

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра біотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Обґрунтування вибору математичної моделі ритмічних біосигналів

Виконав: студент (ка) VI курсу, групи РБм-61
спеціальності (напряму підготовки) _____

163 «Біомедична інженерія»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Махніцький М.Т.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Бачинський М.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Дедів Л.Є.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

АНОТАЦІЯ

Махніцький М.Т. Обґрунтування вибору математичної моделі ритмічних біосигналів. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університети імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено питанням обґрунтування вибору математичної моделі ритмічних біосигналів для задач діагностування патологічних станів організму людини. Проведено аналіз фізичної природи ряду біосигналів, таких як електрокардіосигнал, сигнал пульсової хвилі, реографічний сигнал тощо та встановлено що їм притаманна коливна структура. Обґрунтовано вибір математичної моделі такого роду сигналів у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, що є природною моделлю коливних процесів. Проведено верифікацію математичної моделі.

Ключові слова: біосигнал, математична модель, періодично корельований випадковий процес.

ABSTRACT

Machnitsky M.T. Grounding the choosing the mathematical model of rhythmic biosignals. - Manuscript.

Qualifying Work, Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil, 2019.

The master's qualification work is devoted to the problems of grounding of selection of the mathematical model of rhythmic biosignals for the problems of diagnosing of pathological conditions of the human body. The physical nature of a number of biosignals, such as electrocardiogram, pulse wave signal, rheographic signal, etc., has been analyzed and the oscillatory structure is inherent in them. The choice of mathematical model of this kind of signals in the form of a periodically correlated random process, which is a natural model of oscillatory processes, is substantiated. The mathematical model is verified.

Key words: biosignals, mathematical model, periodically correlated random process.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

БКГ – балістокардіографія;

БС – біосигнал;

ВП – випадковий процес;

ЕЕГ – електроенцефалографія;

ЕКГ – електрокардіограма;

ЕКС – електрокардіосигнал;

ЕМГ – електроміографія;

ЕхоКГ – ехокардіографія;

ЕТСС – енергетична теорія стохастичних сигналів;

ЕФГ – езофагокардіографія;

ММ – математична модель;

РВГ – реовазографія;

РГ – реографія;

РГТ – реогепатограма;

РЕГ – реоенцефалографія;

РКГ – реокардіографія;

СФГ – сфігмограма;

ФКГ – фонокардіографія;

$d_{\xi}, d_{\xi}(t)$ – дисперсія випадкової величини чи випадкового процесу;

E – символ оператора математичного сподівання;

$m_{\xi}, m_{\xi}(t)$ – математичне сподівання випадкової величини чи

випадкового процесу;

P_{ξ} – середня (по числовій осі) потужність випадкового процесу

$\xi(t), t \in \mathbf{R}$;

$r(t, s)$ – коваріація значень випадкового процесу у момент t та s .

ξ – випадкова величина.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. ГЕНЕЗИС БІОСИГНАЛІВ. ДІАГНОСТУВАННЯ ПАТОЛОГІЧНИХ СТАНІВ ЗА БІОСИГНАЛАМИ	12
1.1 Електрофізіологічні методи дослідження. Параметри та характеристики різних типів біосигналів	12
1.2 Завдання діагностування патологічних станів організму людини за біосигналами	25
1.3 Висновки до розділу 1	26
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РИТМІЧНИХ БІОСИГНАЛІВ	27
2.1 Аналіз параметрів різних типів біосигналів	27
2.2 Математичні моделі: означення, характеристики	28
2.3 Аналіз відомих математичних моделей біосигналів	29
2.4 Висновки до розділу 2	32
РОЗДІЛ 3. ОБРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РИТМІЧНИХ БІОСИГНАЛІВ ТА МЕТОДІВ ЇХ ОПРАЦЮВАННЯ	34
3.1. Обґрунтування вибору математичної моделі біосигналу	34
3.2 Методи статистичного опрацювання біосигналів	37
3.3 Висновки до розділу 3	38
РОЗДІЛ 4. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ	40
4.1 Імітаційне моделювання сигналу пульсової хвилі	40
4.2 Опрацювання зімітованого біосигналу синфазним методом	40
4.3 Висновки до розділу 4	44
РОЗДІЛ 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	46
5.1 Метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень	46
5.2 Побудова прикладного програмного забезпечення для розв'язування наукової задачі	47

РОЗДІЛ 6 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	51
6.1 Науково-технічна актуальність науково-дослідної роботи	51
6.2 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи	52
6.3 Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи	57
6.4 Висновки до розділу 6	61
РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	62
7.1 Охорона праці	62
7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	64
РОЗДІЛ 8. ЕКОЛОГІЯ	74
8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища і екології	74
8.2 Вплив промислових електромагнітних полів на біосферу	75
8.3 Заходи щодо усунення шкідливого впливу електромагнітних хвиль	77
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	80
Бібліографія	81
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Важливим завданням сучасної медицини є завчасне виявлення патологічних змін у функціонуванні органів та систем організму людини (діагностування патологічних станів) на ранніх етапах їх виникнення та розвитку. Ці зміни призводять до порушень в роботі відповідних органів чи систем, що знаходить своє відображення в біосигналах. Ефективність функціонування діагностичної системи визначається математичною моделлю сигналу, що лежить в її основі, та повинна містити у своїй структурі інформативну ознаку зміни в роботі відповідного органа чи системи. Така модель необхідна для обґрунтування алгоритмів вимірювання й опрацювання характеристик біосигналів та інтерпретації отриманих результатів. Окрім цього математична модель повинна бути адекватною фізичній природі біосигналів та задачі розпізнавання патологічних станів.

Найпростіші методи опрацювання біосигналів ґрунтуються на детерміністському підході до їхнього моделювання та пов'язані з дослідженням характеристик часової структури окремо взятого біосигналу (морфологічний аналіз) і його амплітудних спектрів (методи гармонічного аналізу). Більшого поширення отримав ймовірнісний підхід до моделювання біосигналів, зокрема при поданні таких сигналів у вигляді стаціонарного випадкового процесу. При цьому, можливим стає застосування методів спектрально-кореляційного аналізу. Однак математична модель біосигналів у вигляді стаціонарного випадкового процесу передбачає незмінність ймовірнісної структури, що не є властивим для біосигналів, оскільки для більшості із них притаманна коливна (ритмічна) структура (електрокардіосигнал, фонокардіосигнал, ритмокардіосигнал, сфігмосигнал, реосигнал тощо).

При застосуванні детерміністського аналізу неможливим є оцінювання випадкової складової, що є присутня в структурі біосигналів та спричинена випадковістю змін функціонального стану органів чи систем, а при ймовірнісному підході модель у вигляді стаціонарного випадкового процесу не

придатна для аналізу їх часово-фазової структури, що є важливим для розпізнавання часових моментів прояву змін у функціонуванні органів чи систем.

Наведені аргументи вказують на актуальність задачі обґрунтування вибору математичної моделі ритмічних біосигналів для задачі виявлення патологічних станів органів і систем.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є обґрунтування вибору математичної моделі ритмічних біомедичних сигналів. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Провести огляд літературних джерел за тематикою досліджень;
2. Проаналізувати фізичну природу та основні параметри і характеристики ряду біомедичних сигналів для формування вимог до математичної моделі цих сигналів;
3. Провести аналіз відомих математичних моделей та методів опрацювання біомедичних сигналів, з метою виявлення можливості використання їх для задачі діагностування патологічних станів організму людини;
4. Обґрунтувати вибір математичної моделі ритмічних біомедичних сигналів для задач діагностування патологічних станів організму людини;
5. На основі обґрунтованої математичної моделі провести опрацювання тестових біомедичних сигналів для верифікації математичної моделі.

Об'єкт дослідження: математичне моделювання ритмічних біосигналів для задачі діагностування патологічних станів організму людини.

Предмет дослідження: Математична модель ритмічного біомедичного сигналу, її можливості та засоби для задачі діагностування патологічних станів організму людини.

Наукова новизна одержаних результатів. Обґрунтовано вибір математичної моделі ритмічних біосигналів у вигляді періодично корельованого випадкового процесу для задач автоматизованого прогнозування патологічних станів організму людини.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати можуть бути використані в сучасних медичних діагностичних системах.

Публікації. Викладені в роботі результати доповідалися і обговорювалися на VII науково-технічній конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології».

РОЗДІЛ 1

ГЕНЕЗИС БІОСИГНАЛІВ.

ДІАГНОСТУВАННЯ ПАТОЛОГІЧНИХ СТАНІВ ЗА БІОСИГНАЛАМИ

1.1 Електрофізіологічні методи дослідження. Параметри та характеристики різних типів біосигналів

Найбільш поширеним в області медичного діагностування є опрацювання біосигналів, що носять електричну природу – є результатом електричної активності певних органів чи систем – електрокардіограма, електроенцефалограма, електрореограма, електроретинорама тощо. Проведемо аналіз цих біосигналів.

1.1.1 Загальні принципи електрографічних методів

Під електрофізіологією розуміють область медицини, пов'язану із оцінювання електричних особливостей роботи органів чи тканин, зокрема на клітинному рівні [1]. Виділяють методи клітинної електрофізіології, електрокардіографію, електроенцефалографію, реографію, електроміографію, електроретинографію тощо.

1.1.2 Електричний диполь і його електричне поле

Електричний диполь створює електричне поле оскільки являє собою сукупність властивостей двох протилежно направлених електричних зарядів з деякою сталою відстанню між ними (рис. 1.1) [1].

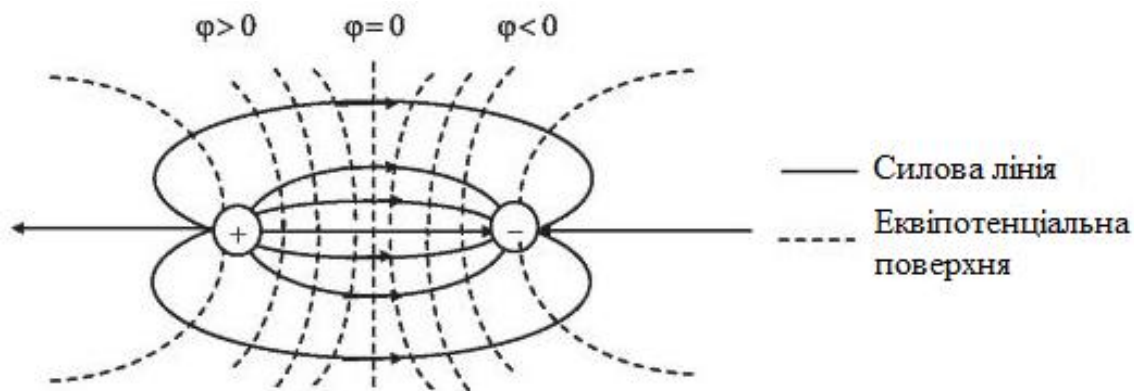


Рис.1.1. Зображення електричного диполя

Якщо диполь помістити в центр рівностороннього трикутника, то він буде рівновіддаленим від усіх його вершин (на рис. 1.2 диполь зображений вектором дипольного моменту - P).

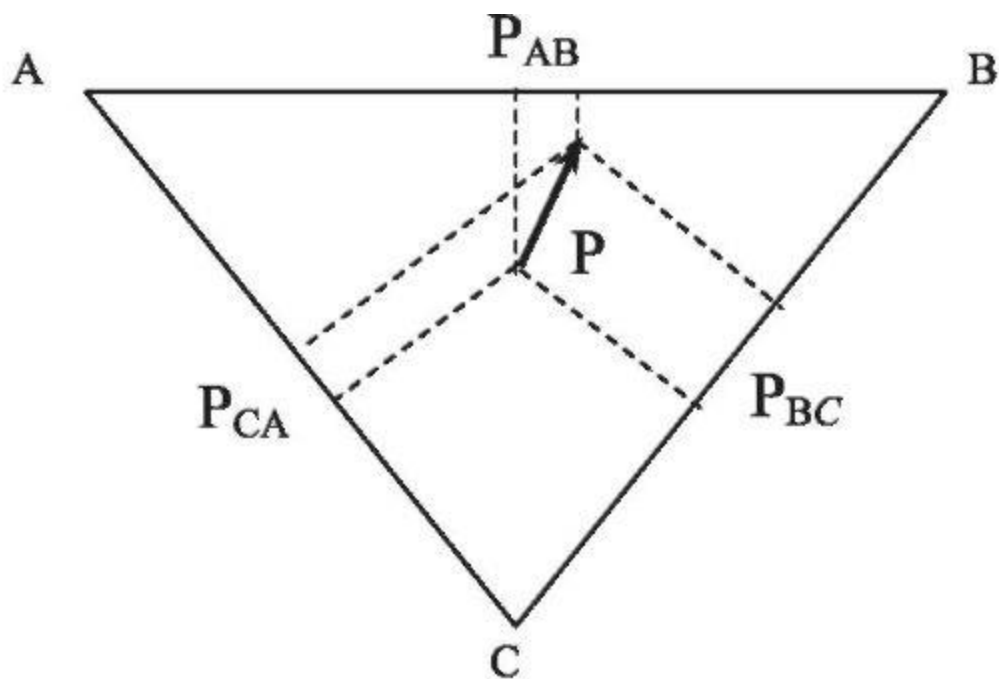


Рис. 1.2. Диполь в рівносторонньому трикутнику

Можна показати, що в цьому випадку різниця потенціалів (напруга) між двома будь-якими вершинами прямо пропорційна до проекції дипольного моменту на відповідну сторону. Тому відношення напруг між вершинами трикутника дорівнює відношенню проекцій дипольного моменту на відповідні сторони:

$$U_{AC} \cdot U_{AB} \cdot U_{CB} = P_{AC} \cdot P_{AB} \cdot P_{CB}.$$

Зіставляючи величини проєкцій, можна судити про величину самого вектора та його розташування всередині трикутника.

Диполь не тільки сам є джерелом електричного поля, але і взаємодіє з зовнішнім електричним полем, створеним іншими джерелами.

Диполь в однорідному електричному полі

В однорідному електричному полі напруженістю E на полюси диполя діють рівні по величині і протилежні за напрямком сили (рис. 1.3). Оскільки сума таких сил дорівнює нулю, поступального руху вони не викликають. Однак вони створюють обертальний момент, величина якого визначається наступною формулою:

$$M = PE \sin \alpha.$$

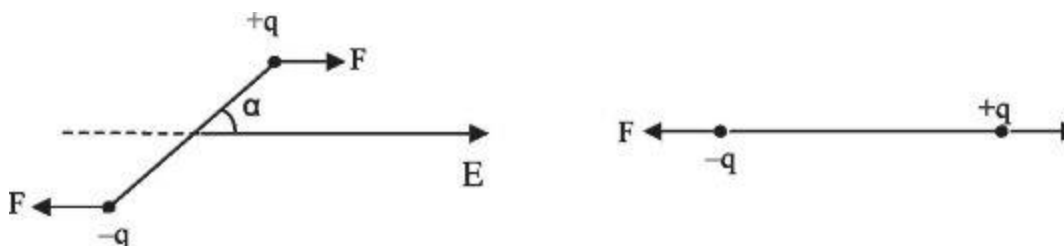


Рис. 1.3. Диполь в однорідному електричному полі

Цей момент «прагне» розташувати диполь паралельно до ліній поля, тобто перевести його з деякого положення (а) в положення (б).

Диполь в неоднорідному електричному полі

У неоднорідному електричному полі величини сил, що діють на полюси диполя (сили F_+ і F_- на рис. 1.4), неоднакові, і їх сума не дорівнює нулю. Тому виникає рівнодійна сила, що втягує диполь в область більш сильного поля.

Величина втягуючої сили, що діє на диполь, орієнтований уздовж силової лінії, залежить від градієнта напруженості і обчислюється за формулою:

$$F = P \cdot dE/dx.$$

Тут вісь X - напрямок силової лінії в тому місці, де знаходиться диполь.

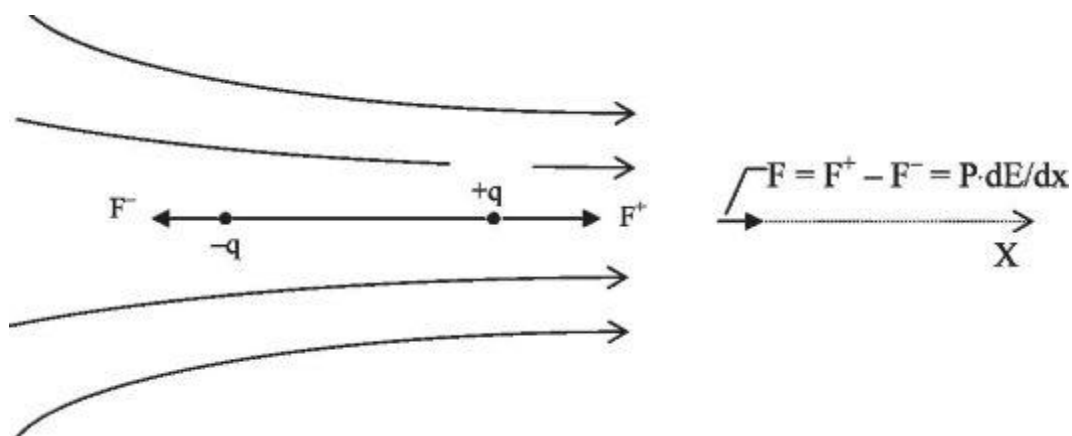


Рис. 1.4. Диполь в неоднорідному електричному полі. P - дипольний момент

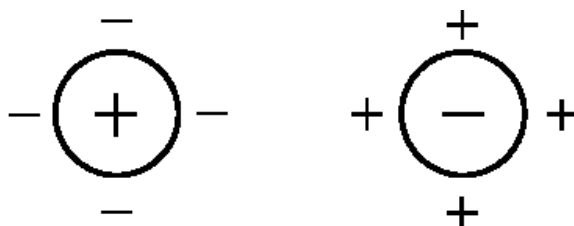


Рис. 1.5. Екранування диполя в провідному середовищі

У непровідному середовищі електричний диполь може зберігатися як завгодно довго. Але в провідному середовищі під дією електричного поля диполя виникає зміщення вільних зарядів, диполь екранується і перестає існувати (рис. 1.5).

Для збереження диполя в провідному середовищі необхідна електрорушійна сила. Нехай в провідне середовище (наприклад, в судину з розчином електроліту) введені два електроди, підключені до джерела постійної напруги. Тоді на електродах будуть підтримуватися постійні заряди протилежних знаків, а в середовищі між електродами виникне електричний струм. Позитивний електрод називають витоком струму, а негативний - стоком струму.

Двополюсна система в провідному середовищі, що складається з витоків і стоку струму, називається дипольним електричним генератором або струмовим диполем.

Відстань між витком і стоком струму (L) називається плечем токового диполя.

На рис. 1.6, а суцільними лініями зі стрілками зображені лінії струму, створюваного дипольним електричним генератором, а пунктирними лініями - екіпотенціальна поверхні. Поруч (рис. 1.6, б) показана еквівалентна електрична схема: R - опір провідного середовища, в якому знаходяться електроди; r - внутрішній опір джерела, ε - його е.р.с.; позитивний електрод (1) - витік струму; негативний електрод (2) - стік струму.

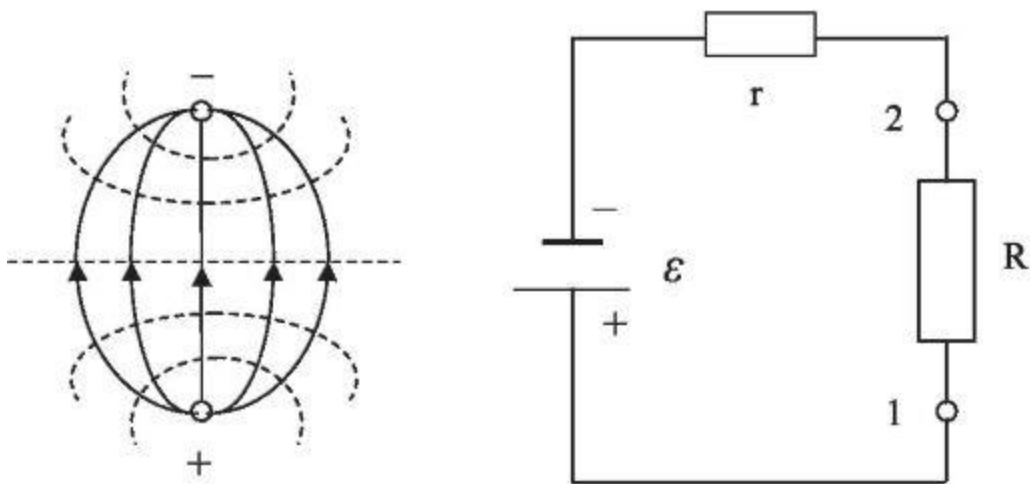


Рис. 1.6. Струмовий диполь і його еквівалентна електрична схема

Позначимо опір середовища між електродами через R . Тоді сила струму визначається законом Ома:

$$I = \varepsilon / (R + r).$$

Якщо опір середовища між електродами є значно меншим, ніж внутрішній опір джерела, то $I = \varepsilon / r$.

Для того щоб зробити картину більш наочною, уявімо собі, що в посудину з електролітом опущені не два електроди, а звичайний елемент

живлення. Лінії електричного струму, що виникли в посудині в цьому випадку, показані на рис. 1.7.

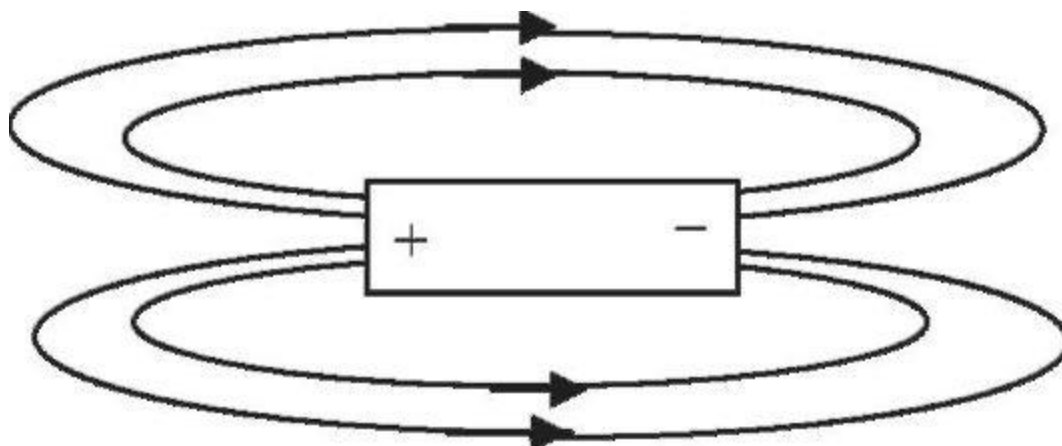


Рис. 1.7. Струмовий диполь і створені ним лінії струму

Електричною характеристикою струмового диполя є векторна величина, названа дипольним моментом (P_t).

Дипольний момент струмового диполя - вектор, спрямований від стоку (-) до витoku (+) і чисельно рівний добутку сили струму на плече диполя.

Потенціал, що створюється струмовим диполем в точці А, віддалений від нього на відстань $r \gg L$, рівний $\varphi_T = \frac{\rho}{4\pi} \times \frac{P_t \times \cos\alpha}{r^2}$, де ρ - питомий опір середовища. Геометричні характеристики такі ж, як на рис.1.2.

Таким чином, між струмовим диполем і електричним диполем існує повна аналогія.

Теорія струмового диполя застосовується для модельного пояснення виникнення потенціалів, що реєструються при знятті електрокардіограм.

1.1.3 Основи електрографічних методів [1]

Деякі параметри сигналів, що отримуються з допомогою згаданих вище методів електрографії, наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1.

Характеристика біопотенціалів

Біопотенціали	Інтервал частот, Гц	Амплітуда , мкВ	
		Максимальна	Мінімальна
ЕКГ	0,2-120	1500-2000	100-300
ЕМГ	3-600	1000-1500	30-40
ЕЕГ	1-300	200-300	5-10

1.1.4 Електрокардіосигнали [2,12]

Електрокардіосигнал являє собою сумарний електричний потенціалний відгук роботи серця при його скороченнях та розслабленнях. На рис. 1.8 наведено вигляд типового електрокардіосигналу людини та його спектр.

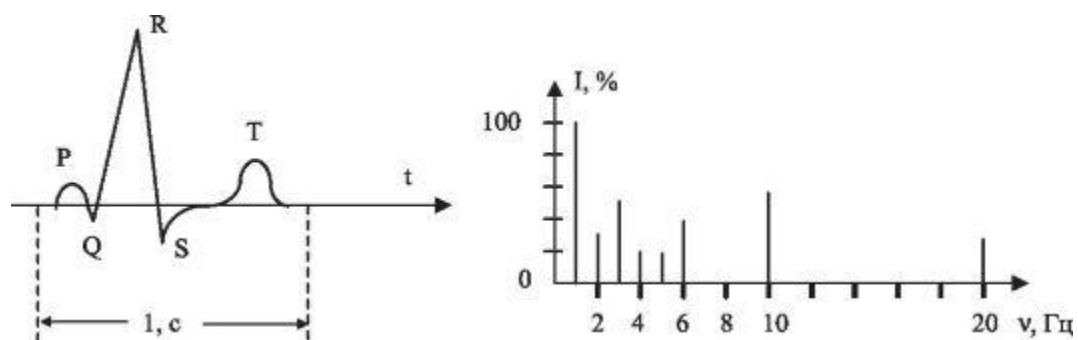


Рис. 1.8 Електрокардіограма здорової людини та її спектр

Відбирають такі сигнали з допомогою поверхнево розміщених електродів в окремих місцях на поверхні тіла людини, що визначають типи відведень

1.1.5 Електроретинографія [3,4]

Починаючи з 1945 р., електроретинографія зайняла особливе місце серед функціональних методів дослідження в клініці очних хвороб. Разом із загальновідомими фізіологічними і психофізичними методами, за допомогою яких отримують дані про функцію зорового аналізатора на всьому протязі зорового шляху від сітківки до центральних відділів, електроретинографію

застосовують для кількісної оцінки функціонального стану нейронів сітківки, точнішого визначення локалізації патологічного процесу.

Сітківка є тонкою оболонкою, як прилягає на всьому своєму протязі з внутрішньої сторони до склоподібного тіла, а із зовнішньої - до судинної оболонки очного яблука. У ній виділяють дві неоднакові за розмірами частини: зорову частину - найбільшу, таку, що тягнеться до самого війчастого тіла, і передню - що не містить фоточутливих клітин - сліпу частину, в якій виділяють у свою чергу війчасту і райдужну частини сітківки, відповідно до частин судинної оболонки.

Зорова частина сітківки має неоднорідну шароподібну будову, доступну для вивчення під мікроскопом. Вона складається з наступних шарів (перераховані у напрямку вглиб очного яблука):

- пігментного;
- нейроепітеліального;
- зовнішньої пограничної мембрани;
- зовнішнього зернистого шару;
- зовнішнього сплетінняподібного шару;
- внутрішнього зернистого шару;
- внутрішнього сплетінняподібного шару;
- мультиполярних нервових клітин;
- шару волокон зорового нерва;
- внутрішньої пограничної мембрани.

Сітківка ока у дорослої людини має розмір ~22 мм і покриває біля ~72 % площі внутрішньої поверхні очного яблука.

Електроретинограма (ЕРГ) – це графічне відображення змін біоелектричної активності клітинних елементів сітківки у відповідь на світлове подразнення.

Загальна ЕРГ показує степінь електричної активності структурних елементів сітківки і залежність від кількості здорових функціонуючих клітин. Спайкова активність нейронів різного класу не може бути видимою на ЕРГ у

зв'язку з домінуванням у відповіді, що перевищує 200 мкВ, низькочастотних компонентів, проте гангліозні клітини беруть участь в генерації ПАТЕРН-ЕРГ, яка реєструється на реверсивний паттернстимул. Різні типи ЕРГ відображають все різноманіття структури сітківки, а їх компоненти, пов'язані з клітинними елементами сітківки, і є діагностичним інструментом в клініці.

Кожний компонент ЕРГ генерується різними структурами сітківки. Результатом взаємодії електричної активності декількох процесів, описаних Г.

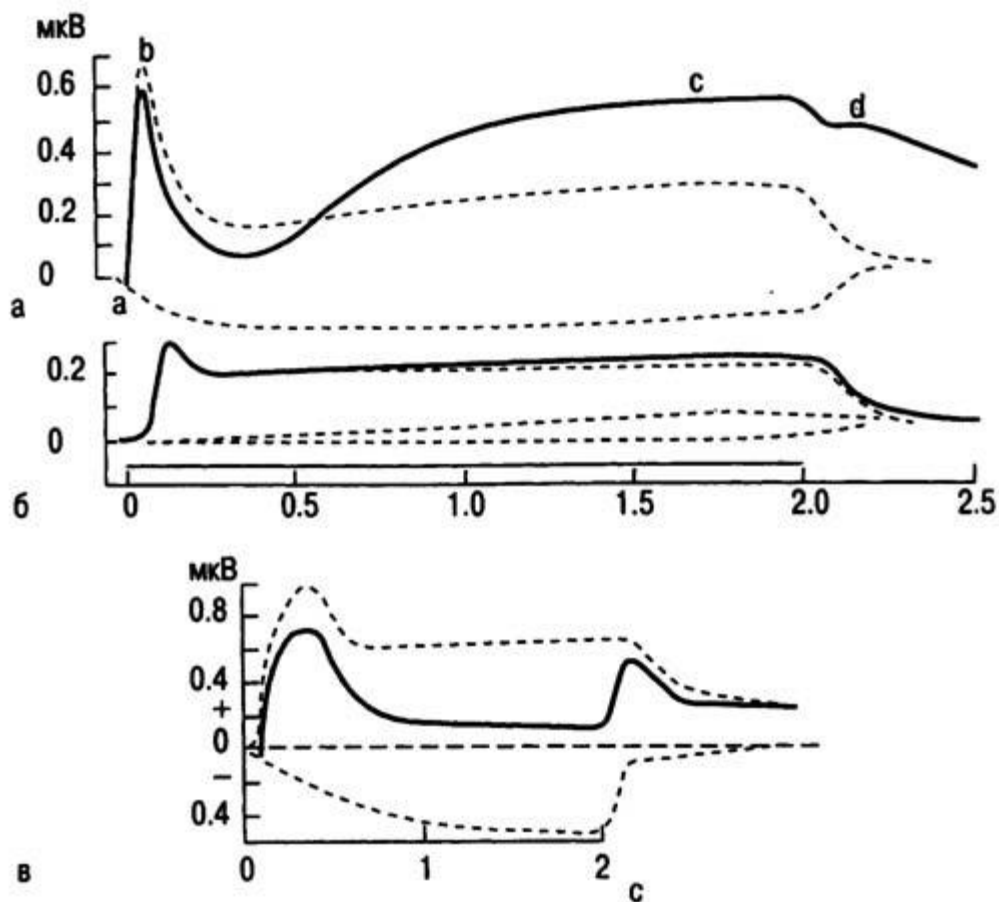


Рис. 1.9. Схематичне зображення електроретинограми в умовах темної та світлової адаптації [4]

Електроретинографічний сигнал включає від'ємну а-хвилю, що відображає ранні рецепторні потенціали (РРП) [4].

Хвиля b, або on-ефект, відображає біоелектричну активність в залежності від умов адаптації, функції фотопічної і скотопічної системи сітківки, які представлені в позитивному компоненті хвилями b1 і B2. Більшість

дослідників, пов'язують походження b-хвилі з активністю біполярів і клітин Мюллера, не виключають втягнення гангліозних клітин сітківки. На висхідній частині b-хвилі визначається 5-7 хвильок, названих осциляторними потенціалами (ОП).

При припиненні дії стимулу (виключення світла) реєструється d-хвиля (off-ефект). Ця хвиля, яка є останньою фазою ЕРГ, є результатом взаємодії a-хвилі і компоненту постійного струму b-хвилі. Ця хвиля - дзеркальне віддзеркалення a-хвилі - має фотопічну і скотопічну фази. Вона краще реєструється у разі переважання в сітківці колбочкових елементів.

Таким чином, вважається, що головним джерелом a-хвилі в ЕРГ хребетних є фоторецептори, як колбочки, так і палички.

Велика різноманітність методів реєстрації ЕРГ привела до необхідності стандартизувати умови її реєстрації, для того, щоб дістати можливість порівнювати результати досліджень, що проводяться в різних лабораторіях світу. Великий клінічний досвід дозволив вибрати умови реєстрації, які найбільш відповідають сучасним уявленням про походження ЕРГ і зручні для використання в клініці.

Нижче приведені основні принципи і стандарти реєстрації ЕРГ, що рекомендуються Міжнародним товариством клінічних електрофізіологів зору для дослідження зорових функцій у пацієнтів з їх різними порушеннями.

1.1.6 Електроенцефалографія [3, 5-7]

Електроенцефалографія вважається одним із класичних методів психофізіологічних досліджень. Хоча і визнається, що, незважаючи на перспективність цього методу, він залишається для психофізіолога поки ще й одним з найменш зрозумілих джерел даних, а інформативність одержуваних результатів багато в чому залежить від досвіду дослідника [5].

ЕЕГ вимірюється між двома точками [5,7]. Існують два основних методи її реєстрації: біполярний і монополярний. При біполярному методі реєструється різниця потенціалів між двома активними електродами (обидва електроди розташовуються в електрично активних точках скальпа). При монополярному –

реєструється різниця потенціалів між різними точками на поверхні голови стосовно якої-небудь індиферентної точки. Міжнародною федерацією товариств електроенцефалографії була прийнята система «10-20», що визначає місця розміщення електродів.

Виникаючі при безперервній поляризації і деполяризації різних нервових елементів головного мозку біоелектричні струми взаємодіють між собою і дають складну інтерференційну криву ЕЕГ. На рис. 1.10 зображена реєстрограма ЕЕГ [5].

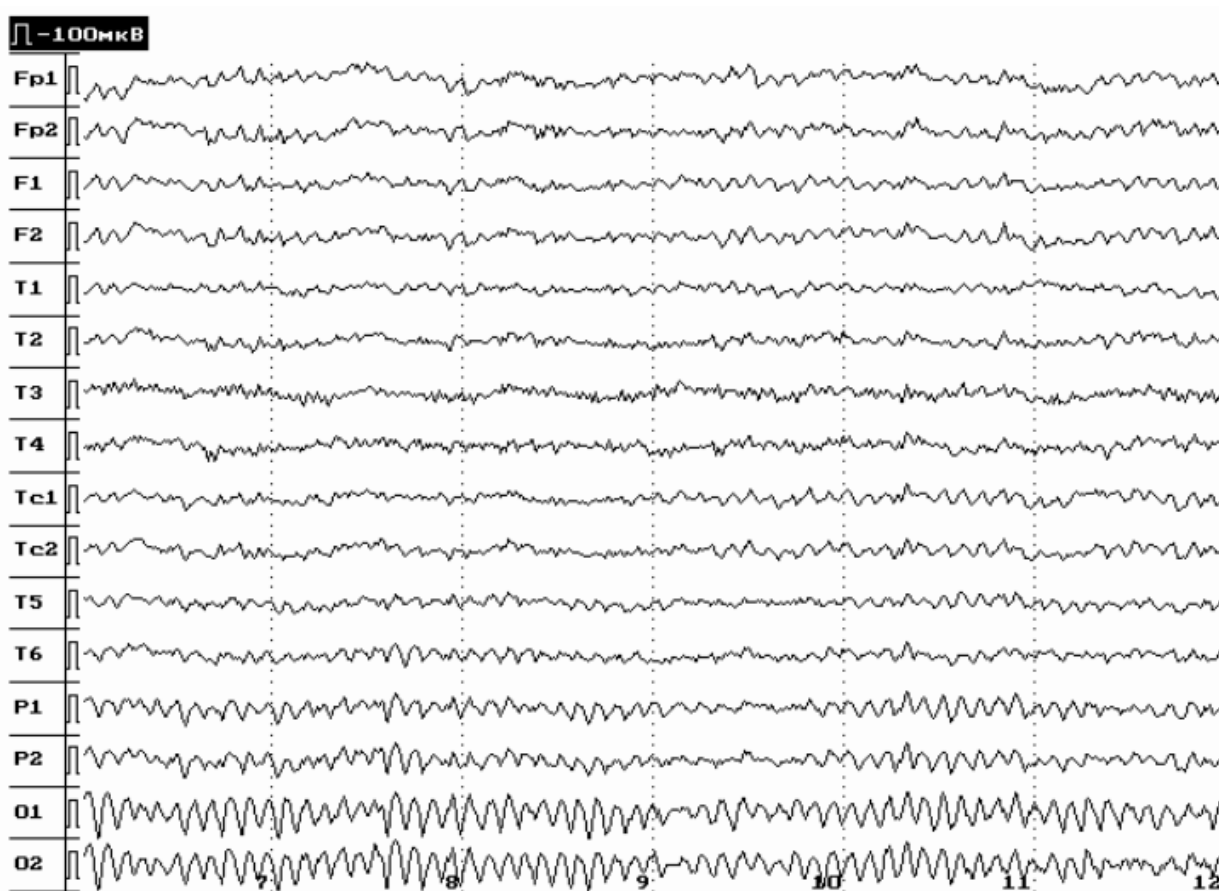


Рис. 1.10. Пиклад ЕЕГС

Основним завданням фахівця, який проводить електроенцефалографічне обстеження, є виділення на ЕЕГС значущих ознак, ідентифікація їх параметрів і, далі, складання на їх підставі висновку. Одним словом цей процес називається аналізом ЕЕГС.

1.1.7 Генезис голосових сигналів

Розглядаючи голосовий сигнал як акустичне коливання вчені намагались скласти систему диференціальних рівнянь в частинних похідних, що описувала б рух повітря в голосовому тракті [13-15]. Однак, складання та розв'язування таких рівнянь є дуже складним навіть для простих припущень щодо форми і втрат енергії в голосовому тракті [15]. Основна складність полягає в тому, щоб аналітично описати голосовий сигнал через фізичні параметри системи, яка його породила. Тому доцільно розглянути фізіологічні особливості процесу творення голосових сигналів та моделі голосового апарату.

В праці [13] голосовий сигнал трактується як кінцевий акустичний продукт довільних формалізованих рухів дихальних і жувальних органів та відноситься до моторних видів поведінки, набутої індивідом в процесі навчання. Голосовий тракт вважається трубою з неоднаковою по поздовжній осі площею поперечного перетину. Він на одному кінці закінчується губами, а на іншому кінці - щілиною біля входу в трахею, що утворена голосовими складками. При русі артикуляційних органів, а саме губ, щелеп, язика і піднебінної стінки, поперечний перетин голосового тракту змінюється. Схематичне зображення голосового апарату людини наведено на рис. 1.11.

Носовий тракт утворює допоміжний шлях розповсюдження звукових коливань. Він починається у піднебінної стінки і закінчується ніздрями. Величина акустичного зв'язку між носовою і ротовою порожнинами визначається розмірами проходу у піднебінної стінки. Залежно від величини цього зв'язку звук може випромінюватися як через рот, так і через ніздрі.

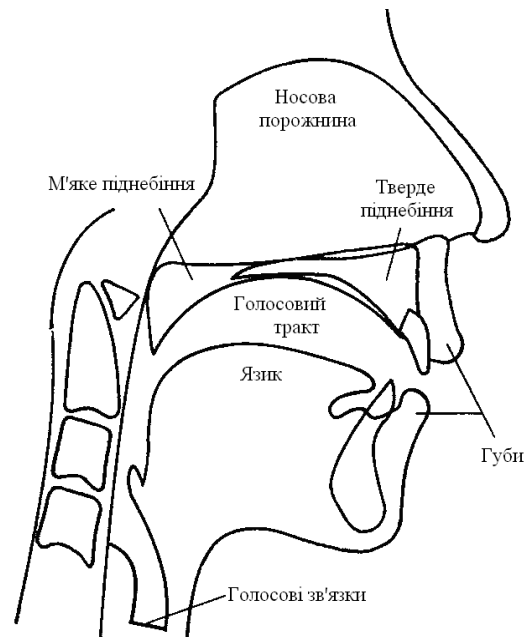


Рис. 1.11. Схематичне зображення голосового апарату людини [15]

Відповідно до акустичної теорії голосотворення Фанта, Фланагана, голосовий апарат включає в себе дві підсистеми – джерело сигналу та артикуляційний апарат [13-15]. Схематично це зображено на рис. 1.12.

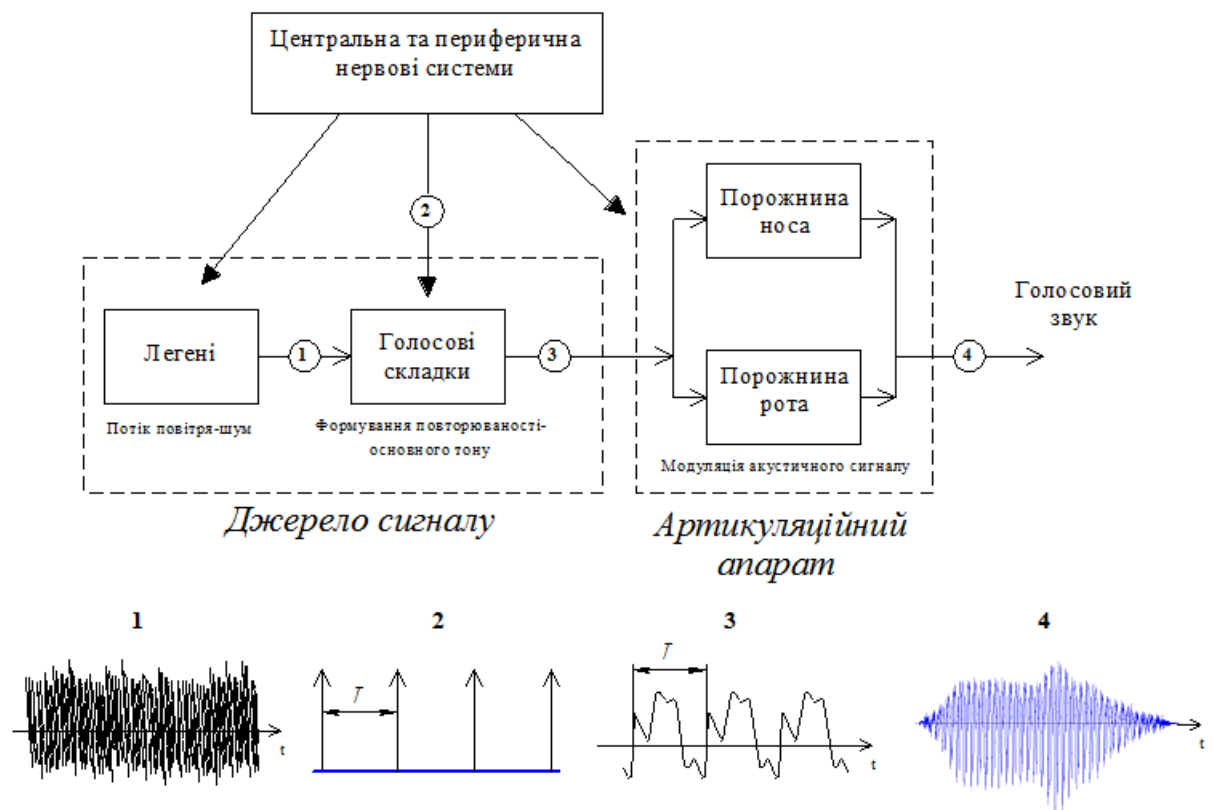


Рис. 1.12. Структурна схема процесу голосотворення

В задачах аналізу/синтезу проводиться опрацювання голосних звуків, що мають чітко виражену повторюваність – основний тон, за змінами якого і проводиться оцінювання стану. Однак, при творенні цього типу звуків функціонують легені, голосові складки [13-15]. Решта органів голосового апарату практично не задіюються і під час голосотворення зберігають свою форму і локацію. Захворювання органів голосового апарату, таких, як трахеї, гортань, язик, м'язи нижньої щелепи, м'яке піднебіння, ротова порожнина, носова порожнина, носова перегородка тощо, призводять до порушень в їх функціонуванні. Тому оцінювання функціонального стану потрібно проводити шляхом опрацювання звуків, при творенні яких ці органи задіюються. Це відбувається у випадку приголосних звуків.

1.1.8 Сигнали пульсової хвилі

Під пульсом розуміють ритмічні зміни об'єму судин внаслідок процесів зміни степені їх кровонаповнення [16].

Пульсова хвиля відображається в сфігмографічному або фотоплетизмографічному сигналі, залежно від способу відбору. Сфігмографія - метод дослідження гемодинаміки і діагностики деяких форм патології серцево-судинної системи, який базується на графічній реєстрації пульсових коливань стінки кровоносної судини (це реєстрація пульсових коливань стінки артерій) [16]. Сфігмограми реєструють за допомогою спеціальних давачів, що перетворюють механічні коливання в електричні.

1.2 Завдання діагностування патологічних станів організму людини за біосигналами

Опрацювання біосигналів в медицині передбачає формування опису біосигналу на основі певної моделі з наступним перетворенням одержаного представлення в необхідну форму.

Від адекватності математичної моделі біосигналу та методу опрацювання,

що визначається цією моделлю, буде залежати якість поставленого діагнозу, точність результатів та можливість їх фізичної інтерпретації. Тому необхідно провести аналіз відомих способів математичного моделювання та методів опрацювання біосигналів з метою виявлення можливості використання їх до опрацювання біосигналів для задач медичної діагностики.

1.3 Висновки до розділу 1

В розділі розглянуто питання генезису біосигналів та особливості діагностування за ними патологічних станів. Встановлено, що найбільш широко використовуваними для діагностування є сигнали, що носять електричну природу. Тому насамперед розглянуто електрофізіологічні методи дослідження. Також проаналізовано параметри та характеристики різних типів біосигналів, а саме: електрокардіографічного, електроміографічного, електроретинографічного, електроенцефалографічного сигналів, голосових сигналів, сигналів пульсової хвилі.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РИТМІЧНИХ БІОСИГНАЛІВ

2.1 Аналіз параметрів різних типів біосигналів [2,3,6-8]

Відповідно до проведеного в попередньому розділі огляду параметрів та фізичних природи походження різних типів біосигналів можна зробити висновок, що їх можна віднести до сигналів двох типів: сигналів типу сплесків (імпульсів), які можна розглядати в наближенні як перехідні процеси відгуку роботи фізіологічних систем на одиничні збудження (відгуки на збудження нервових волокон при міографії, відгуки сітківки ока на світлові подразнення при ретинографії тощо); та сигналів, що містять певну повторюваність, тобто певну коливну структуру. До останнього типу можна віднести наприклад електрокардіографічний сигнал, основний ритм якого задає синусовий вузол серця – так званий серцевий автоматизм. Варто зазначити, що більшість біосигналів природнього походження можна віднести до другого типу, а спровоковані біосигнали – до першого.

В автоматизованих діагностичних системах для другого типу біосигналів застосовується подання їх як ритмічних чи циклічних процесів [3,7,8], а розпізнавання патологічних станів проводиться шляхом оцінювання змін у коливній структурі біосигналів [3], змін амплітудних та часових параметрів [3], оскільки такі зміни свідчать про порушення роботи тих відділів відповідних фізіологічних систем, які генерують сигнали збудження основних ритмів в сигналах.

При цьому, адекватна задачі діагностування математична модель біосигналу повинна мати засоби виділення інформативних ознак, які були б індикаторами проявів патологічних станів, нта бути адекватною фізичній природі такого типу сигналів. Зокрема матмодель має втаховувати коливну структуру біосигналів та змін у їх фазово-часовій структурі, оскільки останні

часто характеризують моменти прояву ранніх змін у функціонуванні органів чи систем та є інформативно значимими для задачі діагностики [7,8].

Проведемо аналіз поширених класів математичних моделей, що застосовуються для опису біосигналів в сучасних медичних діагностичних комплексах.

2.2 Математичні моделі: означення, характеристики

Поняття сигнал дозволяє абстрагуватися від конкретної фізичної величини, наприклад струму, напруги, акустичної хвилі і розглядати поза фізичного контексту явища пов'язані з кодуванням інформації і «витяганням» її з сигналів, які зазвичай спотворені шумами. У дослідженнях сигнал часто представляється функцією часу, параметри якої можуть нести потрібну інформацію. Спосіб запису цієї функції, а також спосіб запису шумів називають моделлю сигналу.

В загальному розумінні модель – це об'єкт, яким заміняють реальний об'єкт з метою дослідження (опису) тих його параметрів (характеристик), які безпосередньо поміряти (дослідити) за реальним об'єктом неможливо або важко.

Математична модель реального об'єкта – це об'єкт математички (закони, залежності, певна математична теорія), яким заміняють реальний об'єкт з метою дослідження (опису) тих його параметрів (характеристик), які безпосередньо поміряти (дослідити) за реальним об'єктом неможливо або важко. Подібним чином виконується моделювання і сигналів. Як математична модель сигналу можуть бути використані: певна математична функція, наприклад моделлю гармонічного сигналу $y(t)$ (напр. синусоїди) буде функція $y(t)=A_0\sin(\omega t+\varphi)$, де A_0 - амплітудне значення сигналу, ω – частота, φ – зсув фаз; диференційні рівняння; послідовності значень функції тощо [9].

2.3 Аналіз відомих математичних моделей біосигналів

2.3.1 Моделювання БС методами гармонічного аналізу складних детермінованих коливань

При поданні БС як детермінованого процесу його можна віднести до класів періодичних чи неперіодичних процесів, а якщо більш детально, то до неперіодичних, гармонічних чи полі гармонічних процесів. Такі процеси дають можливість зобразити БС у визначених просторах [18, 19]. Зокрема, застосуємо простір $L^2([0, T])$ періодичних функцій виду:

$$f(t) = f(t + nT), \quad n = 1, 2, \dots$$

де T - період сигналу, $t, T, f(0) \in \mathbb{R}$, для яких величина $\int_0^T |f(t)|^2 dt < \infty$, що є частковим випадком гільбертового простору, в якому введено поняття скалярного добутку функцій, заданих на відрізку:

$$(f_1(t), f_2(t))_{L^2([0, T])} \equiv \int_0^T f_1(t) \overline{f_2(t)} dt.$$

Для опису БС як детермінованого сигналу у дискретному часі можна використати розклад його в ряди за деякими системами лінійно незалежних базисних функцій (перетворення Фур'є), який є математичною основою спектральних методів аналізу. Базисом тоді є множина гармонічних коливань

$$\left\{ e^{ik \frac{2\pi}{T} t}, k \in \mathbf{Z} \right\}. \text{ Тоді БС на інтервалі } [0, T] \text{ можна подати рядом:}$$

$$f(t) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} c_k e^{ik \frac{2\pi}{T} t}, t \in [0, T], \quad (2.1)$$

$$\text{де } c_k = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) e^{-ik \frac{2\pi}{T} t} dt.$$

Тоді отримуємо

$$\frac{1}{T} \int_0^T |f(t)|^2 dt = \sum_{k \in \mathbb{Z}} |c_k|^2. \quad (2.2)$$

В такий спосіб обґрунтовується розклад складних періодичних функцій на складові, що описуються функціями синуса чи косинуса.

Існують і інші класи детермінованих періодичних функцій, які можна використати як моделі БС, і які допускають розклади типу (2.2).

Так БС можна зобразити у вигляді квазіперіодичної функції $f(t)$ з періодами T_1, T_2, \dots, T_n , яка є такою, що $f(t) = F(t_1, t_2, \dots, t_n)$ для деякої неперервної функції $F(t_1, t_2, \dots, t_n)$ від n змінних, періодична по t_1, t_2, \dots, t_n з періодами T_1, T_2, \dots, T_n відповідно. Всі T_1, T_2, \dots, T_n строго додатні, і їх обернені величини p_1, p_2, \dots, p_n є раціональними і лінійно незалежними [19].

Теорія квазіперіодичних функцій стала основою для розроблення теорії майже періодичних функцій. У випадку неперервних функцій квазіперіодичні функції є узагальненням періодичних функцій, але частинним випадком майже періодичних.

Створена в 20-х роках минулого століття Г.Бором теорія майже періодичних функцій отримала значний розвиток в роботах С.Бохнера, Г.Вейля, А.Безиковича, Ж.Фавара, Дж.Неймана, В.В.Степанова, Н.Н.Боголюбова і ін. Зокрема, теорія майже періодичних функцій дала поштовх розвитку

гармонійного аналізу функцій на групах (майже періодичні функції, ряди і інтеграли Фур'є на групах). У 30-х роках минулого століття С.Бохнер переніс теорію майже періодичних функцій на абстрактні функції із значеннями в банаховому просторі.

Існують різні способи означення класів майже періодичних функцій, які базуються на поняттях замикання, майже періоду, зсуву. Кожен з класів майже періодичних функцій отримується в результаті замикання в тому чи іншому сенсі однієї і тієї ж сукупності кінцевих тригонометричних сум.

Так, у випадку подання БС у вигляді майже періодичної функції $f(x)$, число $\tau = \tau_f(\varepsilon)$ називається майже періодом функції з точністю до ε , якщо для довільного $x \in (-\infty, \infty)$ має місце нерівність [19]:

$$|f(x + \tau) - f(x)| < \varepsilon.$$

Очевидно, що період функції є її майже періодом для любого $\varepsilon > 0$.

Комплексозначна функція $f(x) \in C_{(-\infty, \infty)}$ називається майже періодичною в розумінні Бора, якщо для довільного $\varepsilon > 0$ існує відносно щільна множина майже періодів τ функції $f(x)$ з точністю до ε , тобто, існує додатне число $l = l(\varepsilon)$ таке, що будь який відрізок $[a; a+1]$ містить щонайменше одне число τ , для якого виконується нерівність $|f(x + \tau) - f(x)| < \varepsilon$ при $-\infty < x < +\infty$.

Лінійна комбінація $f(x) = \sum_{k=1}^n C_k f_k(x)$ (C_k – постійні) майже періодичних функцій $f_k(x)$ ($k = 1, \dots, n$) є майже періодичною функцією.

Кожен тригонометричний поліном

$$P(x) = \sum_{k=1}^n C_k e^{i\lambda_k x},$$

де λ_k дійсні, являється майже періодичною функцією.

Кожна функція $f(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} P_n(x)$, що допускає рівномірну апроксимацію кінцевими тригонометричними поліномами:

$$P_n(x) = \sum_{k=1}^{N_n} C_k^{(n)} e^{i\lambda_k^{(n)} x},$$

($n = 1, 2, \dots$), є майже періодичною.

2.3.2 Випадкові (стохастичні) процеси [12-15]

На практиці досліджень набула поширення та прикладного застосування модель БС у вигляді стаціонарного випадкового процесу.

2.3.3 Нестаціонарні випадкові процеси [9,10,13]

Проведений в попередньому розділі аналіз різних типів біосигналів дає змогу зробити висновок про те, що ритмічні та циклічні біосигнали на коротких проміжках часу, що визначаються конкретним типом біосигналу, можуть розглядатись як стаціонарний випадковий процес. Такі моделі зачасту і використовуються в сучасній діагностичній техніці. Однак, описані вище обмеження на ці моделі дають можливість висунути логічне припущення, що за своєю природою БС є нестаціонарними та потребують залучення відмінного математичного апарату ніж стаціонарний процес.

2.4 Висновки до розділу 2

В розділі проведено аналіз параметрів різних типів біосигналів та сформульовано вимоги до математичної моделі.

Розглянуто означення, характеристики математичної моделі та етапи її побудови. Проаналізовано відомі математичні моделі біосигналів, що використовуються в сучасних діагностичних системах, а саме подання

біомедичних сигналів як детермінованих процесів, випадкових (стохастичних) процесів та нестационарних випадкових процесів.

Проведений в попередньому розділі аналіз різних типів біосигналів дає змогу зробити висновок про те, що ритмічні та циклічні біосигнали на коротких проміжках часу, що визначаються конкретним типом біосигналу, можуть розглядатись як стаціонарний випадковий процес. Такі моделі зачасту і використовуються в сучасній діагностичній техніці. Однак, описані вище обмеження на ці моделі дають можливість висунути логічне припущення, що за своєю природою БС є нестационарними та потребують залучення відмінного математичного апарату ніж стаціонарний процес.

РОЗДІЛ 3

ОБРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РИТМІЧНИХ
БІОСИГНАЛІВ ТА МЕТОДІВ ЇХ ОПРАЦЮВАННЯ

3.1. Обґрунтування вибору математичної моделі біосигналу

На основі результатів проведеного аналізу фізичної природи біосигналів та типів математичних моделей встановлено, що адекватна задачі діагностики модель біосигналів повинна мати засоби врахування їх властивостей: ритмічності, наявності випадкової складової та можливості врахування фазово-часової структури.

У термінах енергетичної теорії стохастичних (випадкових) сигналів [16] поставлені вимоги враховує подання БС як періодично корельованого випадкового процесу.

Енергетична теорія стохастичних сигналів є фізичною за походженням і математичною за формою теорією, бо має предметом дослідження один аспект сигналів — лінійний спосіб поєднання закономірності і випадковості, яка піддається ефективному вивченню на підставі енергетичної концепції [16].

Оскільки, енергетична теорія стохастичних процесів математична, то всі її твердження мають бути доведені як теореми, тобто логічно коректні. Тобто, для того, щоб фактично вивести конструктивну умову для теоретичних побудов математичної дихальних шумів з урахуванням обмеженості енергетичних характеристик, необхідні дві різні у принципі інтегральні характеристики сигналу, які побудовані з використанням миттєвої потужності: (повна) енергія як інтеграл по всій області задання сигналу і середня потужність як середнє по цій області значення миттєвої потужності. Ці характеристики є суперечливими і у певному розумінні альтернативними: коли енергія сигналу скінченна, то його середня потужність є нульовою, а коли середня потужність скінченна, то енергія нескінченна. Але, крім того, тут важливіше, що вони (енергія і середня

потужність), стосуються цілком різних процесів: у першому випадку – процесів типу сплесків, імпульсів, хоча необов'язково фінітних (тобто заданих на фіксованих скінченних інтервалах), а в другому – не зникаючих коливань, але не обов'язково стаціонарних.

Розглянуто такі типи подання БС, як періодично корельовані ВП, майже-і полі-ПКВП.

Теорія ПКВП є основною складовою ЕТСС, яка під різними кутами зору зібрана у працях Я.П.Драгана, логічно доведена і систематизована [16].

ПКВ процес $\xi(t), t \in \mathbf{D}$ є процесом із періодичною КФ [16] $r_\xi(t+T, s+T) = r_\xi(t, s)$, $T > 0$ для всіх $t, s \in \mathbf{R}$ (кореляційна функція - періодична) та скінченною потужністю за весь інтервал часу існування сигналу $P_\xi = M_t \{E|\xi(t)|^2\} < \infty$.

Обчислення середніх характеристик БС як ПКВП по всій осі часу призводить до усереднення на відрізку довжини T , яка рівна періоду корельованості ПКВП (періодичність характеристик математичного сподівання $m_\xi(t)$ і параметричної коваріації $b_\xi(t, u) = r_\xi(t+u, t)$) [16]:

$$m = M_t \{m_\xi(t)\} = \frac{1}{T} \int_0^T m_\xi(t) dt, \quad (3.6)$$

$$B(u) \stackrel{\Delta}{=} M_t \{r_\xi(t+u, t)\} = \frac{1}{T} \int_0^T r_\xi(t+u, t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T b_\xi(t, u) dt, \quad (3.7)$$

Якщо розглядати БС як ПКВ процес, то характеристики математичного сподівання $m_\xi(t)$ (3.6) і параметричної коваріації $b_\xi(t, u) = r_\xi(t+u, t)$ (3.7) мають розклади у ряди Фур'є [16]:

$$m_\xi(t) = \sum_{k \in \mathbf{Z}} m_k e^{ik \frac{2\pi}{T} t}, \quad (3.8)$$

$$b_{\xi}(t, u) = \sum_{k \in \mathbf{Z}} B_k(u) e^{ik \frac{2\pi}{T} t}, \quad (3.9)$$

де $B_k(u)$ – кореляційні компоненти:

$$B_k(u) = \frac{1}{T} \int_0^T b_{\xi}(t, u) \cdot e^{-e^{ik \frac{2\pi}{T} t}} dt, \quad (3.10)$$

Кореляційні компоненти мають зображення:

$$B_k(u) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{iu\lambda} \cdot F_k(d\lambda), \quad (3.11)$$

де F - спектральна біміра.

Тоді параметрична коваріація БС як ПКВП має зображення у вигляді:

$$b_{\xi}(t, s) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i(t\lambda - s\mu)} F(d\lambda, d\mu). \quad (3.12)$$

Подання БС через стаціонарні компоненти показує поєднання випадковості і періодичності:

$$\xi(t) = \sum_{k \in \mathbf{Z}} \xi_k(t) e^{ik \frac{2\pi}{T} t}, t \in \mathbf{R}, \quad (3.13)$$

де $\xi_k(t)$ – стаціонарні компоненти, що відображують наявну в сигналі випадковість, складові $e^{ik \frac{2\pi}{T} t}$ характеризують його повторюваність (періодичність).

Таким чином, математична модель БС у вигляді ПКВП, що описується

виразом (3.6), є адекватною як фізичній природі таких сигналів (описує коливну і ймовірнісну структуру ритмічних БС) так і задачі діагностики (має засоби оцінювання імовірнісних характеристик БС та їх часово-фазової структури).

3.2 Методи статистичного опрацювання біосигналів

Математична модель біосигналу у вигляді ПКВП визначає такі методи його обробки, як когерентний та компонентний. Найбільшого поширення отримав когерентний метод в силу його простоти та фізичної інтерпретації результатів опрацювання.

Відповідно до когерентного методу [16], вибірки з БС через певні інтервали, які називаються періодом корельованості (ПК) формують стаціонарні послідовності $\{\zeta_n(t_0), t_0 \in [0, T]\}$, де $\zeta_n(t_0) \equiv \{\zeta_n(t_0 + kT), k \in Z\}$.

Співфазні відліки БС володіють однією і тою ж статистикою другого порядку, так само як відліки БС - одною і тою ж повною статистикою.

Тому для характеристик БС справедливими є статистики [16]:

$$m_{\zeta_n}(t_0) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \zeta_n(t_0 + kT), \quad t_0 \in [0, T], \quad (3.19)$$

$$b_{\zeta_n}(t_0, u) = \frac{1}{2N+1} \sum_{k=-N}^N \zeta_n^0(t_0 + u + kT) \overline{\zeta_n^0(t_0 + kT)}, \quad (3.20)$$

де $\zeta_n^0(t_0)$ – центрований БС на n -му сегменті, $\zeta_n^0(t_0) = \zeta_n(t_0) - m_{\zeta_n}(t_0)$.

Усереднення у виразах (3.19) та (3.20) виконується на відрізку фіксованої довжини $T_n = N_{T_n} \cdot dt$, де dt – крок дискретизації, N_{T_n} - дискретна довжина фіксованого відрізка, T_n – період корельованості БС на n -му сегменті. Довжина реалізації буде представлена як $kT_n + u$, Вирази (3.19) та (3.20) в даному випадку мають вигляд [16]:

$$\hat{m}_{\zeta_n}(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \zeta_n(t + kT), t \in [0, T_n) \quad (3.21)$$

$$\hat{b}_{\zeta_n}(t, u) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \zeta_n(t + u + kT_n) \zeta_n^0(t + kT_n). \quad (3.22)$$

Компонентний метод [16] базується на тому, що характеристики БС в межах стадії є періодичними функціями. При цьому ці функції можна розкласти в ряди Фур'є, типу:

$$\hat{m}_{\zeta_n}(t) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} \hat{m}_{kn} \exp\left(ik \frac{2\pi}{T_n} t\right), \quad (3.23)$$

$$\hat{b}_{\zeta_n}(t, u) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} \hat{B}_{kn}(u) \exp\left(ik \frac{2\pi}{T_n} t\right), \quad (3.24)$$

Коефіцієнти \hat{m}_{kn} та $\hat{B}_{kn}(u)$ розкладів (3.23) та (3.24), які називають також компонентами характеристик, знаходимо за формулами:

$$\hat{m}_{kn} = \frac{1}{T_n} \int_0^{T_n} \hat{m}_{\zeta_n}(t) \exp\left(ik \frac{2\pi}{T_n} t\right) dt, \quad (3.25)$$

$$\hat{B}_{kn}(u) = \frac{1}{T_n} \int_0^{T_n} \hat{b}_{\zeta_n}(t, u) \exp\left(ik \frac{2\pi}{T_n} t\right) dt. \quad (3.26)$$

Під час верифікації математичної моделі біосигналу застосуємо до опрацювання когерентний метод у зв'язку із його простотою та більшою поширеністю.

3.3 Висновки до розділу 3

На основі аналізу фізичної природи біосигналів та типів математичних моделей встановлено, що адекватна задачі діагностики модель біосигналів

повинна мати засоби врахування їх властивостей: ритмічності, випадкової складової, та мати можливість оцінювання фазово-часової структури.

У термінах ЕТСС таким вимогам відповідає подання БС у вигляді ПКВП, що має можливість врахування і оцінювання таких властивостей.

Розглянуто методи опрацювання біомедичних сигналів, що визначаються енергетичною теорією стохастичних сигналів та поданням біосигналу у вигляді ПКВП.

РОЗДІЛ 4

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

4.1 Імітаційне моделювання сигналу пульсової хвилі

Для верифікації математичної моделі у вигляді ПКВП шляхом тестування когерентного методу необхідно розробити імітаційну модель БС, яка б враховувала у своїй структурі параметри, що відповідають стану норми та патології. Для імітації використаємо сигнал пульсової хвилі.

Найпростішим способом задання одного періоду сигналу пульсової хвилі є формування вектора значень її амплітуд через рівні проміжки часу.

Графік функції із приведеною віссю часу наведено на рис. 4.4.

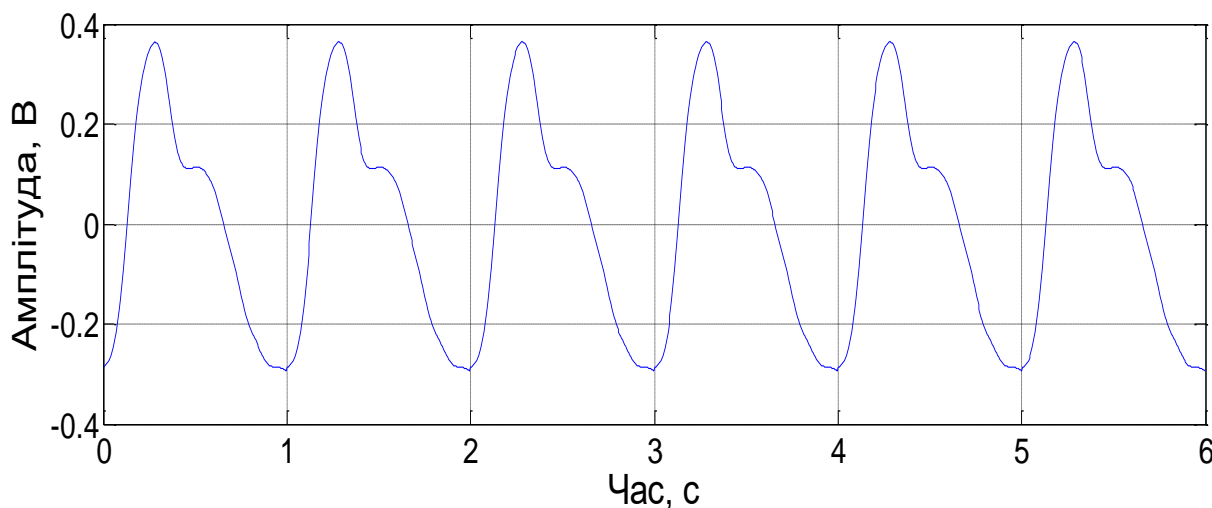


Рис. 4.4. Центрований сигнал пульсової хвилі в координатах Амплітуда-Час

4.2 Опрацювання зімітованого біосигналу когерентним методом

Як згадувалось в попередньому розділі синфазний метод передбачає формування вибірок із сигналу, взятих через період корельованості

(стаціонарних компонент), побудову для них кореляційних функцій та кореляційних компонент. За період корельованості візьмемо значення дискретного періоду зімітованого сигналу – 180.

Оцінки стаціонарних компонент, обчислені для зімітованого сигналу ПС, показані на рис. 4.2.

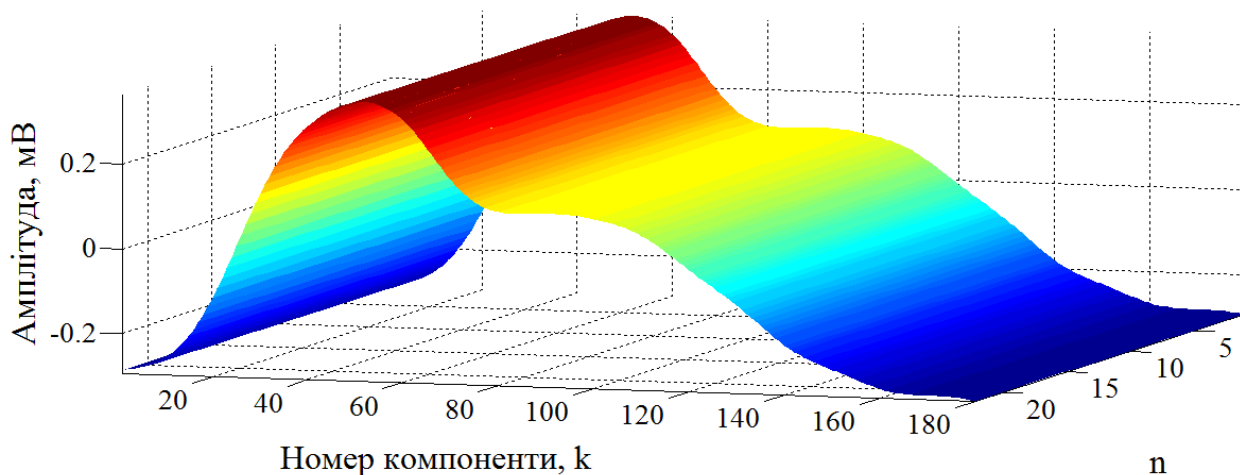


Рис. 4.2. Оцінки стаціонарних компонент

На наступному етапі проведено обчислення оцінок КФ (рис. 4.3).

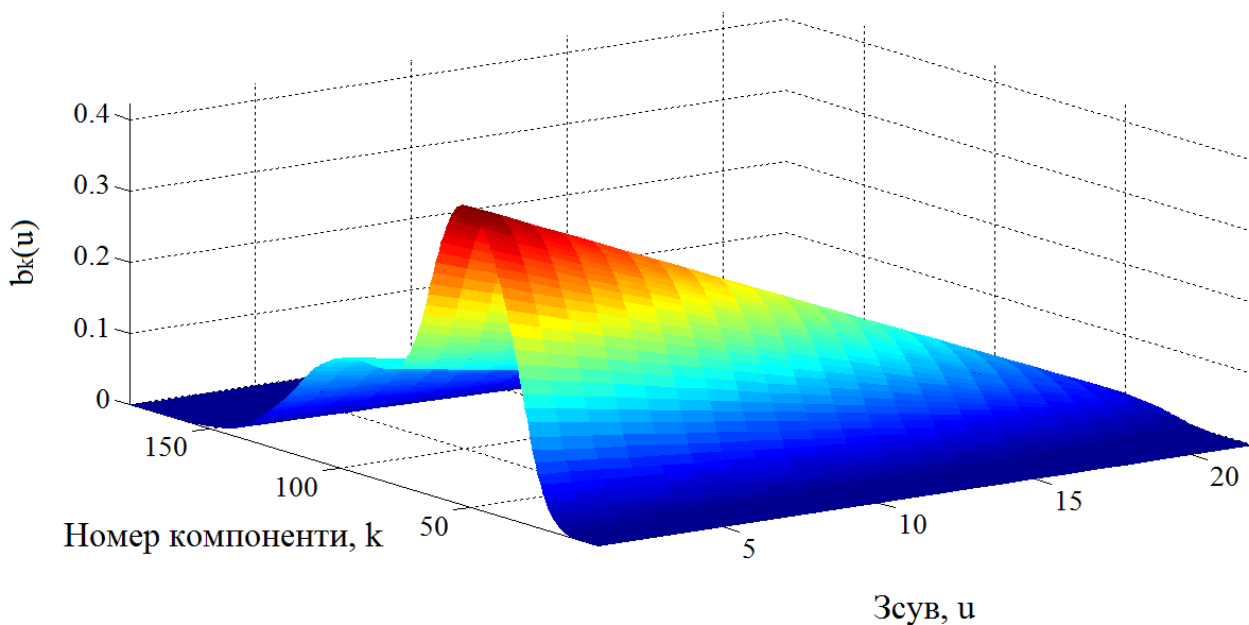


Рис. 4.3. Оцінки КФ

На наступному етапі знайдено оцінки кореляційних компонент (від

попередньо обчислених оцінок КФ) (рис. 4.4).

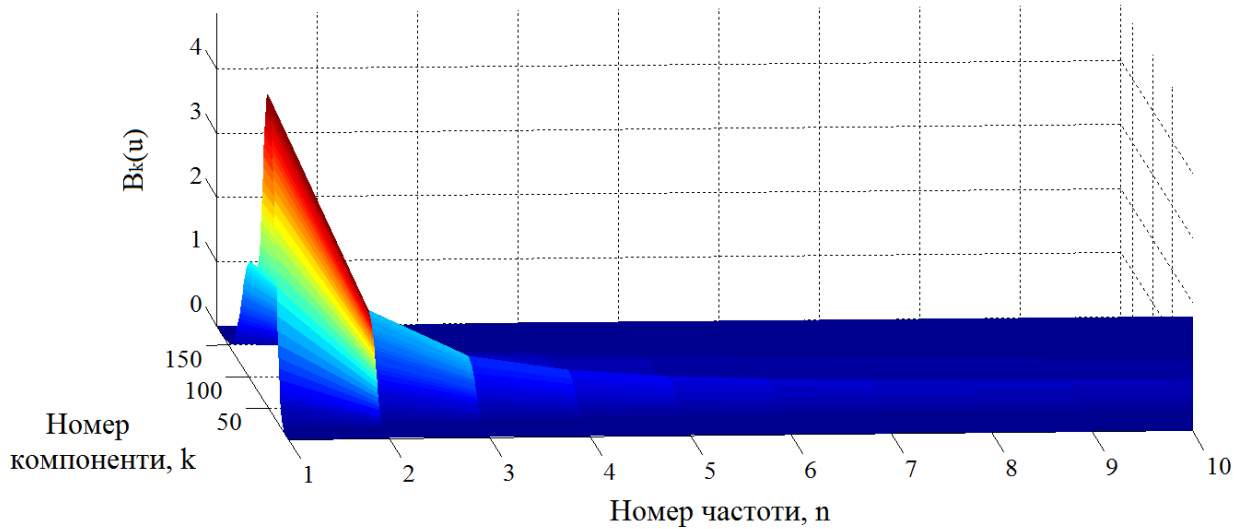


Рис. 4.4. Оцінки кореляційних компонент

Модель у вигляді ПКВП враховує коливну структуру біосигналів. Перевіримо факт, що така модель даватиме можливість оцінювання і фазових змін у структурі біосигналу.

На рис. 4.9 наведено вигляд зімітованого сигналу із незначним зсувом по часу всередині.

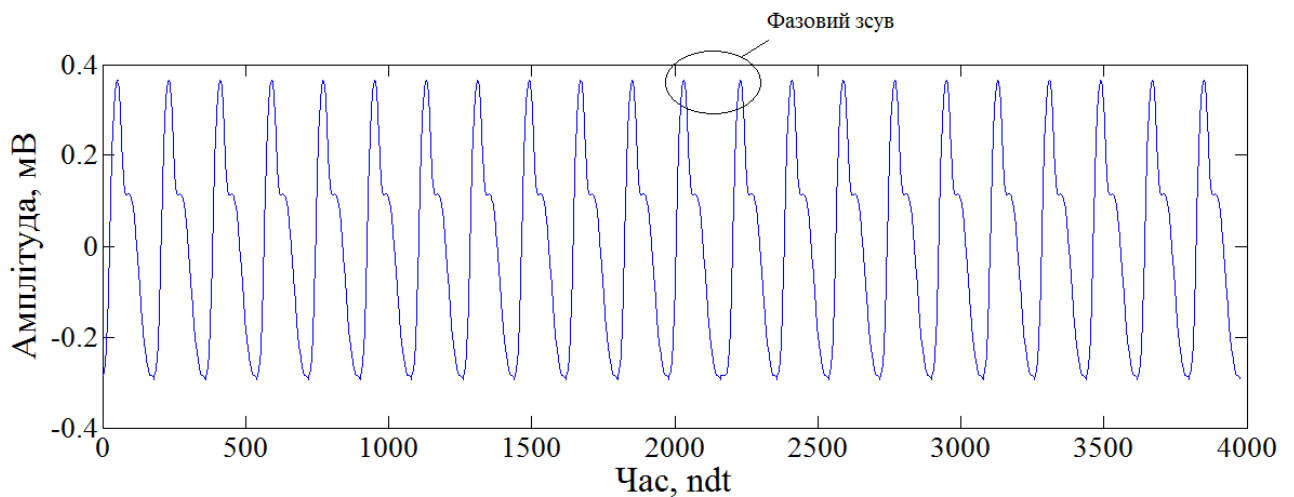


Рис. 4.9. Зімітований сигнал із часовим зсувом

Оцінки стаціонарних компонент для такого сигналу наведено на рис. 4.10. На них чітко видно місце зсуву.

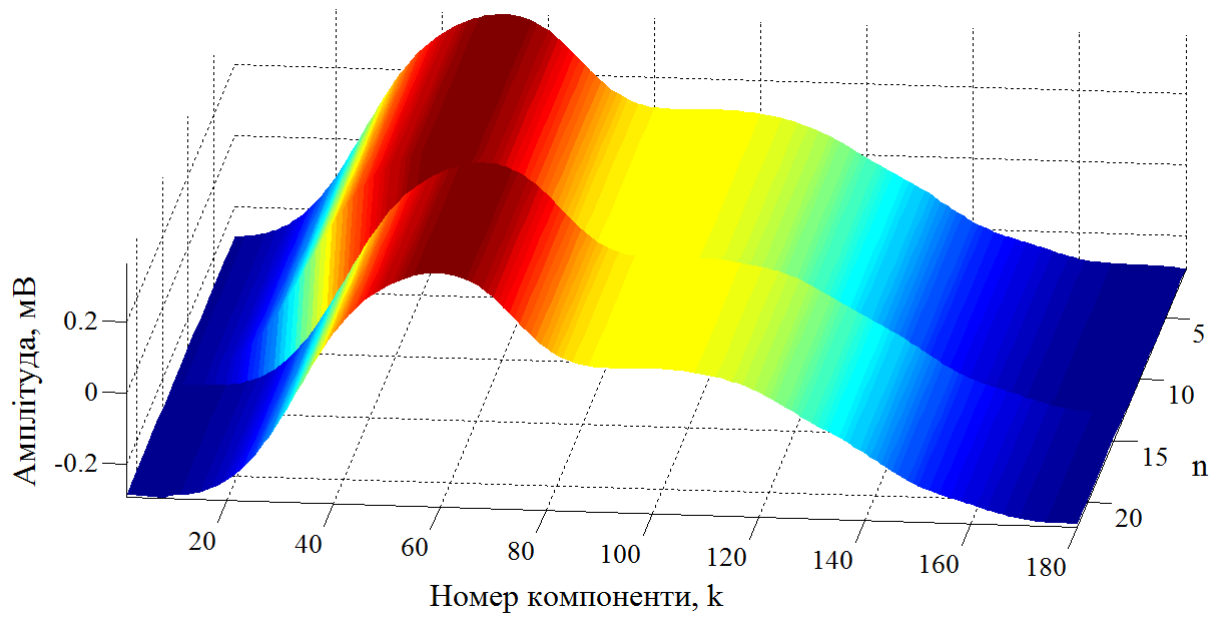


Рис. 4.10. Оцінки стаціонарних компонент

Оцінки кореляційних компонент початкового сигналу наведено на рис. 4.11. та фазовим зсувом наведено на рис. 4.12.

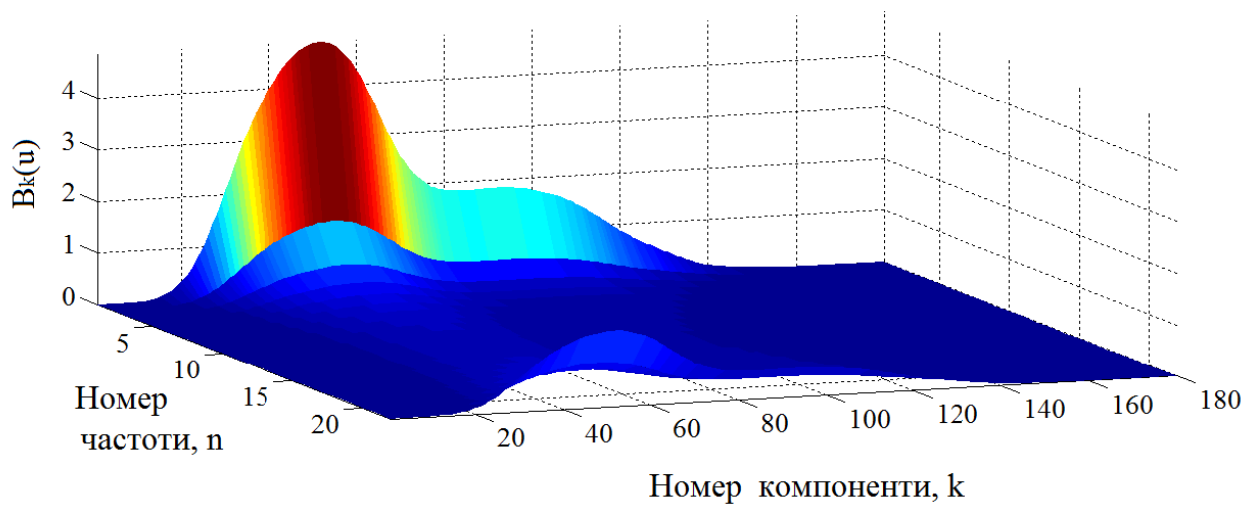


Рис. 4.11. Оцінки стаціонарних компонент сигналу без фазового зсуву

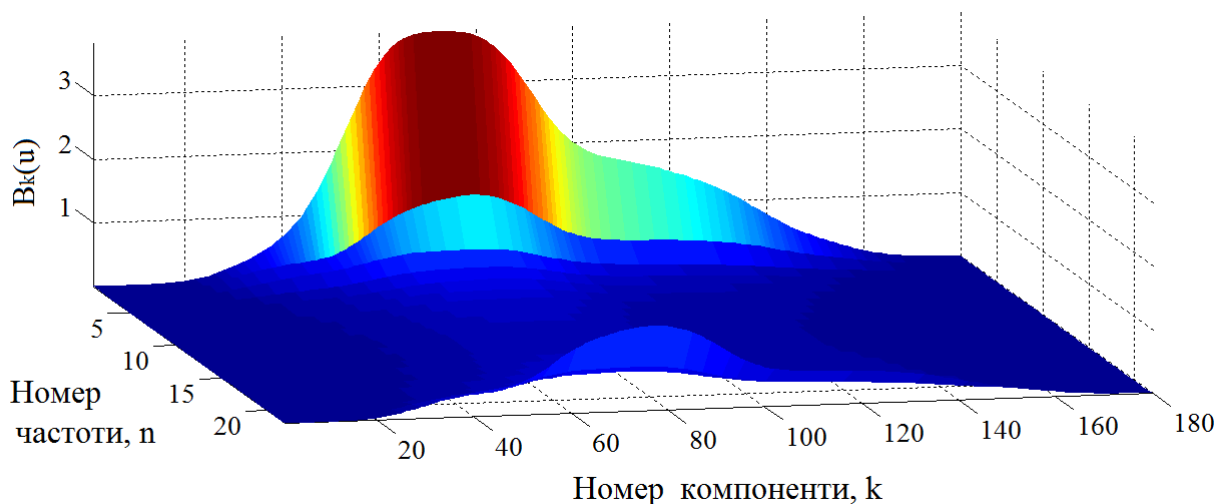


Рис. 4.12. Оцінки стаціонарних компонент сигналу із фазовим зсувом

Із останніх рисунків можна зробити наступні висновки: оцінки стаціонарних компонент є чутливими до фазових зсувів, на оцінках кореляційних компонент ці зсуви проявляються у вигляді зміщення потужності сигналу на більш високі частоти, що є логічним, адже для стаціонарного процесу потужність буде зосереджуватись на початкових частотах. Зімітований сигнал без фазових зсувів є детермінованим процесом і відповідно може бути віднесений як частковий випадок до стаціонарних процесів.

4.3 Висновки до розділу 4

В розділі проведено верифікацію математичної моделі ритмічних біомедичних сигналів. Для верифікації математичної моделі у вигляді ПКВП шляхом тестування синфазного методу розроблено імітаційну модель біосигналу, а саме сигналу пульсової хвилі, яка б враховувала параметри норми та патологічних станів.

Модель у вигляді ПКВП враховує коливну структуру біосигналів. Для верифікації перевірено факт, що така модель даватиме можливість оцінювання і фазових змін у структурі біосигналу.

В зімітованому сигналі пульсової хвилі штучно створено фазовий зсув. Виявлено, що синфазний метод є чутливим до таких проявів патологічних

станів у структурі біосигналів, зокрема на оцінках кореляційних компонент ці фазові зсуви проявляються у вигляді зміщення потужності сигналу на більш високі частоти.

РОЗДІЛ 5

СПЕЦАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень

Згідно закону України "Про метрологію та метрологічну діяльність" та ДСТУ 2681-94, метрологічне забезпечення – це установлення та застосування метрологічних норм і правил, а також розроблення, виготовлення та застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності і потрібної точності вимірювань.

Технічною основою метрологічного забезпечення є:

- система державних еталонів одиниць фізичних величин, яка забезпечує їх відтворення з найвищою точністю;

- система робочих еталонів і зразкових ЗВТ, за допомогою яких здійснюється передача розмірів одиниць фізичних величин робочим ЗВТ;

- система стандартних зразків складу та властивостей речовин та матеріалів, що забезпечує відтворення одиниць фізичних величин, які характеризують склад і властивості речовин і матеріалів;

- система робочих ЗВТ, які використовуються під час розроблення, виробництва, випробувань та експлуатації продукції, наукових досліджень та інших видів діяльності.

Основною метою метрологічного забезпечення є поліпшення якості продукції, підвищення ефективності виробництва, використання матеріальних цінностей та енергетичних ресурсів, а також наукових досліджень.

Для забезпечення відповідності обладнання для відбору електрокардіосигналів з метою оцінювання реакції організму на психо-емоційні навантаження (електрокардіографи, кардіореєстратори) встановленим технічним вимогам необхідно проводити його відповідну повірку, яка полягає в оцінюванні технічних та експлуатаційних характеристик відповідно до

встановлених норм.

При проведенні повірки повинні дотримуватися такі умови:

- температура навколишнього повітря $(20 \pm 5) ^\circ \text{C}$;
- атмосферний тиск від 97,3 до 105,3 кПа (від 730 до 790 мм. рт. ст.);
- відносна вологість повітря $(65 + 15)\%$;
- на робочому місці для зменшення електромагнітних перешкод видаляються мережеві кабелі та шнури приладів від схеми перевірки і вхідних ланцюгів ЕК на відстань не менше 1 м;
- потрібно видалити від робочого місця джерела електромагнітних перешкод, що впливають на роботу ЕК і засобів повірки.

Враховуючи комп'ютеризацію практично всіх галузей науки і техніки, для повірки сьогодні застосовують тестові сигнали, що мають нормовані характеристики (амплітуда, частота, тривалість тощо). Такі сигнали генеруються або апаратно (імітатори ЕКС) або програмно. Розглянемо особливості роботи в середовищі Matlab при генеруванні різного роду сигналів та при опрацюванні реальних сигналів, відібраних від пацієнтів.

5.2 Побудова прикладного програмного забезпечення для розв'язування наукової задачі

Головні переваги "мови технічних обчислень" Matlab полягають в наступному:

- система Matlab спеціально створена для проведення саме інженерних розрахунків: математичний апарат, який використовується в ній, гранично наближений до сучасного математичного апарату інженера та вченого і спирається на обчислення з матрицями, векторами і комплексними числами; графічне представлення функціональних залежностей тут організоване у формі, яку вимагає саме інженерна документація;

- мова програмування системи Matlab досить проста, близька до мови BASIC; вона містить всього декілька десятків операторів; незначна кількість

операторів тут компенсується великим числом процедур і функцій, зміст яких легко зрозумілий користувачеві з відповідною математичною і інженерною підготовкою;

- на відміну від більшості математичних систем, Matlab є відкритою системою; це означає, що практично всі процедури і функції Matlab доступні не тільки для використання, але і для коректування і модифікації; Matlab - система, яка може розширюватися користувачем по його бажанню створеними ним програмами і процедурами (підпрограмами); її легко пристосувати до вирішення потрібних класів завдань;

- дуже зручною є можливість використовувати практично всі обчислювальні можливості системи в режимі надзвичайно могутнього наукового калькулятора; в той же час можна складати власні окремі програми з метою багаторазового їх використання для досліджень, це робить Matlab незамінним засобом проведення наукових розрахункових досліджень;

- останні версії Matlab дозволяють легко інтегрувати її з текстовим редактором Word, що робить можливим використання при створенні текстових документів обчислювальних і графічних можливостей Matlab, наприклад, оформляти інженерні і наукові звіти і статті з включенням в них складних розрахунків і введенням графіків в текст.

Відомо, що математична модель визначає методи опрацювання сигналів. На основі методів будуються алгоритми та програмне забезпечення діагностичних систем (так звана МАПР-тріада). Однак, для тестування методу опрацювання, оцінювання достовірності результатів опрацювання сигналу пульсової хвилі цим методом і, відповідно, алгоритмів та програмного забезпечення діагностичних систем, необхідно розробити імітаційну модель сигналу, яка б враховувала у своїй структурі основні параметри медичної норми та патології стану серцево-судинної системи. Тому створення імітаційної моделі сигналу пульсової хвилі, яка би давала можливість забезпечити параметричну ідентифікацію методу опрацювання з достовірним відтворенням даних є актуальною задачею.

Основними етапами процесу імітаційного моделювання є: визначення системи, формулювання моделі, що передбачає перехід від реальної системи до деякої логічної схеми (абстрагування), підготовки даних (відбір даних, необхідних для побудови моделі, і представлення їх в відповідній формі), оцінювання адекватності моделі, експериментування, як процес виконання імітації з метою одержання бажаних результатів і аналізу чутливості, інтерпретація результатів імітаційного моделювання та реалізація – практичне використання моделі або результатів моделювання.

Найпростішим способом задання одного періоду сигналу пульсової хвилі є формування вектора значень її амплітуд через рівні проміжки часу. Позначимо цей вектор літерою z . В середовищі Matlab він запишеться як:

```
z=[0,0.04,0.2,0.45,0.6,0.65,0.6,0.46,0.4,0.40,0.39,0.35,0.27,0.19,0.1,0.05,0.01,
0];
```

Розмірність цього вектора – 18 значень амплітуд сигналу. Виведемо цей вектор у вигляді графіка з допомогою функції `plot(.)`.

```
z=[0,0.04,0.2,0.45,0.6,0.65,0.6,0.46,0.4,0.40,0.39,0.35,0.27,0.19,0.1,0.05,0.01,
0];
figure(2);
plot(z);
grid on;      % накладання сітки на графік
```

Для практичних досліджень необхідно, щоб розмірність цього вектора z була значно більшою, тобто необхідно збільшити іншими словами частоту дискретизації. Зараз вона становить 18 Гц за умови частоти серцевих скорочень – 60 уд/хв.

Також для практичних досліджень необхідно зімітувати послідовність періодів пульсової хвилі. Для цього створимо вектор `g[.]`, елементами якого є інтерпольовані функції зімітованого сигналу пульсової хвилі:

```
g=[f f f f f];
```

Побудуємо графік одержаного сигналу:

```
figure(4);
```

```
plot(g);
```

```
grid on;
```

Як зазначалось в першому розділі, сигнал пульсової хвилі містить постійну та змінну складові. Постійна складова відображає інтенсивність світлового випромінювання датчика, яка повністю пройшла через тканини або відбилась від поверхні. Змінна складова відображає сам процес кровонаповнення судин кров'ю. Інформативною є саме змінна складова. Згенерований сигнал пульсової хвилі містить певну постійну складову. Для виділення її з метою одержання корисного інформативного сигналу проведемо центрування сигналу. Постійною складовою сигналу є його математичне сподівання чи середнє значення. Для усунення постійної складової необхідно відняти від сигналу його математичне сподівання. Функція числення математичного сподівання – `mean(g)`:

```
r=g-mean(g);      % центрування сигналу
```

```
figure(5);
```

```
plot(r);
```

```
grid on;
```

Описана програма дозволяє імітувати сигнал пульсової хвилі із заданими параметрами часових та амплітудних значень характерних точок півхвиль.

РОЗДІЛ 6

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1 Науково-технічна актуальність науково-дослідної роботи

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

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

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

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

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

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

підвищення якості або удосконалення виробництва якої направлена тема магістерської роботи.

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

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

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

6.2 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

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

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

6.2.1 Витрати на оплату праці. Витрати за цією статтею включають заробітну плату безпосередніх виконавців теми, а заробітна плата адміністративно-управлінського персоналу, працівників дослідних виробництв включаються в кошторисну вартість теми через статтю «Накладні витрати». Крім цього, слід враховувати, що для тем, які фінансуються за рахунок держбюджету прибуток не планується і тому в дану статтю витрат включається тільки основна заробітна плата (без премій та інших виплат, що здійснюються із прибутку). Витрати на оплату праці розраховують на основі даних про трудомісткість окремих робіт по темі (табл. 6.1) та посадових окладів безпосередніх їх виконавців.

Таблиця 6.1

Трудомісткість робіт по темі НДР

Найменування робіт по темі дослідження	Трудомісткість за виконавцями, людино-днів					
	Провідний науковий співробітник	Старший науковий співробітник	Молодший науковий співробітник	Інженер	Лаборант	Студент
1. Уточнення та конкретизація завдань по темі дослідження	2	2	1	–	–	2
2. Аналіз науково-технічних публікацій з теми	1	2	3	–	–	7
3. Розроблення математичної моделі сигналу	3	3	4	–	–	5
4. Розроблення Компонентного методу опрацювання сигналу	3	3	4	–	–	5
5. Експериментальні дослідження сигналу	2	2	2	2	2	2
6. Формування звіту по НДР	5	7	7	7	7	7
Разом за виконавцями теми	16	20	21	9	9	28

Подальші розрахунки витрат на оплату праці проводиться за алгоритмом, зрозумілим із табл. 6.2.

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

Таблиця 6.2

Розрахунок витрат на оплату праці

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

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

Базою вказаного нарахування слугують загальні витрати на оплату праці по темі (табл.6.2).

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

Тематика дослідницьких робіт, які виконуються на факультеті контрольньо-вимірвальних та радіокомп'ютерних систем, передбачає використання, перш за все, комп'ютерної діагностичної системи, комп'ютерів для опрацювання кардіосигналів сигналів та формування матеріалів звітності, оргтехніки та інші.

Розрахунки зведено за формою у табл.6.3

Таблиця 6.3

Розрахунки витрат на обладнання

Найменування обладнання	Одиниця виміру	Кількість	Ринкова ціна за одиницю, грн	Сума,грн.
1. ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення)	шт	1	8200	8200
2. Принтер лазерний	шт	1	1600	2200
3. Кабель для підключення до ПК	шт	1	120	120
Загальні витрати на матеріали				10520

6.2.4 Енергоносії для проведення досліджень. На підприємстві електроенергія використовується для освітлення, живлення медобладнання, комп'ютерної техніки та оргтехніки.

$$Z_{cm} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot k_i \cdot t_i \cdot C_i, \quad (6.1)$$

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

C_i - ціна за одиницю i -го виду матеріального ресурсу, грн;

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

t_i – час роботи i -го виду матеріального ресурсу;

i - вид матеріального ресурсу;

n - кількість видів матеріальних ресурсів.

Якщо для проведення НДР використовується електрообладнання, то необхідно розрахувати витрати на електроенергію за формою (6.1), наведеною в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4

Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Паспортна потужність, Вт	Коефіцієнт використання потужності	Час роботи обладнання для розробку АІС, год	Ціна електроенергії, Грн/ (кВт/год)	Сума, грн.
ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення)	265	0,5	102	2,5	4700,63
Принтер лазерний	700	0,25	3	1,25	656,25
Лампи розжарювання (освітлення)	150	0,85	10	1,25	1593,75
РАЗОМ витрати на електроенергію					6950,63

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

Під час виконання НДР здійснюються ряд відряджень, які пов'язанні із доповідями на конференціях, які наведено у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5

Приблизні витрати на службові відрядження

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

6.2.6. Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми. Планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі складається на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних (табл.6.6).

Таблиця 6.6

Планова калькуляція кошторисної вартості НДР

Найменування статей витрат	Сума, грн	Обґрунтування
1	2	3
1. Витрати на оплату праці	10327,74	Відповідно до розрахунків
2. Відрахування на соціальні заходи	3848,12	Відповідно до діючих загальнодержавних нормативів
3. Обладнання для проведення досліджень	30890	Відповідно до розрахунків
4. Енергоносії для проведення досліджень	4615,22	Відповідно до розрахунків
5. Витрати на службові відрядження	1500	Відповідно до розрахунків
6. Інші невраховані прямі витрати по темі	5118,1	10% від суми прямих розрахованих витрат по темі
7. Кошторисна вартість теми	56299,19	Сума попередніх статей

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

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

6.3 Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи

Економічна оцінка фундаментальних і пошукових НДР у вартісному вимірі, як правило, неможливо, бо ймовірність доведення результатів таких досліджень до конкретного практичного застосування невелике. Для таких досліджень рекомендується визначати науковий та науково-технічний ефект,

який враховує результати наукових досліджень та їх значущість для прискорення науково-технічного прогресу та розвитку національної економіки.

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

$$E_{нт} = \frac{\sum B_i \cdot B_{ij}}{\sum B_i \cdot B_{ij}^{\max}}, \quad (6.2)$$

де B_i – нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності (табл. 6.7);

B_{ij} – середнє значення балу, який виставляється експертами i -му фактору;

B_{ij}^{\max} – максимально можливе значення балу (табл. 6.8);

i – порядковий номер фактору;

j – відповідна характеристика i -го фактора.

Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності наведені в табл. 6.7.

Таблиця 6.7

Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів
науково-технічної ефективності

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

Характеристика факторів науково-технічної ефективності НДР наведена в табл. 6.8.

Характеристика факторів науково-технічної ефективності НДР

Фактор наукової та науково-технічної ефективності	Характеристика фактора	Оцінка фактора	
		Якісна	Бальна A_{ij}^{\max}
1.Новизна одержаних або передбачуваних результатів	Одержані принципово нові результати, раніше невідомі в науці, розроблена нова теорія, відкрита нова закономірність	Висока	10
	Встановлені деякі часткові закономірності, методи, способи, які дозволяють створити принципово нові види техніки	Середня	7
	Позитивне вирішення поставлених задач на підставі простих узагальнень, аналіз зв'язків між факторами, розповсюдження відомих наукових принципів на об'єкти	Недостатня	3
	Опис окремих елементарних фактів, передача та поширення отриманих раніше результатів, реферативні огляди	Тривіальна	1
2.Глибина наукового опрацювання	Проведена значна кількість експериментів по нетрадиційним методикам, виконані складні теоретичні розрахунки, підтверджені експериментальними даними	Істотна	10
	Проведена обмежена кількість розрахунків по відомим методикам, виконані теоретичні розрахунки невисокої складності, частково перевірені експериментальними даними	Середня	6
	Проведена недостатня кількість експериментів, виконані прості теоретичні розрахунки без експериментальної перевірки	Несуттєва	1
3.Ступінь ймовірності успіху	Висока ймовірність повного вирішення поставлених задач НДР	Значна	10
	Середня ймовірність вирішення більшості експериментальних або теоретичних задач	Помірна	6
	Низька ймовірність вирішення поставлених задач, отримання позитивних результатів сумнівне	Незначна	1
4.Масштаб використання результатів	Результати можуть бути використані в багатьох наукових напрямках, мають значення для розвитку суміжних наук	Широкий	10
	Результати можуть бути використані в конкретному науковому напрямку при розробці нових технічних рішень, спрямованих на суттєве підвищення продуктивності суспільної праці	Достатньо широкий	8
	Результати будуть використані при проведенні наступних НДР, при розробці нових технічних рішень в конкретній галузі	Достатній	5
5.Ступінь реалізації результатів	Строк впровадження,роки: До 2	Висока	10
	До 4	Середня	7
	До 6	Достатня	4
	Більше 6	Недостатня	2

Кількісна оцінка факторів науково-технічної ефективності НДР здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне. Отримані результати зводять за формою табл. 6.9.

Таблиця 6.9

Результати розрахунків науково-технічної ефективності НДР

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

Розраховане за формулою 6.2 значення $E_{нт}$ буде відображати рівень наукової та науково-технічної ефективності конкретної теми фундаментального чи пошукового дослідження:

$$E_{нт} = \frac{0.25 \cdot 3 + 0.16 \cdot 6 + 0.09 \cdot 6 + 10 \cdot 0.25 + 10 \cdot 0.15 + 6 \cdot 0.1}{1 \cdot 10} = 0,685 .$$

Загальну оцінку магістерської НДР можна здійснити, користуючись даними табл. 6.10.

Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності
фундаментальних та пошукових НДР

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

6.4 Висновки до розділу 6

У розділі на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 56299,19 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Охорона праці

При виконанні досліджень по обґрунтуванню вибору математичної моделі ритмічних біосигналів використовується електрокардіограф ЭКЗТ-08, при роботі з яким потрібно забезпечити його безпечну експлуатацію. При використанні електричного обладнання є небезпека електротравматизму.

Електрокардіограф ЭКЗТ-08 відповідає стандарту безпеки ІЕС60601-1 від дії небажаної електричної дії.

Клас захисту від ураження електричним струмом 1. Живлення електрокардіографу 220 В.

Основним небезпечним фактором при ураженні людини електричним струмом є сила струму.

Ступінь негативного впливу струму на організм людини збільшується з силою струму (позначення — I), яка вимірюється в амперах (А).

Якщо ступінь захисту не вказаний в маркуванні на виробі або в інструкціях з експлуатації (наприклад, стара апаратура), то такі вироби повинні бути перевірені інженерно-технічним персоналом для визначення придатності до проведення призначеної медичної процедури. Забороняється застосовувати вироби, що контактують з пацієнтом, якщо невідомий ступінь їх захисту, особливо в комплексі з іншим апаратом.

Правила техніки безпеки при користуванні електрокардіографом:

1. Перед вмиканням електрокардіограф необхідно візуально перевірити електрошнур на наявність механічних пошкоджень.
2. Забороняється працювати з електрокардіографом вологими руками.
3. Не залишати електрокардіограф без нагляду на довгий час, після закінчення роботи перевірити чи все вимкнено.
4. При виявленні або виникненні несправності в електрокардіографі

негайно викликати працівника, що його обслуговує.

5. Категорично заборонено виконувати будь-які ремонтні роботи самостійно.

Умови експлуатації електрокардіографа ЭКЗТ-08.

При експлуатації необхідно звертати особливу увагу на правильну експлуатацію і своєчасну повірку.

При експлуатації електрокардіограф слід перевіряти герметичність з'єднань.

Якщо умови експлуатації електрокардіографом відрізняються від умов, за яких проводилося його градування, то помилка в показаннях електрокардіографа може значно перевищити допустиме значення.

Правила користування електрокардіографу ЭКЗТ-08:

- не допускати попадань роз'їдаючих речовин, вибухових речовин, впливу занадто високої, низької температури і вологи.

- якщо в електрокардіографа потрапляє волога або вода, припиніть його роботу.

- при переміщенні з холодного середовища в тепле і вологе середовище, не використовуйте електрокардіограф відразу ж.

- не застосовуйте гострих матеріалів по відношенню до кнопок на передній панелі.

- не занурюйте електрокардіографа у рідину.

Термін експлуатації електрокардіографа ЭКЗТ-08 - 5 років. З метою довгого терміну служби, звертайте увагу на технічне обслуговування.

Отже, електрокардіограф ЭКЗТ-08 є безпечним з точки зору охорони праці та електробезпеки, і тим самим мінімізує ризик ушкодження електричним струмом при його експлуатації.

7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

7.2.1 Стійкість роботи цехів по виготовленню електронної медичної апаратури. Заходи захисту виробничого персоналу

Підвищення стійкого функціонування цехів по виготовленню електронної медичної апаратури і систем життєзабезпечення в НС завжди було одним з головних напрямків діяльності людей. В процесі розвитку цивілізації, науково-технічного прогресу з одного боку поліпшуються умови життя людей, але зростає ймовірність виникнення НС.

Зростає ризик у житті людей, ризик виникнення техногенних і природних катастроф.

Усі потенційно-небезпечні виробництва так чи інакше пов'язані з усіма видами діяльності людини і їх неможливо виключити зі сфери виробництва.

На потенційно-небезпечних об'єктах при певних умовах виникають техногенні аварії і катастрофи, з яких найбільш типовими є вибухи, пожежі, затоплення, радіаційне забруднення, хімічне і біологічне зараження та інше.

Якщо завчасно не провести заходи щодо підвищення сталої роботи об'єктів господарської діяльності і захисту населення, то при виникненні НС може призвести до різкого спаду промислового виробництва, порушенню енергетичних систем, величезним людським і матеріальним збиткам.

Сучасне промислове підприємство являє собою комплекс, що складається з працівників і службовців, будівель і споруд, в яких розміщені виробничі цехи з технологічним обладнанням, системи енерго-, водопостачання, а також інженерних і транспортних комунікацій, запасів сировини, палива, матеріалів, системи виробничих і кооперативних зв'язків, системи управління виробництвом.

Кожен з цих елементів впливає на сталість роботи ОГД, на випуск продукції.

При розробці заходів по підвищенню стійкості роботи промислового об'єкту необхідно враховувати усі його елементи.

Необхідно проводити аналіз уразливості як об'єкта в цілому, так і його елементів.

Сутність поняття стійкості роботи об'єктів господарської діяльності.

Під стійкістю роботи ОГД розуміють його спроможність в умовах НС випускати продукцію в запланованому обсязі та номенклатурі, а при отриманні середнього ступеню руйнувань або порушенні зв'язків з кооперацією та поставок відновлювати виробництво у мінімально стислі терміни.

Під стійкістю ОГД розуміють спроможність усього інженерно-технічного комплексу підприємства, тобто будівель, споруд, верстатного та технологічного устаткування, транспортних і технічних комунікацій, протистояти руйнівній дії НС.

На стійкість роботи ОГД в умовах НС впливають наступні чинники:

- надійність захисту робітників та службовців;
- спроможність інженерно-технічного комплексу об'єкта протистояти у визначеному ступені уражуючим чинникам стихійного лиха, аварій, катастроф та сучасних видів зброї;
- захищеність об'єкта від вторинних уражуючих чинників (пожеж, вибухів, зараження ОР та СДОР);
- надійність забезпечення об'єкта всім необхідним для виробництва;
- стійкість та безперервність управління виробництвом та цивільною обороною;
- підготовленість об'єкта до ведення рятувальних робіт.

Шляхи і способи підвищення стійкості роботи промислових об'єктів.

Вищезазначені чинники є основними загальними для усіх ОГД.

Шляхи підвищення стійкості роботи в умовах НС:

- забезпечення надійного захисту робітників та службовців від уражуючих чинників застосування сучасної зброї, аварій, катастроф і стихійного лиха;

- захист основних виробничих складових від уражуючих чинників, в тому числі і від вторинних, які виникають в умовах НС;

- стійке забезпечення всім необхідним для випуску запланованої продукції;

- підготовка до відновлення порушеного виробництва;

- підвищення надійності та оперативності управління виробництвом та ЦО.

Захист робітників та службовців досягається 4 основними способами:

- укриття людей в захисних спорудах;

- проведення евакуаційних заходів;

- радіаційно-хімічний захист;

- медичний і біологічний захист.

Надійно захистити виробничий персонал об'єкта можливо лише при комплексному використанні всіх основних способів захисту. Захист виробничих фондів полягає у підвищенні стійкості будівель, споруд і конструкцій об'єкта до уражуючих чинників та захисті технологічного обладнання, верстатів, систем і комунікацій та інших засобів, що формують основу виробничого процесу.

Підвищення протипожежної стійкості:

- максимальне скорочення запасів паливо- та вибухонебезпечних речовин;

- проведення протипожежних заходів;

- підготовка сил і засобів пожежогасіння.

Підготовка до прискореного відновлення порушеного виробництва:

- розробка необхідної технічної та технологічної документації;

- створення запасів матеріальних засобів для встановлення робіт;

- розробка розрахунків сил і засобів для відновлювальних робіт;

- визначення вірогідної черговості робіт по відновленню виробництва з урахуванням наявних ресурсів.

Крім того, на стійкість роботи ОГД буде впливати наявність підготовленої робочої сили.

Підвищення надійності та оперативності управління виробництва:

- створення на об'єкті стійкої системи зв'язку;
- висока підготовка керівного складу;
- своєчасне прийняття вірних рішень та постановка завдань підлеглим у відповідності до обстановки, що склалася.

Підвищення стійкості роботи ОГД досягається завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, які спрямовані на максимальне зниження дії уражуючих чинників і створення умов для ліквідації наслідків НС.

Інженерно-технічні заходи – це комплекс робіт, що забезпечують підвищення стійкості виробничих будівель і споруд, обладнання, комунально-енергетичних систем.

Технологічні заходи забезпечують підвищення стійкості роботи об'єкта шляхом зміни технологічного процесу, що сприяє спрощенню виробництва продукції та усуває можливість виникнення вторинних уражуючих чинників.

Організаційні заходи – передбачають розробку і планування дій керівного, командно-начальницького складу штабу, служб і формування ЦО при захисті робітників і службовців, проведенні рятувальних та інших невідкладних робіт, відновлення виробництва.

Організація і проведення досліджень з оцінки стійкості об'єкта.

Дослідження стійкості роботи ОГД – це всебічне вивчення обстановки, яка може скластися під час НС та визначення її впливу на виробничу діяльність підприємства. Мета дослідження полягає в тому, щоб вивчити слабкі місця в роботі об'єкта та виробити найбільш ефективні пропозиції, спрямовані на підвищення його стійкості.

Дослідження стійкості роботи ОГД проводяться силами інженерно-технічного персоналу із залученням спеціалістів науково-дослідних та

проектних організацій. Організатором та керівником досліджень є керівник підприємства.

Увесь процес планування і проведення досліджень поділяється на три етапи:

- I етап – підготовчий;
- II етап – оцінка стійкості роботи ОГД;
- III етап – розроблення заходів, які підвищують стійкість роботи ОГД.

На першому етапі розробляються керівні документи, які визначають склад учасників досліджень та організовується їх підготовка.

Основними документами для організації досліджень стійкості роботи ОГД є:

- наказ керівника підприємства щодо проведення досліджень;
- календарний план основних заходів з підготовки до проведення досліджень;
- план проведення досліджень.

На другому етапі проводиться безпосереднє дослідження стійкості роботи об'єкта. В ході досліджень визначаються умови захисту робітників та службовців від уражуючих чинників, проводиться оцінка уразливості виробничого комплексу від різних уражуючих чинників, оцінюється характер можливих пошкоджень, вивчається стійкість роботи системи забезпечення та кооперативних зв'язків з іншими об'єктами, визначаються вразливі місця в системі управління виробництвом.

На третьому етапі – підбиваються підсумки проведених досліджень. Групи спеціалістів за підсумками досліджень готують підсумки і пропозиції по захисту робітників та службовців і підвищення стійкості елементів виробництва, які досліджуються.

Група комплексних досліджень на основі доповідей інших груп складає загальний план, в якому визначаються:

- можливості щодо захисту робітників і службовців в НС;

- загальна оцінка стійкості об'єкта, найбільш слабкі (вразливі) ділянки виробництва, практичні заходи, терміни та обсяги робіт, які виникають у повсякденній роботі та при загрозі виникнення НС;

- порядок та приблизні терміни проведення відновлювальних робіт при різних ступенях руйнування.

У зв'язку з тим, що заходи щодо підвищення стійкості роботи ОГД виконуються завчасно, з оголошенням загрози виникнення НС та в умовах НС, відповідні плануючі документи, для зручності користування ними, складаються на кожен можливу ситуацію.

1. Перспективний план заходів щодо підвищення стійкості роботи ОГД, які проводяться завчасно.

2. План-графік проведення заходів з підвищення стійкості роботи ОГД при загрозі виникнення НС.

3. Графік безаварійної зупинки підприємства.

Правильність проведення розрахунків перевіряється на спеціальних навчаннях.

7.2.2 Надзвичайні екологічні ситуації та екологічний ризик

Особливу роль у житті людини відіграють надзвичайні ситуації, що виникають під час стихійних лих або техногенних катастроф. Разом із соціальними та економічними збитками надзвичайні ситуації завдають також екологічної шкоди, що відображається в руйнуванні й деградації природних систем, забрудненні повітря, водойм і ґрунтів. У результаті виникають надзвичайні екологічні ситуації. Надзвичайні екологічні ситуації — ті ситуації, що виникають унаслідок раптових природних лих або техногенних аварій і супроводжуються великими збитками. Характерними особливостями цих ситуацій є велика гострота прояву, значні відхилення показників навколишнього середовища від норми (перевищення граничнодопустимих концентрацій (ГДК) забруднювальних речовин у сотні, тисячі й навіть десятки

тисяч разів); ураганні швидкості вітру; затоплення селітебних територій (населених пунктів); виникнення катастрофічних селевих потоків та ін.

Звичайно, такі відхилення тривають недовго — години, дні, десятки днів, іноді більше. Потім ступінь гостроти екологічного стану зменшується, хоча може залишатися досить високим. Отже, поняття надзвичайна екологічна ситуація та катастрофічна екологічна ситуація розрізняються тим, що перша триває порівняно недовго, але настає раптово та характеризується виключно високими відхиленнями стану навколишнього середовища від норми, а друга — досить тривала (як правило, роки), але має меншу гостроту прояву.

Надзвичайна ситуація за певних обставин може перетворитися на катастрофічну. Наприклад, ситуація у Чорнобильській зоні. Протягом майже місяця радіаційна обстановка в Чорнобилі була надзвичайною. Після спорудження саркофага викиди радіоактивних елементів різко зменшилися, але забруднення до того часу охопило великі території. Таке високе радіаційне забруднення продовжується вже понад два десятиріччя. За оцінкою спеціалістів, екологічна ситуація в Чорнобильській зоні є катастрофічною.

Таким чином, надзвичайні екологічні ситуації відображаються у порушенні нормального функціонування природних і природно-антропогенних систем, пов'язаних із раптовими природними або техногенними впливами (стихійні лиха, катастрофи, аварії), що супроводжуються соціальними, економічними та екологічними збитками і потребують для ліквідації особливих управлінських рішень. Збитки виявляються у загибелі та пораненні людей, погіршенні їх здоров'я, руйнуванні матеріальних об'єктів, структури природних і природно-антропогенних систем, втраті їх природно-ресурсного і екологічного потенціалу. Довготривала надзвичайна ситуація зумовлює формування зони екологічної катастрофи або екологічного лиха.

Надзвичайні екологічні ситуації виникають унаслідок дії трьох основних груп факторів:

— свідомого руйнування природного середовища, походження техніки, погіршення становища економічних об'єктів під час війн і диверсійних актів;

— руйнівних катастроф, які виникають у зв'язку з некомпетентними та помилковими технічними рішеннями (наприклад, Чорнобильська аварія);

— природних стихійних явищ. Той факт, що різко збільшилися їх частота та інтенсивність в останні десятиріччя, спеціалісти пов'язують з антропогенною стимуляцією, що спричинює посилення відхилень природних процесів від нормального рівня коливань.

Економічні збитки, завдані у зв'язку з несприятливими і небезпечними природними процесами та явищами, значно збільшилися. За деякими оцінками, вони зростають швидше, ніж показники світового валового продукту, тобто може бути досягнута межа просторового і технологічного розвитку виробництва за його здатністю компенсувати збитки, які збільшуються, від несприятливих і небезпечних явищ. Первинні процеси, що виникають у природному середовищі внаслідок цих факторів, посилюватимуться або послаблюватимуться залежно від природної обстановки (стійкість ландшафтів, погодні умови, фаза коливань екосистеми тощо) і соціально-економічних умов (психологічна готовність і неготовність населення до ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, технічна оснащеність спеціальних служб, економічні можливості та ін.). Таким чином, надзвичайні екологічні ситуації в більшості випадків мають комплексну природу.

Заходи щодо запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям або подолання їх наслідків можна згрупувати у три класи:

- організаційні, серед яких розрізняють планувальні та оперативні;
- інженерно-технічні;
- технологічні.

Отже, заходи, спрямовані на запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям та подолання, їх можна поділити на два типи: заходи, спрямовані на зниження піддатливості об'єктів небезпечним впливам, і заходи, спрямовані на зниження чутливості об'єктів до небезпечних впливів. У першому випадку здійснюють заходи з метою зовнішнього захисту об'єктів, виключення тих чи інших територій з використання у виробничих цілях тощо. Зниження

чутливості об'єктів до небезпечних впливів досягається, насамперед, за рахунок досконаліших технологій, шляхом регулювання технологічних режимів у зв'язку з природними циклами, створення системи дублювання об'єктів, інформаційних систем і систем швидкого реагування.

Основні функції щодо запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям та подолання їх на державному рівні виконують міністерства з надзвичайних ситуацій.

Ризик — це об'єктивне поняття, він пов'язаний практично з будь-якою діяльністю людини. Уміння усвідомлювати ступінь ризику дає змогу людині оцінити власні можливості й вибрати напрями поведінки при цьому. Під сутністю терміна ризик розуміють імовірність, по-перше, будь-якої небезпечної події; по-друге, негативних наслідків від неї та обсягу очікуваних збитків. Одні ризики конкретні, інші — не мають такого визначення. Існують професійні ризики (наприклад, небезпека професійних захворювань) і такі, яких зазнає все населення (екологічний, економічний, геологічний, політичний ризики).

Предметом нашого дослідження є екологічний ризик, чіткого визначення якого досі немає. М.Ф. Реймерс вважає, що це ймовірність наслідків будь-яких (специфічних або випадкових, поступових або катастрофічних) антропогенних змін природних об'єктів і факторів^{*22}. З екологічним ризиком пов'язані поняття екологічної безпеки і небезпеки. Ці альтернативні категорії стосуються населення як реципієнта дії навколишнього середовища за його відповідно несприятливого чи сприятливого статусу.

Екологічний ризик пов'язаний із такими групами факторів: 1) техногенними; 2) природними; 3) військовими; 4) соціально-економічними; 5) політичними; 6) тероризмом.

Техногенний екологічний ризик виникає у зв'язку з аваріями на ЛЕС, аваріями танкерів, на небезпечних хімічних виробництвах, під час руйнування гребель водосховищ тощо. Причинами аварій є інтенсивність технологічних процесів та зв'язків, висока концентрація виробництва, ресурсомісткість і

багатовідходність технологій, погана оснащеність очисними й утилізаційними пристроями.

Природний екологічний ризик пов'язаний із ймовірністю вияву багатьох несприятливих природних явищ, таких як землетруси, вулканізм, селі, повені, цунамі та ін. Потрібно враховувати особливості геологічної будови (властивості гірських порід, наявність або відсутність розламів тощо), рельєфу (наприклад, посилення ризику забруднення в улоговинах), ландшафтів (ступінь їх стійкості до техногенних навантажень). Варто також зважати на сусідство цінних та унікальних природних об'єктів, територій особливого режиму охорони. Екологічний ризик збільшується за високої густоти населення, а також залежить від характеру сприйняття населенням подій, що відбуваються. Відомо, що катастрофічні наслідки аварій і стихійних природних явищ різко зростають у результаті психологічної неготовності населення до таких подій.

Особливу групу факторів виникнення екологічного ризику становлять воєнні дії, які зумовлюють різноманітні зміни навколишнього середовища та безпосередньо впливають на людину й інші суб'єкти. Екологічний ризик пов'язаний також із соціально-економічними факторами. Йдеться про ймовірність виникнення несприятливих екологічних ситуацій у разі прийняття рішень про будівництво тих чи інших небезпечних об'єктів у зв'язку з соціальною й економічною потребами такого будівництва. До цієї категорії належить будівництво багатьох АЕС, створення небезпечних хімічних виробництв, транспортних систем. У деяких випадках аналогічні рішення пов'язані з політичними факторами.

РОЗДІЛ 8

ЕКОЛОГІЯ

8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища і екології

З часу своєї появи на Землі людське суспільство завжди впливало на природне середовище, використовуючи його для задоволення своїх потреб. Ще в доісторичний час первісна людина, для того, щоб вижити, займалась полюванням і тим самим помітно впливала на розвиток середовища існування. Цей вплив посилювався з початком землеробства і приручення тварин, результатом чого стало створення поселень зв'язаних з появою нової організації суспільства. Виникають перші проблеми охорони природи-такі як боротьба з ерозією ґрунту і перетворення земель в пустелі. Ще більше виріс вплив на навколишнє середовище з появою мануфактур. Однак лише з настанням епохи промислової революції екологічна проблема набула нового характеру. Загальний об'єм впливу суспільства на природу став перевищувати її відновлюючий потенціал на багатьох великих ділянках земної поверхні, що викликало не відновлювані зміни середовища вже не локального, а регіонального масштабу.

Настання епохи НТР визвало корінні зміни в техніці і технології виробництва. Впровадження в промисловість нових більш ефективних технологічних процесів, різке підвищення продуктивності і розширення масштабів виробництва вимагають відповідного збільшення затрат матеріальних і енергетичних ресурсів, що в свою чергу призвело до багатократного зростання важливих виробничих відходів. В технології виробництва відбулись глибокі якісні зсуви. В доповнення до переважаючих на протязі віків механічних методів обробки за декілька останніх десятиріч отримали широке застосування різноманітні фізичні, хімічні і біологічні методи впливу на речовину. Закономірно виникла в силу певних історичних умов проблема охорони природи є життєво важливою і невідкладною

проблемою людства котра немає розумної альтернативи. Вона не належить до числа надуманих проблем, не є наслідком чиєїсь фантазії чи розваги. Її виникнення зумовлено всім ходом суспільного розвитку.

Подальший розвиток виробничих сил суспільства не тільки не знімає цю проблему, але навпаки вимагає повернення до неї все більшої уваги.

Першу глобальну екологічну кризу людство пережило ще в неоліті, коли винайшло лук і списи і за декілька тисячоліть знищило основну їжу (мамонтів та решту великих тварин). Кількість населення тоді скоротилася в 8-10 разів і відбулась революція свідомості та буття людства. Воно вижило завдяки швидкому розвитку сільського господарства, тваринництва, а потім використанню мінеральних і енергетичних ресурсів та розвитку промисловості.

У кінці ХХ ст.. настала друга глобальна екологічна криза завдяки зростанню кількості населення, його активній виробничій діяльності при надзвичайно низькій екологічній свідомості.

Тому екології і охорони навколишнього середовища повинно надаватись глобальне значення. При проектуванні технологічних процесів і виробництв потрібно враховувати вплив виробничих факторів на стан екології і усувати їхню критичну дію, застосовуючи різні установки компенсації цих факторів.

8.2 Вплив промислових електромагнітних полів на біосферу

При малих частотах, в тому числі при 50 Гц (промислова частота), електричне і магнітне поля практично не пов'язані між собою, тому їх можна розглядати окремо одне від одного і також окремо розглядати вплив, який вони чинять на біологічний об'єкт. Виходячи з цього визначена поглинена тілом людини енергія електричного і магнітного полів. При цьому в будь-якій точці електромагнітного поля, яке виникає в електроустановках промислової частоти, поглинена тілом людини енергія магнітного поля приблизно в 50 раз менша за поглинену ним енергію електричного поля. Наряду з біологічною дією

електричне поле обумовлює виникнення розрядів між людиною і металічним предметом, який має інший потенціал, ніж людина.

В даний час в промисловості широко використовуються прилади, пристрої, обладнання, робота яких пов'язана з використанням і утворенням випромінювань різноманітних частотних діапазонів (від звукових хвиль до електромагнітних оптичного діапазону). Робота персоналу по обслуговуванні установок, а також осіб, що знаходяться поблизу цих установок, пов'язана з впливом цих випромінювань на організм людини. Тому питання захисту від шкідливої дії випромінювань набувають особливого значення.

Джерелами випромінювання електромагнітної енергії є різноманітні установки, починаючи від промислових установок високочастотного нагріву і закінчуючи вимірювальними, контрольними і лабораторними приладами різного призначення. Джерелами випромінювання можуть бути будь-які елементи, включені в високочастотну мережу.

Робочі місця обслуговуючого персоналу можуть бути розміщені в наступних зонах електромагнітного поля: ближній, проміжній, дальній в залежності від частоти електромагнітного поля, параметрів і типів випромінюючої системи і відстані від джерела випромінювання до робочого місця.

Кількісними характеристиками електромагнітного поля є довжина хвилі λ і напруженість H . В радіотехніці електромагнітні поля, за виключенням НВЧ-діапазону, прийнято визначати по напруженості електромагнітних складових поля. З допомогою експериментальних і клінічних досліджень встановлено, що біологічна дія одного і того ж по частоті електромагнітного поля залежить від його напруженості. Це і послужило критерієм для визначення біологічної активності електромагнітних полів. Але для гігієнічної оцінки необхідно знати не тільки напруженість поля, тривалість дії його і характер впливу на організм, а й і гранично допустимий рівень напруженості електромагнітного поля для виробничих умов і населених пунктів – ту контрольну величину, яка дозволяє

встановити, у скільки раз існуюча в конкретному випадку напруженість її перевищує.

У виробничих умовах з їх складними просторово-часовими характеристиками електромагнітних полів встановлення гранично допустимих доз може бути найбільш прийнятним, тому що зменшиться число похибок у визначенні величин опромінення і в зв'язку з цим можна правильно і економічно проводити захисні міроприємства.

8.3 Заходи щодо усунення шкідливого впливу електромагнітних хвиль

Захист людини від небезпечного впливу електромагнітного опромінення здійснюється множиною способів, основними з яких є:

- зменшення випромінювання безпосередньо від самого джерела
- екранування джерела випромінювання
- екранування робочого місця
- поглинання електромагнітної енергії
- застосування індивідуальних засобів захисту
- організаційні міри захисту.

Для реалізації цих способів застосовуються: екрани, поглинальні матеріали, еквівалентні навантаження й індивідуальні засоби.

Екрани призначені для ослаблення електромагнітного поля в напрямку поширення хвиль. Ступінь ослаблення залежить від конструкції екрана і параметрів випромінювання. Істотний вплив на ефективність захисту робить також матеріал, з якого виготовлений екран.

Необхідну товщину екрана можна розрахувати. Однак розрахункова товщина екрана звичайно мала, тому вона вибирається з конструктивних міркувань. При потужних джерелах випромінювання, особливо при довгих хвилях, товщина екрана може бути прийнята виходячи із розрахунків. Товщина екрана в основному визначається частотою і потужністю випромінювання і мало залежить від застосовуваного металу.

Дуже часто для екранування застосовується металева сітка. Екрани із сітки мають ряд переваг. Вони пропускають потік повітря, дозволяють досить швидко встановлювати і знімати екрановані пристрої. При екрануванні ослаблення випромінювання здійснюється за рахунок відображення частини енергії від екрана. Отже, у тих випадках, коли відбита енергія може становити небезпеку чи вносити перешкоди, застосовувати екранування недоцільно.

Поглиналий матеріал здійснює захист шляхом перетворення енергії електромагнітного поля в теплову. Як поглиналий матеріал застосовують каучук, пінополістирол, феромагнітний порошок з діелектриком, волосяні мати просочені графітом, і інші матеріали.

Хороші результати дає спільне застосування екрана і поглинального матеріалу. Індивідуальні засоби призначені для захисту людини чи окремих її органів при роботі в сильних електромагнітних полях. Вони застосовуються в тих випадках, коли інші міри захисту не можуть бути використані чи не забезпечують необхідного ослаблення випромінювання. До індивідуальних засобів відносяться захисні халати, комбінезони, окуляри. Усі ці засоби захисту є своєрідними екранами. Їхні захисні властивості визначаються ступенем відображення хвиль.

Індивідуальні засоби захисту повинні застосовуватися в справному стані, а їхні захисні властивості періодично перевірятися.

Організаційні міри захисту повинні бути спрямовані на забезпечення безпечних умов праці при використанні електромагнітної енергії. Вони повинні враховуватися насамперед при організації виробництва, робітника місця і режиму праці. Найбільше значення при цьому необхідно приділяти вибору відстані від джерела випромінювання до робочого місця і скороченню часу перебування людини в електромагнітному полі. Ці міри іноді називаються відповідно “захист відстанню” і “захист часом”.

Ефективність захисту часом не викликає сумніву. Однак застосовувати його необхідно тільки в тих випадках, коли інші міри і засоби не забезпечують безпечних умов праці. Це пояснюється тим, що скорочення часу перебування

на робочому місці під опроміненням практично завжди веде до зниження продуктивності праці. Захист часом може здійснюватися шляхом зміни працюючих, частковою автоматизацією процесів, дистанційним керуванням установкою.

Контроль рівнів опромінення повинен проводитися шляхом виміру нормованого параметра електромагнітного поля на робочому місці не рідше двох разів у рік, а також при запровадженні в дію нових джерел випромінювання при реконструкції діючих установок, після ремонтних робіт; при дослідницьких роботах рівні опромінення необхідно перевіряти при кожній зміні умов праці.

Виміри в кожній обраній точці проводяться не менш трьох разів. Результат кожного виміру фіксується в протоколі. За рівень електромагнітного опромінення в даній точці приймається середньоарифметичне трьох вимірів. Виміри виробляються спеціально розробленими для цієї мети приладами ИЭМП (діапазон високих частот), ПО-1 (діапазон надвисоких частот), ПЗ-1 (промислова частота) і ін.

В даному випадку при реалізації розробленого проекту підвищеного захисту не потрібно, так як передбачені технічними умовами конструкції не перевищують допустимих доз опромінення і не вимагають додаткових мір захисту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз літературних джерел та обґрунтовано актуальність теми роботи;

2. Проаналізовано фізичну природу та параметри ряду біомедичних сигналів, таких як електрокардіографічні сигнали, фонокардіографічні, реографічні, реокардіографічні, реовазографічні, механокардіографічні, ехокардіографічні, сфігмографічні, електроенцефалографічні сигнали та сигнали м'язової системи.

3. Аналіз різних типів біосигналів показав, що адекватним задачі діагностики зображенням їх є стохастичний нестационарний процес. Виявлено, що функціональні порушення, спричинені патологічними станами, призводять до появи в біосигналах нестационарності, при зображенні їх як кусково чи локально стаціонарних процесів, або зміни типу нестационарності. Тому, адекватним задачі медичної діагностики є подання біосигналів як стохастичного нестационарного процесу. У термінах енергетичної теорії стохастичних (випадкових) сигналів цим вимогам задовольняє модель у вигляді періодично корельованого та споріднених із ним випадкових процесів.

4. Обґрунтовано вибір математичної моделі ритмічних біосигналів у вигляді періодично корельованого та споріднених із ним випадкових процесів.

5. Проведено верифікацію математичної моделі ритмічних біомедичних сигналів. Для верифікації розроблено імітаційну модель біосигналу, а саме сигналу пульсової хвилі, яка б враховувала у своїй структурі його основні параметри. Для верифікації перевірено факт, що математична модель у вигляді ПКВП даватиме можливість оцінювання окрім коливної природи і фазові зміни у структурі біосигналу. Виявлено, що когерентний метод є чутливим до таких проявів патологічних станів у структурі біосигналів, зокрема на оцінках кореляційних компонент ці фазові зсуви проявляються у вигляді зміщення потужності сигналу на більш високі частоти.

Бібліографія

1. Сигнал [Електронний ресурс] / <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сигнал>
2. Биологическая и медицинская кибернетика : Справочник / О.П. Минцер, В.Н. Молотков и др.. – К.:Наукова думка, 1986. – 374 с.
3. Біомедичні сигнали та їх обробка : Навч. посіб. / Абакумов В.Г.,Геранін В.О.,Рибін О.І.,Сватош Й.,Синєкоп Ю.С. – К.: ВЕК, 1997. – 352 с.
4. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи : Монографія / С.В. Павлов, В.П. Кожем'яко, В.Г. Петрук, П.Ф. Колісник/ – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 254 с. ISBN 978-966-641-211-2
5. Чазов Е.И, Болезни сердца и сосудов. – М: Медицина, 1992. – Т2. – 488 с.
6. Кардиомониторы – аппаратура непрерывного контроля ЭКГ: Учеб. Пособие для вузов / под ред. Барановского А. Л., Немирко А. П. – М: Радио и связь, 1993. – 248 с.
7. Дедів Л.Є. Математична модель електрокардіосигналу для підвищення інформативності систем голтерівського моніторингу. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 01.05.02 – Математичне моделювання та обчислювальні методи / Л.Є. Дедів — Тернопіль, 2011. — 20 с.
8. Дунець В.Л. Математична модель та метод опрацювання електрокардіосигналу при фізичному навантаженні для підвищення точності кардіодіагностичних систем. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 01.05.02 – Математичне моделювання та обчислювальні методи / В.Л. Дунець — Тернопіль, 2013. — 22 с.
9. Математическая модель [Електронний ресурс] / https://ru.wikipedia.org/wiki/Математическая_модель
10. Математичні моделі: означення, характеристики, етапи побудови [Електронний ресурс] / http://posibnyky.vntu.edu.ua/b_ap/6.html
11. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. Изд. 3–е,

исправленное / А.Д. Мышкис. – М. : КомКнига, 2007. – 192 с. – ISBN 978–5–484–00953–4

12. Мандзій, Б.А. Основи теорії сигналів. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів України. / Б.А. Мандзій, Р.І. Желяк. – Львів: НВП «НОВИЙ ТЕЗАУРУС», 2011. – 152 с.

13. Бендат Дж. Прикладной анализ случайных данных : пер. с англ. / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М. : Мир, 1989. – 540 с. – ISBN 5–03–001071–8.

14. Гихман И.И. Введение в теорию случайных процессов : учеб. пособ. / И.И. Гихман, А.В. Скороход. – Изд. 2–е. – М. : Наука, 1977. – 568 с.

15. Э. Леман. Проверка статистических гипотез. – М.: Наука, 1964. – 498с.

16. Драган Я.П. Основи сучасної теорії стохастичних сигналів: енергетична концепція, математичний апарат, фізичне тлумачення / Я.П. Драган, Л.С. Сікора, Б.І. Яворський. – Л. : Центр стратегічних досліджень екобіотехнічних систем, 1999. – 133 с. – ISBN 5–7763–1815–7

17. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука : пер. с англ. / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 421 с.

18. Ануфриев, И.Е. MATLAB 7. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.

19. Вайнштейн, С.Я., Безпека і охорона праці на підприємствах машинобудування. – К.: Техніка, 1967.

20. Охрана окружающей среды: учеб. для техн. спец. вузов под ред Белова С.В. – М.: В/ш, 1996.

21. Кучерявий, В.П. Екологія : Підручник – Львів: Світ, 2001 – 500 с.

ДОДАТКИ

Текст програми імітаційного моделювання сигналу пульсової хвилі та
опрацювання синфазним методом

```
clear all
z=[0,0.04,0.2,0.45,0.6,0.65,0.6,0.46,0.4,0.40,0.39,0.35,0.27,0.19,0.1,0.05,0.01,0];
figure(1);
plot(z);
q=180;
w=length(z);
g=q/w;
r=interp(z,g);
figure(2);
plot(r);
rr=[r r r r r r r r r r r r r r r r r r r r r r];
x=rr-mean(rr);
grid on
plot(x);
N=length(x);
NT=180;
kilkNT=fix(N/NT);
NT1=NT-1;
n=NT*(1:kilkNT)-NT1;
for k=1:kilkNT
b(k,:)=x(n(k):n(k)+NT1);
end;
mx=mean(b);
figure(3);
plot(mx);
title('математичне сподівання');
```

```

grid on;
for k=0:kilkNT-1
xcentr((1:NT)+k*NT)=x((1:NT)+k*NT);
end;
l=1:NT:length(xcentr);
for n=0:NT-1
kompstac(n+1,1:length(l))=xcentr(l+n);
end;
figure(4);
surf(kompstac);
shading interp;
axis tight;
title('СТАЦІОНАРНІ КОМПОНЕНТИ');
xlabel('t,мсек');
ylabel('Номер компоненти');
grid on;
% corelaciua vid stac komponent
n=size(kompstac,2);
for k=1:NT
corkomp(k,:)=corPKVP(kompstac(k,:));
end;
figure(5);
surf(corkomp);
shading interp;
axis tight;
title('КОРЕЛЯЦІЙНІ КОМПОНЕНТИ');
xlabel('Зсув, u');
ylabel('номер компоненти, k');
grid on;
%peretvorennua fyr'e vid corkomp

```

```
for k=1:NT
Bk(k,:)=abs(fft(corkomp(k,:)));
end;
figure(6);
surf(Bk);
shading interp;
axis tight;
title('спектральні компоненти');
xlabel('Номер частоти, n');
ylabel('номер компоненти, k');
grid on;
```

УДК 519.218

М. Махніцький

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РИТМІЧНИХ БІОСИГНАЛІВ

Важливим завданням сучасної медицини є завчасне виявлення патологічних змін у функціонуванні органів та систем організму людини (діагностування патологічних станів) на ранніх етапах їх виникнення та розвитку. Ці зміни призводять до порушень в роботі відповідних органів чи систем, що знаходить своє відображення в біосигналах. Ефективність функціонування діагностичної системи визначається математичною моделлю сигналу, що лежить в її основі, та повинна містити у своїй структурі інформативну ознаку зміни в роботі відповідного органа чи системи. Така модель необхідна для обґрунтування алгоритмів вимірювання й опрацювання характеристик біосигналів та інтерпретації отриманих результатів. Окрім цього математична модель повинна бути адекватною фізичній природі біосигналів та задачі розпізнавання патологічних станів.

Найпростіші методи опрацювання біосигналів ґрунтуються на детерміністському підході до їхнього моделювання та пов'язані з дослідженням характеристик часової структури окремо взятого біосигналу (морфологічний аналіз) і його амплітудних спектрів (методи гармонічного аналізу). Більшого поширення отримав ймовірнісний підхід до моделювання біосигналів, зокрема при поданні таких сигналів у вигляді стаціонарного випадкового процесу. При цьому, можливим стає застосування методів спектрально-кореляційного аналізу. Однак математична модель біосигналів у вигляді стаціонарного випадкового процесу передбачає незмінність ймовірнісної структури, що не є властивим для біосигналів, оскільки для більшості із них притаманна коливна (ритмічна) структура (електрокардіосигнал, фонокардіосигнал, ритмокардіосигнал, сфігмосигнал, реосигнал тощо).

При застосуванні детерміністського аналізу неможливим є оцінювання випадкової складової, що є присутня в структурі біосигналів та спричинена випадковістю змін функціонального стану органів чи систем, а при ймовірнісному підході модель у вигляді стаціонарного випадкового процесу не придатна для аналізу їх часово-фазової структури, що є важливим для розпізнавання часових моментів прояву змін у функціонуванні органів чи систем.

Наведені аргументи вказують на актуальність задачі обґрунтування вибору математичної моделі ритмічних біосигналів для задачі виявлення патологічних станів органів і систем.

Література

1. Модель акустичного сигналу для виявлення порушень стану дихальної системи та голосового апарату як частковий випадок стохастичної коливної системи / Н.І. Джичка, І.Ю. Дедів, В.Г. Дозорський, Я.П. Драган // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : НУЛП, 2011. – № 710. – С. 155–159.

2. Застосування енергетичної теорії стохастичних сигналів для задач медичної діагностики / Л.Є. Дедів, В.Г. Дозорський, В.Л. Дунець, І.Ю. Дедів // Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции "Современные направления теоретических и прикладных исследований '2011". – Одесса: Черноморье, 15–28 марта, 2011. – Т.3. – С. 72–73.