

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Алгоритмічно-програмне забезпечення обробки електрогастроентерографічних сигналів для підвищення рівня діагностичності комп'ютерних електрогастроентерографів» // Петрук Світлана Леонідівна // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РБм-61 // Тернопіль, 2021 // с. – 87, рис. – 45, табл. – 2, додат. – 3, бібліогр. – 61.

Ключові слова: АЛГОРИТМІЧНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВЕЙВЛЕТ ОБРОБКА, ЕЛЕКТРОГАСТРОЕНТЕРОГРАФІЧНИЙ СИГНАЛ, MATLAB, ШЛУНКОВО-КОШКОВИЙ ТРАКТ.

У кваліфікаційній роботі розроблено метод, алгоритм та програмне забезпечення обробки електрогастроентерографічних сигналів для підвищення рівня діагностичності (кількості діагностичної інформації) комп'ютерних електрогастроентерографів.

Ядром методу та алгоритму електрогастроентерографічних сигналів є процес Вейвлет перетворення з базисними функціями Мейера, Гауса та Мексиканського капелюха. За діагностичні показники стану шлунково-кишкового стану застосовано значення усереднених вейвлет-спектрів, які забезпечують процес дослідження часових флуктацій у часовій структурі електрогастроентерографічних сигналів при різних значеннях часового масштабу. Таке дослідження є важливим при оперативному виявленні різного генезису патологій у стані шлунково-кишкового стану.

Реалізовано в середовищі GUIDE MATLAB програмне забезпечення обробки електрогастроентерографічних сигналів на базі алгоритмічного забезпечення, що ґрунтується на методів Вейвлет-перетворення з різними базисними функціями.

ANNOTATION

Theme of qualification work: «Algorithmic software for electrogastroenterographic signals processing to increase the computer electrogastroenterographs diagnostics level» // Qualification work // Petruk Svitlana / Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RBm-61 // Ternopil, 2021 // p. - 87, fig. - 45, table. - 2, appendix. - 3, bibliogr. - 61.

Key words: ALGORITHMIC SOFTWARE, WAVELET PROCESSING, ELECTROGASTROENTEROGRAPHIC SIGNAL, MATLAB, GASTROINTESTINAL TRACT, COMPUTER ELECTROGASTROENTEROGRAPH.

The qualification work developed a method, algorithm and software for processing electrogastroenterographic signals to increase the level of diagnostics (amount of diagnostic information) of computer electrogastroenterographs.

The core of the method and algorithm of electrogastroenterographic signals is the Wavelet transform process with the basic functions of Meyer, Gauss and the Mexican Hat. The values of averaged wavelet spectra were used for diagnostic indicators of the gastrointestinal state, which provide the process of studying time fluctuations in the time structure of electrogastroenterographic signals at different values of the time scale. Such research is important at operative detection of various genesis of pathologies in a condition of a gastrointestinal condition.

Implemented in the GUIDE MATLAB environment software for processing electrogastroenterographic signals based on algorithmic software based on Wavelet transform methods with different basic functions.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБЛАСТІ ДОЛІДЖЕННЯ.....	12
1.1. Методи дослідження моторної функції шлунково-кишкового тракту.....	12
1.2. Локалізація вимірювальних електродів при периферичній електрогастроентерографії.....	15
1.3. Відомі комп'ютерні електрогастроентерографи.....	17
1.4. Методи обробки електрогастроентерографічних сигналів.....	20
1.4.1. Вейвлет обробка ЕГЕГ-сигналу в базисі Морле.....	20
1.4.2. Вейвлет обробка ЕГЕГ-сигналу в базисі Хаара.....	22
1.4.3. Спектральна обробка ЕГЕГ-сигналу.....	23
1.4.4. Морфологічний аналіз ЕГЕГ-сигналу.....	25
1.4.5. Синфазна обробка ЕГЕГ-сигналу.....	25
1.4.6. Компонентна обробка ЕГЕГ-сигналу.....	26
1.5. Висновки до розділу 1.....	27
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНО-АЛГОРИТМІЧНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОГАСТРОЕНТЕРОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ.....	28
2.1. Властивості електрогастроентерографічного сигналу.....	28
2.2. Математична модель електрогастроентерографічного сигналу.....	31
2.3. Технічне забезпечення наукового дослідження.....	34
2.4. Методи обробки електрогастроентерографічного сигналу.....	37
2.4.1. Вейвлет обробка електрогастроентерографічного сигналу.....	37
2.4.2. Вейвлет обробка в базисі Гауса.....	38
2.4.3. Вейвлет обробка в базисі мексиканського капелюха.....	41
2.4.4. Вейвлет обробка в базисі Мейера.....	42
2.5. Алгоритмічне забезпечення обробки електрогастроентерографічного сигналу.....	43
2.5.1. Базис Гауса.....	43

	7
2.5.2. Базис мексиканського капелюха.....	44
2.5.3. Базис Мейера.....	45
2.6. Висновки до розділу 3.....	46
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОГАСТРОЕНТЕРОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЙОГО РОБОТИ.....	47
3.1. Блок-схема програмного забезпечення обробки електрогастроентеро- графічних сигналів.....	47
3.2. Програмне забезпечення Вейвлет-обробки електрогастроентерографічних сигналів.....	48
3.3. Програмне забезпечення комп'ютерних електрогастроентерографів та результати його роботи.....	56
3.4. Висновки до розділу 3.....	59
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	60
4.1. Охорона праці.....	60
4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	62
4.3. Висновки до розділу 4.....	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	66
Додаток А. Копія тези конференції.....	74
Додаток Б. Копія тези конференції.....	78
Додаток В. Програмне забезпечення обробки ЕГЕГ-сигналів для комп'ютерних електрогастроентерографів.....	81

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ДПК – дванадцятипала кишка;

ДПФ – дискретне перетворення Фур'є;

ЕГЕГ – електрогастроентерографія;

ЕГЕГ-сигнал – електрогастроентерографічний сигнал;

МФ – моторно-евакуаторна функція;

ПК – персональний комп'ютер;

ШКТ – шлунково-кишковий тракт.

ВСТУП

Актуальність теми. За статистичними даними станом на 2021 рік захворювання органів травлення є третьою із п'яти основних причин смертності в Україні. Основною причиною такої статистики є порушення моторної функції шлунково-кишкового тракту (ШКТ) під впливом таких факторів як пасивний спосіб життя, депресії, стрес, нервові перенапруження, некоректне харчування та інші.

Базовими методи дослідження моторної функції ШКТ є такі методи як антродуоденальна манометрія, балонна кімографія, ультразвукове дослідження, езофагогастродуоденоскопія, внутрішлунковий гама-лічильник. Такі методи забезпечують отримання діагностичних даних щодо стану ШКТ, проте вони є інвазивними, трудомісткими та недостатньо інформативними (Банникова Ю.А). Одним із неінвазивних методів дослідження моторної функції ШКТ є електрогастроентерографія, яка забезпечує реєстрацію електричних біопотенціалів (електрогастроентерографічних сигналів) на поверхні гладких м'язів живота в зоні шлунку та кишечника (методика є ідентичною до електрокардіографії).

Для отримання діагностичної інформації про стан моторної функції ШКТ застосовують комп'ютерні електрогастроентерографи, а саме їх алгоритмічне та програмне забезпеченні, які реалізовані на математичних методах обробки електрогастроентерографічних сигналів, таких як спектральний (Свиньин С.Ф., Абдуллаева М.В.), спектрально-кореляційний (Латухина Е.А., Попов, А.И.), синфазний (Хвостівський М.О., Нестер І.М., Дунець В.Л., Тимчак М.І., Дедів Л.Є., Гевко О.В.), компонентний (Гуральний І.О.) та вейвлет-перетворення з базисними функція Морле (Свиньин С.Ф., Рудалёв А. В., Попов А.И.) та Хаара (Ходжиматов Г.М., Ражабов Ф.Ф., Зайнидинов Х.Н.). Усі наведені методи обробки електрогастроентеросигналу на відміну від Вейвлет-перетворення не дають змогу досліджувати часові флуктації у структурі електрогастроентерографічного сигналу у різних часових масштабах, що є вкрай важливо при детектуванні своєчасних проявів змін у моторній функції ШКТ. Автори у своїх працях не використали повний потенціал перетворення Вейвлет, обмежившись лише двома базисними функціями

Морле та Хаара. Тому використання перетворення Вейвлет із новими базисними функціями для обробки електрогастроентерографічних сигналів забезпечить отримання нових діагностичних ознак щодо стану моторної функції ШКТ.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розробка алгоритмічно-програмного забезпечення обробки електрогастроентерографічних сигналів для підвищення рівня діагностичності комп'ютерних електрогастроентерографів.

Сформовані задачі дослідження:

1. Провести аналіз відомих комп'ютерних електрогастроентерографів та математичних методів обробки електрогастроентерографічних сигналів для обґрунтованого вибору напрямку дослідження.

2. Розробити математичне забезпечення обробки електрогастроентерографічних сигналів на основі адекватної математичної моделі цих сигналів і методів їх обробки для підвищення загального числа діагностичної інформації щодо стану шлунково-кишкового тракту.

3. На основі математичного забезпечення розробити алгоритмічне та програмне забезпечення для автоматизованої обробки електрогастроентерографічних сигналів у складі комп'ютерних електрогастроентерографів.

4. Проаналізувати результати функціонування алгоритмічно-програмного забезпечення обробки електрогастроентерографічних сигналів для підвищення рівня діагностичності комп'ютерних електрогастроентерографів.

Об'єкт дослідження: процес підвищення рівня діагностичності комп'ютерних електрогастроентерографів.

Предмет дослідження: метод та алгоритмічно-програмне забезпечення обробки електрогастроентерографічних сигналів.

Методи дослідження: теорія випадкових процесів, теорія вейвлет-перетворень, програмне середовище MATLAB.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше використано вейвлет перетворення з базисними функціями Меєра, Мексиканської шляпи та Гауса для обробки електрогастроентерографічного сигналу, що забезпечило процес дослідження характерних часових флуктуацій у

часовій структурі сигналу з різномасштабним часом для розв'язання задачі виявлення змін у моториці органів травлення.

2. Вперше застосовано для діагностики функціонального стану моторики органів травлення людини усереднені коефіцієнти Вейвлет-спектрів як діагностичні ознаки електрогастроентерографічного сигналу, які чисельно відображають варіації у моториці органів травлення.

Практичне значення. Розроблене програмне забезпечення має практичну цінність при обробці електрогастроентерографічного сигналу у складі комп'ютерних електрогастроентерографів в медичних закладах.

Публікації.

В процесі виконання роботи апробовано 2 тези конференцій [19, 20].

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОБЛАСТІ ДОЛІДЖЕННЯ

1.1. Методи дослідження моторної функції шлунково-кишкового тракту

Шлунково-кишковий тракт (ШКТ) – це одним з найбільших та складних напівфункціональних систем організму. Базовою функцією ШКТ є евакуаційна функція переміщення їди в середовищі кишечника (рис.1.1) [Hetz і Newton]. Завдяки такому процесу здійснюється процес механічної обробки їди, перемішування її з соками травлення, процес ферментативної обробки, процес всмоктування речовин [2,7,12,13,27,34].

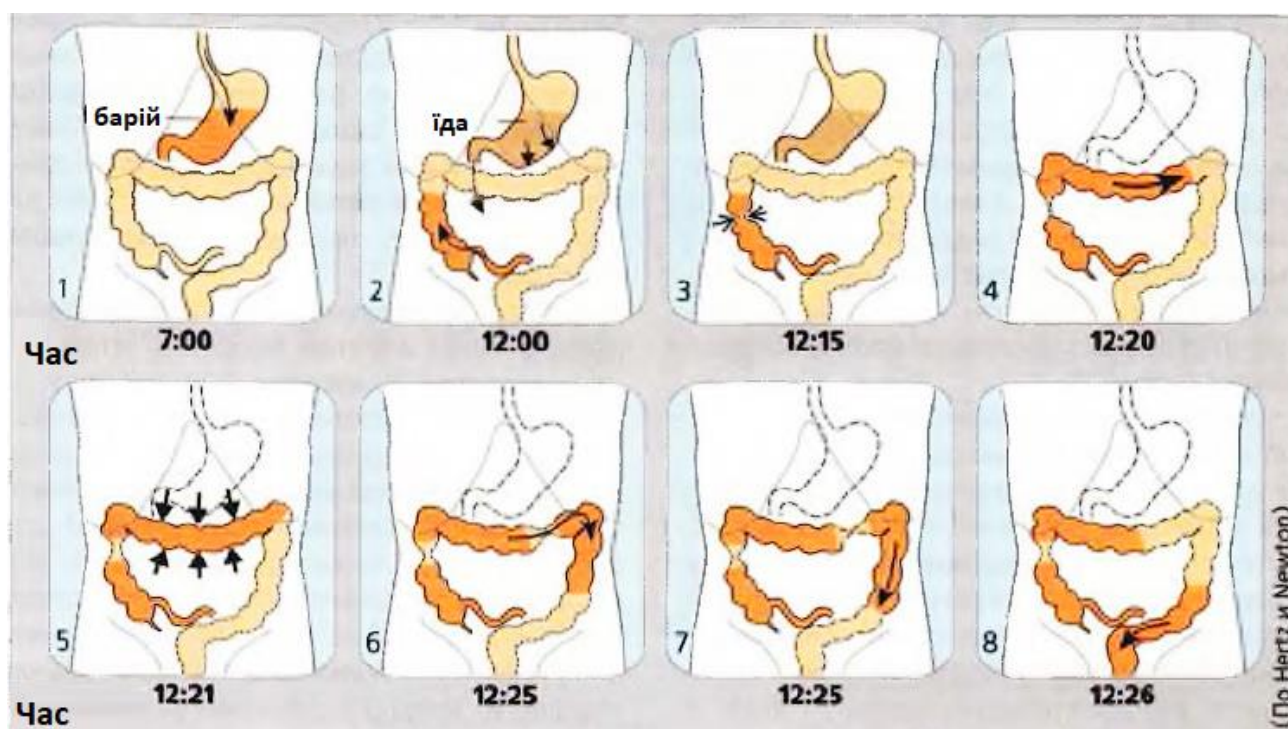


Рис.1.1. Переміщення їди по ШКТ [Hetz і Newton]

Відхилення від нормальної роботи скорочення шлунку та кишечника, або варіативності в її координуванні є причиною різного виду патології, часто визначаючи стан пацієнта та результати захворюваності. У зв'язку з цим, варіативності моторної функції (МФ) ШКТ є необхідно враховувати під час вибору

терапії консервативного характеру, прогнозу проходження захворювання, і також при підбор методик операції, яка є оптимальною для відповідного пацієнта.

Медичні методи дослідження МФ поділяються на [10,11,14,21,27,28,31]:

- 1) Методи, що забезпечують реєстрацію скоротливої активності ШКТ.
- 2) Методи оцінювання функції моторики ШКТ на базі показників, що характеризують їх біоелектричну активність.

Перша група методів базована на прямому вимірюванні внутрішньому просвітному тиску ШКТ із використанням радіокапсул, мікродавачів, балона та катетера. Ці методи характеризуються введенням чужорідних тіл напряму в простір органу, що провокує подразнення механорецепторних компонент слизової оболонки та призводить до зміни активності моторики.

Друга група базована на електрофізіологічних методах, які забезпечують вивчення ШКТ, тобто його біоелектричну активність [3,8,14,15,22,26,30,36,40,41] (рис.1.2).

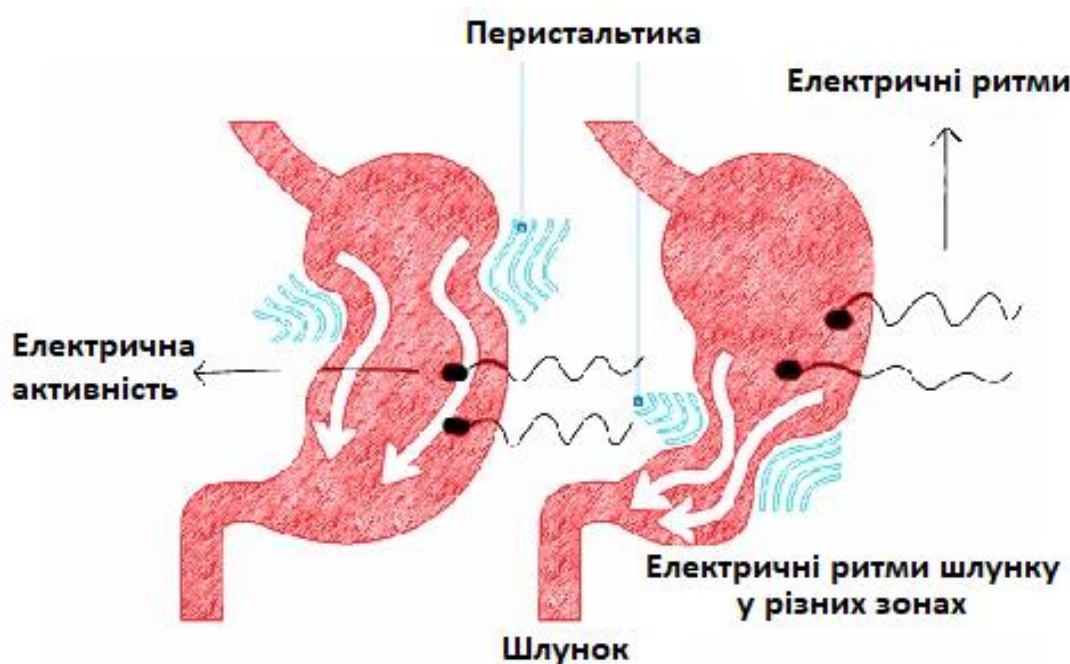


Рис.1.2. Біоелектрична активність шлунку [55]

Вони відображають тісні взаємні зв'язки між скоротливим та електричним функціонуванням ШКТ. Ці медичні методи базовані на реєстрації біоелектричних

потенціалів гладких м'язів стінок ШКТ з фіксованими на них вимірювальними електродами – пряма електрогастроентерографія, та реєстрації нашкірних вимірювальних електродів – периферична електрогастроентерографія [20,28,33,43].

Через імплантацію електродів в стінку органів є обмеження застосування прямої електрогастроентерографії у медичній практиці. Пряма і периферична електрогастроентерографії є тісний взаємозв'язок.

У світові використовуються переважно дві методики дослідження біоелектричної активності [11,16,28,31,34,37,39]:

1) Електрогастроентерографія (ЕГЕГ) – методика синхронного дослідження електричної активності кишечника та шлунку (рис.1.3).

2) Електрогастрографія (ЕГГ) – методика дослідження електричної активності тільки шлунку.

Периферична ЕГЕГ є неінвазивною, відсутні протипоказання і успішно переноситься більшістю пацієнтів. Це забезпечує обстеження надзвичайно важкохворих пацієнтів до операційних та після перенесеної операції.

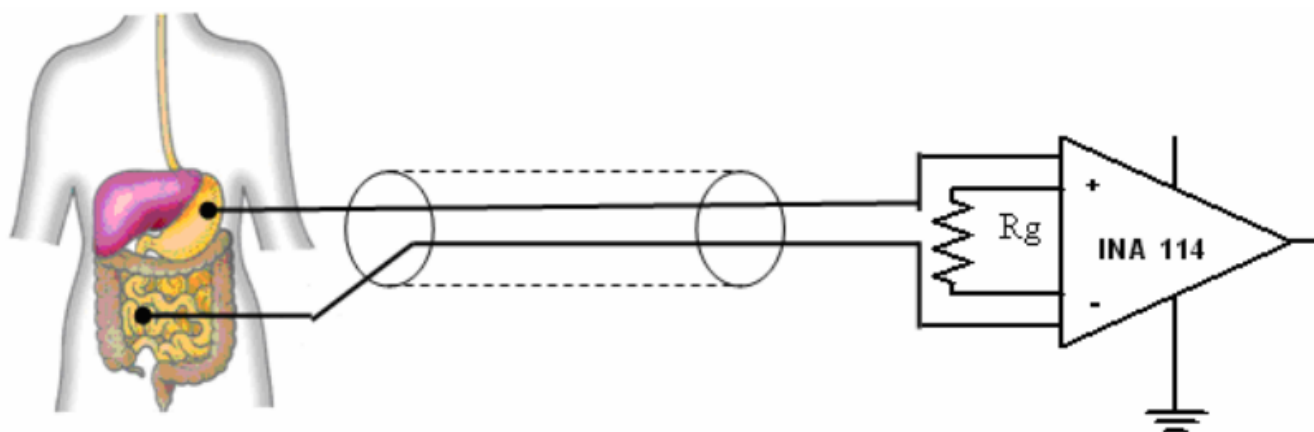


Рис.1.3. Схема реєстрації ЕГЕГ-сигналу

Є змога щодо проведення багатоповторних досліджень для оцінювання варіативності показів під час лікування.

1.2. Локалізація вимірювальних електродів при периферичній електрогастроентерографії

У світі є два єдиних підходи щодо медико-біологічного дослідження біоелектричної активності ШКТ за допомогою нашкірних електродів [22,26,37]:

а) Електрогастрографія (ЕГГ) – дослідження біоелектричної активності шлунку у вигляді електрогастросигналу. Метод базується на принципі дослідження біопотенціалів гладком'язової стінки шлунку.

б) Електрогастроентерографія (ЕГЕГ) – дослідження біоелектричної активності одночасно шлунку та кишечника у вигляді електрогастроентросигналу (ЕГЕГ-сигналу). Метод реалізований у виді 2-ох режимів – 24-ох годинна ЕГЕГ та стандартна 40-хвилинна периферична ЕГЕГ. Час медичного дослідження може бути довільним.

Стандартна методика 40-хвилинного запису при периферичній ЕГЕГ (рис.1.4):

- Перший електрод, який є активним, кріпиться на праву руку пацієнта поближче до кисті;
- Другий електрод, який є активним, кріпиться на праву ногу пацієнта в зоні передньої частини гомілки за відсутності м'язів та сухожиль;
- Електрод, який є нейтральним, кріпиться на ліву ногу пацієнта в зоні передньої частини гомілки за відсутності м'язів та сухожиль.

Добова ЕГЕГ, яку запропонував Ступін В.А.) (рис.1.5):

- Перший електрод, який є активним, кріпиться в зоні антродуоденальної ритміки;
- Другий електрод, який є активним, кріпиться в зоні «сліпа-клубова кишка»;
- Електрод, який є нейтральним, кріпиться в лівій клубовій зоні.

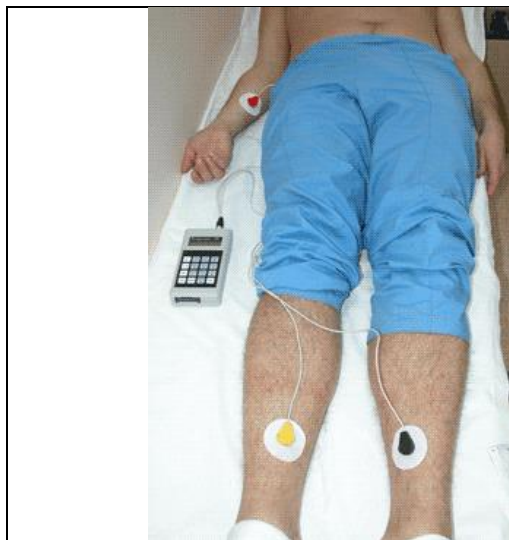


Рис.1.4. Локалізація електродів у випадку стандартної ЕГЕГ



Рис.1.5. Локалізація електродів при добовій ЕГЕГ (за методикою Ступіна В.А.)

Локалізацію електродів під проведення електрогастрографії за методикою Ch. Stendal наведено на рис.1.6.

- Перший електрод локалізується на середній відстані в межах пупка та мечовидного відростку;
- Другий електрод локалізується на 5 см в ліво та на 45° вище від першого;
- Нейтральний електрод локалізується на 10-15 см в право від першого.



Рис.1.6. Локалізація електродів під проведення електрогастрографії за методикою Ch. Stendal

На рис.1.7 зображено загальний вигляд ЕГЕГ-сигналу здорової людини зареєстрованого стандартною методикою.

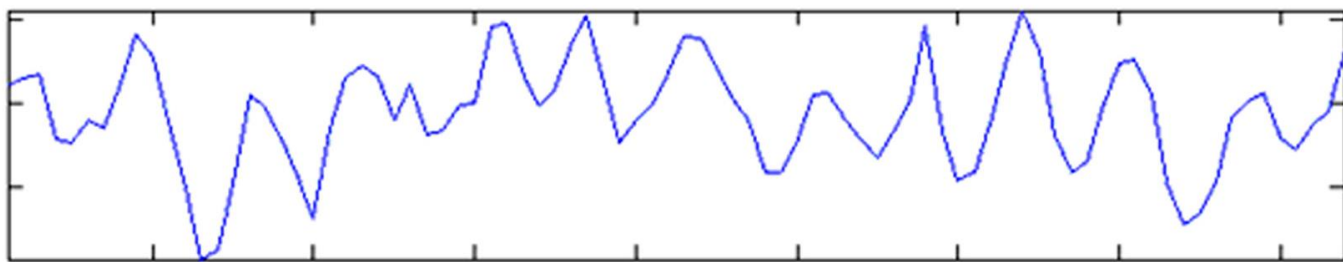


Рис.1.7. Загальний вигляд ЕГЕГ-сигналу [51]

1.3. Відомі комп'ютерні електрогастроентерографи

На ринку медичної техніки для реєстрації ЕГЕГ-сигналів та діагностування стану ШКТ за ними наявні такі комп'ютерні електрогастроентерографи як «Digitrapper EGG» (виробник фірма «Synectics»), BIONOMADIX 2CH (BIOPAC System, Inc) та «ГастроСкан-ГЭМ» (виробник НПП «Исток-Система»).

На рис.1.8 зображено загальний вигляд комп'ютерного електрогастроентерографа Digitrapper EGG, який виготовляє фірма «Synectics» в Швеції.

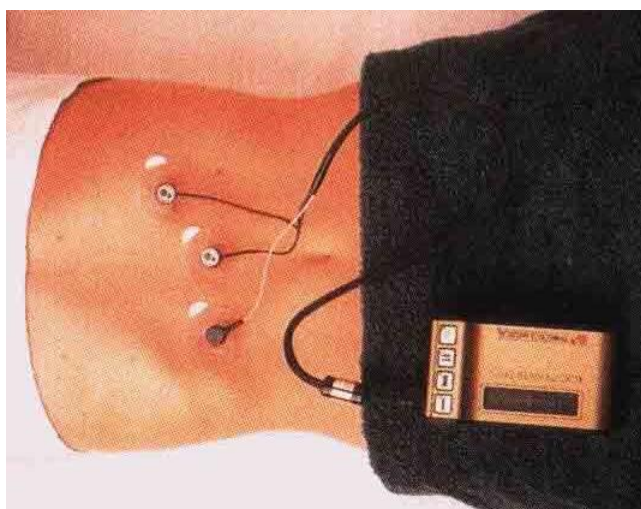


Рис.1.8. Загальний вигляд «Digitrapper EGG» [34]

Digitrapper EGG забезпечує формування діагностичної інформації про стан евакуаторної функції шлунку. Блок фільтрації системи забезпечує виділення

біопотенціалів у вузькому частотному діапазоні, що є властивим для рухової активності шлунку. В процесі оцінювання даних ЕГЕС враховуються покази частоти, ритму, амплітуди скорочень.

На рис.1.9 зображено загальний вигляд комп'ютерного електрогастроентерографа BIONOMADIX [58], який виготовляє фірма «BIOПАС» в США.



Рис.1.9. Загальний вигляд BIONOMADIX 2CH [58]

Подвійний бездротовий BIONOMADIX 2CH - це модуль, спеціально призначений для вимірювання даних ЕГГ - перистальтичних, хвилеподібних скорочень шлунка - на одному або обох каналах. Дані широкої пропускну здатності ЕГГ можуть бути відфільтровані до менших значень для пристосування до більш детального огляду певних частот ЕГГ, таких як Bradygastria, Normogastria та Tachygastria або ідентифікації ECA та ERA.

Дані сигналу ЕГГ передаються зі швидкістю 2000 Гц, забезпечуючи надзвичайно високу роздільну здатність сигналу ЕГГ на виході приймача. Необхідні дані з пари обмежуються діапазоном від 0,005 Гц до 1,0 Гц, що забезпечує запис дуже високої якості. Зібрана пара включає внутрішні високочастотні та низькочастотні фільтри для забезпечення високоякісного підсилення форми хвилі ЕГГ із пов'язаною активністю керування електричним струмом (ECA) та активністю електричного

реагування (ERA). Високе співвідношення сигнал/шум та висока роздільна здатність вибірки на основі часу дозволяють використовувати цю пару для специфічних вимірювань поширення повільної хвилі шлунку, аналізу перистальтики шлунково-кишкового тракту, досліджень перистальтичного поширення чи оцінки міоелектричного комплексу.

На рис.1.10 наведено загальний вигляд комп'ютерного електрогастроентерографа Гастроскан-ГЭМ [57], що виготовляє фірма НПП «Исток-Система» в Росії.



Рис.1.10. Загальний вигляд «Гастроскан-ГЭМ» [57]

Комп'ютерний електрогастроентерограф призначений для периферичної ЕГЕГ та спостереження за рівнем кислотності за трьома точками ШКТ (рис.1.4) [57]. Систему розроблено відповідно ТУ 9441-009-13306657-2007.

Комп'ютерний електрогастроентерограф забезпечує реєстрацію електричного сигналу від шлунку, тонкої, дванадцятипалої, товстої та клубової кишок із використанням наскірних електродів, які накладено на кінцівки людей або на передню поверхню черевної стінки. Також прилад забезпечує 24-ох годинний процес вимірювання рівня кислотності діапазону 1,1-9,2 рН синхронно в 3-ох точках ШКТ у однієї людини.

Усі сформовані результати вимірювання зберігаються в пам'яті блоку реєстрації з подальшим завершенням дослідження передаються на обробки в ПК.

Базові технічні характеристики комп'ютерного електрогастроентерограф:

- Межі вимірювання напруги на вході: 0,03-5 мВ;
- Вхідний опір, більше: 5МОм;
- Межі частот обробки сигналу: 0,01-0,25 Гц;
- Мах час дослідження: 48 годин;
- Загальне число відведень: 2;
- Передавання даних в ПК: Bluetooth/microSD-карта;
- ОС ПК: Windows

Електрогастроентерограф відображає на підставі результатів аналізу ЕГЕГ-сигналу наступну діагностичну інформацію про ШКТ:

- Сумарна та відносна електрична біоактивність;
- коефіцієнти порівняння та ритмічності.

1.4 Методи обробки електрогастроентерографічних сигналів

ЕГЕГ-сигнал досліджується різними методами, у тому числі за допомогою спектрального аналізу, вейвлет аналізу і іншими методами, які є основними операціями цифрової обробки сигналів.

1.4.1 Вейвлет обробка ЕГЕГ-сигналу в базисі Морле

При розгляді ЕГЕГ-сигналу варто враховувати нестационарність реєстрованих сигналів. По-перше, їх спектральний склад і амплітуда коливань можуть істотно змінюватися навіть в рамках одного спостереження. По-друге, ЕГЕГ-сигнали містять артефакти, походження яких не пов'язано з скорочувальною активністю органів ШКТ (наприклад, артефакти руху). Крім того, особливий інтерес представляє інформація, зосереджена в «сплесках активності» органів. Тому для надійної діагностики недостатньо використання тільки усереднених характеристик ЕГЕГ-сигналу.

Автори у праці [32] вказують, що важливим інструментом аналізу нестационарних ЕГЕГ-сигналів є вейвлет-перетворення (ВП), яке визначається наступним чином:

$$CW(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad (1.1)$$

де $x(t)$ - ЕГЕГ-сигнал, $\Psi((t - b) / a)$ - локалізована в часі і по частоті осцилююча функція, яка припускає розтягування, стиснення і зрушення в часі. Результатом обчислення ВП є масив вейвлет-коефіцієнтів $CW(a, b)$ [45].

Наведемо кілька прикладів застосування ВП при обробці гастрограмми [44]. Як аналізуючу функцію використано вейвлет Морле [45], який визначається наступним виразом:

$$m_{\mu,\sigma,f}(t) = \exp(-j2\pi 2(t - \mu)) \exp\left(\frac{-(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1.2)$$

Вираз (1.2) являє собою синусоїду, модульовану функцією Гаусса, і дозволяє виявляти сплески активності з урахуванням їх важливих параметрів.

Воно дозволяє розглядати у взаємозв'язку амплітуду сплеску гастрограмми (рис.1.11), його тривалість, частоту і час появи, а застосування сучасних технологій візуалізації даних дає можливість аналізувати цю взаємозв'язок з різних точок зору [32].

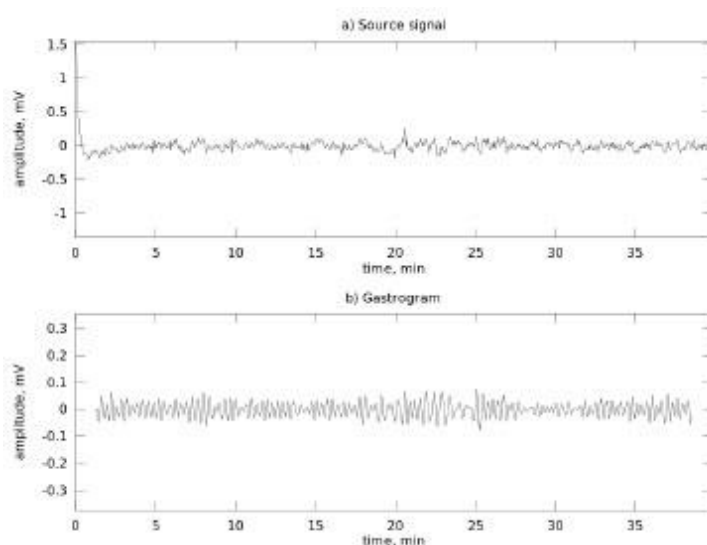


Рис. 1.11. Вихідний сигнал (а) і гастрограмма (b) [32]

На рис. 1.12, б показаний результат перетворення Морлі цієї гастрограмми при фіксованому розмірі вейвлета і змінною частотою [32].

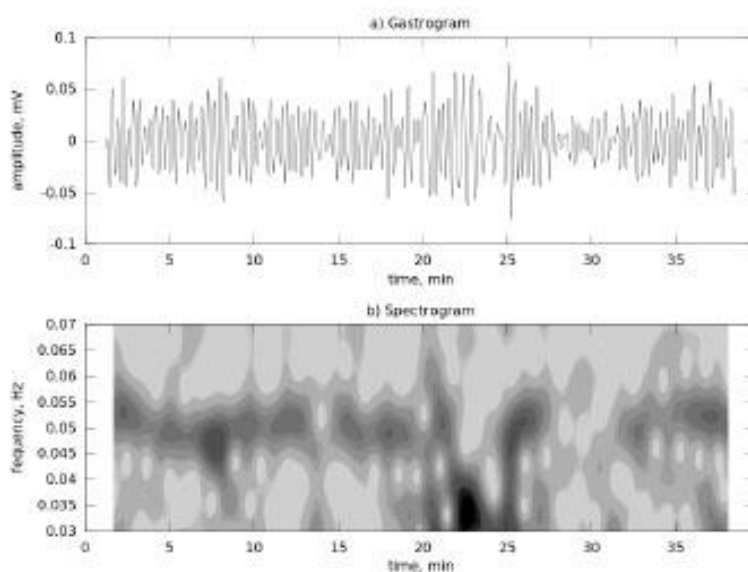


Рис. 1.12. Перетворення Морлі при фіксованому масштабі [32]:

а) ЕГЕГ-сигнал, б) спектрограмма

На спектрограмі різними відтінками сірого зображені абсолютні значення вейвлет-коефіцієнтів: чим більше значення, тим темніше відповідний фрагмент рисунку. Така візуалізація дозволяє, зокрема, простежити зміни доміантною частоти в часі. В даному прикладі доміантна частота, в основному, близька до нормальної (0,05 Гц), однак, частота яскраво вираженого сплеску, який виник на 23-ій хвилині запису, суттєво нижче.

1.4.2 Вейвлет обробка ЕГЕГ-сигналу в базисі Хаара

У працях [9,23] автори до обробки ЕГЕГ-сигналу застосували Вейвлет-перетворення в базисі Хаара для виявлення піків та обчислення локальних характеристик сигналу. Вигляд базисної функції подано у вигляді виразу:

$$\psi(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < 0,5 \\ -1, & 0,5 \leq t < 1 \\ 0, & \text{інше} \end{cases}, \quad (1.3)$$

Результат Вейвлет-обробки ЕГЕГ-сигналу в базисі Хаара зображено на рис.1.13.

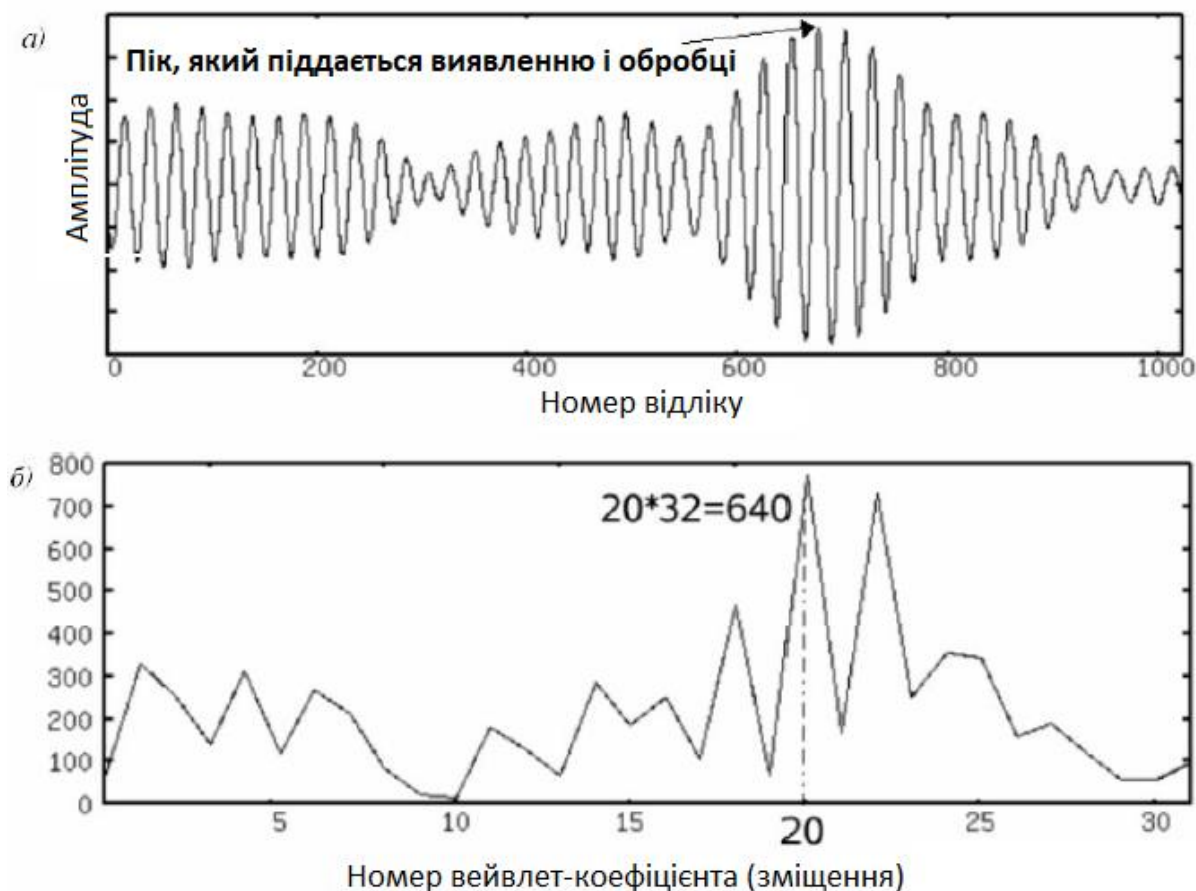


Рис.1.13. Локалізація піку ЕГЕГ-сигналу (результат Вейвлет-перетворення) [23]:
а) фрагмент ЕГЕГ-сигналу; б) модулі Вейвлет-коефіцієнтів при масштабі 32

Результат Вейвлет-перетворення, який наведено на рис. 1.13, забезпечив виділення локального піку ЕГЕГ-сигналу.

1.4.3. Спектральна обробка ЕГЕГ-сигналу

Для дослідження частотного складу ЕГЕГ-сигналів у працях [1,33] застосовано Фур'є-перетворення на базі виразу:

$$S(n) = \sum_{k=0}^{N-1} f(k) \cdot e^{-j\frac{2\pi}{N}nk}, \quad (1.4)$$

де N – число точок Фурє-перетворення;

$f(k)$ – k -й відлік ЕГЕГ-сигналу $f(t)$.

Результати Фурє-перетворення ЕГЕГ-сигналу зображено на рис.1.14.

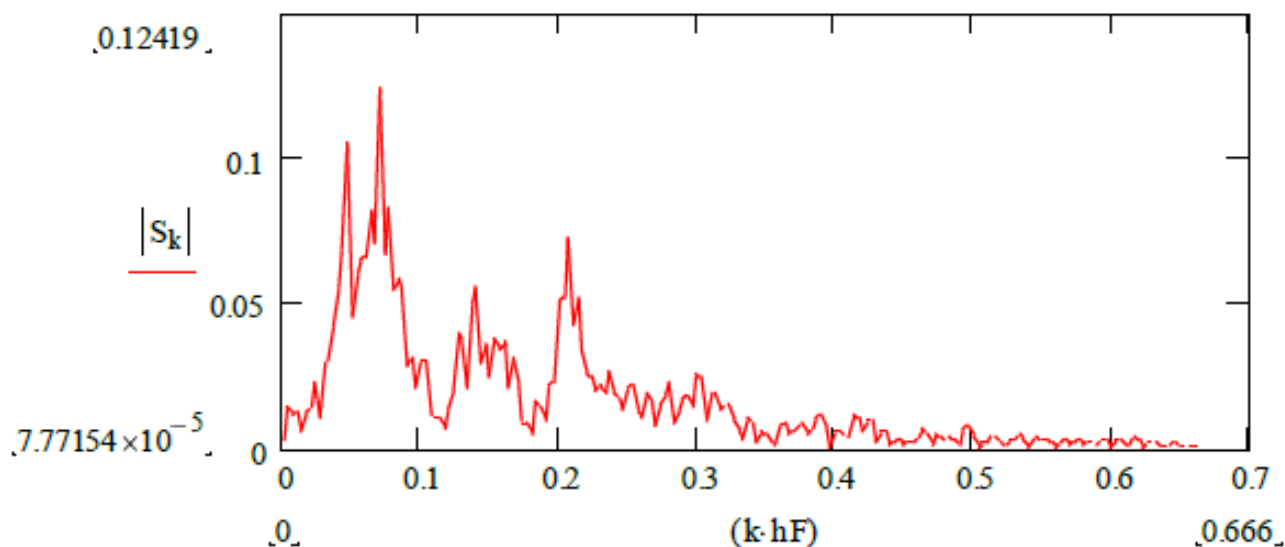


Рис.1.14. Спектр ЕГЕГ-сигналу [1]

В табл. 1.1 приведено параметри частот ЕГЕГ-сигналу, які є характерними для різних зон ШКТ.

Таблиця 1.1

Параметри частот ЕГЕГ-сигналу

Зона ШКТ	Частота, Гц
Зона товстої кишки	0,01 – 0,03
Зона шлунку	0,03 – 0,07
Зона повздожньої кишки	0,07 – 0,13
Зона тонкої кишки	0,13 – 0,18
Зона ДПК	0,18 – 0,25

За результатами аналізу встановлено, що дані табл.1.1 сильно різняться навіть у пацієнтів за наявністю ідентичного діагнозу. Однак, показник сумарної потужності ЕГЕС-сигнал дає змогу провести процес оцінювання електричної біоактивності (у пацієнтів з парезами кишечника в запущених формах кишкової непрохідності та інші).та здійснити виявлення динаміки зміни при стимуляція.

1.4.4 Морфологічний аналіз ЕГЕГ-сигналу

Коефіцієнт ритмічності $Kritm_i$ ЕГЕГ-сигналу розраховується у вигляді відношення довжини огинаючої спектру зони ШКТ до загальної ширини частотного спектру.

$$Kritm_i = \frac{1}{k2_i - k1_i} \sum_{n=k1_i}^{k2_i-1} \|S(n+1) - S(n)\|, \quad (1.5)$$

де $S(n)$ – спектр ЕГЕГ-сигналу;

$k1_i$ та $k2_i$ – номер фільтру перетворення Фур'є, який відповідає min та max значенню i -ої зони ШКТ;

Цей показник з високою точністю відображає ритмічність скорочень зон ШКТ. Синхронне нормальне функціонування усіх органів ШКТ забезпечує процес нормальної евакуацію хімуса. Цей стан характеризують показники співвідношення між сусідніми зонами ШКТ (коефіцієнти порівняння $P(i)/P(i+1)$).

В табл.1.2 приведено нормальні покази коефіцієнтів порівняння для здорових людей.

Таблиця 1.2

Нормальні покази коефіцієнтів порівняння

Зона ШКТ	$P(i)/PS, (\%)$	$Kritm$	$P(i)/P(i+1)$
Зона шлунку	$22,41 \pm 11$	$4,85 \pm 2,1$	$10,4 \pm 5,7$
Зона ДПК	$2,1 \pm 1,2$	$0,9 \pm 0,5$	$0,6 \pm 0,3$
Зона тонкої кишки	$3,35 \pm 1,65$	$3,43 \pm 1,5$	$0,4 \pm 0,2$
Зона повздожньої кишки	$8,08 \pm 4,01$	$4,99 \pm 2,5$	$0,13 \pm 0,08$
Зона товстої кишки	$64,04 \pm 32,01$	$22,85 \pm 9,8$	

1.4.5. Синфазна обробка ЕГЕГ-сигналу

Синфазна обробка сигналу як ПКВП забезпечує оцінювання часової мінливості сигналу у відповідності до виразу за оцінками компонент [42, 43].

Графік компонент ЕГЕГ-сигналу для норми/патології наведено на рис. 1.15.

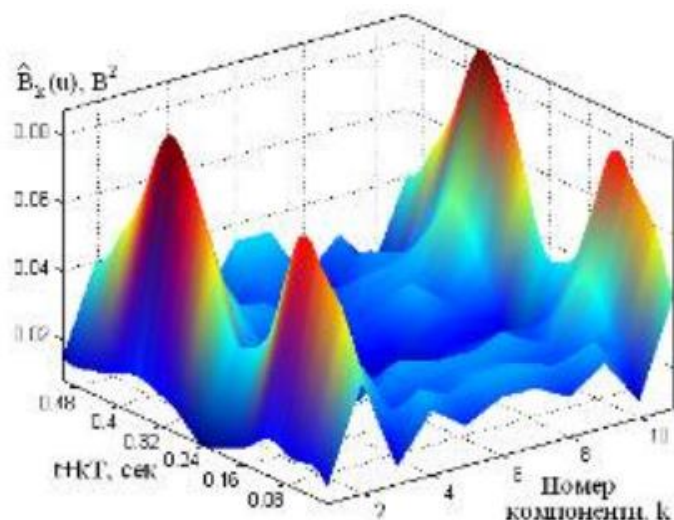


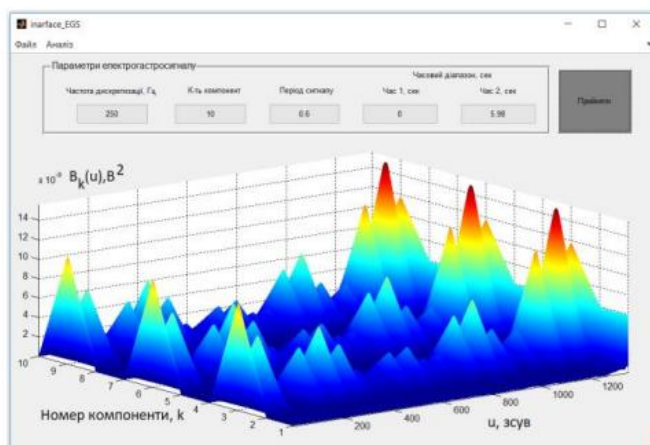
Рис.1.15. Компоненти ЕГЕГ-сигналу [43]

Компоненти характеризують часову мінливість ЕГЕГ-сигналу для різних часових періодів, що дає змогу відстежити зміни сигналу у часовому просторі.

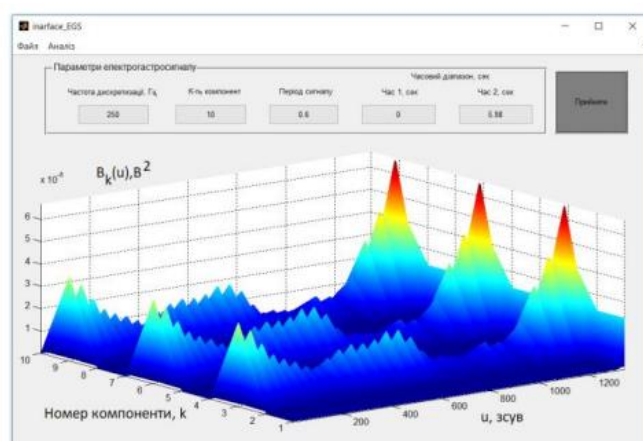
1.4.6. Компонентна обробка ЕГЕГ-сигналу

Компонентна обробка у порівнянні із синфазною забезпечує обробку ЕГЕГ-сигналу як ПКВП [6] із використанням перетворення Фур'є.

Результати обробки компонентної ЕГЕГ-сигналу наведено на рис.1.16 [6].



(норма)



(патологія)

Рис.1.16. Результати компонентної обробки ЕГЕГ-сигналів [6]

Компонент ЕГЕГ-сигналу (рис.1.16) кількісно забезпечують класифікацію типу сигналу (норма/патологія).

1.5. Висновки до розділу 1

Здійснено аналіз методів дослідження моторної функції ШКТ визначено локалізацію вимірювальних електродів при проведенні периферичній електрогастроентерографії, також проаналізовано комп'ютерні електрогастроентерографи та математичні методи обробки електрогастроентерографічних сигналів. На підставі проведеного аналізу встановлено, що відомі методи обробки та реалізоване на ньому алгоритмічно-програмне забезпечення уможливають отримання діагностичної інформації щодо стану ШКТ. Серед низки відомих методів виділено Вейвлет-перетворення, яке уможливає дослідження часових флуктацій у структурі електрогастроентерографічного сигналу з метою виявлення варіацій у моториці органів травної системи. Проте автори у своїх працях не використали увесь потенціал Вейвлет-обробки, обмежившись лише двома базисними функціями Морле та Хаара. Тому використання Вейвлет-перетворення до обробки електрогастроентерографічних сигналів з базисними функціями Меєра, Мексиканська шляпа, Гауса та Добеші забезпечать процедуру розширення діагностичності (формування n -ої кількості діагностичної інформації щодо стану ШКТ) комп'ютерних електрогастроентерографів.

РОЗДІЛ 2

МАТЕМАТИЧНО-АЛГОРИТМІЧНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОГАСТРОЕНТЕРОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ

2.1. Властивості електрогастроентерографічного сигналу

Проведення аналізу ймовірнісні характеристики ЕГЕГ-сигналу (рис. 2.1) детерміновано-стаціонарними методами підходів є актуальним для формування апріорного вимог щодо структури математичної моделі досліджуваного сигналу.

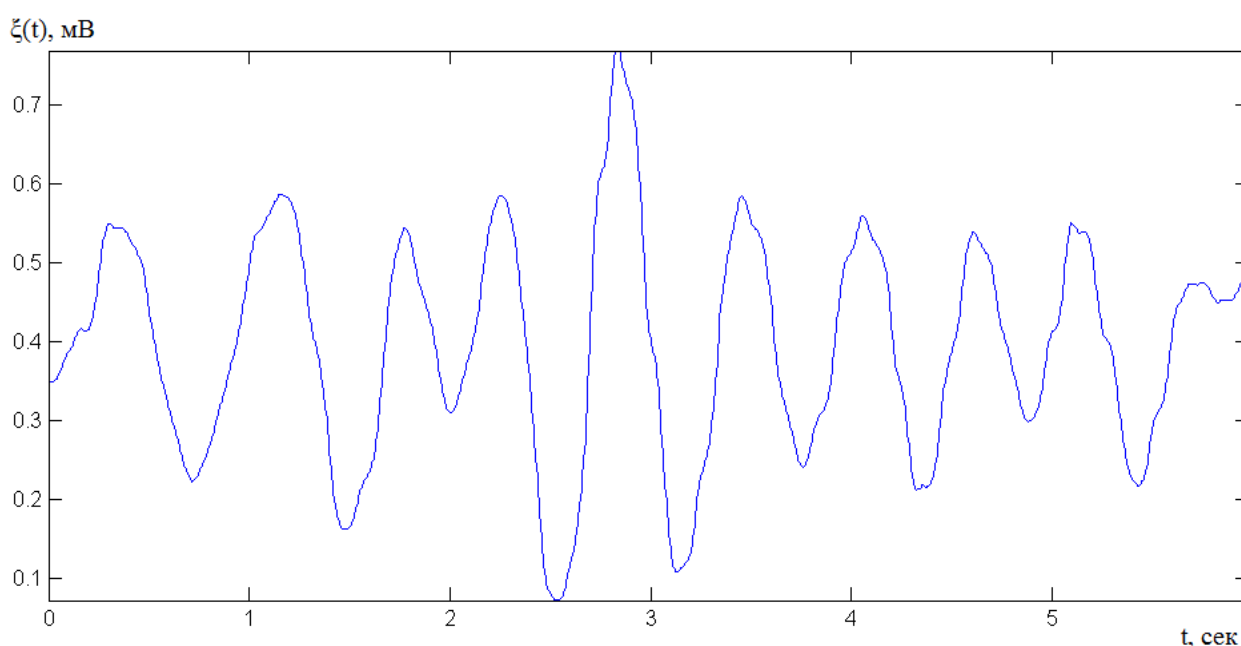


Рис. 2.1. Реалізація ЕГЕГ-сигналу з бази даних комп'ютерного електрогастроентерографа "Гастроскан-ГЭМ" (стан норми)

Базовими статистиками ЕГЕГ-сигналу як ВП стаціонарного є матсподівання та дисперсія, які характеризують приналежність ЕГЕГ-сигналу до відомих класів ВП (стаціонарний/нестаціонарний). У випадку незмінності (інваріантності) ймовірнісних статистики ЕГЕГ-сигналу констатується факт класу сигналу як стаціонарний процес, а в протилежному варіанті як нестаціонарний.

На рис. 2.2 наведено статистику, а саме дисперсію.

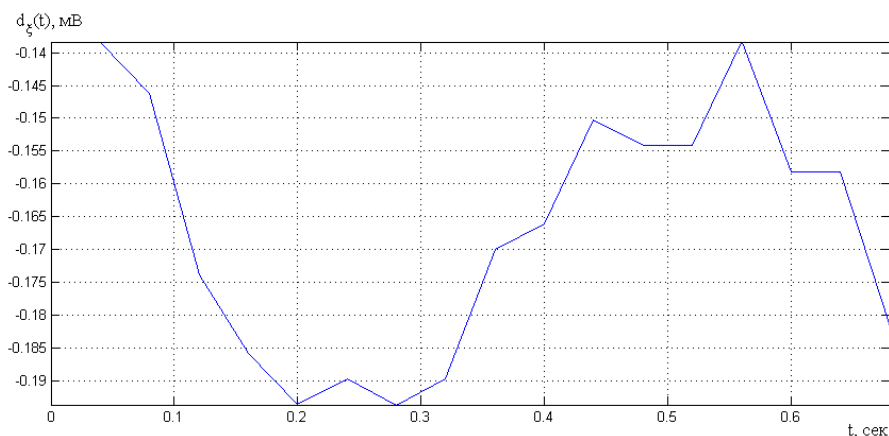


Рис.2.2. Реалізація дисперсії ЕГЕГ-сигналу

Значення дисперсії (рис.2.3), яка характеризує варіації навколо математичного сподівання, дають передумови формулювання гіпотези щодо належності ЕГЕГ-сигналу до класу нестационарних ВП.

На рис. 2.3 наведено статистику функції автокореляції ЕГЕГ-сигналу, яка відображає залежність значень сигналу.

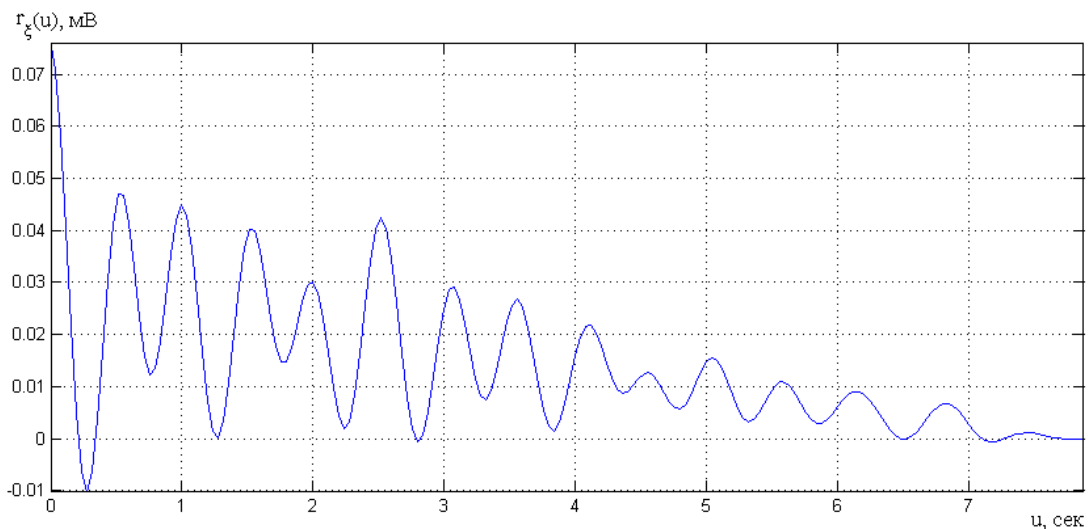


Рис.2.3. Реалізації автокореляції ЕГЕГ-сигналу

Значення автокореляції ЕГЕГ-сигналу є періодичними в часі t та затухаючою в часі (рис.2.3).

Результати спектральної обробки ЕГЕГ-сигналу у вигляді амплітудних спектрів (рис.2.4) є варіативними, що вказує на наявність в сигналі випадкової компоненти.

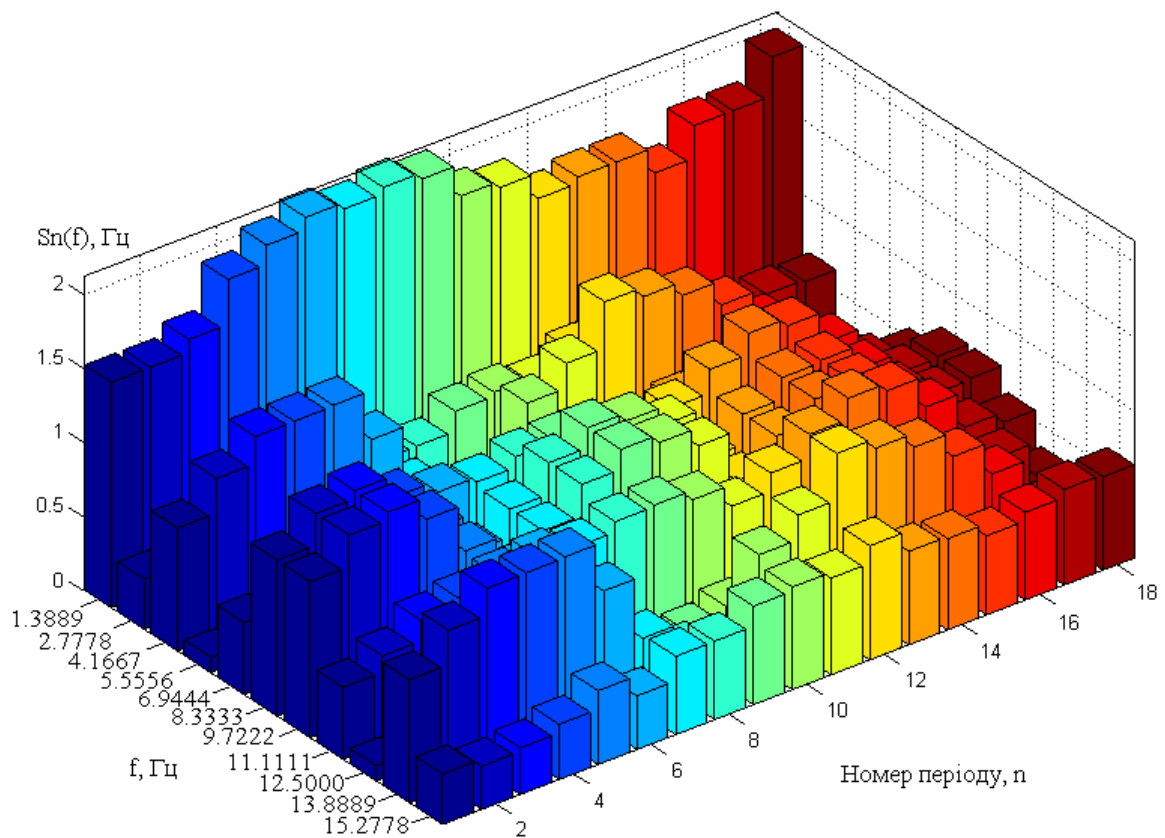


Рис. 2.4. Амплітудні спектри ЕГЕГ-сигналу

На рис. 2.4 візуально видно, що значення амплітудних спектрів для кожного періоду є змінними, що констатує випадковість, і вказує нестационарність ЕГЕГ-сигналу.

ЕГЕГ-сигнал є випадковим, що корелює із життєдіяльністю людей під впливом внутрішньо-зовнішніх факторів, тому прогнозувати його числові значення в заданий часовий момент неможливо.

Аналіз, який вище наведено дає передумови відкидання детермінованого підходу до математичного опису моделі ЕГЕГ-сигналу, а дає підстави до застосування стохастичного опису моделі ЕГЕГ-сигналу. Стохастичний опис моделі ЕГЕГ-сигналу повинен забезпечувати як стохастичність так і періодичність (рис.2.4).

Із врахування вище констатованого сформовано базові вимоги до математичної моделі ЕГЕГ-сигналу, що формуються в процесі автоматизованої комп'ютерної обробки:

- наявність властивості випадковості;

- наявність врахування властивості періодичності;

2.2 Математична модель електрогастроентерографічного сигналу

ЕГЕГ-сигнал за своєю природою є періодичним, що пов'язано із циклічним скороченням органів ШКТ в процесі його функціонування, а також випадковим через нестабільність у його роботі та впливом різного роду завад. З врахуванням сказаного модель подано у вигляді суміші адитивної корисного періодичного ЕГЕГ-сигналу та випадкових складових:

$$\xi(t) = f(t, T) \cdot n_1(t) + n_2(t), \quad (2.1)$$

де $f(t)$ - детерміновано-періодичний ЕГЕГ-сигнал з періодом T ;

$n_1(t)$ - внутрішні завади ЕГЕГ-сигналу (нестабільності у функціонуванні ШКТ, вплив функціонування інших внутрішніх органів на роботу ШКТ, тремор м'язів та інші);

$n_2(t)$ - зовнішні завади ЕГЕГ-сигналу (завади апаратури, магнітні та електричні завади).

Структура детермінованого ЕГЕГ-сигналу $f(t)$ конструктивно складається з хвиль, які мають свою амплітуду та часову тривалість (рис 2.5).

На рис.2.5. позначено через A_1 - A_4 амплітуди складових хвиль ЕГЕГ-сигналу, а через T_1 - T_4 відповідно їх часові тривалості.

Шляхом візуального аналізу встановлено, складові хвилі конструктивно подібні до пів коливань синусоїдальних хвиль з частотою $f_n = 1/T_n$, де T_n – тривалість синусоїдального коливання n -ої хвилі.

В загальній сумі n -ні хвилі $f_n(t, D_n)$, які є фазозміщеними відносно початку коливання, у своїй сукупності формують детермінований ЕГЕГ-сигнал $f(t)$.

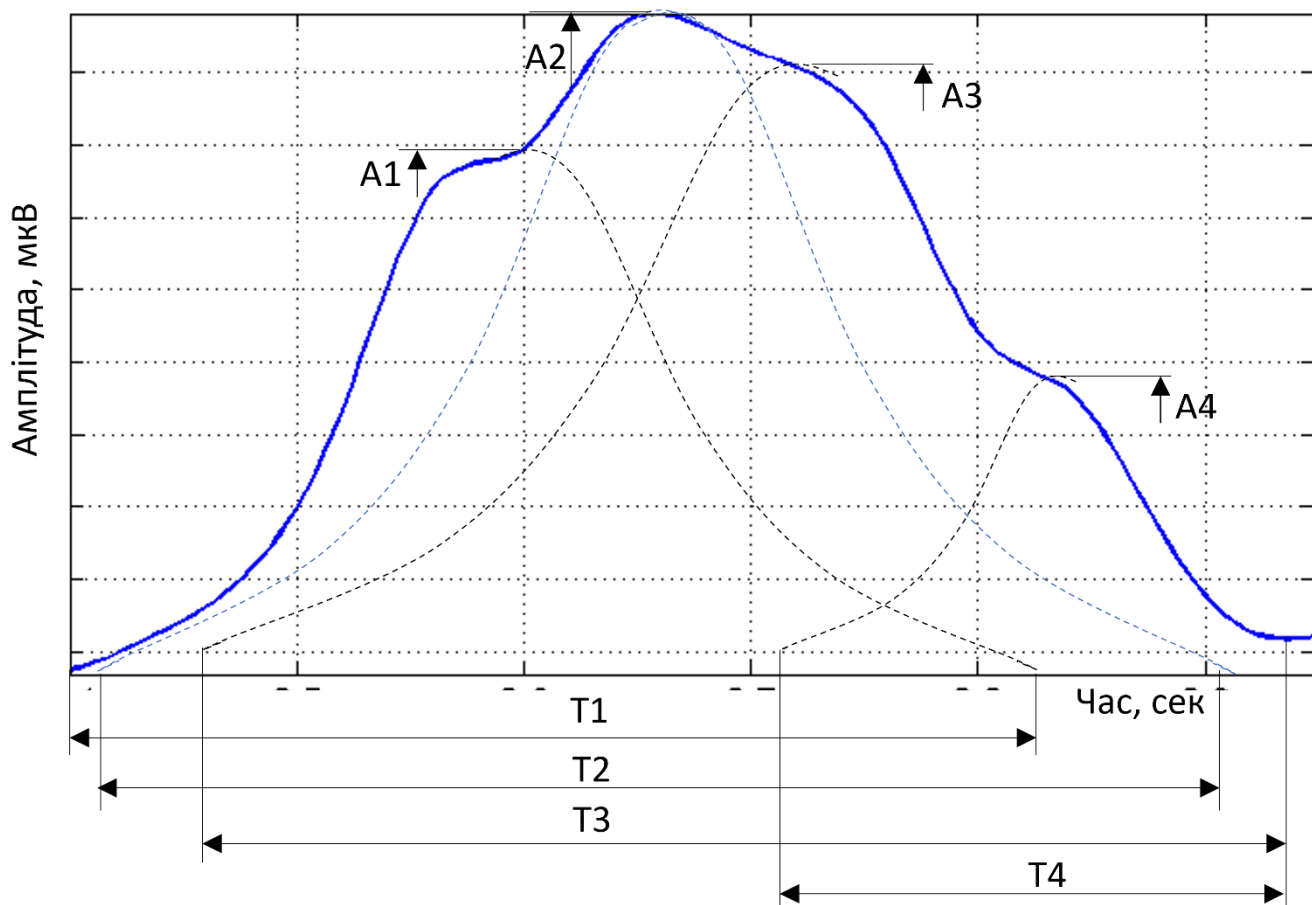


Рис.2.5. Структура детермінованого ЕГЕГ-сигналу в межах часового періоду

Вираз детермінований ЕГЕГ-сигнал $f(t)$ в межах одного j -го часового періоду подано у вигляді виразу:

$$\tilde{f}_j(t, T) = \sum_{n=1}^N f_n(t, T_n, \varphi_n), \quad t \in \mathbb{R} \quad (2.2)$$

де $f_n(t, T_n)$ - n -ий детермінований ЕГЕГ-сигнал в межах T_n часового періоду;

T_n - n -на тривалість n -ої хвилі ЕГЕГ-сигналу;

φ_n - фаза n -ої хвилі ЕГЕГ-сигналу.

Параметр фази забезпечує процес локалізації n -ої хвилі на певному місці в часовому просторі шляхом часового зсуву відносно початку часу.

n -ну хвилю детермінованого ЕГЕГ-сигналу в межах T_n періоду подано як сума напівперіодних синусоїдальних коливань у вигляді виразу:

$$f_n(t, T_n, \varphi_n) = A_n \sin(2\pi ft), \quad t \in T_n \quad (2.3)$$

де $f_n(t, T_n)$ - детермінований n -ий ЕГЕГ-сигнал в межах D_n періоду з початковою фазою φ_n .

Оскільки детермінований n -ий ЕГЕГ-сигнал є періодичний з періодом T , тому використовуючи функцію Хевісайда забезпечимо цю періодичність у вигляді виразу:

$$f(t, T) = \sum_{j=1}^M \chi_{D_j}(t) \tilde{f}_j(t, T), \quad (2.4)$$

де $\chi_{D_j}(t) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } t \in T_j \\ 0, & \text{якщо } t \notin T_j \end{cases}$ - функція Хевісайда, яка задає часову приналежність

кожної хвилі на осі часу реалізації ЕГЕГ-сигналу $T_j = [Tx_{j-1}, Tx_j)$, $Tx_0 = 0$.

T_j - j -та тривалість j -го ЕГЕГ-сигналу;

M – кількість періодів ЕГЕГ-сигналу

Підставивши вираз (2.2) в (2.4) отримано модель детермінованого ЕГЕГ-сигналу:

$$f(t, T) = \sum_{j=1}^M \chi_{D_j}(t) \sum_{n=1}^N f_n(t, T_n, \varphi_n), \quad t \in \mathbb{R}, \quad (2.5)$$

де M – кількість періодів ЕГЕГ-сигналу

M – кількість хвиль складових ЕГЕГ-сигналу в межах одного періоду.

Підставивши вираз (2.5) в (2.1) отримано вираз моделі ЕГЕГ-сигналу:

$$\xi(t) = \left(\sum_{j=1}^M \chi_{D_j}(t) \sum_{n=1}^N f_n(t, T_n, \varphi_n) \right) \cdot n_1(t) + n_2(t), \quad t \in \mathbb{R}, \quad (2.6)$$

Вираз (2.6) є математичною моделлю ЕГЕГ-сигналу, яка враховує у своїй структурі необхідні властивості, а саме періодичність та випадковість. Така модель дає підстави для розроблення методів та алгоритмів її обробки з метою отримання нової діагностичної інформації про стан ШКТ.

2.3 Технічне забезпечення наукового дослідження

Алгоритм дослідження ЕГЕГ-сигналу (рис.2.6) конструктивно складається: процес реєстрації даних ЕГЕГ-сигналу; процес виявлення діагностичної інформації із ЕГЕГ-сигналу; процес оцінювання діагностичної інформації; процес візуалізації результатів на монітор ПК.

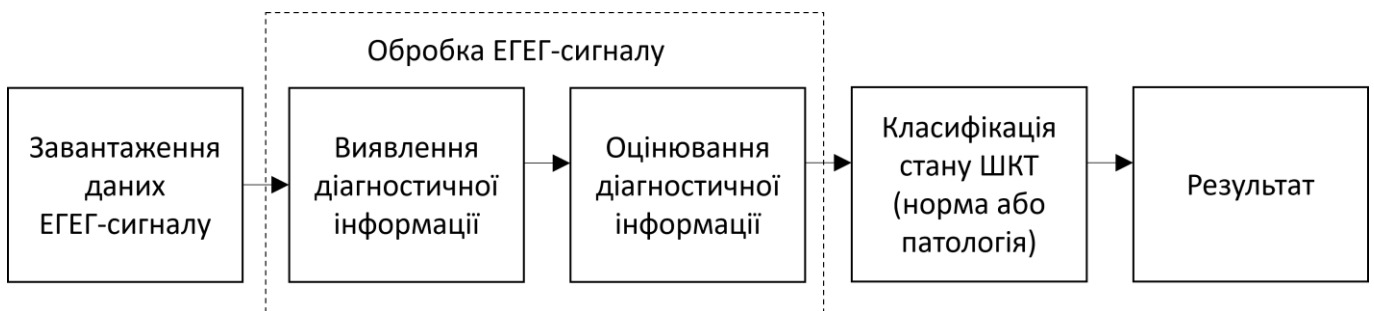


Рис. 2.6. Алгоритм дослідження ЕГЕГ-сигналу

На рис.2.6 виділено базові процеси дослідження ЕГЕГ-сигналу, зокрема:

- 1) Процес завантаження ЕГЕГ-сигналу з бази даних комп'ютерного електрогастроентерографа "Гастроскан-ГЭМ" для подальшої його обробки.
- 2) Обробка ЕГЕГ-сигналу для виявлення та оцінювання діагностичної інформації, які кількісно відображають стан ШКТ (норма/патологія).
- 3) Класифікація шляхом порівняння одержаної діагностичної інформації із даними в стані норми.
- 4) Процес візуалізації результатів обробки ЕГЕГ-сигналу у вигляді графіку та відображенням стану ШКТ на підставі класифікації.

Для одержання діагностичної інформації з ЕГЕГ-сигналу за запропонованим алгоритмом дослідження витрачається час на реєстрацію та комп'ютерну обробку. Загальний час, який затрачає лікар для розкодування ЕГЕГ-сигналу і визначення діагнозу пацієнта, залежить від різноманітності реалізацій ЕГЕГ-сигналів.

Структурна схема комп'ютерного електрогастроентерографа «Гастроскан-ГЭМ» (рис.2.7) складається 5-ти компонентів: датчик, вузол підсилення, АЦП, мікропроцесор/ПК і вузол візуалізації

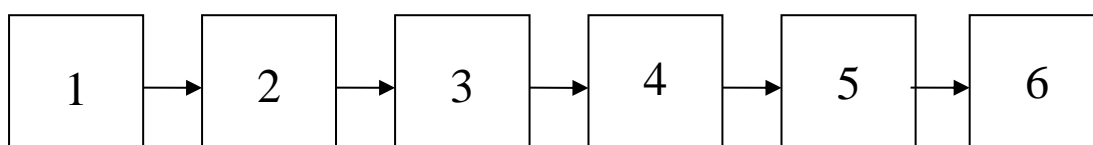


Рис. 2.7. Структурна схема комп'ютерного електрогастроентерографа
«Гастроскан-ГЭМ»

(1-органи ШКТ, 2 – датчик, 3 – вузол підсилення, 4– АЦП,
5- мікропроцесор або ПК, 6 – вузол візуалізації)

Синтез структури комп'ютерного електрогастроентерографа з урахуванням його складності дає підстави визначити складнішу форму АЦП, який складається з вузла часового дискретизації та квантування (процес дискретизації за рівнем).

За модульним принципом побудови всі мікропроцесори (МП) мають ядро процесорне, яке є однаковим для всіх МП відповідного сімейства, та змінний блок функціонування, який різнить МП від решту моделей. Розширену структуру комп'ютерного електрогастроентерографа наведено на рис. 2.8.

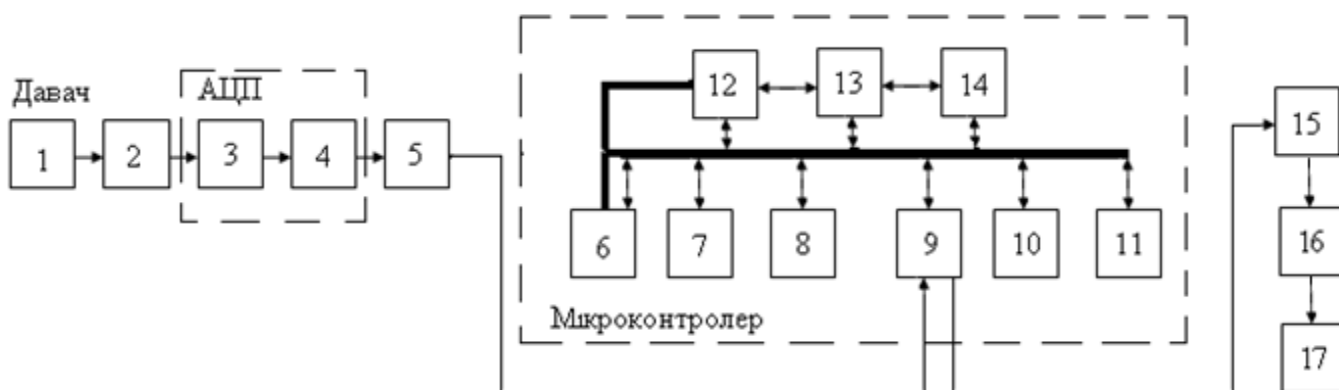


Рис. 2.8. Розширена структура комп'ютерного електрогастроентерографа

На рис.2.8 позначено: 1 – датчик сигналу, 2 – вузол підсилення, 3 – вузол часової дискретизації, 4 – вузол піанової дискретизації, 5 – вузол формування заданого рівня сигналів, 6 – вузол тактового генератора, 7 – ПЗП, 8 – оперативна пам'ять, 9 – порт виводу/вводу, 10 – вузол таймінгу, 11 – вузол додаткових модулів, 12 – вузол синхронізації, 13 – процесор центральний, 14 - вузол керування, 15 – вузол узгодження входів, 16 – ПК, 17- вузол візуалізації.

Мікропроцесор складається з:

- процесор централізований;
- магістраль внутрішньо-контрольована в складі адресного простору шин, управління та даних; вузол синхронізуючий;
- вузол режимного управління функціонування МК із врахуванням підтримки режимів низького енергоживлення, першого запуску (скидання) і інше.

Функціональний вузол МК складається з модуля пам'яті різних типів і об'ємів, портів вводу/виводу, модулів тактового генерування, таймерів. У простих МК вузол обробки переривань інтегрований до складу ядра процесора. У складних МК вузол обробки є окремим модулем з розширеними можливостями. До складу блоку вимірювання МК входять додаткові модулі, а саме: АЦП, компаратори напруги та інші.

Базовим складником МК є програмне забезпечення, яка здійснює процес керування всіма процесами, які відбуваються в МК. Програмне забезпечення МК виконує вкрай важливе завдання, як автоматична обробка ЕГЕГ-сигналів. Тому в

подальших підрозділах наведено принципи Вейвлет-обробки ЕГЕГ-сигналів з базисними функціями, які слугують основою для майбутньої реалізації алгоритмічного забезпечення автоматичної обробки.

2.4. Методи обробки електрогастроентерографічного сигналу

2.4.1. Вейвлет обробка електрогастроентерографічного сигналу

Реальні ЕГЕГ-сигнали як нестационарні сигнали складаються з короточасних високочастотних і тривалих низькочастотних компонентів, тому для їх аналізу доцільно було б застосовувати перетворення, яке б забезпечувало різні вікна для різних частот (вузькі - для високих частот і широкі - для низьких). Цим умовам відповідає вейвлет-перетворення. На вербальному рівні його можна представити як пересування деякої аналітичної функції (так званого материнського вейвлета) уздовж осі часу і її взаємодія з контрольованим сигналом. Материнськими вейвлетами можуть бути різні функції, як-то вейвлети Гауса, Шеннона, Добеши, Мейера, "мексиканський капелюх" і т. д.

Дискретна Фур'є-обробка по відношенню до неперервної вейвлет-обробки дає змогу відстежити динаміки змін гармонійних компонент ЕГЕГ-сигналу з плином часу [119].

Неперервна вейвлет-обробка ЕГЕГ-сигналу визначається як добуток скалярний вихідного ЕГЕГ-сигналу $\xi(t)$ і базисної вейвлет-функції $\psi_{b,a}(t)$:

$$W(b,a) = \langle \xi(t), \psi_{b,a} \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} \xi(t) \psi_{b,a}^*(t) dt, \quad b \in \mathbb{R}, \quad a \in \mathbb{R}^+, \quad (2.7)$$

де $W(b,a)$ – коефіцієнти вейвлет;

b, a – параметри зсуву по часовій шкалі та масштабу;

оператор $*$ – комплексне сполучення.

Базисні вейвлет-функції $\psi_{b,a}(t)$ формуються шляхом операцій часового зсуву та масштабування базисної вейвлет-функції та відповідні взаємозв'язані з нею співвідношення:

$$\psi_{b,a} = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right). \quad (2.8)$$

$\psi_{b,a}(t)$ - базисні вейвлет-функції, як *psi*-функції часу з спектральним Фур'є-образом та нульовим показником інтегралу і $\psi_{b,a}(\omega)$. Ця функція називаються вейвлетом та виокремлюють локальні властивості сигналу. Як вейвлети переважно обирають функції, які є добре локалізованими і в часовій, та в частотній областях.

При обробці числових даних ЕГЕГ-сигналу на ПК виконується дискретизована версія неперервної вейвлет-обробки із заданими дискретними показами параметра a та b вейвлетів з дискретністю Δa та Δb . Результатом обробки є велике число коефіцієнтів, що в багато разів перевершує число відліків ЕГЕГ-сигналу, яке в подальшому не потребує реконструкції/відновлення.

Дискретна вейвлет-обробка ЕГЕГ-сигналу формує достатню кількість діагностичної інформації для обробки сигналу та його синтезу зберігаючи при цьому показники економності за кількістю операцій та необхідної пам'яті.

2.4.2 Вейвлет обробка в базисі Гауса

Процедуру вибору базису вейвлет ψ повинна здійснюватися на базі подібності форми ЕГЕГ-сигналу від дефекту і вейвлета материнського.

Найпростішою функцією базису-Вейвлет є функція Гауса. Базисна вейвлет-функція Гауса описується виразом:

$$\psi(t) = (-1)^n \frac{d^n}{dt^n} e^{-\frac{t^2}{2}}, \quad (2.9)$$

де n – порядок базисної функції Гауса.

Наведено випадок розкладу вейвлета Гауса в базисі Фур'є. Якщо спектр ЕГЕГ-сигналу має вигляд:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) e^{-j\omega t} dt, \quad (2.10)$$

то трансформації Фур'є базисної функції Гауса має вигляд:

$$S_H(\omega) = \int_0^{1/2} e^{-j\omega t} dt - \int_{1/2}^1 e^{-j\omega t} dt = \frac{2je^{-0.5j\omega} - j(1 + e^{-j\omega})}{\omega} = \frac{e^{-0.5j\omega} \cdot j4 \sin^2\left(\frac{\omega}{4}\right)}{\omega}, \quad (2.11)$$

а Фур'є трансформація функції має вигляд:

$$\psi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (2.12)$$

$$S_{\psi_{ab}}(\omega) = S_{\psi_{a0}}(\omega) \cdot e^{-j\omega b} = \frac{|a|}{\sqrt{|a|}} S_{\psi}(a\omega) e^{-j\omega b} = \sqrt{|a|} \frac{e^{-0.5j\omega} \cdot j4 \sin^2\left(\frac{a\omega}{4}\right)}{a\omega} e^{-j\omega b}, \quad (2.13)$$

Відносну апроксимаційну помилку при розкладі вейвлет Гауса ψ_{ab} в Котельниковий ряд описано виразом:

$$\eta(\omega_U) = \frac{\|s_{i0}\|}{\sqrt{E_{\psi_{ab}}}} = \sqrt{1 - \frac{2}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n \cdot (a\omega_U)^{2n+3}}{(2n+4)! \cdot (2n+3)} \cdot \left(1 - \frac{1}{2^{2n+2}}\right)}, \quad (2.14)$$

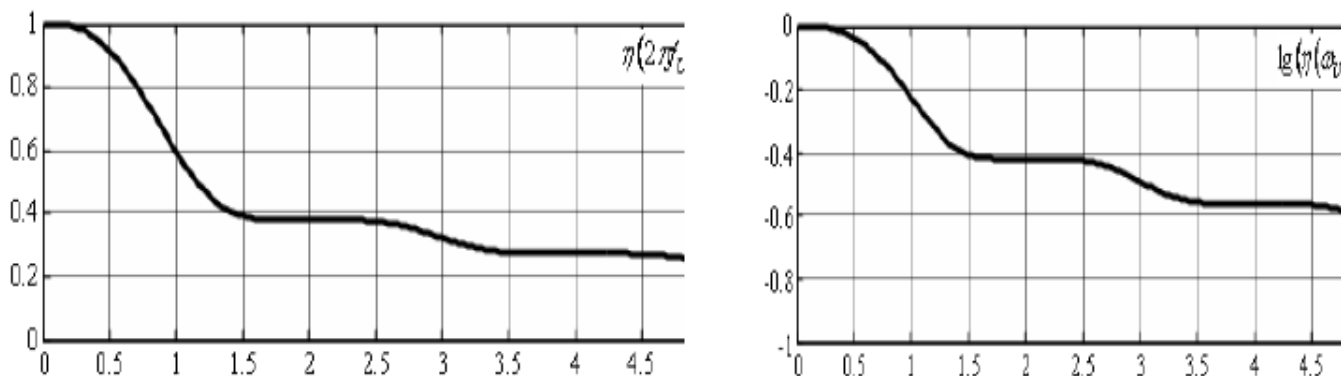


Рис.2.9. Апроксимаційні помилки базисної функції Вейвлет

Наведено результати аналізу спектральних властивостей базисної функції вейвлет Гауса різного порядку та їх роздільні здатності залежно від значень масштабів. На рис. 2.10 показано базисні функції вейвлет Гауса 8-ого порядку з двома різними значеннями масштабів $a = 6; 20$.

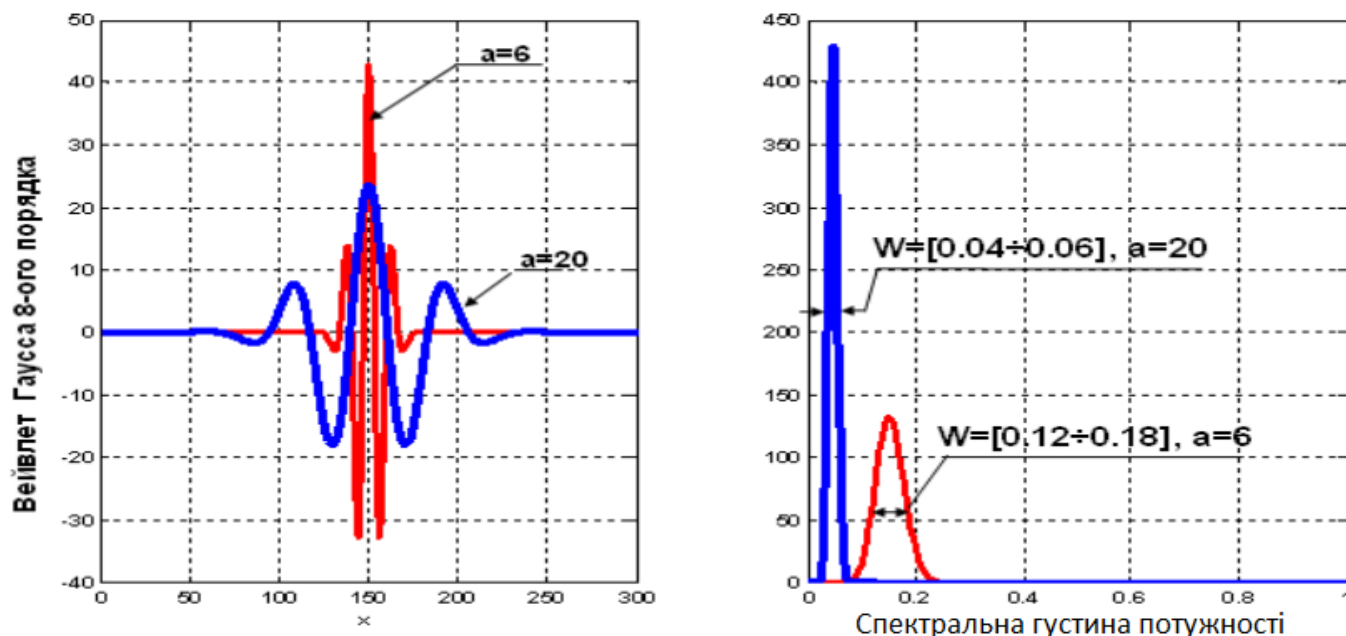


Рис.2.10. Базисна функція Гауса (8-ий порядок)

На рис. 2.10 спостерігається, що при меншому значенні масштабу локалізація базисної функції вейвлету є в високочастотній області із збільшеною W -ефективною шириною спектру, яка трактується як діапазон частот простору в якому спектральна потужність перевищує половину її максимуму.

На рис. 2.11 показано характер варіації ефектної ширини спектру базисної функцій вейвлет Гауса першого і восьмого порядків при зміні значення масштабів.

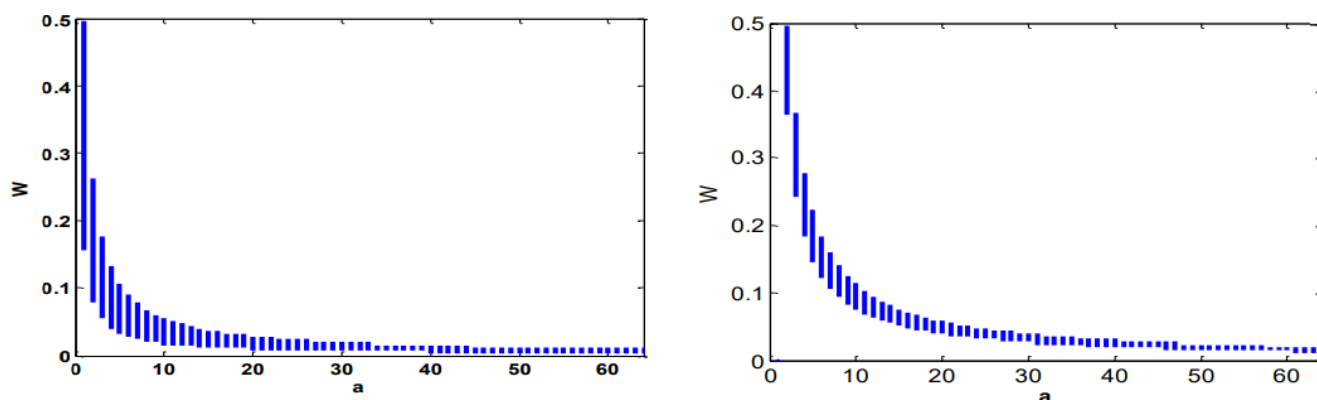


Рис.2.11. Характер варіації ширини спектру базису Гауса

Функції Вейвлет при різних значеннях масштабів відповідає певний діапазон частоти, при прирості значень масштабу діапазон зменшується. При збільшенні порядку вейвлету роздільна здатність за частотою є забезпеченою.

2.4.3 Вейвлет обробка в базисі мексиканського капелюха

Поруч з функціями розривними, подібними вейвлету Хаара, можна застосовувати і безперервні вейвлети, розробивши на їх базі повні аналогічні перетворення Фур'є. Як приклад цієї функції слугує вейвлет «сомбреро» (мексиканський капелюх)

МНАТ-вейвлет (Mexican HAT - «Мексиканський капелюх») - функція вейвлет отримується двотактним диференціюванням Гаусової функції:

$$\psi(t) = \frac{d^2}{dt^2} e^{-\frac{t^2}{2}} = (1-t^2)e^{-\frac{t^2}{2}}, \quad (2.15)$$

є другою похідною гаусового імпульсу $g(t) = e^{-\frac{t^2}{2}}$. Розглянуто трансформацію Фур'є вейвлет-функції. Трансформація Фур'є гаусового імпульсу має подання:

$$S_G(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} \cdot e^{-j\omega t} dt = \sqrt{2\pi} e^{-\frac{\omega^2}{2}}, \quad (2.16)$$

Апроксимаційну помилку при розкладі вейвлет мексиканського капелюха відображено на рис. 2.12.

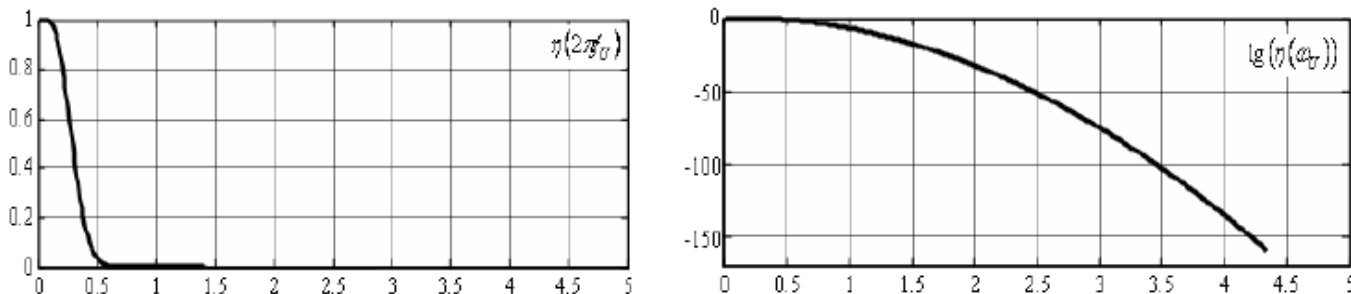


Рис. 2.12. Апроксимаційна помилка мексиканської шляпи

Приклад базисної функції «Мексиканський капелюх» зображено на рис. 2.13.

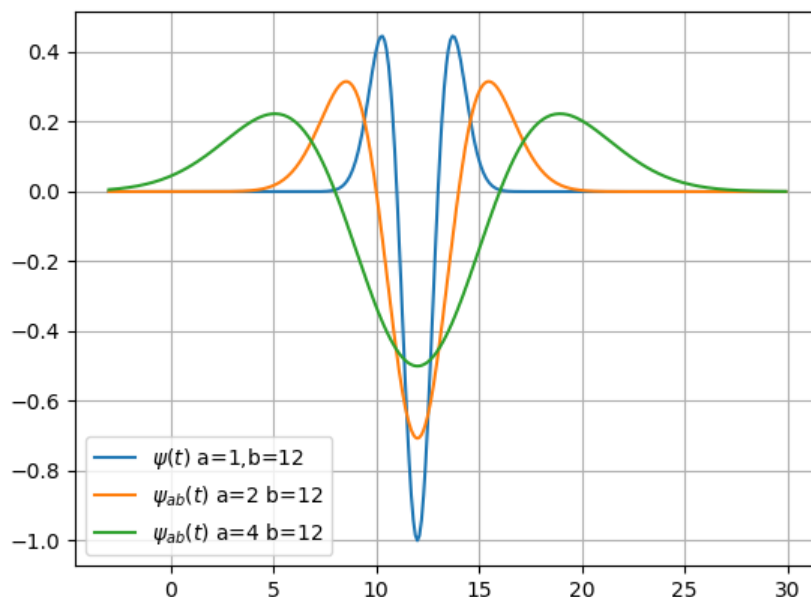


Рис.2.13. Базисна функція «Мексиканський капелюх»

Мексиканський капелюх за структурою є подібний до ЕГЕГ-сигналу, тому їх кореляцію проводити актуально.

2.4.4 Вейвлет обробка в базисі Мейєра

Вейвлети Мейєра — ортонормовані вейвлети з необмеженою диференціацією, які добре локалізовані і спадають від свого центрального піку швидше, ніж будь-який зворотний поліном. Швидке вейвлет-перетворення може уподібнити вейвлет-перетворення Мейєра, а дискретне вейвлет-перетворення здатне до застосування.

Вираз базисної функції Мейєра подано у вигляді:

$$\psi_{ab}(t) = 2^{-a/2} \psi(2^{-a}t - b), \quad m, n \in \mathbb{Z}, \quad (2.17)$$

Базисна функція Мейєра утворює ортонормований базис для $L^2(\mathbb{R})$. Вигляд функції базисної Мейєра зображено на рис.2.14.

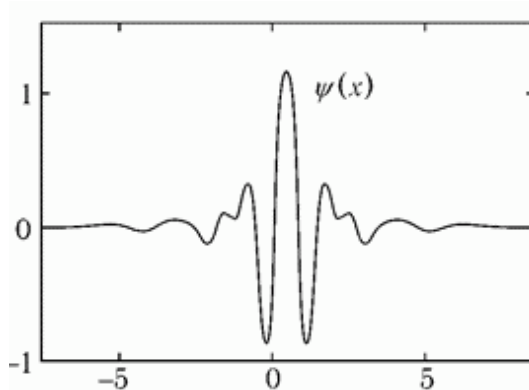


Рис.2.14. Базисна функція Мейєра

Функція базису Мейера також за структурою є подібною до ЕГЕГ-сигналу, тому їх кореляцію також проводити є актуальним.

Сплески Мейера не є за структурою як гладкими як базис Хаара тому, що базисна сплеск-функція не прямує до 0 за межами деякого відрізка (проте і стрімко прямує до 0).

2.5 Алгоритмічне забезпечення обробки електрогастроентерографічного сигналу

2.5.1 Базис Гауса

В ядрі Вейвлет обробки ЕГЕГ-сигналу з базисною функцією Гауса покладено блок-схему, яку наведено на рис.2.15.

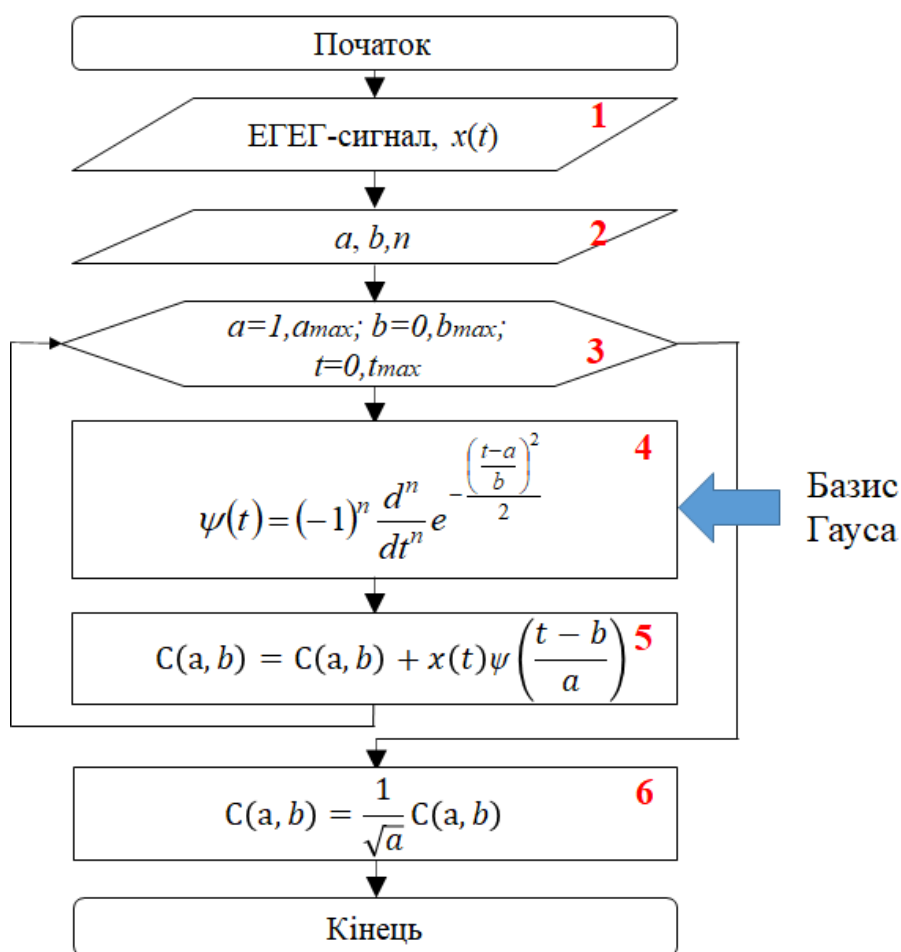


Рис.2.15. Блок-схема вейвлет обробки ЕГЕГ-сигналу з базисною функцією Гауса

В ядрі блок-схеми (рис.2.15) є процедура вводу коефіцієнтів $a=1, a_{max}$, $b=1, b_{max}$, порядку базису n , часового діапазону $t=0, t_{max}$ та визначення значень функції вейвлету Гауса $\psi(t)$ та вейвлет-коефіцієнтів $C(a,b)$ в циклах a, b, t .

Застосування цього базису за суттю означає перехід від спектральної обробки до масштабної, тобто здійснюється обробка із використанням "стандартної" матфункції, яка є змінною по масштабі і зсуві на вказану величину.

2.5.2 Базис мексиканського капелюха

Ядром вейвлет обробки ЕГЕГ-сигналу на основі базисної функції Мексиканської шляпи закладено блок-схему, яку відображено на рис.2.16.

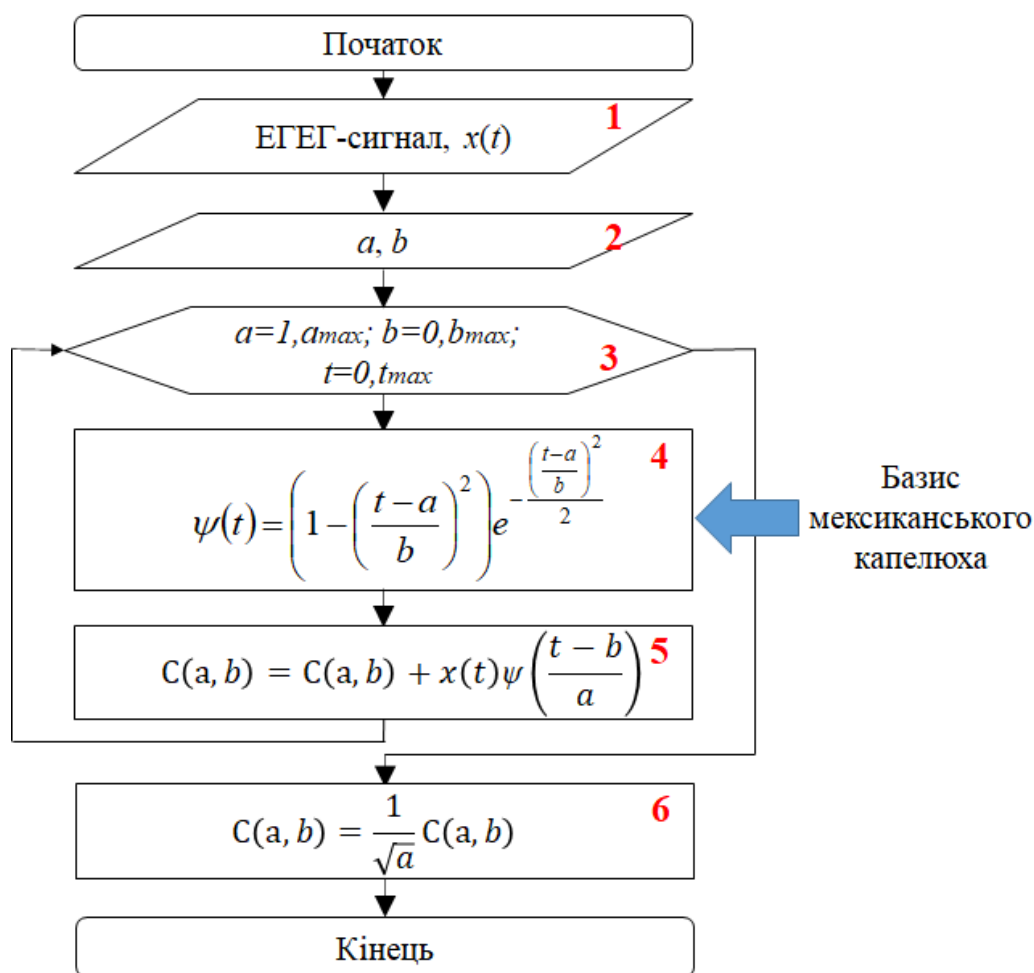


Рис.2.16. Блок-схема вейвлет обробки ЕГЕГ-сигналу з базисною функцією мексиканського капелюха

При порівнянні блок-схем Гауса з мексиканським капелюхом є відмінність лише у блоці 4 на рис.2.15-2.16. Така відмінність виникає лише через зміну базисної функції.

2.5.3 Базис Мейера

В ядрі вейвлет обробки ЕГЕГ-сигналу є базисна функція Мейера, а його блок-схему обробки наведено на рис.2.17.

У блок-схемі обробки на рис.2.17 у порівнянні із блок-схемами на рис.2.15-2.16 відмінність полягає лише у базисних функціях.

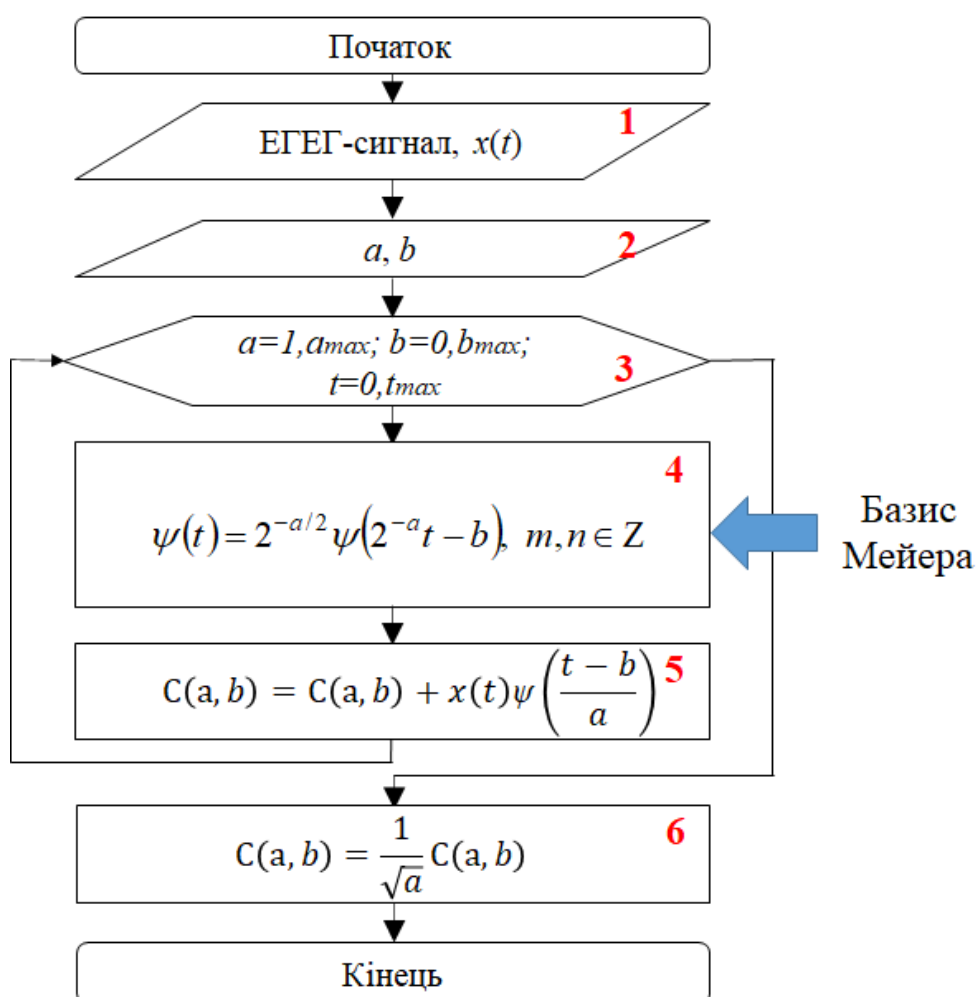


Рис.2.17. Блок-схема вейвлет обробки ЕГЕГ-сигналу в базисі Мейера

Розроблене алгоритмічне забезпечення, а саме блок-схеми обробки ЕГЕГ-сигналів дають змогу синтезувати програмне забезпечення обробки ЕГЕГ-сигналів як автоматизованої у складі комп'ютерних електрогастроентрографів.

2.6 Висновки до розділу 2

У відповідності до проведеного аналізу властивостей електрогастроентерографічного сигналу та його конструктивного аналізу розроблено математичну модель у вигляді мультиплікативно-адитивної суміші детерміновано-періодичного сигналу та завад внутрішніх та зовнішніх. Модель детерміновано-періодичного електрогастроентерографічного сигналу подано у вигляді адитивної суміші часозсунутих по фазі напівперіодних синусоїдальних коливань з заданими параметрами часу та тривалості. Така модель відображає усі властивості реальних електричних сигналів на поверхні людини, які генерують органи ШКТ під час свого функціонування.

Проаналізовано структурну комп'ютерного електрогастроентерографа зі сторони його складності. Розроблено методи обробки електрогастроентерографічних сигналів на основі вейвлетів з базисними функціями Гауса, Мейера та мексиканського капелюха, які за формами та характеристиками є подібними в деякому наближенні до реальних електрогастроентерографічних сигналів. На базі методів розроблено блок-схеми обробки електрогастроентерографічних сигналів як основи розроблення скрипту програмного забезпечення комп'ютерних електрогастроентерографів.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОГАСТРОЕНТЕРОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ ТА ЙОГО РЕЗУЛЬТАТИ

3.1. Блок-схема програмного забезпечення обробки електрогастроентерографічних сигналів

Враховуючи специфічність автоматизованої обробки та структуру блок-схем вейвлет обробки ЕГЕГ-сигналів, розроблено блок-схему програмного забезпечення комп'ютерних електрогастроентерографів, яке забезпечує автоматизацію обробки ЕГЕГ-сигналів (рис. 3.1).

Розроблена блок-схема апріорно базувалася на базових вимогах при її розробці:

- Завантаження ЕГЕГ-сигналів;
- Вейвлет обробка в базисі Хаара;
- Вейвлет обробка в базисі мексиканської шляпи;
- Вейвлет обробка в базисі Гауса;
- Вейвлет обробка в базисі Морле;
- Вейвлет обробка в базисі Мейера;
- Задання часового діапазону обробки ЕГЕГ-сигналу;
- Задання даних частоти дискретизації ЕГЕГ-сигналу;
- Візуалізація даних ЕГЕГ-сигналу та результатів обробки.

Відповідно до блок-схеми на рис.3.1 відбувається опитування команд від елементів керування щодо виконання однієї з вищі перерахованих операцій. Після вибору команди відбувається процес її підпрограмного виконання у відповідності до розробленого скрипту.

У випадку вибору команди щодо вейвлет-обробки відбувається процедура вибору базисної функції, а саме Гауса, Мейера чи мексиканської шляпи. Після успішного вибору базису здійснюється процес вейвлет обробки ЕГЕГ-сигналу у відповідності до вибраного базису. Після завершення обробки здійснюється

процедура візуалізації результатів обчислення у вигляді 2D та 3D графіків, які відображають на дисплеї графічно діагностичну інформацію щодо стану ШКТ.

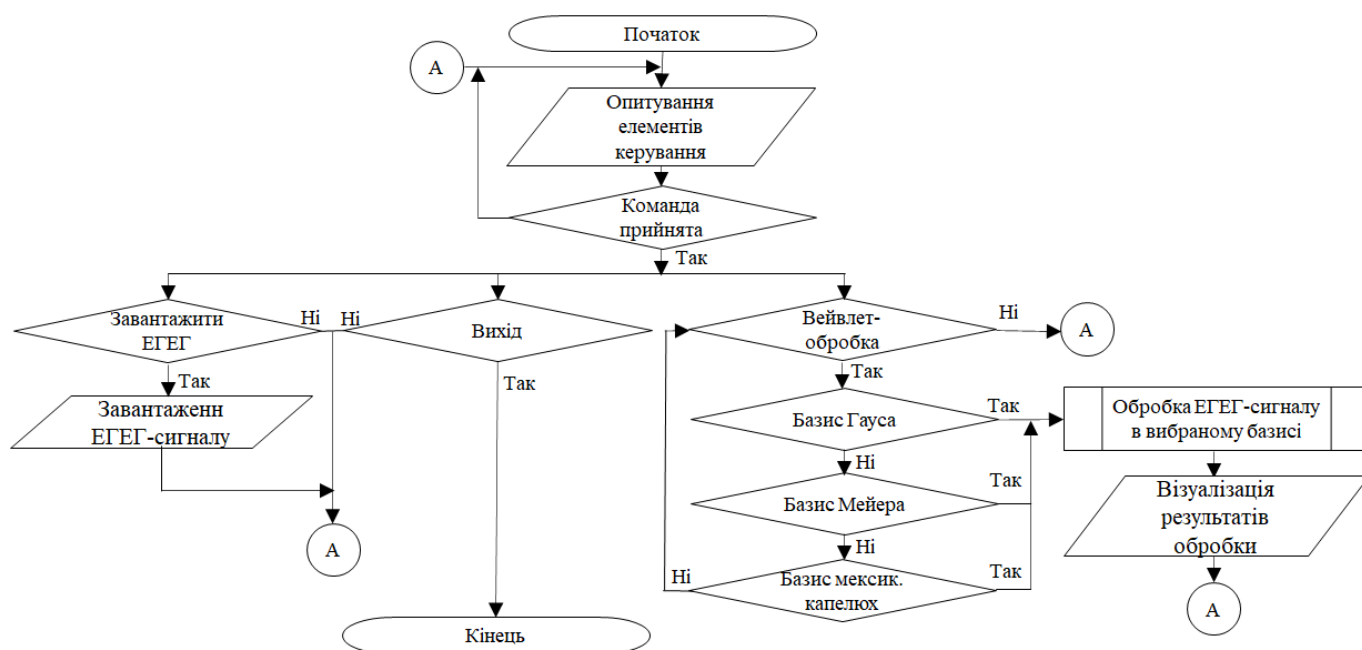


Рис. 3.1. Блок-схема програмного забезпечення комп'ютерних електрогастроентрографів

Базуючись блок-схемою на рис.3.1 здійснено процес розробка програмного забезпечення відповідних підпрограм для автоматизації процесу обробки ЕГЕГ-сигналів на вейвлетів із відповідними базисними функціями (базисами).

3.2 Програмне забезпечення Вейвлет-обробки електрогастроентерографічних сигналів

На початку коду програмного забезпечення обробки ЕГЕГ-сигналу здійснюється очищення усієї пам'яті ПК, зокрема локальних та глобальних змінних у відповідності до коду в середовищі MATLAB:

```
clear all;
```


Під змінні `norma_EGEG` та `patalog_EGEG` завантажується масив даних ЕГЕГ-сигналів людей зі станами фізнорми та фізпатології:

```
%Завантаження ЕГЕГ-сигналу
norma_EGEG=load('Gastro_norma.txt');
patalog_EGEG=load('Gastro_patalog.txt');
```

Під призначену змінну `fd` записуємо параметр частоти дискретизації 250 Гц, яка визначається апаратно комп'ютерним електрогастроентерографом:

```
% Параметр частоти дискретизації
fd=250;    % Параметр частоти дискретизації ЕГЕГ-сигналу
```

Для візуалізації даних ЕГЕГ-сигналу в часовій залежності здійснюємо формування шкали часу під змінну `t_EGEG`:

```
% Часовий простір ЕГЕГ-сигналу
t_EGEG =(0:(length(norma_EGEG)-1))./fd;    % Часова вісь
```

Після формування масиву часових показників здійснюємо відображення даних ЕГЕГ-сигналу на дисплей як часо-амплітудну залежність згідно коду:

```
% Візуалізація ЕГЕГ-сигналу
figure(1)                % Вибір фігури візуалізації
subplot(2,1,1)           % Фреймовий розподіл на зону 2 на 1 та вибрано 1-шу
plot(t_EGEG, norma_EGEG); % Візуалізація ЕГЕГ-сигналу як амплітуда/час
grid on;                 % Візуалізація сітки на графіку
axis tight;              % Максимальне розтягування візуалізованого ЕГЕГ
ylabel('Амплітуда, мкВ'); % Надпис під віссю ординат
xlabel('Час, сек');      % Надпис під віссю абсцис
```

```

subplot(2,1,2)           % Фреймовий розподіл на зону 2 на 1 та вибрано 2-гу
plot(t_EGEG, patalog_EGEG); % Візуалізація ЕГЕГ-сигналу як амплітуда/час
grid on;                 % Візуалізація сітки на графіку
axis tight;              % Максимальне розтягування візуалізованого ЕГЕГ
ylabel('Амплітуда, мкВ'); % Надпис під віссю ординат
xlabel('Час, сек');      % Надпис під віссю абсцис

```

Завантаженні дані ЕГЕГ-сигналу піддаємо Вейвлет-обробці з обрано базисною функцією Гауса, Мейера та максиканської шляпи. Також передбачено для програми і вибір інших базисних функцій. В середовищі Matlab для реалізації вейвлет-обробки застосовано команду бібліотеки середовища Wavelet Toolbox, а саме функцію cwt. Опис функції вейвлет-обробки cwt:

```
S=cwt(X, scale, 'name') % вейвлет обробка ЕГЕГ-сигналу X
```

Функція cwt реалізовує вейвлет-обробку ЕГЕГ-сигналу і формує дані масиву зі спектральними коефіцієнтами Вейвлет-перетворення.

Вхідні дані для функції cwt є такими:

name – назва базисної вейвлет-функції;

scale - значення масиву масштабних значень базисної функції.

Для вейвлет-обробки ЕГЕГ-сигналу під параметром name необхідно застосовано різні назви, для реалізації базисів Хаара, Гауса, Добеші, Мейера, Мексиканського капелюха та Морле шляхом задання змінної k від 1 о 6:

```

if k==1 name='morl'; end; % Морле
if k==2 name='haar'; end; % Хаара
if k==3 name='mexh'; end; % Мексиканський капелюх
if k==4 name='gaus4'; end; % Гауса
if k==5 name='meyr'; end; % Мейера
if k==6 name='shan4'; end; % Добеші

```

Код обробки ЕГЕГ-сигналу із застосуванням перетворення Вейвлету з подальшим перетворенням Фур'є для трансформації областей з часової в частотну при різних масштабах часу k:

```

maxu=30; % Величина зсуву
m=0; % Номер зсуву
for u=1:1: maxu % Масштабний зсув
    m=m+1; % Приріст номеру зсуву на 1
    if k==2 name='haar'; end; % Вибір Хаара
    if k==3 name='mexh'; end; % Вибір мексиканського капелюха
    if k==1 name='morl'; end; % Вибір Морле
    if k==4 name='gaus4'; end; % Вибір Гауса
    if k==5 name='meyr'; end; % Вибір Мейера
    if k==6 name='shan4'; end; % Вибір Добеші
    WP_norm(m,:)=fft(cwt(norma_EGEG,k,name)); % Вейвлет-коефіцієнти ЕГЕГ 1
    WP_norm(m,:)= abs(WP_norm(m,:)); % Спектр вейвлет-коефіцієнтів ЕГЕГ 1
    WP_pat(m,:)=fft(cwt(patalog_EGEG,k,name)); % Вейвлет-коефіцієнти ЕГЕГ 2
    WP_pat(m,:)= abs(WP_pat(m,:)); % Спектр вейвлет-коефіцієнтів ЕГЕГ 2
end;

```

Операцією циклічності for задано масштабні значення від 1 до maxu під локальною зміною u та в циклі обчислюємо масиви коефіцієнтів Вейвлетів під WP_norm ЕГЕГ-сигналу для норми та WP_pat при патологічному стані.

Обчислені дані коефіцієнтів спектрів вейвлет для обраних базисів візуалізуються на дисплеї у вигляді графіку 3D:

```

% Візуалізація вейвлетів обраного базису
figure(2); % Вибір фрейму для візуалізації
subplot(2,1,1) % Фреймовий розподіл на зону 2 на 1 та вибрано 1-го
surf(WP_norm(:,1:50)); % Візуалізація вейвлет-обробки ЕГЕГ-сигналу

```

```

grid on; % Візуалізація сітки на графіку
axis tight; % Максимальне розтягування візуалізованого вейвлету
ylabel('Масштаб'); % Надпис під віссю ординат
xlabel('Зсув часовий'); % Надпис під віссю абсцис
zlabel('Значення спектрів Вейвлет '); % Підпис осі аплікату
subplot(2,1,2) % Фреймовий поділ на зону 2 на 1 та вибрано 2-ий
surf(WP_pat(:,1:50)); % Візуалізація спектрів вейвлет
ylabel('Масштаб'); % Надпис під віссю ординат
xlabel('Зсув часовий'); % Надпис під віссю абсцис
zlabel('Значення спектрів Вейвлет '); % Підпис осі аплікату

```

Використовши розроблене програмне забезпечення проведено обробку експериментальних ЕГЕГ-сигналів.

Результати обробки ЕГЕГ в базисі Гауса зображено на рис.3.2.

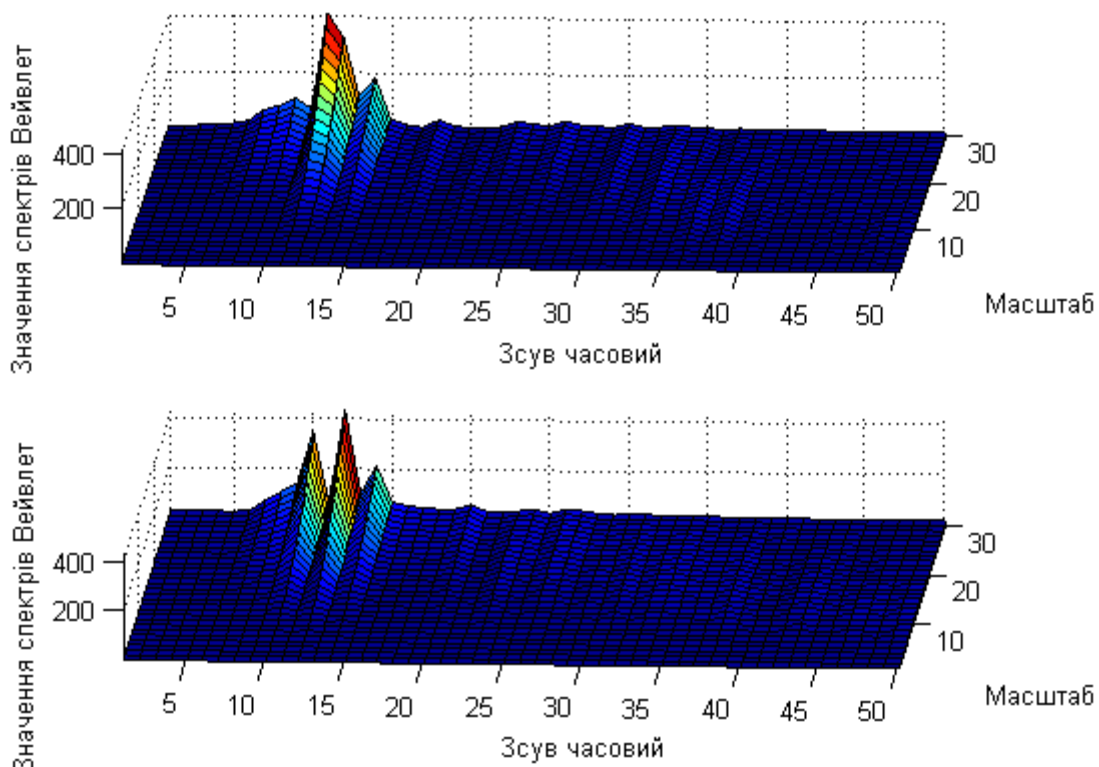


Рис.3.2. Результати обробки ЕГЕГ в базисі Гауса

Результати обробки ЕГЕГ в базисі Мейере зображено на рис.3.3.

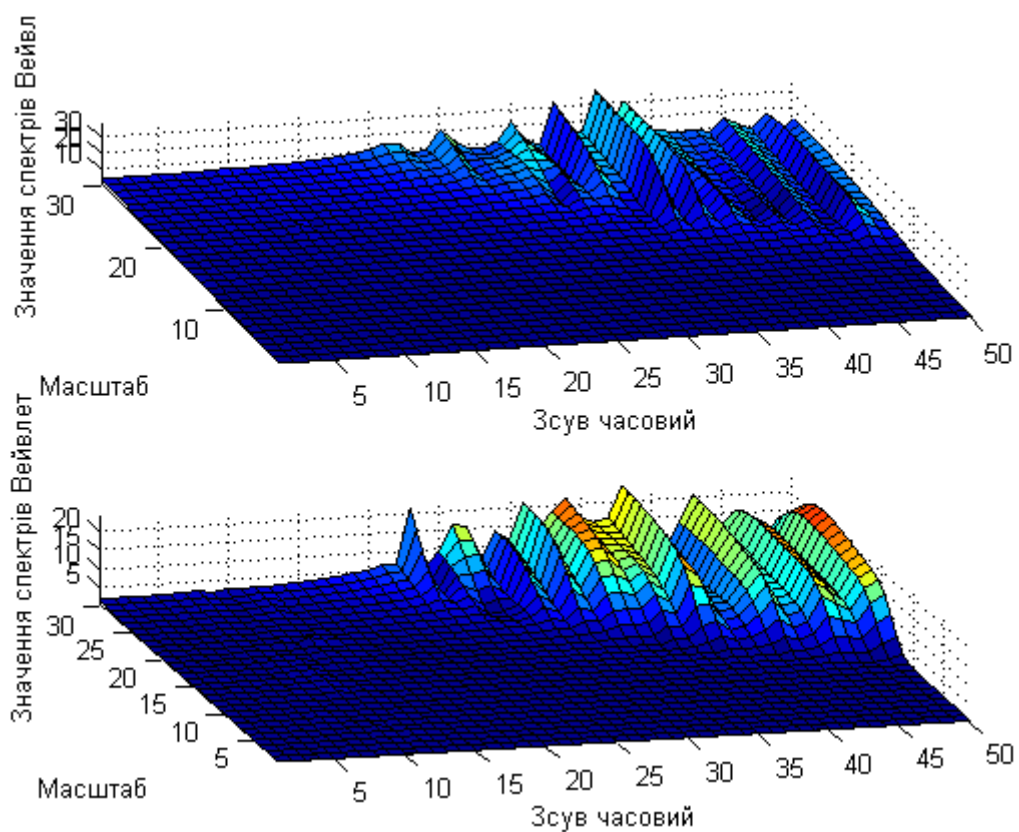


Рис.3.3. Результати обробки ЕГЕГ в базисі Мейєра

Результати обробки ЕГЕГ в базисі мексиканського капелюха зображено на рис.3.3.

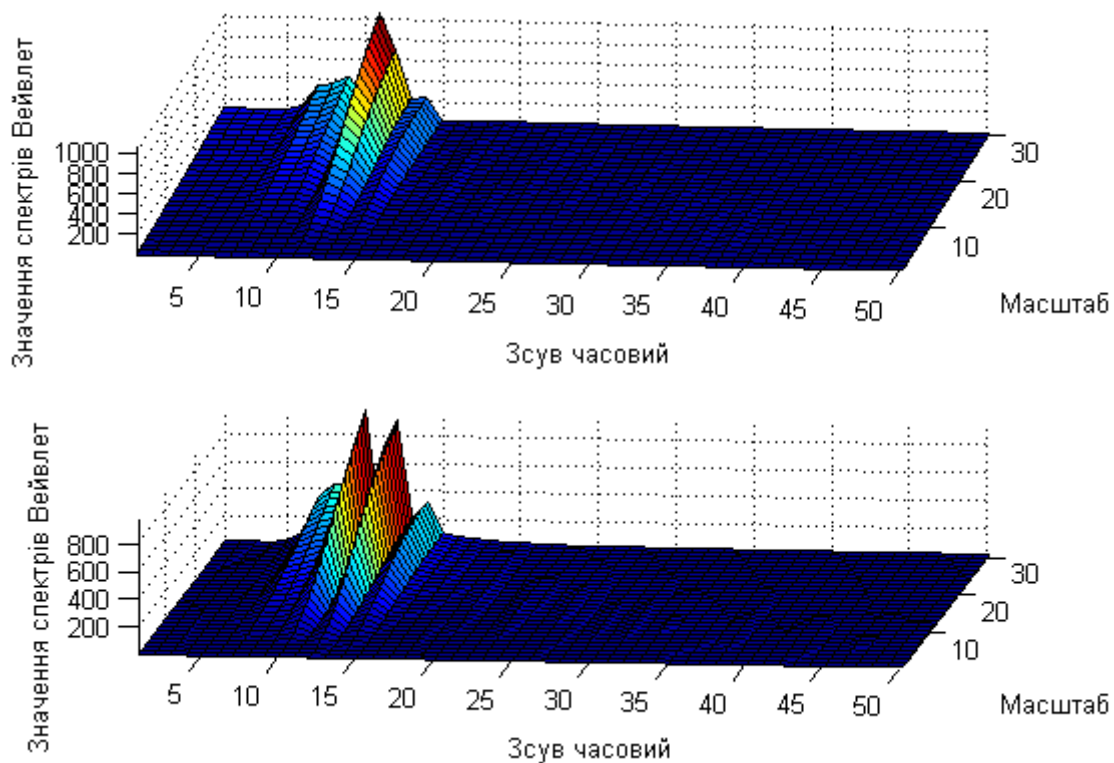


Рис.3.4. Результати обробки ЕГЕГ в базисі мексиканського капелюха

Спектрограми обробок ЕГЕГ для різних базисів зображено на рис.3.5.

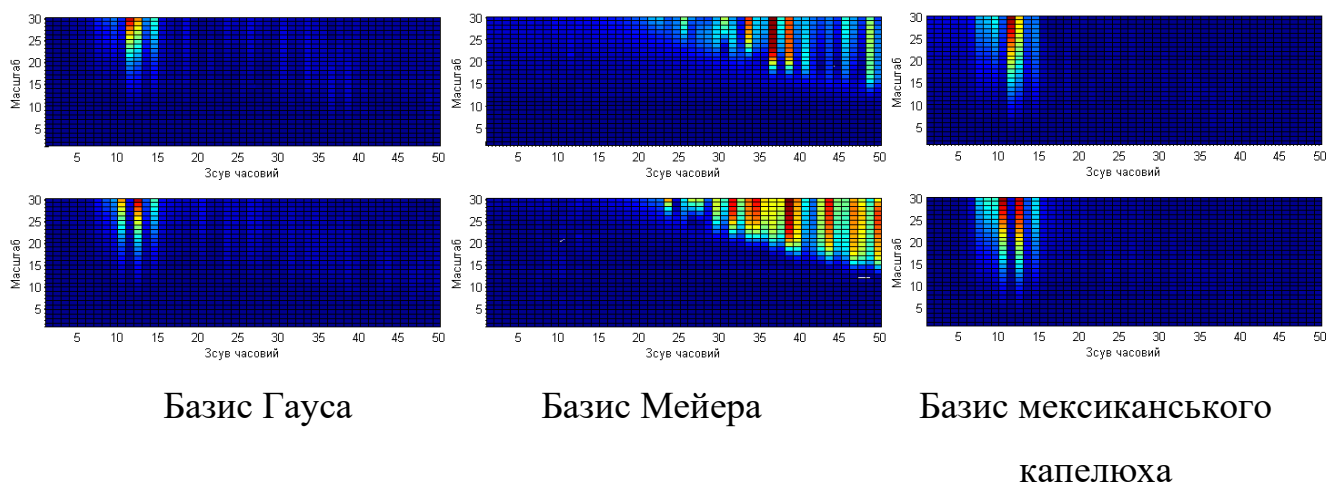


Рис.3.5. Спектрограми обробок ЕГЕГ-сигналів людей з нормою та патологією

За результати обробок ЕГЕГ-сигналів видно, що базиси за локалізаціями є майже ідентичними, проте інформаційно діагностичними щодо змін у роботі ШКТ. Обробка ЕГЕГ із використанням базису Мейера дає результат, який чітко відображає зміну інтенсивностей компонент вейвлетів в стані патології по відношенню до норми із збереженням незмінної (інваріантної) структури вейвлет спектрів.

З метою проведення кількісного оцінювання показників вейвлет спектрів використано відомий з ряду робіт науковців кафедри біотехнічних сигналів, зокрема Хвостівського М.О. [61], Дедів Л.Є., Дозорського В.Г., Паляниці Ю.Б. критерій усереднення спектрів за часовими зсувами у відповідності до виразу:

$$\hat{Y}(a,b) = M_b \{W(a,b)\}. \quad (3.1)$$

Реалізації усереднених вейвлет спектрів ЕГЕГ-сигналів наведено на рис.3.6. Усереднені компоненти дадуть змогу візуалізувати кількісно динаміку зміни усереднених спектрів, які кількісно відображають зміни у роботі ШКТ.

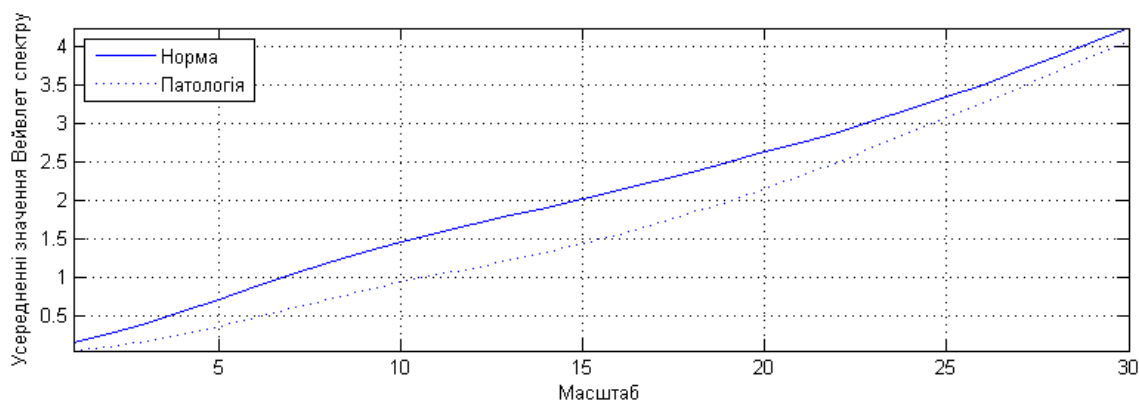


Рис.3.6. Усереднені вейвлет спектри ЕГЕГ-сигналів в базисі Гауса

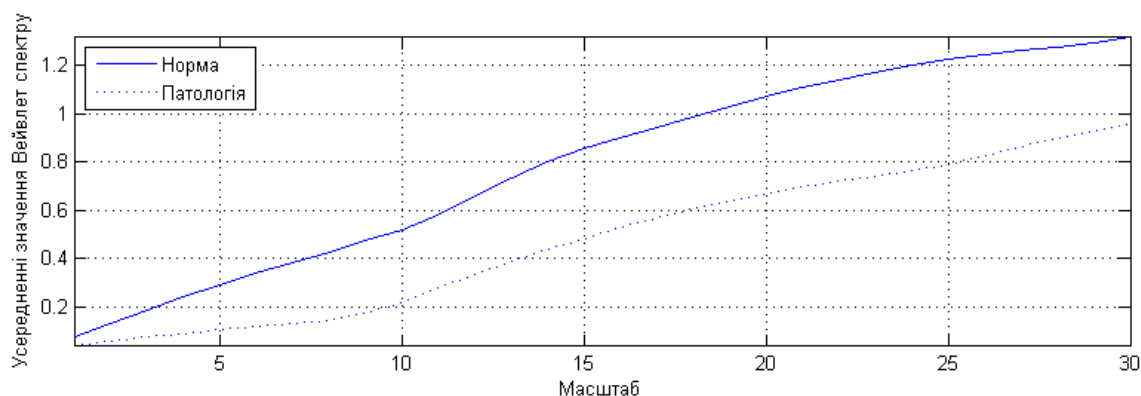


Рис.3.7. Усереднені вейвлет спектри ЕГЕГ-сигналів в базисі Мейера

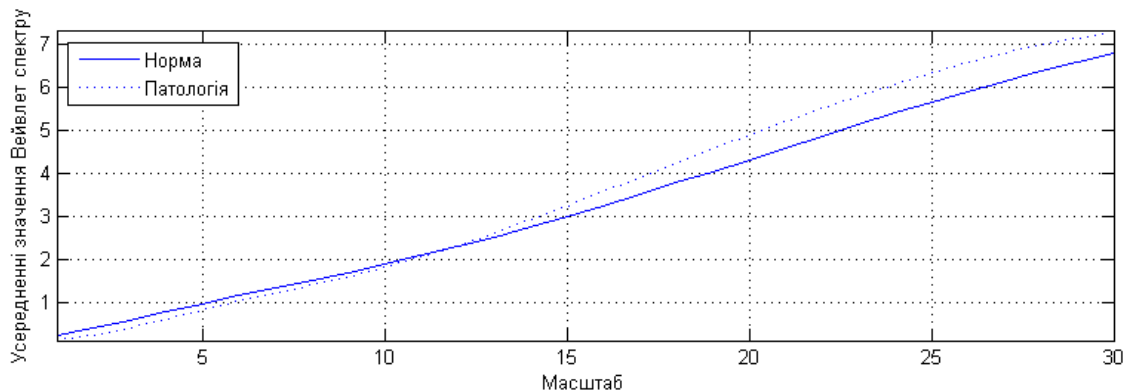


Рис.3.8. Усереднені вейвлет спектри ЕГЕГ-сигналів в базисі мексиканського капелюха

На рис.3.6-3.8 візуально спостерігається що, значення усереднених спектрів ЕГЕГ-сигналів для людей різних станів мають подібні форми, однак стану патології по відношенню до норми проявляється негативним приростом значень, що вказує чітко на діагностичність цих оцінок та зміни у роботі ШКТ. Показник швидкісного

негативного приросту усередненої кривої характеризує показники прогресування патологічного стану у органах ШКТ.

3.3 Програмне забезпечення комп'ютерних електрогастроентерографів та результати його роботи

Застосування інтегрованого модуля GUIDE в MATLAB забезпечило процедуру розроблення програмного забезпечення обробки ЕГЕГ-сигналу з графічною оболонкою для отримання нової діагностичної інформації щодо стану ШКТ.

Початком розробки програмного забезпечення є створення фреймів на головному вікні програми, де повинні бути відображенні усі базові елементи керування процесом обробки ЕГЕГ-сигналу і початковими налаштуваннями.

Загальний вигляд розробленої програми обробки ЕГЕГ-сигналів для комп'ютерних електрогастроентерографів зображено на рис.3.9.

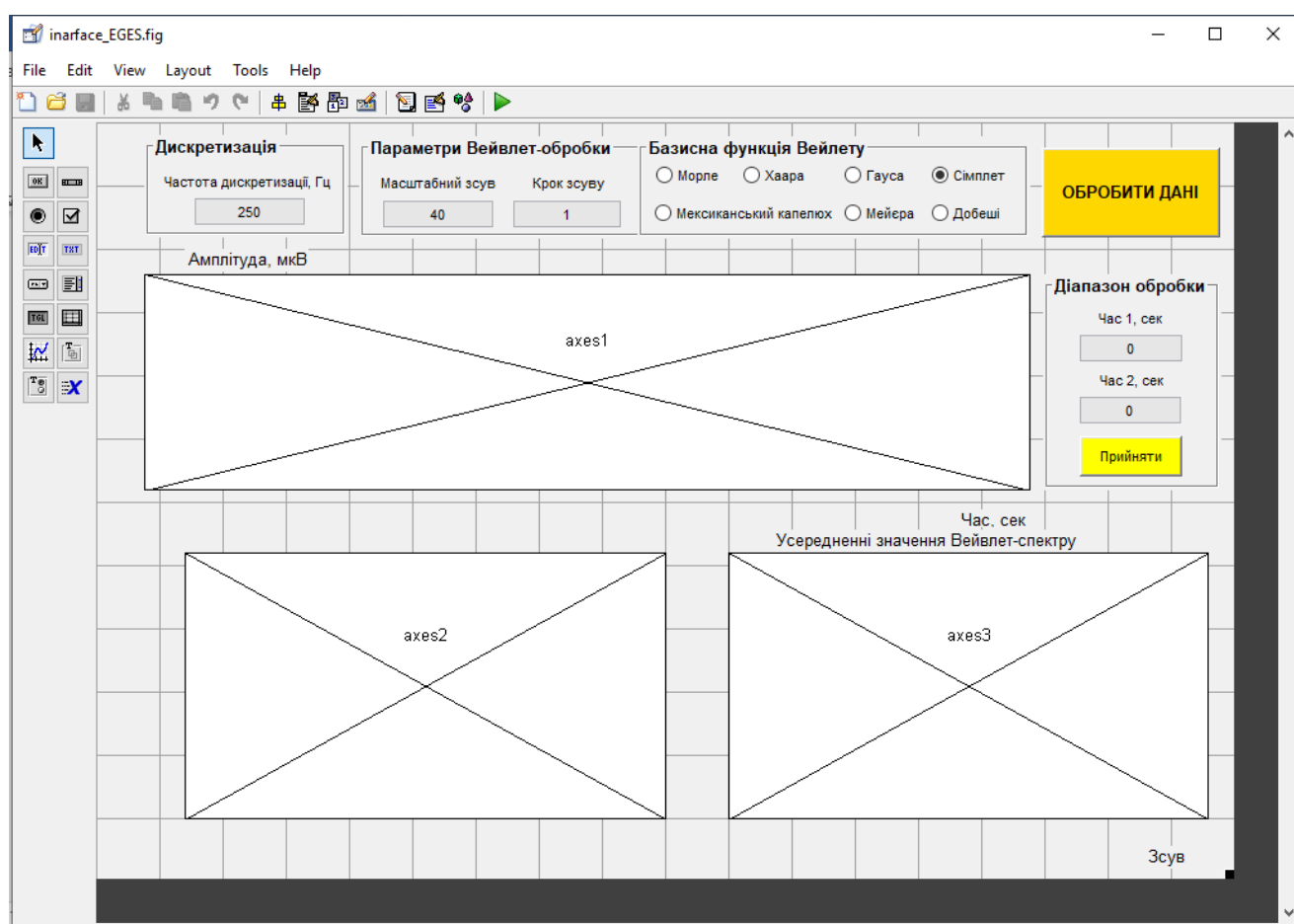


Рис.3.9. Загальний вигляд розробленої програми обробки ЕГЕГ-сигналів [19]

Головне вікно програми поділено на 7 фреймів кожен з яких виконує свої програмні завдання, а саме задання параметрів ЕГЕГ-сигналу, часового простору обробки сигналу, вибір базису, вибір параметрів вейвлет-обробки, візуалізаційна частина ЕГЕГ-сигналу та результатів обробки.

Базова підпрограма обробки ЕГЕГ-сигналу локалізована під функцією натискання кнопки **pushbutton1**. Текст програмного забезпечення обробки наведено в додатку В.

На рис.3.10-3.12 зображено завантажений ЕГЕГ-сигнал людини стану патології та результати його обробки з подальшим порівнянням із нормою.

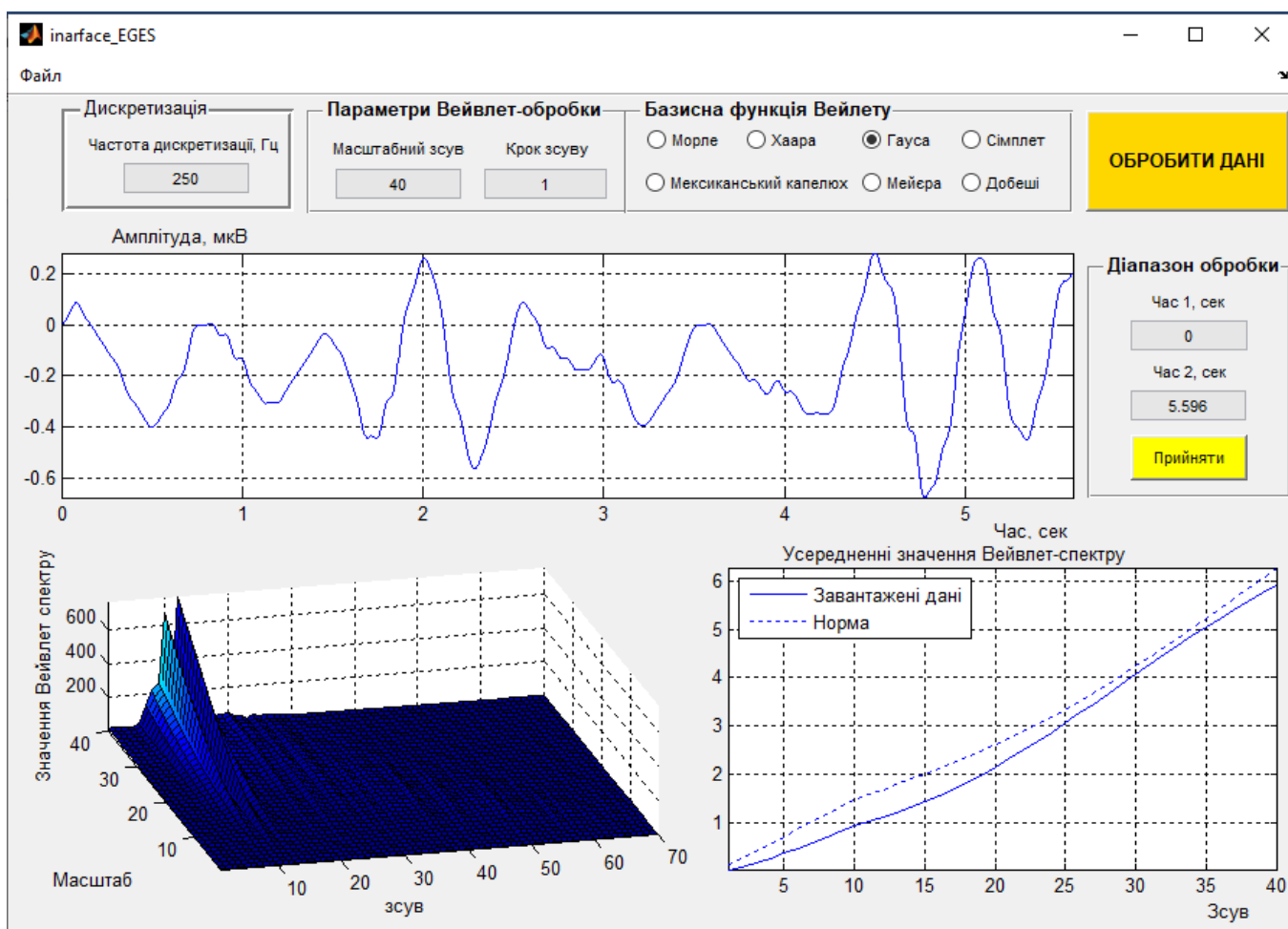


Рис.3.10. Результати роботи ПЗ комп'ютерних електрогастроентрографів використовуючи базис Гауса

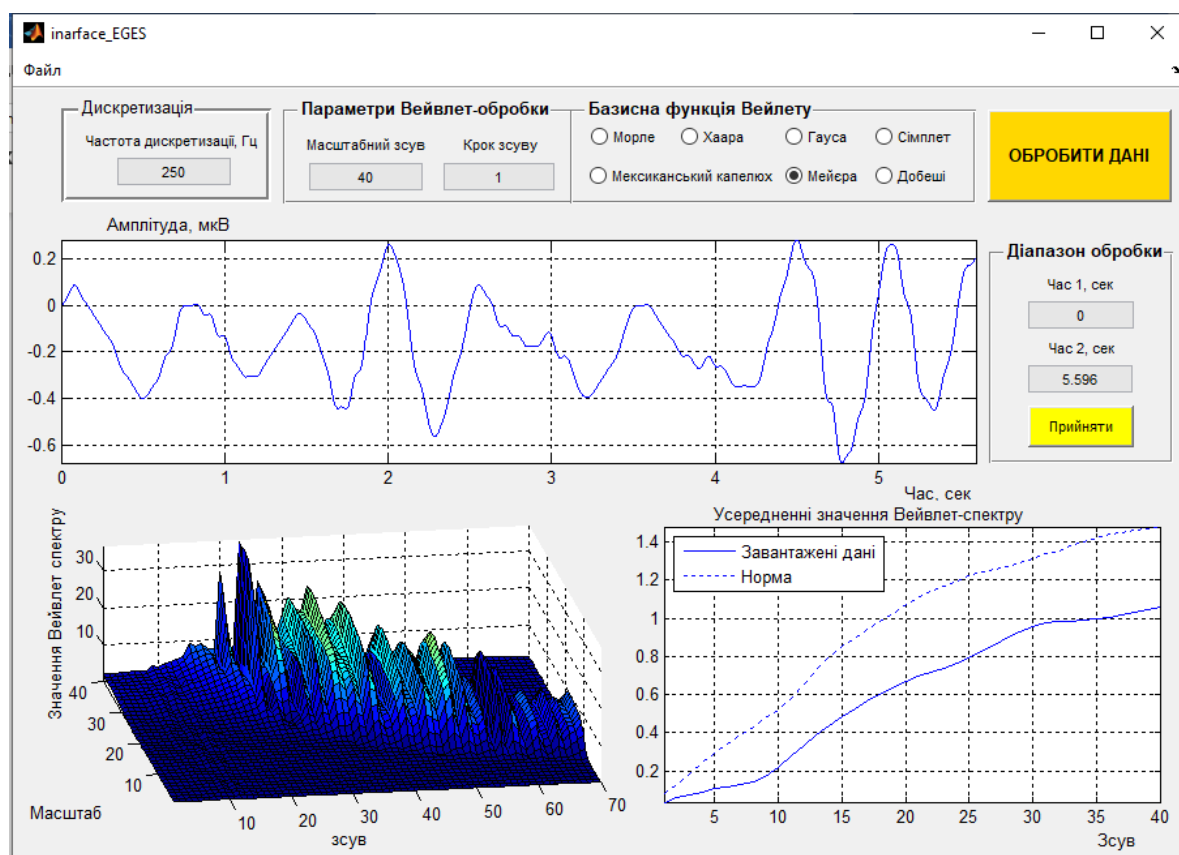


Рис.3.11. Результати роботи ПЗ комп'ютерного електрогастроентрографа використовуючи базис Мейєра

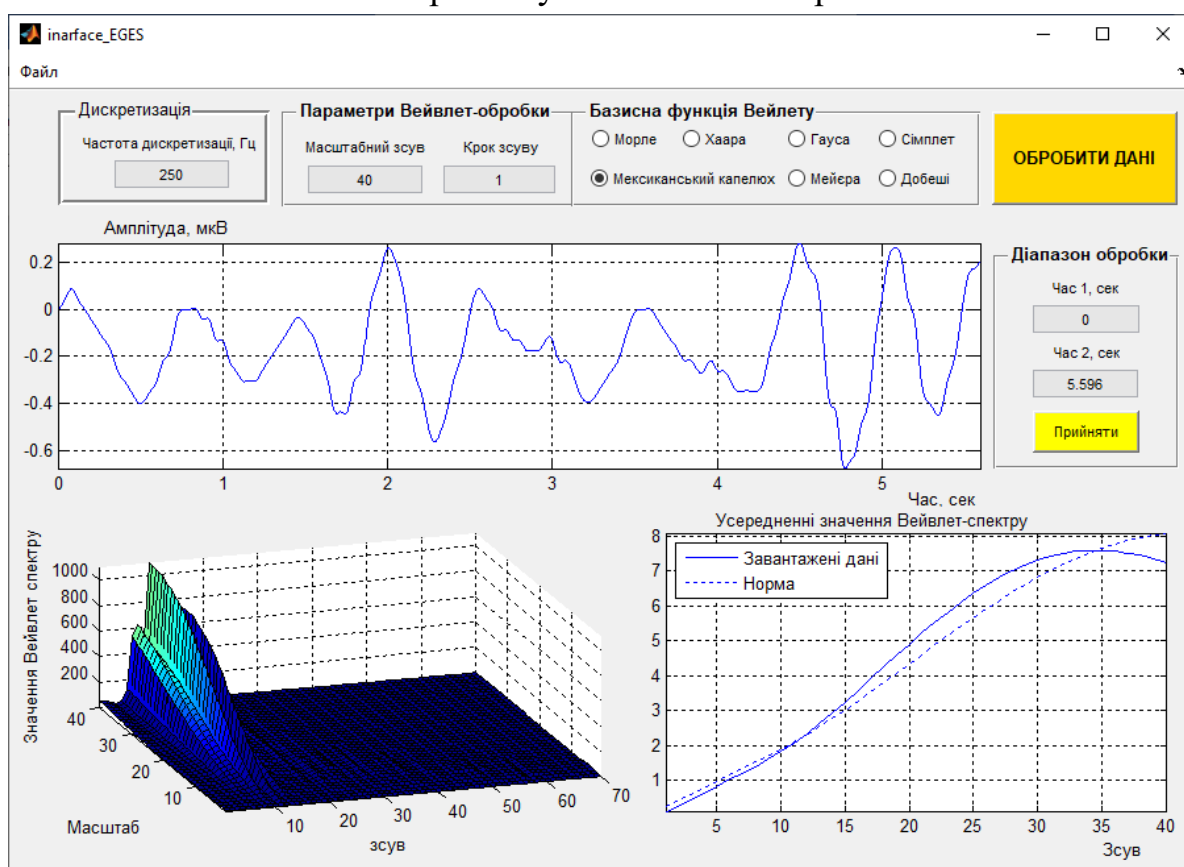


Рис.3.12. Результати роботи ПЗ комп'ютерного електрогастроентрографа використовуючи базис Мексиканської шляпи

3.4. Висновки до розділу 3

У розділі розроблено блок-схему програмного забезпечення обробки електрогастроентрографічних сигналів. На базі платформи MATLAB розроблено код програмного забезпечення Вейвлет обробки електрогастроентрографічного сигналу в базисах Гауса, Мейера чи мексиканської шляпи, яке дало змогу отримати діагностичні ознаки щодо стану ШКТ у виді Вейвлет спектрів та їх усереднених реалізацій, які чисельно характеризують часові флуктації у сигналах ШКТ з різними масштабами часу, що є вкрай важливою характеристикою при детектуванні варіацій у роботі ШКТ.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Працівники в процесі прийняття на роботу і під час роботи в період трудового та професійного навчання проходять на підприємстві за рахунок роботодавця інструктажі, навчання і перевірку знань з питань охорони праці, надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки у разі виникнення аварії. Допуск до роботи (виконання навчальних практичних завдань) без навчання і перевірки знань з питань охорони праці забороняється.

На підприємствах на основі Типового положення, з урахуванням специфіки виробництва та вимог нормативно-правових актів з охорони праці, розробляються і затверджуються наказом керівника відповідні положення підприємств про навчання з питань охорони праці та формуються плани-графіки проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, з якими мають бути ознайомлені працівники. Відповідальність за організацію цієї роботи на підприємстві покладається на його керівника, а в структурних підрозділах - на керівників цих підрозділів.

Організація навчання і перевірки знань з питань охорони праці працівників, у тому числі під час професійної підготовки, перепідготовки і підвищення кваліфікації на підприємстві, здійснюють працівники служби кадрів або інші спеціалісти, яким роботодавець доручає організацію цієї роботи.

На підприємстві для перевірки знань працівників з питань охорони праці наказом керівника створюється відповідна комісія. Головою комісії призначається керівник підприємства або його заступник, до службових обов'язків якого належить організація роботи з охорони праці. У разі потреби створення комісій в окремих структурних підрозділах їх очолюють керівник цього підрозділу чи його заступник.

До складу комісії підприємства входять спеціалісти служби охорони праці, представники юридичної, виробничих, технічних служб, представник профспілки або

вповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці та ін. Комісія вважається правомочною, якщо до її складу входять не менше трьох осіб.

Усі члени комісії у порядку, встановленому Типовим положенням, повинні пройти навчання та перевірку знань з питань охорони праці.

Перед перевіркою знань на підприємстві організують заняття: лекції, семінари та консультації. Перевірка знань працівників з питань охорони праці здійснюється за тими нормативно-правовими актами з охорони праці, додержання яких входить до їх функціональних обов'язків. Формою перевірки знань з питань охорони праці працівників є тестування, залік або іспит. Тестування проводиться комісією за допомогою технічних засобів (автоекзаменатори, модульні тести тощо), залік або іспит - за екзаменаційними білетами у формі усного або письмового опитування. Результати перевірки знань працівників з питань охорони праці оформляються відповідним протоколом. Працівникам, які при перевірці знань з охорони праці виявили задовільні результати, видають посвідчення. При незадовільних результатах перевірки знань працівник повинен протягом одного місяця пройти повторне навчання та повторну перевірку знань.

Працівники, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці, до роботи не допускаються.

Посадові особи та інші працівники, зайняті на роботах з підвищеною небезпекою, проходять щорічне спеціальне навчання і перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці.

Робота з підвищеною небезпекою - це робота в умовах впливу шкідливих та небезпечних виробничих чинників або така, де є потреба в професійному доборі, чи пов'язана з обслуговуванням, управлінням, застосуванням технічних засобів праці або технологічних процесів, що характеризуються підвищеним ступенем ризику виникнення аварій, пожеж, загрози життю, заподіяння шкоди здоров'ю, майну, навколишньому природному середовищу.

Відповідальність за організацію та здійснення інструктажів, навчання та перевірки знань з питань охорони праці покладається на роботодавця.

4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Підприємство з випуску комп'ютерних електрогастроенетрографів є пожежонебезпечним, тому актуальним 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 пилю 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 можливого 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).

4.3. Висновки до розділу 4

У підрозділі з охорони праці проаналізовано питання методів та способів навчання і перевірки знань з питань охорони праці працівників під час прийняття на роботу і в процесі роботи.

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано заходи організаційно-технічного характеру протипожежного захисту на виробництві комп'ютерних електрогастроенетрографів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі розроблено алгоритмічно-програмне забезпечення обробки електрогастроентерографічних сигналів для підвищення рівня діагностичності комп'ютерних електрогастроентерографів.

Отримані результати:

1. За результатами проведеного аналізу відомих комп'ютерних електрогастроентерографів та математичних методів обробки електрогастроентерографічних сигналів здійснено обґрунтування вибору напрямку наукового дослідження.

2. Розроблено математичне забезпечення обробки електрогастроентерографічних сигналів на базі адекватної математичної моделі цих сигналів у вигляді мультиплікативно-адитивної суміші детерміновано-періодичного сигналу та завад внутрішніх та зовнішніх і методів їх Вейвлет-обробки в базисах Гауса, Мейера та мексиканського капелюха для підвищення загального числа діагностичної інформації щодо стану шлунково-кишкового тракту.

3. На основі матзабезпечення розроблено алгоритмічно-програмне забезпечення в програмі Matlab для автоматизованої обробки електрогастроентерографічних сигналів у складі комп'ютерних електрогастроентерографів.

4. За результати аналізу функціонування алгоритмічно-програмного забезпечення обробки електрогастроентерографічних сигналів встановлено, що обчислені Вейвлет спектри та їх усередненні реалізації як діагностичні ознаки стану ШКТ забезпечили підвищення рівня діагностичності комп'ютерних електрогастроентерографів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Абдуллаева М.В.. Аппаратно - программный комплекс системы автоматизированной обработки гастроэнтерологических сигналов. Магистерская диссертация. 2013. 84 с.
2. Белоусова Л.Н., Ткаченко Е.И., Успенский Ю.П. Гармонизация моторики пищевода у пациентов с ГЭРБ как основа повышения эффективности терапии. Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. – 2009. – №1. – с. 20–24.
3. Борин Н.В. Электрические потенциалы, моторика и секреция двенадцатиперстной кишки при хроническом гастрите/Н.В. Борин, Р.П. Махось//Терапевтический архив. 1965, №1. – С. 67-73.
4. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: підруч; М-во освіти і науки України. Наук.-метод. центр вищої освіти. Укр. акад. друкарства; рец.: Г.Г.Гогіташвілі, І. І. Даценко, Б. С. Штангрет. 3-тє вид., перероб. і доп. Львів : Укр. акад. друкарства, 2006. 336 с. ISBN 966-8013-11-5
5. Гальперин Ю.М., Ребров В.Г., Попова Т.С., Горин А.С. К вопросу о соответствии ЭГГ двигательной активности желудка. Мат-лы 1 Всесоюзной конференции по электрогастрографии. Н. 1975. С. 60-63.
6. Гуральний І.О. Удосконалення методів аналізу електрогастросигналів для задачі діагностування функціонального стану шлунку людини: автореферат дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»: 163 «Біомедична інженерія». Тернопіль, 2018. 8 с.
7. Гейбуллаев А.А. Электроэнтерография при ведении больных послеоперационной динамической кишечной непроходимостью и перитонитом/А.А. Гейбуллаев. Анналы хирургии.,2000, №1. – С.69-73.
8. Дренкель С.Д. Анализ моторной деятельности желудочно-кишечного тракта и его биоэлектрической активности на основе математических моделей: автореф. дис...канд.мед.наук. М.,1988. 24с.
9. Зайнидинов Х.Н., Ражабов Ф.Ф., Ходжиматов Г.М.. Мобильная компьютерная система для диагностики состояния органов желудочнокишечного

тракта на основе Bluetooth технологий. АВТОМАТИКА И ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ. 2019, №1(27), С.54-64

10. Зальцман И.Н. Комплексная методика электрогастрографического и рентгенологического исследования двигательной функции желудка: автореф. дисс.... канд.мед.наук. М., 1965. 23с.

11. Закиров Д.Б. Оценка моторно-эвакуаторной функции органов ЖКТ у хирургических больных. М. 1994. Автореф.

12. Климов П.К., Барашкова Г.М. Физиология желудка: механизмы регуляции. Л., Наука, 1991. С.57-69.

13. Красильникова Д.М. Электрогастрография в оценке нарушений моторной функции желудочно-кишечного тракта у больных с острой кишечной непроходимостью/Д.М. Красильникова, О.Ю. Карпухин//Казанский мед. журнал.1989, Том LXX, №6. С. 457.

14. Климов П.К., Устинов В.Н. Биоэлектрическая активность гладких мышц пищеварительного тракта и ее связь с сократительной деятельностью. Успехи физиологических наук. 1973.- том 4. №4. С.3-33.

15. Мухина А.П. Экспериментальная методика электрографического исследования моторной функции двенадцатиперстной кишки при пищеварении. Бюлл. exper.биолог.,1958,Т.45,№9. С.24-28.

16. Ногаллер А.М. Опыт электрогастрографического изучения моторной функции желудка в условиях клиники при помощи аппаратов ЭГС-3, ЭГС-4. В кн. «Электрогастрография», 1970, Архангельск, С.32-35.

17. Ногаллер А.М. Новое в электрогастрографии/А.М. Ногаллер. Тер.архив,1971,№5. С. 113-114.

18. Пасечников Д.В., Удовиченко Т.Г., Булгаков С.А. Нарушение моторики желудка у больных ГЭРБ при 24-часовой электрогастрографии. Рос. журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктол. Приложение № 30. Матер. 13-й Рос. Гастронедели. 2007. М . С. 13.

19. Петрук С.Л., Хвостівський М.О. Метод та програмне забезпечення обробки електрогастроентеросигналу. Матеріали ІХ науково-технічної конференції

«Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 8-9 грудня 2021 р.). Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. С.123.

20. Петрук С.Л., Хвостівський М.О. Ідентифікація думок людини при вимові букв подумки за сигналами мозку людини. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 25–26 листоп. 2020.) М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль, 2020. С. 63-64.

21. Пономарева А.П., Рачкова Н.С., Хавкин А.И. и др. Диагн. возможности электрогастроэнтерографии у детей при разл. забол. ЖКТ. Матер. XIII Конгресса детских гастроэнтер. России. Всерос. совещ. "Актуал. пробл. абдоминальной патологии у детей". М. 2006.

22. Пономарева А.П., Рачкова Н.С., Бельмер С.В., Хавкин А.И. Периферическая электрогастроэнтеромиография в детской гастроэнтерологии. (Методические аспекты) М. 2007. 48 с.

23. Попов А.И. Алгоритм частотно-временного анализа биомедицинских сигналов с применением быстрого преобразования Хаара. Вестник ПГУ. Архангельск: Издательство Поморского государственного университета им. М.В. Ломоносова. 2009. № 4. С.77-80.

24. Попов А.И., Латухина Е.А. и др. Спектрально-корреляционные методы обработки данных электрогастроэнтерографии. Труды XVII Международной конференции «Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии и геоэкологии – 2009». п. Абрау-Дюрсо. г. Новороссийск. 2009. С. 94-95.

25. Рачкова Н.С., Хавкин А.И. Оценка и принципы дифференциальной терапии нарушений моторики желудка и ДПК у больных функциональной диспепсией // Вестник педиатрической фармакологии и нутрициологии. 2007. Т. 4. №5. с. 25–29.

26. Ребров В.Г., Станковский Б.А., Куланина Г.И. Особенности регистрации электрической активности желудка и кишечника с поверхности тела пациента.

Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 1996. № 2. С.48–52.

27. Ребров В.Г. Возможности электрогастроэнтерографии при ряде заболеваний желудка и кишечника. Тер.арх. 1981. № 10. С.66-70.

28. Ребров В.Г. Диагностические возможности электрогастрографии с отдаленных от желудка участков тела. Клин. мед. 1974. № 8. С. 115-119.

29. Ребров В.Г., Куланина Г.И. Спектральный анализ потенциалов желудка и кишечника с поверхности тела. Сов. мед. 1991. № 2. С. 21-23.

30. Ребров В.Г., Станковский Б.А., Куланина Г.И. Особенности регистрации электрической активности желудка и кишечника с поверхности тела пациента // Рос.журн.гастроэнтерол. гепатол. колопроктол. 1996. Т. 6. № 2. С.48-52.

31. Саблин О.А., Гриневич В.Б., Успенский Ю.П., Ратников В.А. Функциональная диагностика в гастроэнтерологии. Учебно-методическое пособие. СПб.: ВМедА, 2002. 88 с.

32. Свинын С.Ф., Попов А.И., А.В. Рудалёв. Вейвлет-анализ и информационные технологии в задачах обработки электрогастроэнтерограмм, Тр. СПИИРАН, 2013, выпуск 27. С. 129–143. DOI: <https://doi.org/10.15622/sp.27.11>

33. Свинын С.Ф. Латухина Е.А., Комякова К.В. Применение Фурье- и вейвлет-преобразований в анализе характеристик электрогастроэнтерограмм для функциональной диагностики органов ЖКТ. Тезисы докладов конференции Президиума РАН. Фундаментальные науки-медицине. М., 2006. С. 65-66.

34. Смирнова Г.О., Силуянов С.В. Периферическая электрогастроэнтерография в клинической практике. – Пособие для врачей; под ред. профессора В.А. Ступина. М.,2009. 20 с.

35. Смирнов А.А. Диагностическая оценка изменений электрической активности тонкой кишки у больных с распространенным перитонитом. Автореферат дисс. к.м.н., 14.00.27 - хирургия. ГИУВ, Иркутск, 2006.

36. Собакин М.А. Экспериментальная методика электрографического исследования моторной деятельности желудка при пищеварении. Сообщение 1. Бюлл. экспер.биологии, 1953, Т.36,№9, - С. 76-79.

37. Собакин М.А. Клинико-физиологическая методика электрографического исследования моторной деятельности желудка при пищеварении. Сообщение 2/М.А. Собакин//Бюлл.экспер. биологии, 1954, Т.38, №12., - С. 63-66.
38. Справочник по детской гастроэнтерологии. Под ред. А.М.Запруднова, А.И.Волкова. М.:Медицина, 1995.
39. Ступин В.А., Смирнова Г.О., Баглаенко М.В., Силуянов С.В., Закиров Д.Б. Периферическая электрогастроэнтерография в диагностике нарушений моторно-эвакуаторной функции желудочно-кишечного тракта. Лечащий врач. 2005. № 2, с. 60-62.
40. Ступин В.А., Богданов А.Е., Закиров Д.Б., Силуянов С.В., Смирнова Г.О. Новый метод диагностики моторно-эвакуаторной функции желудочно-кишечного тракта.
41. Устинов В.Н. Конфигурация биопотенциалов гладких мышц желудка и двенадцатиперстной кишки. Физиологический журнал СССР им.И.М.Сеченова. 1974. Том 60.- №6. С.961-970.
42. Тимчак М.І. Дунець В.Л., Гевко О.В., Дедів Л.Є. Синфазний метод опрацювання електрогастроентеросигналу. Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. 2013. №3. С. 38-44.
43. Хвостівський М.О. Нестер І.М. Алгоритмічне та програмне забезпечення інтелектуальної системи ідентифікації стану шлункового тракту людини. Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28-29 листопада 2018 року. Тернопіль, ТНТУ, 2018. Том 2. С. 190–191. (Комп’ютерно-інформаційні технології та системи зв’язку).
44. Штарк Г.Г. Применение вейвлетов для ЦОС. М.: Техносфера, 2007. 192 с.
45. Каримов С.Х. Объективизация диагностики пареза желудочно-кишечного тракта и контроля его лечения при острых хирургических заболеваниях органов брюшной полости : автореф. дис. д-р. мед. наук: 14.00.27. СПб. 2008. 37 с.

46. Чернов В.Н., Чеботарев А.Н. Проектирование медицинских приборов и автоматизированных систем для гастроэнтерологии (учебно-методическое пособие). М.: РГУ, 1998. 479 с.
47. Чернов В.Н., Чеботарев А.Н., Донсков А.М. Гастроэнтерология (Методы исследования, при бору, автоматизированные системы и выбор метода лечения). Ростов-на-Дону: Изд-во Рост, ун-та, 1997. 464 с.
48. Чернякевич С.А., Бабкова И.В., Орлов СЮ. Функциональные методы исследования в хирургической гастроэнтерологии. М., 2003. 176 с. 100. Чучалин А.Г. Бронхиальная астма. М., 1997. С. 40-63.
49. Шуба М.Ф. Электрофизиологические особенности гладких мышц желудочно-кишечного тракта. В кн. «Моторная функция желудочно-кишечного тракта», 1965, Киев. С.155-166.
50. Barbar M, Steffen R, Wyllie R, Goske M. Electrogastrography versus gastric emptying scintigraphy in children with symptoms suggestive of gastric motility disorders. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2000 Feb;30(2):193-197.
51. Chacon M., Curilem G., Acuña G., Defilippi C., Madrid A.M. and Jara S.. Detection of patients with functional dyspepsia using wavelet. Transform applied to their electrogastrogram. *Braz J Med Biol Res*, December 2009, Volume 42(12) 1203-1209. DOI: 10.1590/s0100-879x2009001200014
52. Chen J.D., McCallum R.W. Clinical Application of Electrogastrography // *Amer. J. Gastroenterol.* 1993. Vol.88, №9. P. 1324-1336.
53. Cole L.G. Roentgenocinematography of stomach and cap/L.G. Cole//*Am.J.Roentgenal.* 1914. Vol.107. P.212-228.
54. Daniel E.E., Wachter B.Г., HonnorA.J., BogohA. The relationship between electrical and mechanical activity of the small intestine of dog and man // *Canad. J. Biochem. Physiol.* 1980. Vol. 38, № 7. P. 777-801.
55. Gokul .M, Durgadevi Natarajan, Bhuvaneshwari Rangasamy, Ramya Shanmugha Vadivu V. (2018) Rehabilitation Tool for Gastroparesis by the Analysis of Interstitial Cells of Cajal (The External Gastric Pacemaker with a Feedback of Gastric

Potential. Journal of Gastrointestinal & Digestive System 08(02). DOI:10.4172/2161-069X.1000557.

56. Kauer WK, Stein HJ, Balint A, Siewert JR. Transcutaneous electrogastrography: a non-invasive method to evaluate post-operative gastric disorders? Hepatogastroenterology. 1999 Mar-Apr;46(26):1244-1248.

57. Гастроентеромонітор ГЭМ-01 - "Гастроскан-ГЭМ" [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.gastroscan.ru/gastroscan/-gem/> (дата звернення: 05.07.2020). Назва з екрану.

58. BIONOMADIX 2CH WIRELESS EGG TRANSMITTER [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.biopac.com/product/bionomadix-2ch-wireless-egg-transmitter> (дата звернення: 05.07.2020). Назва з екрану.

59. Петрук С.Л., Хвостівський М.О. Ідентифікація думок людини при вимові букв подумки за сигналами мозку людини. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 25–26 листоп. 2020.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль: ТНТУ, 2020. С. 63-64.

60. Петрук С.Л., Хвостівський М.О. Ідентифікація думок людини при вимові букв подумки за сигналами мозку людини. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 25–26 листоп. 2020.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль: ТНТУ, 2020. С. 63-64.

61. Хвостівський М.О. Математична модель макромеханізму формування електроретиносигналу для підвищення достовірності офтальмодіагностичних систем. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 01.05.02 – Математичне моделювання та обчислювальні методи. Тернопіль, 2010. 20 с.

ДОДАТКИ

Копія тези конференції

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Національна академія наук України
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Шяуляйська державна колегія (Литва)
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)
Наукове товариство ім. Шевченка
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

Том II

**IX Міжнародної науково-технічної
конференції молодих учених та студентів**

25-26 листопада 2020 року



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2020**

УДК 004.934:612.82

С.Л. Петрук, М.О.Хвостівський, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДУМОК ЛЮДИНИ ПРИ ВИМОВІ БУКВ ПОДУМКИ ЗА СИГНАЛАМИ МОЗКУ ЛЮДИНИ

S.L. Petruk, M.O. Khvostivsky, Ph.D, Assoc. Prof.

IDENTIFICATION OF HUMAN THOUGHTS WHEN SPEAKING THE LETTERS OF THE THOUGHT ON THE SIGNALS OF THE HUMAN BRAIN

Одним з відомих методів реєстрації активності мозку є електроенцефалографія (ЕЕГ), яка дає змогу дослідити активність головного мозку людини під впливом різного роду думок.

Актуальність реєстрації активності мозку при говорінні із закритими очима дає змогу за допомогою ЕЕГ визначити зони локалізації активності ділянок мозку у вигляді приросту потужності біопотенціалів у вигляді електроенцефалосигналу (ЕЕС). Такий підхід дає змогу проаналізувати думку людини при говорінні та розробити систему, яка допомагатиме людям з втраченими можливостями розмовляти після інсульту [1] та інших патологій пройти процес успішної реабілітації.

Дослідження щодо виявлення активностей мозку людини за вимовою букв подумки проведено в межах кафедри біотехнічних систем ТНТУ. Для реєстрації ЕЕС застосовано комп'ютерну систему Neurocom («ХАІ-Medica», м.Харків).

На рис. 1-3 зображено розподіл зон локалізації потужності активності головного мозку за ЕЕС у вигляді картування. при вимові букви «А» подумки із закритими очима.

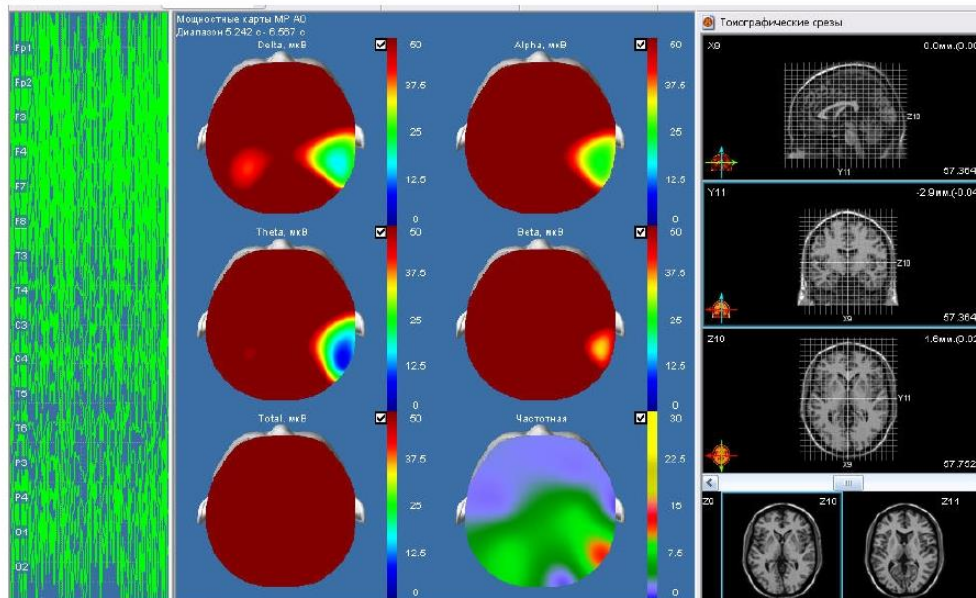


Рисунок 1. Зона локалізації думки для різних частотних діапазонів

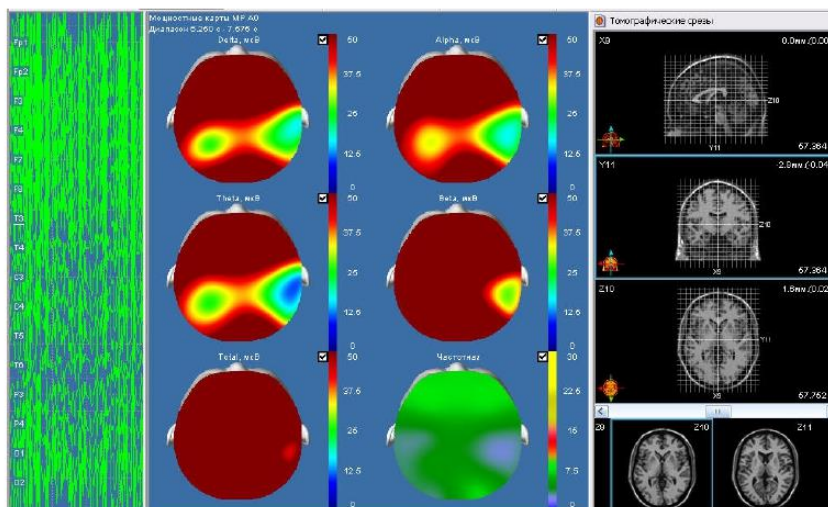


Рисунок 2. Яскраво виражена зона локалізації думки для різних частотних діапазонів

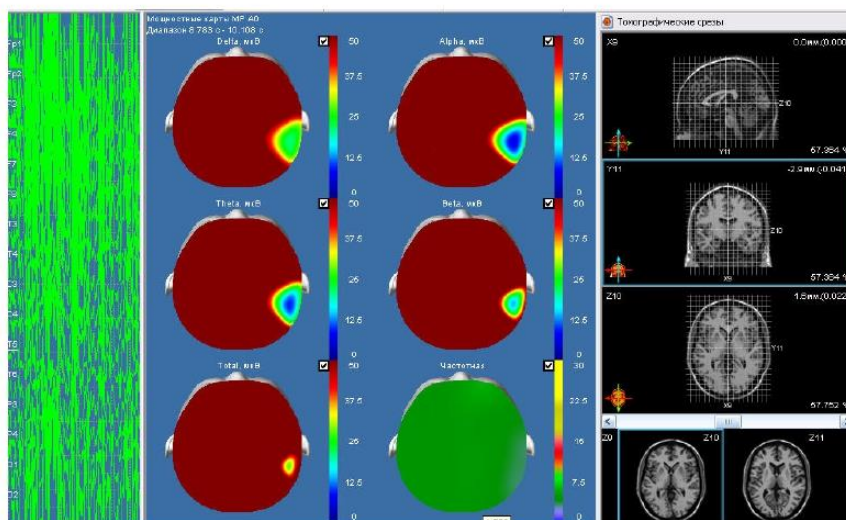


Рисунок 3. Зображення зони локалізації думки для різних частотних діапазонів

За результатами, які зображено на рис.1-3, встановлено, що при вимові літери «А» подумки в стані спокою із закритими очима найбільша активність головного мозку локалізується в скроневій зоні правої півкулі.

Проведене дослідження є підґрунтям щодо подальшого розроблення ефективних алгоритмів комп'ютерної обробки ЕЕС, які реєструються в скроневій зоні правої півкулі мозку. Результатом такої обробки ЕЕС є процес розвитку технології читання думок з метою налагодження зв'язку з людьми, які втратили можливість говорити, наприклад особи після інсульту та особи із захворюванням органів слуху та зору.

Література

1. Відновлення мови після інсульту [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://medico.in.ua/ua/articles/vosstanovlenie_rechi_posle_insulta/ (дата звернення: 15.11.2020). Назва з екрану.

*Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів.
Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020.*

- | | | |
|-----|---|----|
| 37. | Т.В. Копина, Р.Б. Трембач
ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ДІАГНОСТУВАННЯ ЗА ПАРАМЕТРАМИ
ВІБРАЦІЇ | 56 |
| 38. | Д.О. Гривнак, Р.Б. Трембач
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ РЕДУКТОРІВ | 56 |
| 39. | А.С. Пензовський, Р.Б. Трембач
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПАРИ | 58 |
| 40. | Ю.З. Лещинин, М.В. Павлюк
ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ
ТЕМПЕРАТУРНИМИ РЕЖИМАМИ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ» | 60 |
| 41. | О.В. Палка
ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ РОЗУМНОГО МІСТА | 62 |
| 42. | С.Л. Петрук, М.О. Хвостівський
ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДУМОК ЛЮДИНИ ПРИ ВИМОВІ БУКВ ПОДУМКИ
ЗА СИГНАЛАМИ МОЗКУ ЛЮДИНИ | 63 |
| 43. | У.В. Поливана
АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ
ПІД ЧАС СЕЙСМІЧНИХ ВПЛИВІВ | 65 |
| 44. | М.О. Слободян, М.О. Лівчук, С.К. Підченко
АЛГОРИТМ ШИФРУВАННЯ ДАНИХ
ЗА ДОПОМОГОЮ ДИСКРЕТНИХ ХАОТИЧНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ | 67 |
| 45. | А. М. Слободяник
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ІЗ
РЕАЛІЗАЦІЄЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ | 69 |
| 46. | П.Д. Стухляк, В.О. Наумов, Р.З. Золотий
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛІСТІЙКОСТІ ТА УДАРНОЇ В'ЯЗКОСТІ
ЕПОКСИДНОЇ СМОЛИ ПРИ ТРИВАЛІЙ ВИТРИМЦІ | 71 |
| 47. | Є.В. Гиш, В.М. Палюх
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ | 72 |
| 48. | І.І. Тхір
ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТИХ ДАНИХ ПРИ РОЗРОБЦІ ОНЛАЙН-
СЕРВІСІВ В УКРАЇНІ | 73 |
| 49. | І.А. Чорняк
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ
БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ | 75 |

Копія тези конференції

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

МАТЕРІАЛИ

ІХ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



8–9 грудня 2021 року

**ТЕРНОПІЛЬ
2021**

УДК 004.42:519.6:612.3

С. Петрук, М. Хвостівський канд. техн. наук, доцент

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОД ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОГАСТРОЕНЕТРОСИГНАЛУ

UDC 004.42:519.6:612.3

S. Petruk, M. Khvostivsky, Ph.D., Assoc. Prof.

METHOD AND SOFTWARE OF ELECTROGASTROENETROSIGNAL PROCESSING

Одним із неінвазивних методів дослідження моторної функції ШКТ є електрогастроентерографія, яка забезпечує реєстрацію електричних біопотенціалів (електрогастроентеросигналів (ЕГЕС)) на поверхні гладких м'язів живота в зоні шлунку та кишечника.

Для отримання діагностичних ознак щодо стану **моторної функції ШКТ** застосовують низку математичних методів обробки ЕГЕС, такі як спектральний, спектрально-кореляційний, синфазний, компонентний та вейвлет-перетворення з базисними функція Морле та Хаара. Відомі методи обробки ЕГЕС на відміну від Вейвлет-перетворення не дають змогу досліджувати часові флуктації у структурі ЕГЕС у різних часових масштабах, що є вкрай важливо при детектуванні своєчасних проявів змін у **моторній функції ШКТ**. Автори у своїх працях не використали повний потенціал перетворення Вейвлет, обмежившись лише двома базисними функціями Морле та Хаара. Тому використання перетворення Вейвлет із новими базисними функціями для обробки ЕГЕС забезпечить отримання нових діагностичних ознак щодо стану **моторної функції ШКТ**. Для обробки ЕГЕС застосовано Вейвлет-перетворення з базисними функціями Мексиканська шляпа, Гауса, Мейєра, Добеші та Сімплет та середовище програмування GUIDE MATLAB.

Інтерфейс програмного забезпечення обробки ЕГЕС запропонованим методом з різними базисними функціями зображено на рис. 1.

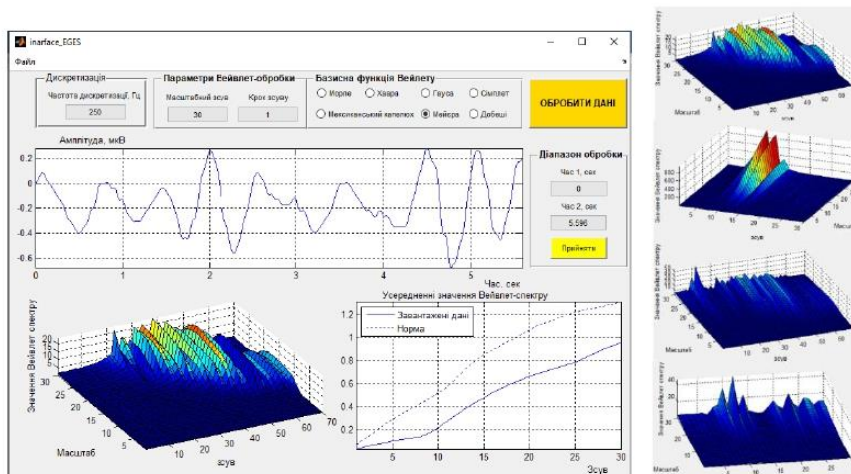


Рисунок 1. Програмне забезпечення обробки ЕГЕС

Розроблене програмне забезпечення обробки ЕГЕС на базі методу Вейвлет-перетворення забезпечує формування діагностичних ознак у вигляді значень Вейвлет-спектрів в форматі 2D та 3D проєкцій щодо стану моторної функції ШКТ.

А.Я. Осадца, Є.В. Тиш АЛГОРИТМИ ТА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ ЗАСОБИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В БЛОЦІ КЕРУВАННЯ ТА ІНДИКАЦІЇ ДВОДЗЕРКАЛЬНОЇ АНТЕНИ A.Y. Osadtsa, Ie.V. Tysh, Ph. D. Assoc. Prof. ALGORITHMS AND COMPUTERIZED MEANS OF DATA TRANSMISSION FOR A TWO-MIRROR ANTENNA'S CONTROL UNIT AND INDICATION DEVELOPMENT	121
О.В. Осійчук, Є.В. Тиш ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ З ВИДІЛЕНИМ СЕРВЕРОМ O.V. Oseechuk, Ie.V. Tysh ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING A COMPUTER NETWORK WITH A DEDICATED SERVER	122
С. Петрук, М. Хвостівський МЕТОД ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОГАСТРОЕНЕТРОСИГНАЛУ S. Petruk, M. Khvostivskyu METHOD AND SOFTWARE OF ELECTROGASTROENETROSIGNAL PROCESSING	123
Д.В. Романов, Г.М. Осухівська, А.М. Паламар ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ LORA D.V. Romanov, H.M. Osukhivska, A.M. Palamar FUNCTIONAL DIAGRAM OF THE OUTDOOR LIGHTING CONTROL SYSTEM BASED ON LORA TECHNOLOGY	124
Б. Семенен, С. Лупенко АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ КРИПТОСТІЙКОСТІ СЛАБКИХ АЛГОРИТМІВ ШИФРУВАННЯ B. Semehen, S. Lupenko ACTUALITY OF DEVELOPMENT OF METHODS OF INCREASING CRYPTIC RESISTANCE OF WEAK ENCRYPTION ALGORITHMS	125
Б. Семенен, В. Семенен, С. Лупенко МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ КРИПТОСТІЙКОСТІ СИМЕТРИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ШИФРУВАННЯ B. Semehen, V. Semehen, S. Lupenko METHODS OF INCREASING SYMMETRIC ENCRYPTION ALGORITHMS' CRYPTOSECURITY	126
В. Семенен, Н. Луцик АКТУАЛЬНІСТЬ СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ СОРТУВАННЯ ДАНИХ V. Semehen, N. Lutsyk ACTUALITY OF CREATING AN OPTIMAL DATA SORTING ALGORITHM	127
В. Семенен, Н. Луцик МЕТОД ПОБІТОВОГО СОРТУВАННЯ ДАНИХ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ V. Semehen, N. Lutsyk BITWISE DATA SORTING METHOD IN COMPUTER SYSTEMS	128

Програмне забезпечення обробки ЕГЕГ-сигналів для комп'ютерних електрогастроентерографів

```

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

% Last Modified by GUIDE v2.5 05-Oct-2021 11:59:17

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
    'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @inarface_EGES_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn', @inarface_EGES_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 inarface_EGES is made visible.
function inarface_EGES_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 inarface_EGES (see VARARGIN)

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

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

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

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = inarface_EGES_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;

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
```

```
% --- 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 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)
```

```
% -----
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)
```

```
% -----Завантаження дихального шуму-----
function Untitled_6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to Untitled_6 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   structure with handles and user data (see GUIDATA)
[file,path] = uigetfile('*.*txt;*.dat;', 'Завантажити сигнал');
if length(file)>=1
directory=[path file];
```

```

x=(load(directory));
set(handles.pushbutton1,'userdata',x);
df=str2num(get(handles.edit1,'string'))
t=(0:length(x)-1)/df;
set(handles.edit3,'string',num2str(min(t)));
set(handles.edit4,'string',num2str(max(t)));
axes(handles.axes1);
plot(t,x);
axis tight;
grid on;
end;

% -----натиснена кнопка-----
% --- 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)

norma=load('Gastro_norma.txt');
x=get(handles.pushbutton1,'userdata');
df=str2num(get(handles.edit1,'string'));
t1=str2num(get(handles.edit3,'string'));
t2=str2num(get(handles.edit4,'string'));
N1=fix(t1*df+1);
N2=fix(t2*df+1);
y=x(N1:N2);

% Вейвлет аналіз
if get(handles.radiobutton1,'value')==1
    name='morl';
end;
if get(handles.radiobutton2,'value')==1
    name='haar';
end;
if get(handles.radiobutton3,'value')==1
    name='gaus3';
end;
if get(handles.radiobutton4,'value')==1
    name='mexh';
end;
if get(handles.radiobutton5,'value')==1
    name='meyr';
end;

```

```

if get(handles.radiobutton6,'value')==1
    name='db4';
end;

if get(handles.radiobutton7,'value')==1
    name='sym4';
end;
n=0;
u=str2num(get(handles.edit5,'string'));
k=str2num(get(handles.edit2,'string'));

for k=1:k:u    %Зсув масштабу
    n=n+1;
    WP(n,:)=abs(fft(cwt(y,k,name))); % Завантажений сигнал
    WP_norma(n,:)=abs(fft(cwt(norma,k,name))); % Норма
end;

mWP=mean(WP');
mWP_norma=mean(WP_norma');
% 2D
axes(handles.axes3);
plot(mWP);
hold on;
plot(mWP_norma,':');
hold off;
grid on
axis tight
legend({'Завантажені дані','Норма'},'location','northwest');

% 3D
axes(handles.axes2);
surf(WP(:,1:70));
% shading interp;
axis tight;
grid on;
ylabel('Масштаб');
xlabel('зсув');
zlabel('Значення Вейвлет спектру');
rotate3d on;

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
```

```
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
```

```
% Прийняття діапазону часу
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton4.
```

```
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
x=get(handles.pushbutton1,'userdata');
df=str2num(get(handles.edit1,'string'));
t1=str2num(get(handles.edit3,'string'));
t2=str2num(get(handles.edit4,'string'));
N1=fix(t1*df+1);
N2=fix(t2*df+1);
if N2>length(x) N2=length(x); end;
tmin=(N1-1)/df;
tmax=(N2-1)/df;
set(handles.edit3,'string',num2str(tmin));
set(handles.edit4,'string',num2str(tmax));
t=(0:length(x)-1)/df;
axes(handles.axes1);
plot(t(N1:N2),x(N1:N2));
axis tight;
grid on;
```