(5)=str2num(get(handles.edit5,'string'));
A(6)=str2num(get(handles.edit6,'string'));
A(7)=str2num(get(handles.edit7,'string'));
A(8)=str2num(get(handles.edit8,'string'));
df=str2num(get(handles.edit13,'string'));

% Імітація ССО
[t sout]=ssoIMIT(etalon,A,df);

% Збереження іміованого ССО під глобальну зміну
set(handles.edit1,'userdata',sout);

% Вивід імітованого ССО
axes(handles.axes1);
plot(t,sout);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек');
ylabel('Амплітуда, мВ');

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Untitled_1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
sout=get(handles.edit1,'userdata');
[filename, pathname] = uiputfile('.dat', 'Зберегти результат моделювання ССО');
if length(filename)>=1
dir=[pathname filename]
dlmwrite(dir,sout,' ');
end;

% --------------------------------------------------------------------
function Untitled_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject    handle to Untitled_2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```