



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Метод опрацювання ритмічного біосигналу у комп'ютерних діагностичних системах» // Кваліфікаційна робота // Попович Юрій Юрійович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РБм-61 // Тернопіль, 2021 // с. – 58, рис. – 25, табл. – 2, додат. – 1, бібліогр. – 47.

Ключові слова: РИТМІЧНИЙ БІОСИГНАЛ, ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ, НЕЙРОДИНАМІЧНЕ КОДУВАННЯ

У кваліфікаційній роботі магістра вирішено задачу опрацювання ритмічних сигналів у комп'ютерних діагностичних системах із застосуванням методу нейродинамічного кодування.

При вирішенні поставленої проблеми отримано наступні результати:

1. Розроблено динамічні моделі формування ритмічних біосигналів на різних рівнях обміну інформацією у нервовій системі.

2. Показано, що об'єктивна інформація про функціональні та патологічні зміни в організмі людини може бути виділена в результаті аналізу модуляційних характеристик реєстрованих біосигналів.

3. Розроблено алгоритм вимірювання RR інтервалів у реальному масштабі часу.

4. Розроблено метод та алгоритми нейродинамічного аналізу ритмограм серцевої діяльності.

Результати досліджень можуть використовуватись у лікувально-діагностичних закладах із завершеним циклом «діагностика – лікування – прогноз» в амбулаторних, польових. та домашніх умовах.

## ANNOTATION

Theme of qualification work: " Method of rhythmic biosignal processing in computer diagnostic systems "// Qualification work // Popovych Yurii Yuriiovich // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, RBm-61 // Ternopil, 2021 // P. 58, Fig. - 25, table. - 2, appendix. - 1, bibliogr. - 47.

Keywords: RHYTHMIC BIOSIGNAL, DYNAMIC MODEL, NEURODYNAMIC CODING

The qualification work of the master solves the problem of processing rhythmic signals in computer diagnostic systems using the method of neurodynamic coding.

When solving the problem, the following results were obtained:

1. Dynamic models of rhythmic biosignals formation at different levels of information exchange in the nervous system have been developed.
2. It is shown that objective information about functional and pathological changes in the human body can be isolated as a result of the analysis of modulation characteristics of the registered biosignals.
3. An algorithm for measuring RR intervals in real time is developed.
4. The method and algorithms of neurodynamic analysis of rhythmograms of cardiac activity are developed.

The results of research can be used in medical and diagnostic institutions with a completed cycle "diagnosis - treatment - prognosis" in outpatient, field. and at home.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	11
1.1 Основні підходи до аналізу станів біологічних об'єктів .....	11
1.2 Методи часового аналізу динамічних параметрів біосигналів .....	15
1.3 Методи спектрального аналізу модуляційних характеристик біосигналів .....	20
1.4 Геометричний аналіз нелінійних хаотичних коливань кардіоритму .....	24
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА .....	31
2.1 Специфічні особливості формування біосигналів .....	31
2.2 Модель формування керуючих біосигналів .....	33
2.3 Висновки до розділу 2 .....	35
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА .....	36
3.1 Методи та алгоритми динамічної обробки біосигналів .....	36
3.2 Рецепторні нейрони .....	38
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	44
4.1 Охорона праці .....	44
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	46
4.3 Висновки до розділу 4 .....	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	53
ДОДАТКИ .....	57

## ВСТУП

Актуальність теми. Біомедичні сигнали – це вивчення фізіологічної активності організмів, починаючи від послідовностей генів та білків, до нервових та серцевих ритмів, до зображень тканин та органів. Обробка біомедичних сигналів спрямовано отримання важливої інформації з біомедичних сигналів. За допомогою біомедичної обробки сигналів біологи можуть виявити нову інформацію, а лікарі можуть відстежувати різноманітні захворювання.

Незважаючи на розвиток сучасних ІТ, біофізика та клінічна медицина відчувають фундаментальні методологічні проблеми, зумовлені відсутністю експрес методів та засобів виділення об'єктивної інформації про стан об'єкта. Саме тому задача оцінювання функціонального стану організму за біоритмами в біофізиці та клінічній медицині із використанням доступного, оперативного та об'єктивного методу є актуальним.

Завдання експрес-діагностики стану організму людини може бути ефективно вирішено шляхом визначення динамічних параметрів біосигналів.

Виходом з існуючого положення може стати застосування системного підходу, де людський організм розглянуть як складну саморегулюючу систему з багаторівневою ієрархічною структурою управління. [1,4,12] Існування такої системи повинно забезпечуватись постійним обміном інформацією на всіх рівнях структурної організації – від клітини до організму в цілому. У біологічному об'єкті завжди існує динамічний гомеостаз, що характеризує його як систему з багатьма станами нестійкої рівноваги, кожне з яких визначається як впливами із зовнішнього і внутрішнього середовища, так і станом всього організму в цілому. Інформація про формування окремих станів гомеостазу, перехід з одного стану в інший в процесі функціонування системи знаходиться в різних біоритмах організму.

Будь-яка сукупність біоритмів може бути виділена з сигналів біоелектричної активності, при цьому, має принципове значення те, що найбільш об'єктивними характеристиками стану організму є зміни частотних і часових параметрів модуляції біосигналу, що реєструється.

З точки зору сучасного біоритмологічного підходу [5,10,14,15] процеси, які відбуваються в різних органах і системах організму людини, не є детермінованими, проте, певний набір динамічних параметрів таких процесів повторюється в різних часових інтервалах і є стійкою динамічною структурою. Параметри такої структури можуть змінюватися тільки в межах, що визначаються індексами частотної та фазової модуляції реєстрованих біосигналів. Порушення цієї умови запускає механізм розвитку хвороби.

Управління процесами адаптації в організмі людини здійснюється в динамічному режимі з періодами обміну інформацією, що залежать від сили впливу, – чим вище рівень управління, тим більше часу потрібно для адаптації і тим більше буде глибина частотної і фазової модуляції реєстрованого біосигналу .

Таким чином, вся інформація про стан біологічного об'єкта закладена в модуляції біоритмів організму і в першу чергу в зміні ритмічної активності серця і, отже, може бути використана для оцінки параметрів вегетативного гомеостазу – важливого показника про функціональний стан організму (СО).

З теоретичної біології та генетики відомо [30,31,37], що нормальний та патологічний СО визначаються частотними та часовими параметрами модуляції реєстрованих біосигналів. Саме ці параметри визначають закономірності зміни біоритмологічних процесів у різних масштабах часу та реєструються в процесі виділення модуляційних характеристик біосигналів. Для здорової людини всі без винятку біоритмологічні процеси, і, отже, динамічні характеристики біосигналів, змінюються за єдиним законом, хоча і в різних масштабах часу. При патологічних станах параметри цієї закономірності змінюються для різних часових інтервалів і можуть бути виділені з модуляційних характеристик біосигналів.

Принципово важливо, що з діагностики захворювання може бути обраний будь-який фізіологічний показник, якщо правильно визначено часовий інтервал, у якому укладено весь діапазон зміни динамічних параметрів біоритму під час реєстрації та обробці. Застосування методів динамічного аналізу для обробки біосигналів дозволяє принципово вирішити задачу виділення необхідної інформації про СО з швидкоплинних процесів, і, в першу чергу, таких, які характеризуються електричною активністю серця і головного мозку людини. Час

для прийняття рішення про СО в цьому випадку скорочується в сотні разів, що дозволяє практично реалізувати процес моніторингу та прогнозу показників здоров'я в реальному масштабі часу.

Виходом із існуючого положення може стати застосування системного підходу, що розглядає людський організм як складну систему саморегулювання, що має єдину багаторівневу ієрархічну структуру управління. [1,4,12] Існування такої системи неможливе без постійного обміну інформацією на всіх рівнях організації. Для біоб'єкту характерним є динамічний гомеостаз, який характеризує його як систему із багатьма степенями нестійкої рівноваги, кожен з яких визначається зовнішнім та внутрішнім впливом, і станом всього організму в цілому. Інформація про те, як формуються окремі стани гомеостазу, і якою є ціна переходу з одного стану в інший в процесі функціонування системи міститься в різних біоритмах організму. Будь-яка сукупність біоритмів може бути виділена з сигналів біоелектричної активності, при цьому має принципове значення те, що найбільш об'єктивними характеристиками стану організму є зміни частотних та часових параметрів модуляції біосигналу, що реєструється.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження* є метод опрацювання ритмічного біосигналу, який несе інформацію про функціонування організму людини. для розширення можливостей комп'ютерних діагностичних систем.

Досягнення цієї мети потребує розв'язання наступних задач:

1. Провести порівняльний аналіз існуючих методів опрацювання ритмічних біосигналів.
2. Встановити специфічні особливості методів часового та спектрального аналізу біосигналів.
3. Оцінити можливості та ефективність застосування методу геометричного аналізу нелінійної хаотичної динаміки ритму кардіосигналу, заснованого на теорії детермінованого хаосу.
4. Виявити специфічні особливості формування керуючих сигналів на різних рівнях обміну інформацією у нервовій системі.

5. Розробити алгоритми динамічного аналізу біосигналів для реалізації методик оцінки функціонального стану організму людини.

*Об'єкт дослідження:* процес оцінювання біосигналу методом динамічного аналізу для розширення можливостей комп'ютерних діагностичних систем.

*Предмет дослідження:* математична модель біосигналу.

*Методи дослідження* побудовано методів динамічного аналізу, спектрально-кореляційної теорії.

Новизна отриманих результатів. Розроблено динамічні моделі формування біосигналів на різних рівнях обміну інформацією у нервовій системі. Показано, що об'єктивна інформація про функціональні та патологічні зміни в організмі людини може бути виділена в результаті аналізу модуляційних характеристик біосигналів,. Розроблено алгоритм вимірювання RR інтервалів у реальному масштабі часу. Розроблено метод та алгоритми нейродинамічного аналізу ритмограм серцевої діяльності.

Апробація результатів дослідження. Окремі результати роботи апробовано на IV Міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (Тернопіль, 28-29 квітня 2021 р.).



## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

#### 1.1. Основні підходи до аналізу станів біологічних об'єктів

Сучасна біофізика розглядає біологічний об'єкт як складну саморегулюючу нелінійну систему з багаторівневою ієрархічною структурою управління. [29,38] Нормальне функціонування такої системи забезпечується завдяки обміну інформацією між різними рівнями управління. Біологічний об'єкт, сприймає цю інформацію, обробляє її та формує керуючі сигнали, необхідні для виконання життєво важливих функцій, яких залежить його існування.

Реакції живих організмів на дії зовнішньої або зміни параметрів внутрішнього середовища відображаються в змінах динамічних параметрів різних біоритмів.

Таким чином, на різних рівнях управління в біологічній системі відбувається постійний обмін інформацією по горизонталі та вертикалі, який підтримує сталість всіх її параметрів у межах строго певного діапазону.

У високоорганізованих біологічних об'єктах завжди підтримується динамічний гомеостаз, а самі об'єкти являють собою гомеостатичні системи. [22] Такі системи відносяться до класу нелінійних динамічних систем, для яких не виконується принцип суперпозиції. Це означає, що, якщо на вхід системи подається сукупність вхідних впливів  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , то для будь-яких чисел  $n$  і  $c_i$  справедливий вираз

$$A\left\{\sum_{i=1}^n c_i x_i(t)\right\} \neq \sum_{i=1}^n c_i A\{x_i(t)\}. \quad (1.1)$$

Тобто реакція подібної системи на будь-яку лінійну комбінацію вхідних впливів не дорівнює такій же лінійній комбінації реакцій системи на кожне з впливів окремо.

Виявляється нелінійність у різних закономірностях модуляції біосигналів, що характеризують процеси функціонування системи на різних рівнях. Умовно причини нелінійності біологічної системи можна виразити через її керуючі параметри [24], тобто такі параметри, які можуть змінюватися під впливом зовнішнього та внутрішнього середовища і переходити в те чи інший нерівноважний стан у процесі функціонування системи.

На відміну від звичайних нелінійних динамічних систем, природа нелінійності біологічної системи обумовлена як результатом взаємодії управляючих сигналів між різними рівнями управління, так і впливом зміни параметрів зовнішнього та внутрішнього середовища. Тому, у найзагальнішому вигляді математичну модель функціонування такої системи можна виразити так [4]

$$\frac{d\bar{q}}{dt} = N(\bar{q}, \alpha) \quad (1.2)$$

де  $\bar{q}$  – вектор стану системи;

$N$  – нелінійна функція від  $\bar{q}$ , яка містить оператори, диференціюючі вектор  $\bar{q}$  за просторовими та часовими координатами;

$\alpha$  – керуючий параметр.

Біологічні системи завжди функціонують в умовах постійної зміни параметрів зовнішнього і внутрішнього середовища, що зумовлюють безперервні флуктуації сигналів, що реєструються. Тому, відповідно до теорії нелінійних систем, модель (1.2) слід доповнити деякою флуктуючою функцією  $F(t)$

$$\frac{d\bar{q}}{dt} = N(\bar{q}, \alpha) + F(t) \quad (1.3)$$

Флуктуації можуть значною мірою змінювати стан нелінійних систем, особливо в умовах, коли система знаходиться далеко від меж стійкості [1-4], які визначають стаціонарні стани системи. Нестійкість, досягається в результаті

спрямованого впливу на систему через керуючий параметр, це унікальна властивість біологічних систем, яка визначає гомеостатична поведінка системи у межах теорії біфуркацій [26,28].

При відсутності апріорної інформації виникає проблема побудови чіткої математичної моделі. Також є обмеженою можливість вибору параметрів для оцінювання стану системи. Якщо при цьому мати на увазі наявну в більшості випадків параметричну нестійкість біологічних систем, то побудова моделей ідентифікації стану таких систем є проблемною. Проте, виходячи з вищезазначеної особливості біологічної системи як системи зі обчислюваною кількістю станів, можна зробити ряд корисних загальних висновків.

Обчислювана кількість станів біологічної системи передбачає, що набір значень вимірюваних параметрів також представляє обчислювану множину, хоча й не однозначно визначену. Але для прийняття рішення про стан біологічної системи не має значення як система прийшла в той чи інший початковий статичний стан.

Важливим при функціонуванні біологічної системи є її реакція на зовнішні впливи, що спричинює перехід системи з одного стану в інший. Такий підхід дає можливість оцінювати стан біологічної системи за результатами проходження її через певні статичні стани або поблизу станів, що відображається в динаміці значень таких параметрів біосигналів як частота і час, в момент їх переходу з одного стану в інший.

Прикладом є ритмічна активність серцевої діяльності, яка характеризується ритмограмою *RR* інтервалів (див. рис.1.1).

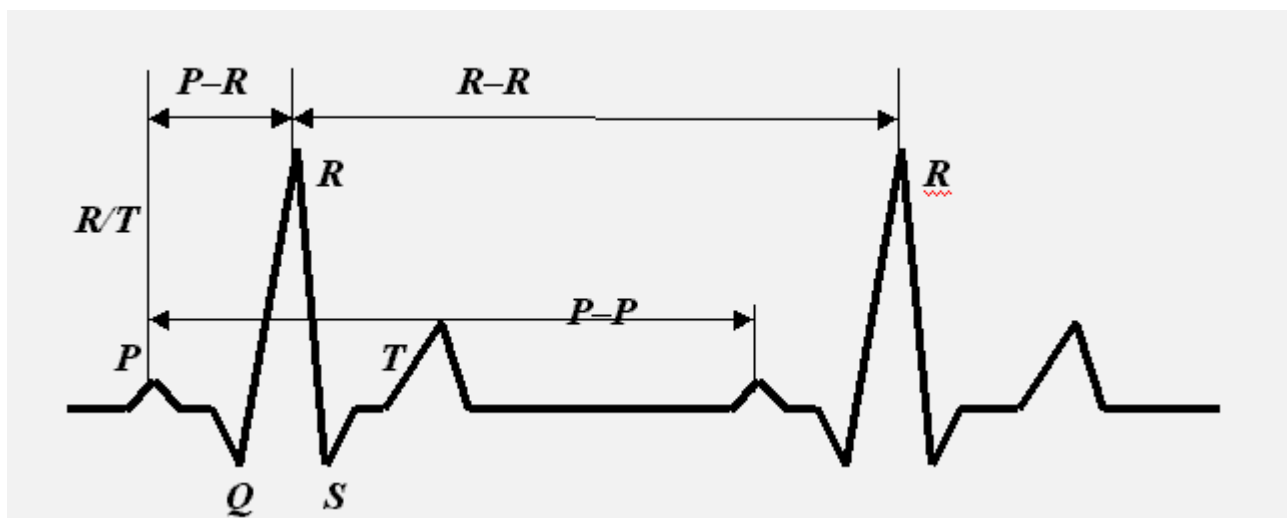


Рис. 1.1. Принцип виділення ритмограм

Ритмограми, що виділяються в процесі обробки з електрокардіосигналу, є послідовністю тривалості сусідніх серцевих скорочень. [41,47] Сигнал ритмограми – нелінійна сукупність різномасштабних у часі процесів, що визначаються в спеціальній медичній літературі як дихальні хвилі, а так само як повільні хвилі 1-го, 2-го та інших вищих порядків. Найбільш поширені в даний час методи аналізу ритмограм, такі як кореляційні, спектральні та статистичні, засновані на усередненні оброблюваної інформації за час аналізу, досить ефективні тільки для обробки аналогових сигналів чи часових процесів.

Загалом, ритмограми не є функціями від часу, це штучно синтезовані для наочного представлення графіки, де по осі ОУ дискретно відображені поточні значення  $RR, PP, PR$  і т.д. інтервалів, а по осі ОХ – час, рівний к-сті цих інтервалів. Отже, розмірність і по ОХ, і по ОУ – час. Фізичним змістом спектрального аналізу є поділ на окремі складові сумарного процесу в часі, отриманого як результат додавання чи віднімання амплітуд цих складових. У випадку процесів, що відображаються ритмограмами серця, які одночасно відбуваються в часі.

## 1.2. Методи часового аналізу динамічних параметрів біосигналів

Метод часового аналізу ґрунтується на математичній, статистичній обробці варіаційного ряду RR-інтервалів з обчисленням різних коефіцієнтів. [5,7,14,27,46] При цьому, математичні прийоми аналізу послідовності RR-інтервалів дають наближену відповідь з певною похибкою. Це основний недолік часового аналізу.

Метод математичного аналізу часових параметрів ритмограми серця, запропонований Р.М. Баєвським дозволяє оцінювати функціональні стани організму та їх відхилення від норми. Суть методу полягає в побудові варіаційної кривої ритмограми (див. рис.1.2), гістограми, скатерограми, а потім за графіками або числового запису варіаційної ритмограми визначається ряд показників, що дозволяють в сукупності дати якісну оцінку вегетативного тону.

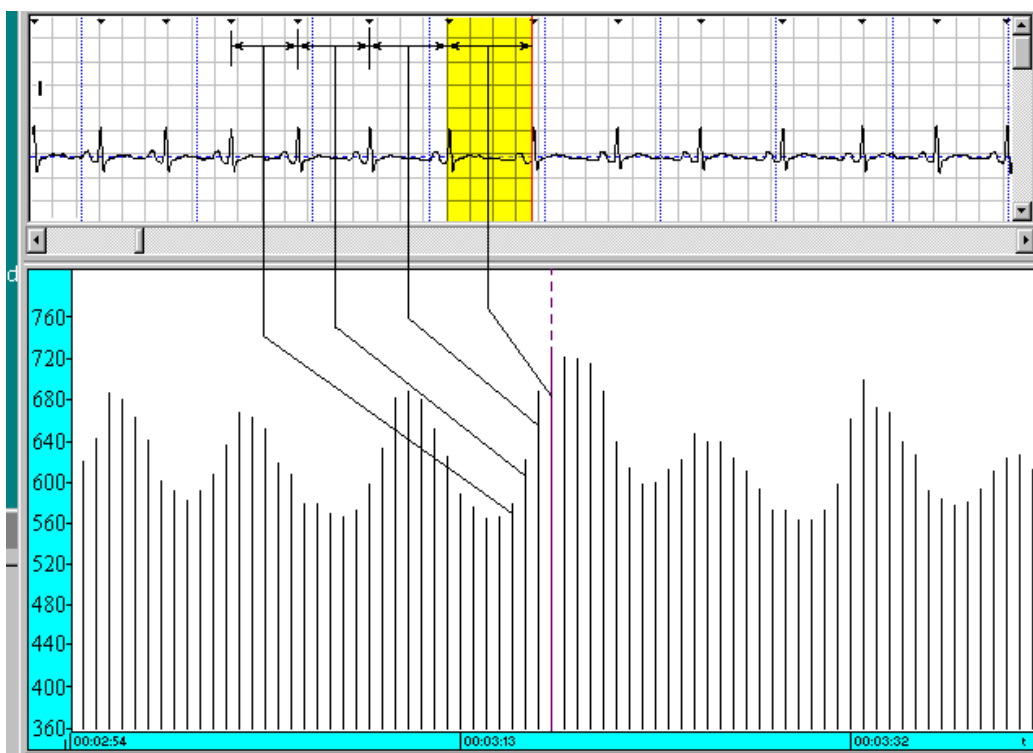


Рис. 1.2. Процес формування РКГ (стрілками зображено елементи РКГ, які відповідають інтервалам між RR-зубцями ЕКГ) [Жемітїте, 1982]

Гістограма. Являє собою діаграму співвідношення кількості RR-інтервалів у різних інтервалах їх числового значення (див. рис.1.3). Крок

гістограми – 0.05 секунд. Діапазон основи діаграми – 0.4÷1.3 сек. Для стану вегетативної рівноваги характерним є центральне розташування стовпців діаграми з локалізацією найвищого стовпця (мода) в діапазоні 0.7÷1.0 сек. (див. Рис.1.3). У разі впливу симпатичного відділу ВНС характерним є значне зміщення вліво та звуження основи гістограми (див. Рис. 1.4). При парасимпатичному впливі спостерігається протилежний ефект (див. Рис.1.5).

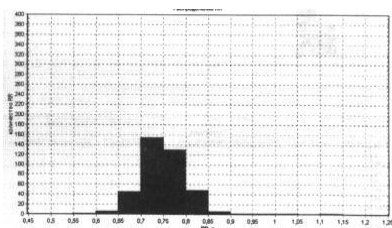


Рис.1.3 Стан  
вегетативної рівноваги

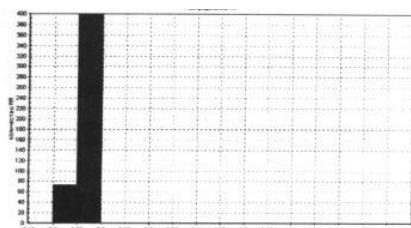


Рис. 1.4 Вплив  
симпатичного відділу

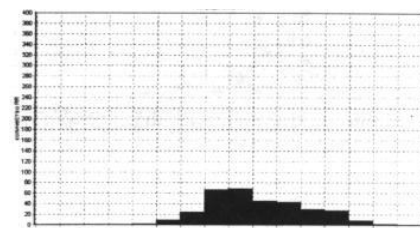


Рис.1.5 Вплив  
парасимпатичного відділу

Ск а т е р о г р а м а . Побудова точок скатерограми здійснюється наступним чином: по осі абсцис відзначається значення інтервалу RR, а по осі ординат – значення попереднього інтервалу RR. Отримана рівномірна хмара (див. рис.1.6) свідчить про стан рівноваги вегетативної нервової системи (ВНС).

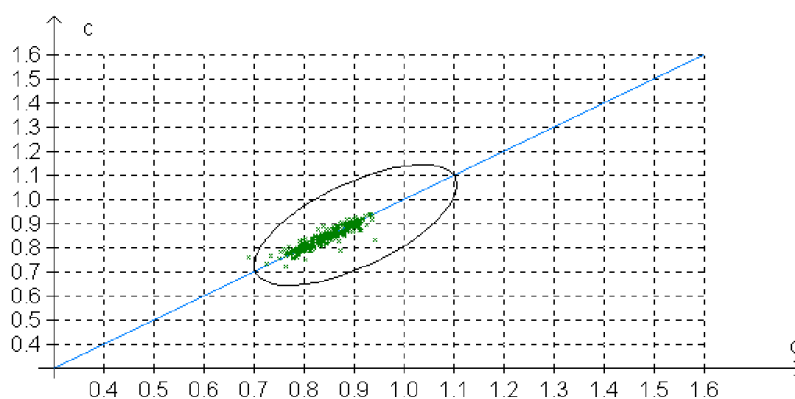


Рис. 1.6 Стан рівноваги ВНС

Затиснення хмари скатерограми і зміщення її з центру в нижній лівий кут (див. рис.1.7) свідчить про переважання симпатичного відділу ВНС. Навпаки, значний розкид точок скатерограми та зміщення її вправо (див. рис.1.8) говорять про переважання впливів блукаючого нерва на синусний вузол.

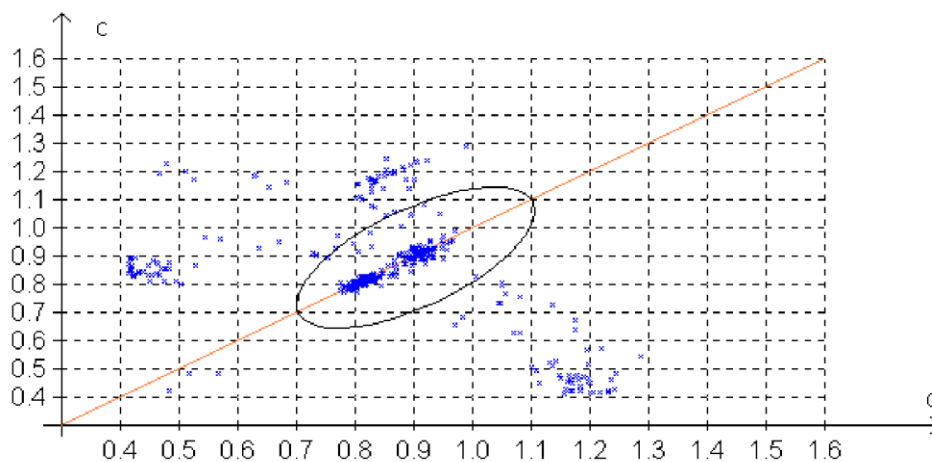


Рис. 1.7. Переважання симпатичного відділу ВНС

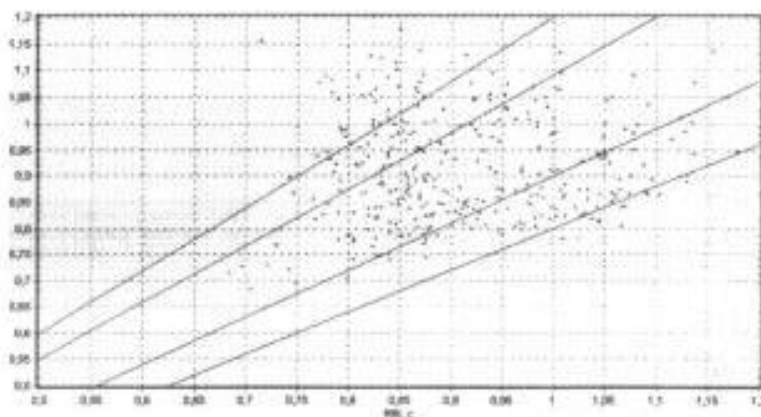


Рис. 1.8. Переважання впливів блукаючого нерва на синусний вузол

Усі математичні показники динаміки ритмів серця можна розділити на статистичні показники (мода, амплітуда моди, варіаційний розмах, середнє арифметичне, середньоквадратичне відхилення) та похідні з них індекси (індекс вегетативної рівноваги, вегетативний показник ритму, індекс напруги) .

Мода ( $M_o$ ) – це найбільш поширене значення RR, вона вказує на домінуючий рівень функціонування синусного вузла. При симпатотонії  $M_o$  мінімальна, при ваготонії – максимальна. У нормі значення моди коливається від 0.7 до 0.9.

Амплітуда моди (АМо) – відношення кількості RR-інтервалів зі значеннями, рівними Мо до загальної кількості RR-інтервалів у відсотках. Цей показник відображає ступінь ригідності ритму. Його нормальні значення дорівнюють 30-50%. Збільшення АМО свідчить про переважання симпатичних впливів на синусний вузол і значну ригідність ритму. При ваготонії даний показник має тенденцію до зменшення його числового значення.

Варіаційний розмах (ВР) - обчислюється як різниця між максимальним та мінімальним значеннями RR-інтервалів (ширина основи гістограми). ВР розглядають як парасимпатичний показник. Чим він вищий, тим сильніше виражено впливу вагуса на ритм серця. Нормальні значення ВР – від 0,15 до 0,45.

Середньоквадратичне відхилення (СКВ, SDNN) є найбільш об'єктивним показником динаміки ритмів серця в оцінці вегетативної регуляції ритму серця. У нормі значення СКВ коливаються від 0,03 до 0,06. Зниження цього показника нижче 0,03 буде свідчити про посилення симпатичних впливів на синусний вузол. При ваготонії цей показник збільшується до 0,09. Підвищення СКВ більше 0,09 говорить про небезпеку розвитку надшлуночкових аритмій у обстежуваного.

Вторинні часові показники ВРС обчислюються таким чином:

$$IBP = \frac{AMo}{BP}; VPP = \frac{1}{Mo \cdot BP}; IH = \frac{AMo}{2BP \cdot Mo},$$

де: IBP – індекс вегетативної рівноваги; VPP – вегетативний показник ритму; IH - індекс напруги.

Збільшення числових значень даних показників спостерігається при перевалюванні симпатичних, зменшення – вагусних впливів на ритм серця.

Нижче наводимо таблицю оцінки ступеня порушення вегетативної регуляції кардіоритму за показниками тимчасового аналізу динаміки ритмів серця у нетренованих людей (за А. М. Вейном, 1998):



**Оцінка показників тимчасового аналізу динаміки ритмів серця  
(за А.М. Вейном)**

Вегетативний тонус	BP	АМо	ІН
Виражена симпатотонія	<0. 06	>80	>500
симпатотонія	0. 15	>50	>200
Помірна симпатотонія	0. 16-0. 29	31-49	51-199
Вегетативна рівновага	>0. 30	<30	<50
Помірна ваготонія	>0. 50	<15	<25

Також, згідно з рекомендаціями Європейського товариства кардіологів для клінічного аналізу пропонується додатково аналізувати наступні статистичні показники:

Характеристики	Назва	Од. вим.	Опис
Статистичні	SDNN	мс	Стандартне відхилення всіх NN-інтервалів
	SDANN	мс	Стандартне відхилення середніх значень NN-інтервалів на 5-хв. вибірках
	RMSSD	мс	Квадратний корінь від середньої суми квадратів різниць між сусідніми NN-інтервалами
	Індекс SDNN	мс	Середнє значення стандартних відхилень NN-інтервалів на 5-хв. вибірках
	SDSD	мс	Стандартне відхилення різниць між сусідніми NN-інтервалами
	NN50	-	Кількість пар сусідніх NN-інтервалів, які відрізняються більше ніж на 50 мс, нв протязі всього запису.
	pNN50	%	відсоток від усіх аналізованих кардіоінтервалів
	HRV-index	мс	триангулярний індекс BPC
	SDNN-index	-	середнє значення сигми RR-інтервалів по всіх 5-хвилинних ділянках запису (показник для 24-годинного запису ЕКГ)

Найбільш достовірними часовими показниками варіабельності ритму на сьогоднішній день визнані SDNN, SDANN, HRV - index та pNN50 .

Останнім часом з'явилася певна кількість робіт про валеологічну значимість наступних показників купола гістограми:

1. WN1 - ширина купола гістограми (~1% від заг. к-сті ел-ів),
2. WN5 - ширина купола гістограми (~5% від заг. к-сті ел-ів),
3. WAM5 - ширина купола ГГ (~5% від чисельного значення амплітуди Mo);
4. WAM10 - ширина купола гістограми (~10% від амплітуди Mo).

При інтерпретації даних часового аналізу динаміки ритмів серця у спортсменів необхідно враховувати, що значне переважання парасимпатичних впливів на синусовий ритм є для них нормальним явищем. Тому, необхідне коригування меж нормами числових значень статистичних показників під час проведення обстеження спортсменів. Зокрема, слід розширити межу норми до такої в стані помірної ваготонії у нетренованих людей. У той же час значення близькі до помірної симпатотонії будуть говорити про виражене порушення системи регуляції кардіоритму і зниження запасу адаптації у даного спортсмена.

### 1.3. Методи спектрального аналізу модуляційних характеристик біосигналів [47]

Ця методика ґрунтується на фізичному перетворенні коливань кардіоритму в прості гармонійні коливання (швидке перетворення Фур'є, рідше авторегресійний аналіз) з різною частотою [Явелов І.С., 1997, TaskForce of ESC and the NAS of Racing and Electrophysiology, 1996] При цьому послідовність серцевих скорочень перетворюється на спектр потужності коливань тривалості інтервалів RR, що являють собою послідовність частот (в Гц), які характеризують динаміку ритмів серця, кожній з яких відповідає певна щільність (амплітуда) коливань (див. Рис.1.9). Найбільш часто оцінюється площа, обмежена кривою спектральної потужності, що відповідає деякому певному діапазону частот, тобто потужність в межах обмеженого частотного діапазону.

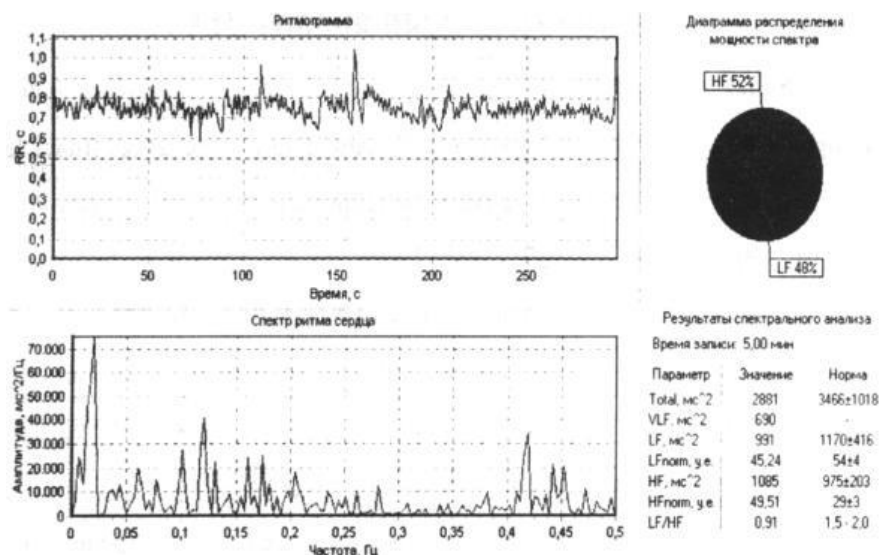


Рис. 1.9 Спектрограма (норма)

У більшості досліджень спектрального визначалася потужність у наступних діапазонах частот:

1. Високі частоти (HF - High Frequency) –  $0.15 \div 0.4$  Гц, вплив парасимпатичного відділу ВНС на формування коливань у вказаному діапазоні частот. [Явелов І.С., 1997, TaskForce of ESC and the NAS of Racing and Electrophysiology, 1996]. Потужність зростає під час дихання з відповідною частотою та інтенсивністю, при впливі холоду. У спортсменів чи тренуваних осіб вона значно більша на відміну від нетренуваних і повинна переважати над потужністю LF. Під час навантаження регуляторних систем серця чи перетренованість потужність зменшується. Її значення понад норму вказує на загрозу порушення синусного ритму.

2. Низькі частоти (Low Frequency-LF) –  $0.04 \div 0.15$  Гц. З точки зору фізіології на потужність при низьких частотах впливає зміна тону парасимпатичної та симпатичної нервової системи [Явелов І.С., 1997, TaskForce of ESC and the NAS of Racing and Electrophysiology, 1996].

3. Відношення LF/HF характеризує співвідношення впливів парасимпатичної та симпатичної нервової системи. При цьому, при підвищенні тону симпатичної нервової системи це значення збільшується, при зниженні

тону – навпаки. Потужність  $LF$  збільшується при стресі, фізичному навантаженні у здорових осіб. [ Явелов І.С., 1997 ].

4. Дуже низькі (Very Low Frequency- $VLF$ ) –  $0,003 \div 0,04$  Гц і наднизькі частоти (Ultra Low Frequency- $ULF$ ) –  $< 0,003$  Гц. Їх потужність збільшується коли регуляторні системи організму виснажені.

5. Інтегральний показник ( $Total$ ) –  $< 0.40$  Гц вказує на вплив симпатичного та парасимпатичного відділів автономної нервової системи [ Явелов І.С., 1997 ]. При цьому посилення симпатичного впливу зменшує загальну потужність спектру, а активування вагусу спричинює зворотній вплив. Показник є еквівалентним СКВ та варіаціонному розмаху.

Показники спектрального аналізу динаміки ритмів серця оцінюють як тону різних відділів ВНС, а й зміни їх модулюючих впливів на синусовий вузол у відповідь вплив різних регуляторних механізмів.

Спектральні характеристики біосигналів спортсменів дещо відрізняються від таких у нетренованих людей. Характерна перевага вагусних впливів на синусний вузол у спортсменів призводить до збільшення загальної потужності спектру, потужності  $HF$  і зниження потужності  $LF$  і показника  $LF/HF$ . Тому при аналізі спектра ритму у спортсменів слід внести деяке коригування визначення меж норми. За нашими даними для спортсменів у нормі характерні такі значення потужностей різних діапазонів частот.

1.  $Total$  ( $2000 \div 9000$ )  $мс^2$ . При значенні  $< 2000$   $мс^2$  переважає симпатичний тонус, виникає напруження механізмів регуляції, адаптації ресурси виснажені.

2.  $HF$  ( $1000 \div 2500$ )  $мс^2$

3.  $LF$  ( $200 \div 1500$ )  $мс^2$

4.  $LF/HF$  ( $< 1.0$ ).

Таким чином, для спортсменів характерне переважання потужності  $HF$  над  $LF$ . Зворотна ситуація також буде свідчити про перенапруження симпатичного відділу ВНС та виснаження адаптації. Однак значне, надмірне посилення парасимпатичних впливів ( $Total > 9000$   $мс^2$ ,  $HF > 4000$   $мс^2$ ,  $LF/HF < 0.2$ ) також говорить про виражене порушення процесів регуляції синусового ритму. Така картина свідчить про дисбаланс автоматизму синусного вузла і небезпечна

розвитком надшлуночкових аритмій. Тобто, дані спортсмени перебувають у стані вираженої перетренованості і поступаються з фізичної підготовки своїм колегам з нормальними значеннями показників спектрального аналізу.

Приклад результатів спектрального аналізу у спортсменів у гарній фізичній формі показано на рисунку 1.10, у стані значної перетренованості – виражена ваготонія (див. рис. 1.11) і у спортсмена зі виснаженням адаптаційних ресурсів організму – виражена симпатонія (див. рис. 1.12).

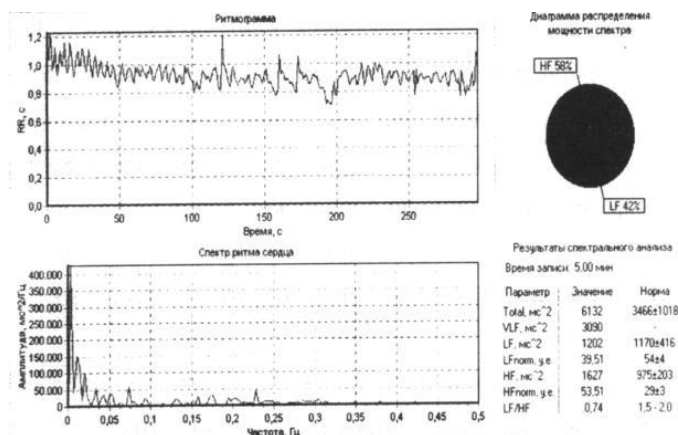


Рис. 1.10. Спектрограма спортсменів (норма)

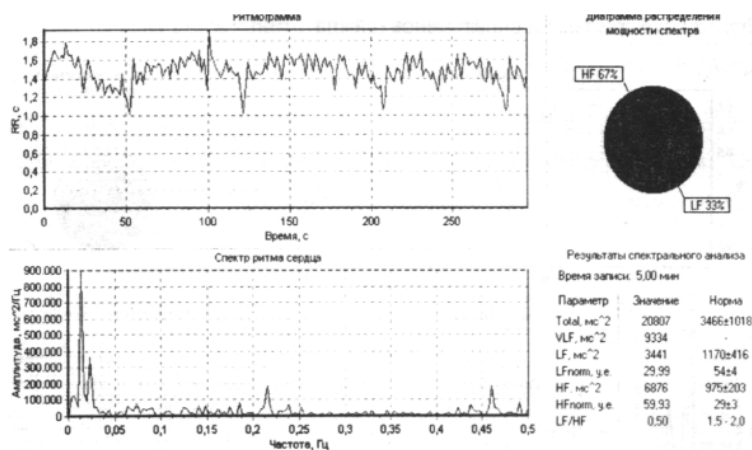


Рис. 1.11 Спектрограма спортсменів (гіперваготонія)

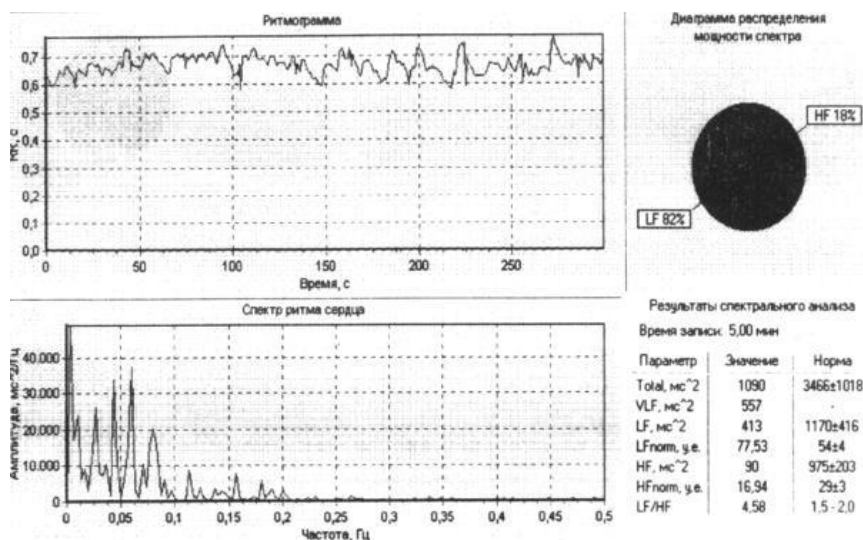


Рис. 1.12 Спектрограма спортсменів (симпатотонія)

Крім дослідження фонові (початкової) проби, при спектральному аналізі динаміки ритмів серця інформативні ортостатична, навантажувальна та інші проби. При цьому, за ступенем зміни показників спектра ритму можна судити про рівень адаптації спортсмена до ортостазу, фізичного навантаження тощо, що допомагає відібрати фізично більш підготовлених спортсменів із групи з однаковими вихідними даними.

#### 1.4. Геометричний аналіз нелінійних хаотичних коливань кардіоритму

Теоретичне обґрунтування методу. Геометричний аналіз нелінійних хаотичних коливань кардіоритму є принципово новою методикою аналізу динаміки ритмів серця на сьогоднішній день. Основний принцип методу – уникнення традиційних математичних і статистичних прийомів обробки послідовності RR-інтервалів і дослідження більш точних, геометричних прийомів для обробки отриманих результатів. Так, при математичному аналізі, послідовність RR-інтервалів сприймається як варіаційний ряд випадкових величин [47]. Насправді, зміни RR-інтервалів не є випадковим, а залежить від внутрішніх законів організму і регулюється певними строго детермінованими механізмами. Тому традиційний математичний аналіз дає лише наближені результати. Геометричний аналіз є більш точним. Метод геометричного аналізу нелінійної хаотичної динаміки кардіоритму ґрунтується на теорії детермінованого

хаосу [ Goldberger, 1990; Schuster, 1998 ]. Згідно з цією теорією, динамічна поведінка комплексних живих систем, до яких відноситься і ССС, не є випадковою, а строго визначеною. Будь-яка жива система перебуває у постійній взаємодії з підсистемами і суперсистемою і вимушена змінювати свої параметри (наприклад, параметри ритму) під впливом збереження внутрішнього сталості – гомеостазу. При цьому зміна даного параметра відбувається за певною закономірністю і носить певний хаотичний характер.

Порушення регуляторних механізмів системи призводить до неадекватної відповіді її на екзогенні та ендогенні імпульси, дисбалансу стану гомеостазу та зміни характеру динамічної поведінки параметрів системи. При цьому втрачається типова хаотична картина динаміки параметра системи, з'являються пограничні цикли, динаміка параметрів системи стає більш примітивною, що зменшує можливість системи до гармонійної та адекватної відповіді на подразники. Аналіз нелінійної динаміки параметрів системи дозволяє дати найбільш повну інформацію про стан системи, ніж суто математичні способи оцінки її параметрів.

Відповідно до законів нелінійної динаміки досліджуваний процес необхідно розглядати на фазовій площині. Стосовно ССС, точніше до динаміки кардіоритму, з'являється необхідність крім визначення числового параметра інтервалу RR, розрахувати першу похідну його функції – швидкість зміни RR-інтервалів. Тому нелінійна динаміка серцевого ритму визначається шляхом побудови ламаної лінії (хаосграма) в системі координат, де по осі абсцис відзначається тривалість RR-інтервалу (в мс), а по осі ординат – збільшення даного інтервалу (в мс) (див. рис.1.13). Для нормального збалансованого стану системи регуляції кардіоритму характерна гармонійна «павутиноподібна» картина хаосграми без помірних циклів.

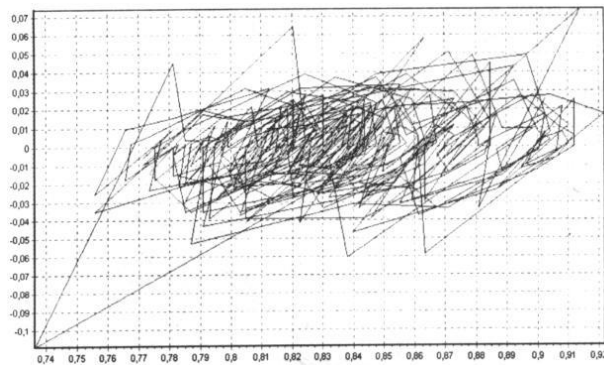


Рис. 1.13. Хаосграма (норма)

За наявності дисбалансу регуляторної системи, викликаного екзо- та ендогенними, екстра- та інтракардіальними патологічними впливами типова картина хаосграми буде значно змінюватися. Типовою ознакою порушення регуляторно-адаптивних властивостей ССС є поява певної кількості позамежних циклів – цикли, що виходять за рамки «ядра» хаосграми (див. рис.1.14).

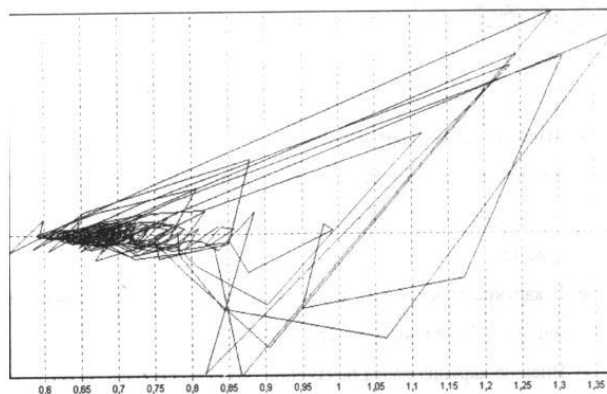


Рис. 1.14. Хаосграма (позамежні цикли)

Також до ознак патології кардіоритморегуляторних механізмів відносяться наступні зміни хаосу:

- «Примітивна» картина хаосграми, при цьому візуалізується чітка нехаотична динаміка кардіоритму. У хаосграмі визначаються обриси правильних геометричних фігур (див. рис.1.15).



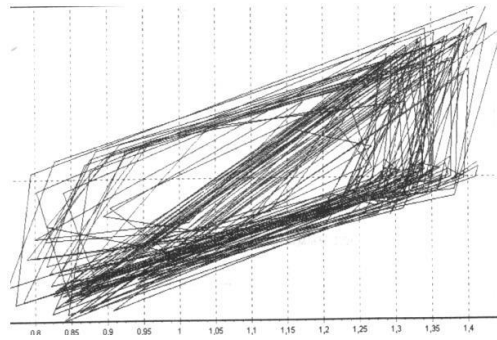


Рис. 1.15. Хаосграма («примітивна»)

- У картині хаосграми чітко виділяються два ядра, однакової або різної щільності (див. рис.1.16).

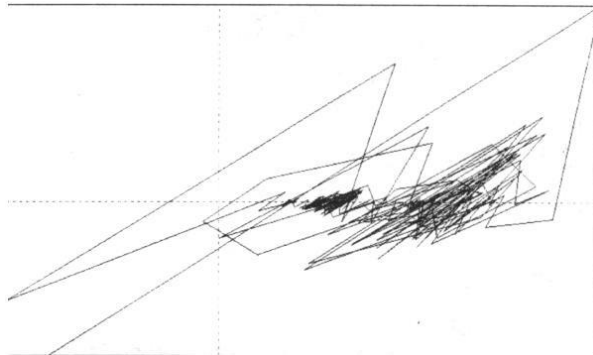
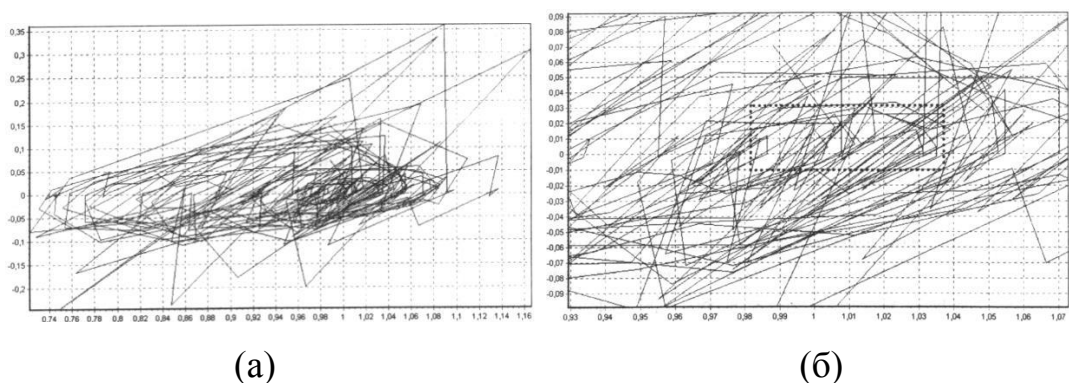


Рис. 1.16. Хаосграма (двоядерна)

- Зовні картина хаосу незмінна, але в її внутрішній структурі видно постійні негармонійні коливання кривої хаосграми щодо нульової лінії відліку швидкості зміни RR-інтервалів (див. рис.1.17).



(а)

(б)

Рис. 1.17. Хаосграма (а) – зовнішня; (б) - внутрішня

Поява вищеописаних змін під час дисонансу системи регуляції ритму пояснюється так. Для адаптації організму до умов зовнішнього середовища клітини-пейсмекери змінюють частоту серцевого ритму під дією сигналів

регуляторної системи. При цьому вплив регуляторної системи реалізується у вигляді сигналів або збільшення, або зменшення частоти серцевих скорочень.

Для адекватної відповіді синусного вузла на дані команди характерна гармонічна зміна RR-інтервалів, спочатку з поступовим збільшенням тривалості RR, потім з поступовим її зниженням. Ці коливання і забезпечують пристосовність, можливість адаптації кардіоваскулярної системи. При дисфункції регуляторної системи як на рівні вегетативних механізмів (первинна та вторинна вегетативна дисфункція), так і на рівні провідної системи серця (ішемічне ураження клітин синусового вузла, дилатація правого передсердя тощо) втрачається гармонійна динаміка змін RR-інтервалів. В результаті цього немає адекватної відповіді серця на команди, що надходять, тривалість RR-інтервалів хаотично змінюється з одного стану в інший, що відбивається на картині нелінійної динаміки серцевого ритму вищеописаним чином.

Але визначення стану регуляції лише за виглядом хаосграми є недостатньо об'єктивним і дуже складним, особливо при аналізі великої кількості послідовних RR-інтервалів. Для точної кількісної оцінки нелінійної динаміки кардіоритму розроблені та застосовані певні прийоми. При цьому вся картина хаосграми розбивається на елементарні геометричні фігури з різною кількістю точок у них. Співвідношення отриманих різних геометричних фігур показано на діаграмі рейтингу (див. рис.1.18).

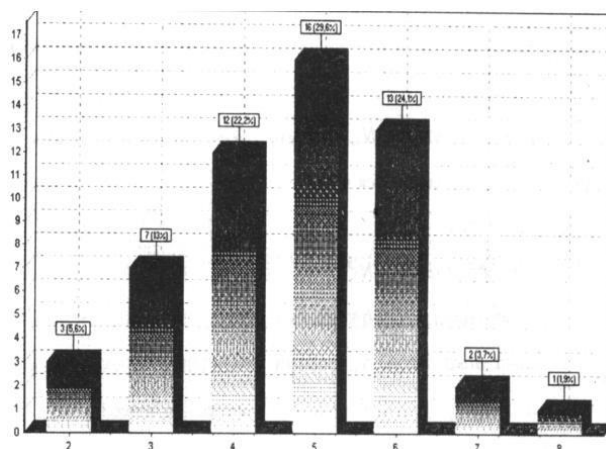


Рис. 1.18. Діаграма рейтингу

Залежно від стану системи регуляції ритму серця змінюватиметься і кількість точок в елементарних геометричних фігурах хаосграми і відповідно співвідношення фігур у рейтингу. Для нормальних гармонійних циклів зміни RR-

інтервалів буде характерно переважання фігур з великою кількістю точок у них, ніж при патологічному типі нелінійної динаміки кардіоритму.

При кількісному аналізі «хаос-тесту» використовуються такі показники рейтингу:

1. Максимум рейтингу – це кількість точок у фігурі, які утворювалися найчастіше, тобто, у якій точці рейтингу розташовується найвищий стовпець. (Мал. 1.18).

2. Розрахунковий показник N1, який дорівнює відношенню суми числа фігур з кількістю точок 4, 5 і 6 до суми числа фігур з кількістю точок 2 та 3 у них.

3. Розрахунковий показник N2, що дорівнює відношенню суми числа фігур з кількістю точок 4, 5 і 6 до загального числа отриманих фігур.

4. Розрахунковий показник N3, рівний відношенню точок 4, 5, 6 до інших фігур (з кількістю точок менше 4 і більше 6).

Нормативи та інтерпретація відхилень значень даних показників від норми наведено нижче. Таким чином, аналіз нелінійної хаотичної динаміки кардіоритму дозволяє вивчити приховані закономірності поведінки ритму серця, недоступні простому математичному аналізу. Даний метод істотно доповнює класичні способи оцінки динаміки ритму серця і дає можливість кількісно оцінити стан різних регуляторних систем організму.

Чому мова йде про стан регуляторних систем всього організму під час аналізу лише параметрів ССС. ССС є однією з основних систем життєзабезпечення, тому її параметри повинні швидко змінюватись під впливом процесів, які відбуваються в організмі, для підтримки загального гомеостазу. Відомо, що практично не існує такої патології внутрішніх органів, яка не супроводжувалася б розвитком вторинної вегетативної дистонії (А.М. Вейн, 1998). Отже, порушення регуляторних процесів певному рівні організму побічно відбиватиметься і стані системи регуляції кардіоритму у тому чи іншою мірою, залежно від значущості міжорганних зв'язків.

Матеріали огляду існуючих методів опрацювання біосигналів доцільно систематизувати у вигляді схеми (див. рис. 1.19).



Рис. 1.19. Методи опрацювання біосигналів

## РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

Загальною тенденцією сучасного етапу розвитку методів діагностики функціонального стану органів та систем людини є вилучення максимуму інформації при мінімальному впливі на організм пацієнта. Найбільш поширеною методикою неінвазивних досліджень у біології та медицині є реєстрація та аналіз сигналів електричної активності, що супроводжує перебіг фізіологічних процесів у живих тканинах.

Розвиток засобів обробки електричних сигналів та вдосконалення обчислювальної техніки створюють умови для вдосконалення діагностичних методів, при цьому можливі два принципово різні підходи. Перший спрямований на автоматизацію традиційних алгоритмів лікарського аналізу, звільняючи медичний персонал від стомлюючої роботи, усуваючи суб'єктивізм при отриманні результатів. Другий підхід передбачає використання спеціальних обчислювальних процедур, що дозволяють витягувати з сигналу інформацію, яку неможливо отримати при візуальному аналізі записи. У цьому класі застосовуваних алгоритмів дуже великий відстант від стандартних процедур статистичної обробки до складних процедур розпізнавання образів. Деякі обмеження відповідних алгоритмів зумовлені неоднозначністю медичної інтерпретації одержуваних результатів і вимагають набору статистики з метою верифікації та їхнього клінічного обґрунтування.

Важливим аспектом, який вимагає уваги при синтезі алгоритмів обробки електрофізіологічних процесів є багаторівневість їх структури, що передбачає послідовну багатоступінчасту обробку. При цьому отримана на початкових етапах обробки інформація використовується на наступних етапах, а в багатьох випадках відкриває можливості застосування ітераційних процедур уточнення результатів.

### 2.1 Специфічні особливості формування біосигналів

З погляду сучасної біофізики і теоретичної біології організм людини сприймається як складна система, що саморегулюється. Управління такою

системою на всіх рівнях від клітинного до організмового забезпечується за рахунок постійного обміну генетичною інформацією, у зв'язку з чим, розвиток людини йде за заздалегідь наміченим планом. У кожен клітину живого організму закладено генетичну програму, в якій записано все, не пропущено жодної ознаки. У процесі розвитку організм послідовно та закономірно реалізує інформацію, укладену в генах.

Запуск і контроль спадкової програми здійснюється в результаті інформаційного обміну як на клітинному, так і на молекулярному рівнях, завдяки електромагнітному випромінюванню клітин. Частотні характеристики електромагнітного випромінювання клітини містять інформацію про всі процеси, що відбуваються в клітинних структурах, і відображають особливості поведінки молекулярних структур та процесів на субмолекулярному рівні. При цьому випромінювання з частотами молекулярних спектрів впливають на процеси самоорганізації молекул на генетичних "матрицах". Інформаційний обмін відбувається у широкій смузі частот електромагнітного випромінювання. Кожен цикл ферментативних перетворень у живій клітині супроводжується електромагнітним випромінюванням з певним набором, або "гребенкою" частот, тимчасове уявлення якої є хвильовою структурою генетичного коду. Хоча в клітинах різних органів укладена вся спадкова програма, у них працює тільки та ділянка, в якій зберігається інформація про цей орган.

Відомо, що спеціалізація чи диференціювання клітин в організмі відбувається за рахунок виключення тих ділянок ДНК, які не повинні працювати безпосередньо в цій клітині, у цій тканині. При цьому всі ознаки організму в процесі розвитку відображаються в змінах параметрів хвильової структури генетичного коду. Зміна цієї хвильової структури сприймається нейроендокринною системою і реалізується за допомогою гормонів, а інформація про ці процеси проявляється у величезній кількості різних біоритмів організму.

З погляду сучасного біоритмологічного підходу процеси, що протікають у різних органах і системах організму людини, не є детермінованими, тобто. суворо визначеними у часі. Тим не менш, деякий набір динамічних параметрів таких процесів повторюється в певній послідовності в різних часових інтервалах і являє

собою стійкий набір динамічних параметрів – динамічну організаційну структуру. Параметри такої структури можуть змінюватися тільки в межах, що визначаються діапазонами частотної та фазової модуляції реєстрованих біосигналів. Порушення цієї умови запускає механізм розвитку хвороби.

Динамічні параметри ритмів серця найтіснішим чином пов'язані зі станом ССС та процесом кровообігу в організмі людини і, таким чином, зі станами всіх інших органів і систем. Будь-які зміни в різних органах і системах організму людини неминуче викликають зміни в електричній активності серця, які через керуючі сигнали центральної нервової системи викликають зміни в ритмічній активності інших органів. Таким чином, динамічні параметри одного з найдоступніших для дослідження біосигналів – електрокардіосигналу, або його модифікованого уявлення у вигляді ритмограм серцевої діяльності містять всю інформацію про стан різних органів та систем організму людини.

## 2.2 Модель формування керуючих біосигналів

Діяльність вегетативної нервової системи знаходиться з одного боку під впливом центральної нервової системи, а з іншого боку залежить від гуморальних та рефлекторних впливів.

У довгастому мозку розташований модуляторний серцево-судинний центр, що поєднує вазомоторний, кардіостимуляторний та кардіоінгібіторний центри. Регуляція цих центрів здійснюється підкірковими вузлами і корою головного мозку.

В цілому, хвильова структура синусової аритмії характеризує ритмічну активність серця і є результатом діяльності систем управління у відповідь на вплив факторів зовнішнього і внутрішнього середовища на всіх рівнях - від клітинного до організмового. Ритмічна активність серця відбиває діяльність механізмів саморегуляції, зумовлену безперервним процесом адаптації організму до умов довкілля. Хвильові процеси характеризують активність регуляторних систем і ступінь напруги керуючих механізмів. Збільшення амплітуди коливань означає, що інформаційно-енергетичні витрати на управління відповідними

функціональними системами збільшилися. Динамічні параметри ритмів серця характеризують ієрархічну структуру управління різними органами і системами в організмі людини. У такій структурі більш високі рівні управління є інгібіторами активності нижчих рівнів. У цьому, що більше період коливань ритму серця, то вище рівень управління. Ось чому, реакція у відповідь впливу різної сили проявляється у збільшенні амплітуди тієї чи іншої ритму серця. При оптимальному регулюванні управління відбувається з мінімальною участю вищих рівнів. При неоптимальному управлінні необхідна активація дедалі вищих рівнів управління. При цьому спостерігається переважання недихального компонента синусової аритмії, з'являються повільні хвилі з амплітудами, що збільшуються, і періодами. При активації вищих рівнів управління ритмічна активність дихальних хвиль послаблюється, що свідчить про більшу централізацію управління.

У живому організмі завжди існує динамічний вегетативний гомеостаз, що характеризує організм як систему з багатьма станами нестійкої рівноваги, кожне з яких визначається умовами як зовнішнього і внутрішнього середовища, так і станом всього організму в цілому. Інформація про те, як сформувався вегетативний гомеостаз і яка ціна переходу в той чи інший його стан у процесі адаптації організму до впливу внутрішніх і зовнішніх факторів, міститься в хвильовій структурі серцевих ритмів і є найбільш об'єктивною характеристикою стану здоров'я пацієнта.

Таким чином, живий організм є багаторівневою самоорганізованою системою з динамічною ієрархією управління. Кожен елемент такої системи – це самостійна система, динамічна організація якої включає всі рівні управління. Взаємодія між цими рівнями здійснюється шляхом обміну інформацією каналами прямого та зворотного зв'язку. При цьому, чим сильніший вплив на організм, тим більш високий рівень бере участь в управлінні. При оптимальному управлінні має бути задіяна мінімальна кількість рівнів системи управління для забезпечення адаптації організму до різних впливів. Автономна діяльність нижчих рівнів "звільняє" вищі від необхідності постійно брати участь у локальних регуляторних процесах. Вищі рівні беруть участь у цих процесах тільки в тому випадку, коли нижчі не справляються зі своїми функціями, коли необхідна координація



діяльності кількох підсистем. Оптимальне поєднання принципів централізації та автономності управління в живому організмі забезпечує максимальні адаптаційні можливості цілісної системи при її взаємодії з навколишнім середовищем.

Суть процесів регуляції полягає в безперервному обміні інформацією між рівнями управління. Необхідною умовою формування керуючих сигналів є наявність достатнього часового інтервалу для прийому та переробки інформації, що надходить з нижчих рівнів. Цей інтервал залежить від обсягу інформації, що надходить, від числа елементів, контрольованих і керованих даним регуляторним механізмом. Чим вище рівень регуляції, чим більше різних рівнів (елементів) він повинен контролювати, тим більший інтервал часу необхідний для вироблення сигналів, що управляють.

### 2.3 Висновки до розділу 2

Розроблені в другому розділі моделі формування біосигналів на різних рівнях обміну інформацією в організмі людини показують, що для аналізу процесів, що протікають на всіх рівнях управління найбільш ефективними є методи, що дозволяють оцінювати діапазони частотної і фазової модуляції біосигналів. При цьому виникає важлива можливість кількісної оцінки функціонального стану організму людини в нормі і патології, т.к. існує кореляція між індексами модуляції біосигналів та різними станами організму.

Застосування таких методів дозволяє вирішувати завдання аналізу біосигналів шляхом синтезу динамічної інформаційної структури самого об'єкта дослідження. Базову основу застосування динамічних методів аналізу для обробки біосигналів становить метод, що дозволяє виділяти динамічну організаційну структуру управляючих сигналів, що виділяються з модуляційних характеристик біосигналів, що реєструються.

## РОЗДІЛ 3

### НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Методи та алгоритми динамічної обробки біосигналів

Управління процесами адаптації в організмі людини здійснюється в динамічному режимі з періодами обміну інформацією, що залежать від сили впливу, – чим вище рівень управління, тим більше часу потрібно для адаптації.

Вся ця інформація закладена в ритмічній активності серця і може бути використана для оцінки показників вегетативного гомеостазу регуляторних механізмів - одного з найважливіших параметрів, що характеризують функціональний стан організму.

Таким чином, найбільш інформативними та доступними для дослідження є біосигнали, що виділяються з електричної активності серця і реєструються методами стандартної електрокардіографії. [5,10, 41]

Ритмограми, що виділяються в процесі обробки з електрокардіосигналу, є послідовністю тимчасових інтервалів між сусідніми серцевими скороченнями. Сигнал ритмограми є нелінійною сукупністю різномаштабних у часі процесів, визначених у спеціальній медичній літературі як дихальні хвилі, а як і повільні хвилі 1–го, 2–го та інших вищих порядків. Найбільш поширені в даний час методи аналізу ритмограм, такі як кореляційні, спектральні та статистичні, засновані на усередненні оброблюваної інформації за час аналізу, досить ефективні тільки для обробки аналогових сигналів або тимчасових процесів.

Ритмограми ж у загальноприйнятому сенсі є не часові функції, а штучно синтезовані для наочного уявлення графіки, по осях ординат яких дискретно відображаються поточні значення  $RR$ ,  $PP$ , і т.д. інтервалів, а по осі  $OX$  – поточний час, рівний кількості цих інтервалів.

Для технічної реалізації методу електрокардіосигналу виділяються п'ять ритмів:

- $RR$  інтервалограма (послідовність  $RR$  інтервалів);

- $PR$  інтервалограма (послідовність  $PR$  інтервалів);
- $RT$  інтервалограма (послідовність  $RT$  інтервалів);
- відношення амплітуд  $R$  і  $T$  зубців (послідовність значень відношення амплітуд  $R$  і  $T$  зубців);
- шпаруватість ЕКС (послідовність значень відношення періоду проходження кардіокомплексу до його тривалості).

З кожного ритму виділяються хвилі 1-го порядку, що являють собою огинаючі цих ритмів. Таким чином здійснюється коректний перехід від ритмограм до часових функцій:

$$RR(t) = f_1(t), PR(t) = f_2(t), RT(t) = f_3(t), R/T(t) = f_4(t), RR(t)/PQRST(t) = f_5(t)$$

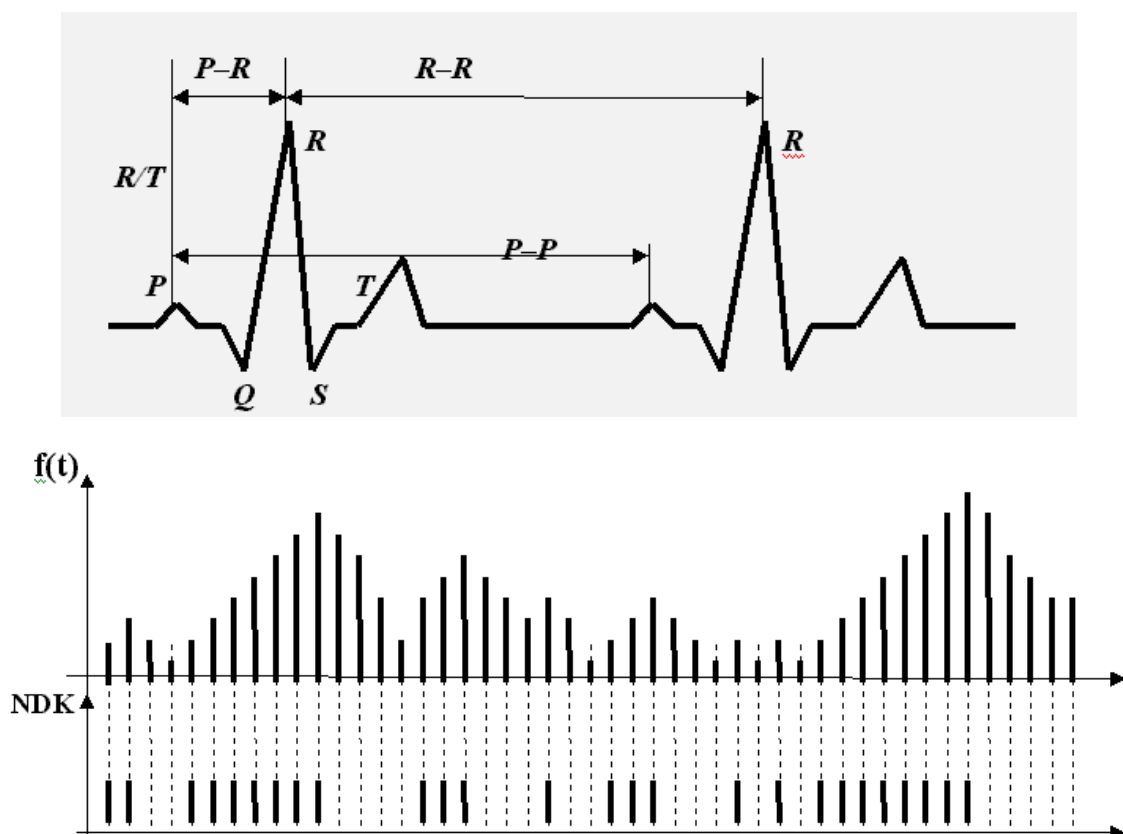


Рис. 3.1. Нейродинамічний метод опрацювання ритмограм

Нейродинамічний метод обробки ритмограм являє собою спосіб перетворення сигналів  $f_1(t), f_2(t), f_3(t), f_4(t), f_5(t)$  в кодову комбінацію за

двійковим станом, яка містить послідовність імпульсів з однаковими параметрами.

Для практичної реалізації завдань побудови комп'ютерних діагностичних систем скринінг-діагностики мають бути розроблені такі основні алгоритми:

- алгоритм виміру RR інтервалів у реальному масштабі часу;
- алгоритми нейродинамічного аналізу ритмограм серцевої діяльності;
- алгоритми картування біоритмів головного мозку шляхом сплайн-інтерполяції;
- алгоритми фрактального аналізу біоритмів організму.

### 3.2 Рецепторні нейрони

Сигнали біоелектричної активності характеризують процеси, що відбуваються в різних системах організму і проявляється у змінах ритмів серця, мозку та будь-яких інших органів. Зміни динамічних параметрів біосигналів відбивають реакцію організму на вплив різних факторів зовнішнього та внутрішнього середовища. Вплив центральної та вегетативної нервових систем, а також рефлекторної та гуморальної ланок відбувається на всі органи людини і проявляється у зміні частотно-часових характеристик біоритмів організму, які можуть бути зареєстровані у вигляді біосигналів у різних діапазонах частот.

Кожна рецепторна клітина організму реагує на впливи зовнішнього та внутрішнього середовища, до яких вона чутлива, в межах обмеженої зони, яка називається рецептивним полем. Якщо ми простежимо за роботою одного зорового аналізатора сітківки, то побачимо, що він збуджується лише тоді, коли світло, що проходить через кришталік, падає на рецептивне поле даного рецептора. Шкірний рецептор сприймає лише те, що відбувається у його рецептивному полі – в обмеженій ділянці, розташованій над ним на поверхні шкіри. Конфігурація рецептивного поля окремого рецепторного нейрона, який реагує на тактильні подразники, визначається конвергенцією нервових волокон від шкірних рецепторів. Будь-які тактильні стимули, які у це полі, сприймаються

як вихідні з місця. Стимули, які у межах дрібніших ділянок, взагалі диференціюються.

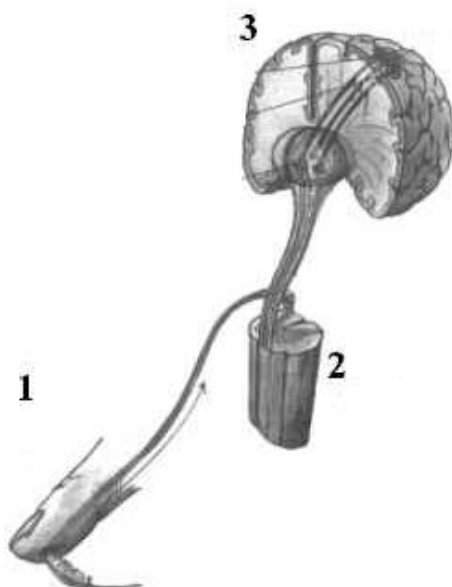


Рис.3.1. Передача сигналів у нервовій системі людини: 1 – багатовхідний рецепторний нейрон; 2 – багатоканальний проміжний нейрон; 3 – багаторівнева нейронна мережа – ЦНС

З радіофізичної точки зору рецепторні нейрони є пристроями, що перетворюють аналогові електричні сигнали, що приходять від рецепторів у послідовності бінарних імпульсів.

Рецепторні нейрони є динамічними детекторами, оскільки реагують тільки на зміну параметрів сигналів, що надходять на їх вхід. Функціонально рецепторний нейрон показаний як адаптивний дискретно-часовий перетворювач аналогових сигналів (див. рис. 3.2).

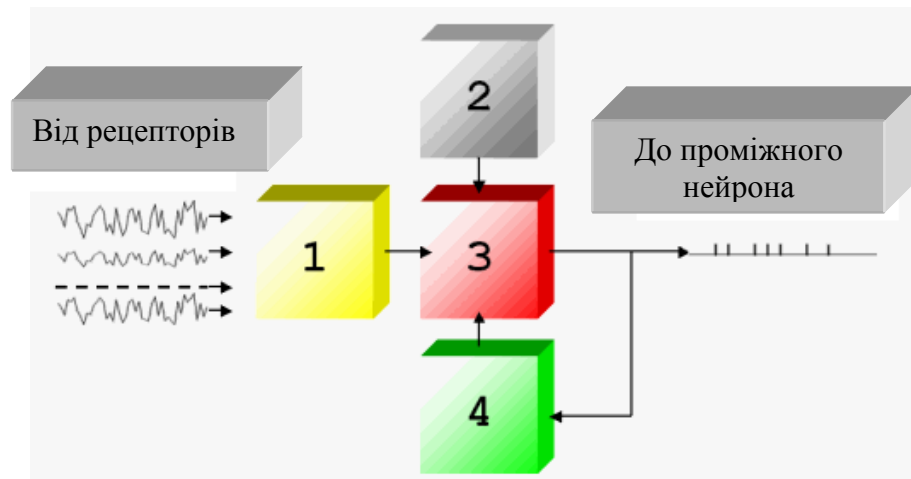


Рис. 3.2. Рецепторний нейрон (схема)

На схемі (1) –інтегратор, в якому проводиться підсумовування вхідних сигналів, які надходять від сукупності однорідних рецепторів.

(2) – генератор тактових імпульсів, частота проходження яких визначається спайковою активністю самого нейрона. Частота спайкової активності нейрона залежить від періоду його відносної рефрактерності, який у свою чергу залежить від амплітуди сумарного сигналу рецептивного поля (див. рис. 3.2).

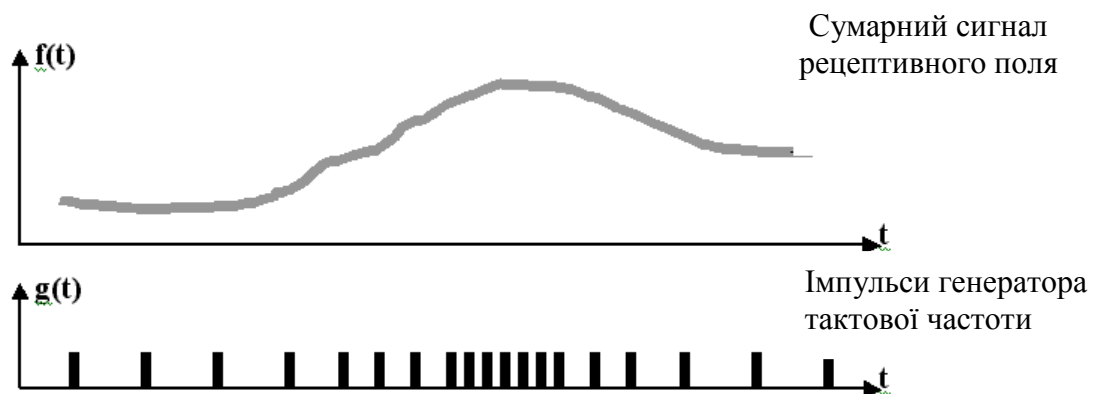


Рис. 3.3. Графік зміни частоти

(3) – компаратор, в якому проводиться порівняння сигналів, які надходять з інтегратора (1) і апроксиматора (4) в моменти часу, що визначаються періодом проходження імпульсів генератора тактової частоти (2).

На виході компаратора (3) формується бінарний код, який визначається знаком різниці, між апроксимуючою функцією формується в апроксиматорі (4) і аналоговим сигналом, що надходить з інтегратора (1).

Сигнали від сукупності рецепторних нейронів, що являють собою послідовності бінарних імпульсів, надходять на вхід проміжного нейрона, який являє собою багатоканальний приймально-передавальний пристрій з єдиним виходом.

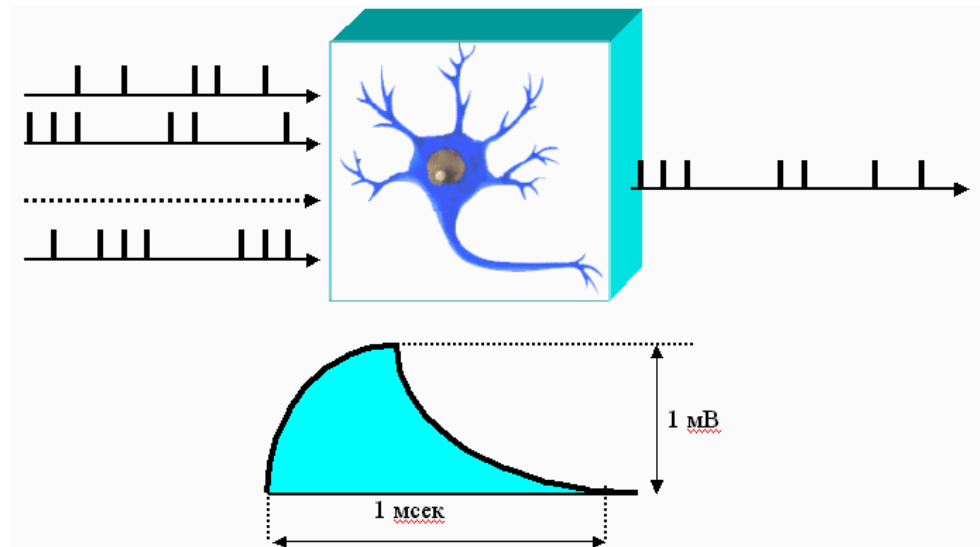


Рис. 3.4. Багатоканальний проміжний нейрон

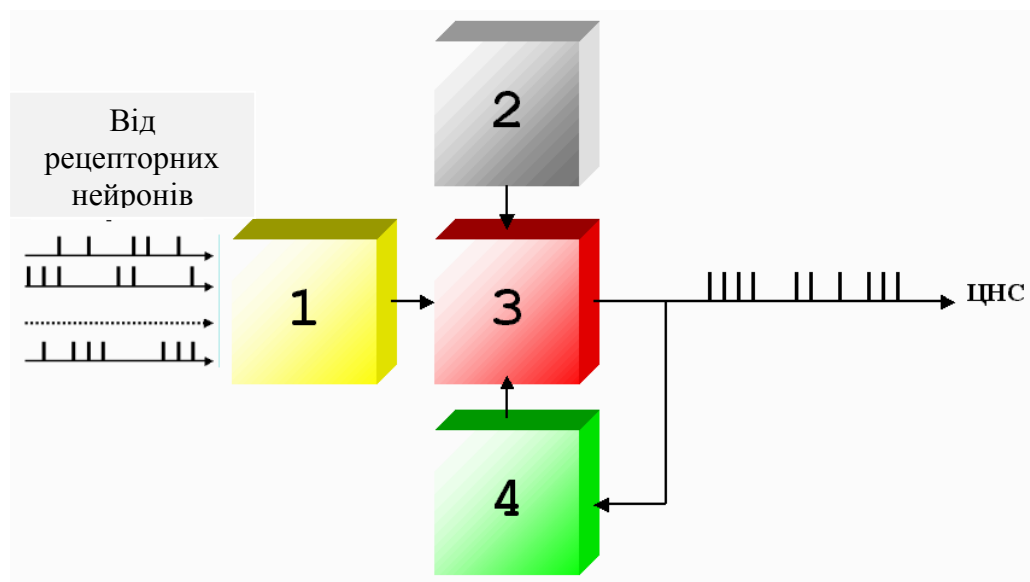


Рис. 3.5. Функціональна схема проміжного нейрону

У багатомодальному інтеграторі 1 проводиться підсумовування бінарних послідовностей імпульсів, які надходять від рецептивних полів сукупностей

нейронів різних модальностей. У фізіології сенсорних систем під модальностями розуміються канали сприйняття інформації різними органами відчуття (так звані сенсорні канали): зір, слух, нюх, дотик, смак та ін., і навіть канали сприйняття інформації, яка поступає із внутрішнього середовища організму.

Таким чином, бінарний код на виході компаратора 3 являє собою послідовність бінарних імпульсів, частота яких визначається модальністю сенсорного каналу.

На виході проміжних нейронів різних модальностей формуються послідовності бінарних імпульсів, періоди проходження яких визначаються модальностями сенсорних каналів.

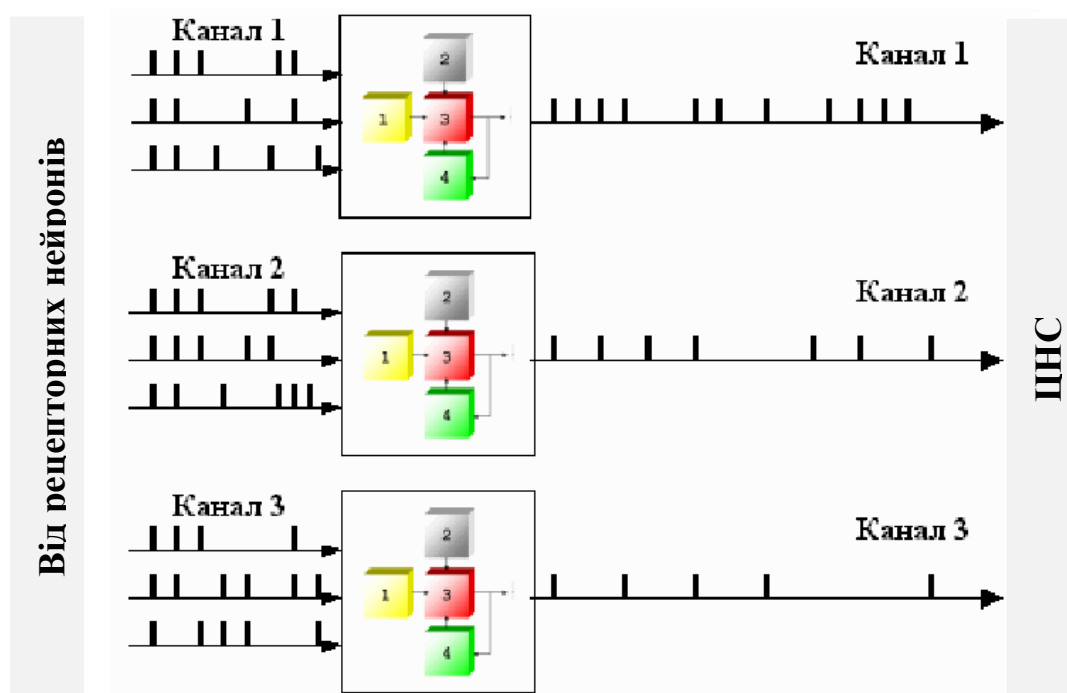


Рис. 3.6. Принципи опрацювання біосигналів у проміжних нейронах сенсорних каналів різної модальності

Основна особливість роботи проміжних нейронів сенсорних каналів різної модальності у тому, що частота тактових імпульсів у генераторах 2 каналів 1,2,3 різна і визначається номером каналу. Таким чином, послідовності бінарних імпульсів на виходах проміжних нейронів каналів 1,2,3 слідуватимуть з різною частотою.



Як було показано, послідовності бінарних імпульсів на виходах проміжних нейронів сенсорних каналів формуються з частотою певної для кожного каналу. Ці послідовності надходять на вхід центральної нервової системи, де формуються нейродинамічні коди всіх сенсорних каналів.

Нейродинамічні коди окремих каналів є комбінаціями бінарних імпульсів з кінцевим і строго визначеним числом елементів. Нейродинамічні коди формуються у різних часових інтервалах, що визначаються модальністю каналу. Фундаментальною властивістю нейродинамічних кодів є те, що їх кількість дорівнює кількості елементів коду, а кількість елементів коду дорівнює кількості каналів. Реалізація всієї сукупності нейродинамічних кодів – "нейродинамічна матриця" закінчується, коли формується повнозначна комбінація елементів нейродинамічного коду сенсорного каналу, що має найбільший період.

Фундаментальна властивість такої моделі полягає в тому, що кожен елемент цієї моделі функціонує як модель в цілому, і кількість вкладеностей рівна кількості елементів коду і рівна кількості сенсорних каналів.

## РОЗДІЛ 4

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

## 4.1 Охорона праці

У підрозділі розглянуто питання організації наукових досліджень та ергономічних вимог інженера дослідника.

Організація наукових досліджень. Для наукового і науково-технічного вирішення проблем охорони праці, забезпечення системного й комплексного підходу до організації нормотворчої діяльності, вдосконалення нормативної бази з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища в Україні створено мережу базових (головних) організацій та установ — понад 600 з цієї важливої проблеми. Їх діяльність охоплює майже всі нині визначені напрями охорони праці, що потребують розвитку й удосконалення. Такі організації визначено в більшості галузей народного господарства згідно з рішенням міністерств, відомств, концернів, корпорацій та інших об'єднань підприємств, створених за галузевим принципом. Це — провідні науково-дослідні, проектно-конструкторські й інші організації, які спеціалізуються з питань безпеки, гігієни та виробничого середовища.

Для наукового забезпечення охорони праці створено Національний науково-дослідний інститут охорони праці, який разом з інститутами Академії наук України та іншими науково-дослідними і проектно-конструкторськими установами, навчальними закладами здійснює фундаментальні і прикладні наукові дослідження з проблем охорони праці, ідентифікації професійної небезпечності.

На Національний науково-дослідний інститут охорони праці покладено виконання функції головної організації в Україні, яка координує роботу в даному напрямку, надає методичну допомогу фахівцям, організує підвищення їх кваліфікації, а також безпосередньо опрацьовує проект міжгалузевих і окремих галузевих нормативних актів про охорону праці.

Реалізуючи програми TACIS, експерти Європейського Союзу тісно співробітничали з Національним науково-дослідним інститутом охорони праці в межах проекту «Підтримка здоров'я та безпеки праці».

Ергономічні вимоги до робочого місця інженера-дослідника. Враховуючи те, що для проведення наукових досліджень в напрямку теми роботи необхідною складовою є комп'ютер у підрозділі розглянуто питання ергономічних вимог до робочого місця інженера-дослідника.

Проектування робочих місць, забезпечених медичною апаратурою та комп'ютерною технікою, відноситься до числа важливих проблем ергономічного проектування в області наукових досліджень. Робоче місце і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця інженера-дослідника повинні бути дотримані наступні основні умови: оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця і достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення.

Ергономічними аспектами проектування подібних робочих місць, зокрема, є: висота робочої поверхні, розміри простору для ніг, вимоги до того, що розташовує документів на робочому місці (наявність і розміри підставки для документів, можливість різного розміщення документів, відстань від очей користувача до екрану, документа, клавіатури і т.д.), характеристики робочого крісла, вимоги до поверхні робочого столу, можливість регулювання елементів робочого місця. Головними елементами робочого місця є стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи.

Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення. Рациональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і постійність розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібне для виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого простору.

Максимальна зона досяжності рук - це частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними максимально витягнутими руками при русі їх в плечовому суглобі.

Оптимальна зона – частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними передпліччям при русі в ліктьових суглобах з опорою в точці ліктя і з відносно нерухомим плечем.

Необхідно передбачати при проектуванні можливість різного розміщення документів: збоку від відеоапаратури, між монітором і клавіатурою і т.п. Крім того, у випадках, коли відеоапаратура має низьку якість зображення, наприклад помітні мигтіння, відстань від очей до екрану роблять більше (біля 700 мм), ніж відстань від ока до документа (300-450мм). Взагалі при високій якості зображення на відеоапаратурі відстань від очей користувача до екрану, документа і клавіатури може бути рівним.

Причина неправильної пози користувачів обумовлена наступними чинниками: немає хорошої підставки для документів, клавіатура знаходиться дуже високо, а документи – низько, нікуди покласти руки, недостатній простір для ніг.

В цілях подолання вказаних недоліків даються загальні рекомендації: краще пересувна клавіатура; повинні бути передбачені спеціальні пристосування для регулювання висоти столу, клавіатури і екрану, а також підставка для рук.

Істотне значення для продуктивної і якісної роботи на комп'ютері мають розміри знаків, густину їх розміщення, контраст і співвідношення яскравості символів і фону екрану. Якщо відстань від очей оператора до екрану дисплея складає 60.80 см, то висота знака повинна бути не менше 3 мм, оптимальне співвідношення ширини і висоти знака складає 3:4, а відстань між знаками - 15.20 % їх висоти. Співвідношення яскравості фону екрану і символів - від 1:2 до 1:15.

Під час користування комп'ютером медики радять встановлювати монітор на відстані 50-60 см від очей. Фахівці також вважають, що верхня частина відео дисплея повинна бути на рівні очей або трохи нижче. Коли людина дивиться прямо перед собою, її очі відкриваються ширше, ніж коли вона дивиться вниз. За рахунок цього площа огляду значно збільшується, викликаючи обезводнення очей. До того ж якщо екран встановлений високо, а очі широко відкриті, порушується функція моргання. Це означає, що очі не закриваються повністю, не

омиваються слізною рідиною, не одержують достатнього зволоження, що приводить до їх швидкої стомлюваності.

Створення сприятливих умов праці і правильне естетичне оформлення робочих місць має велике значення як для полегшення праці, так і для підвищення привабливості, позитивно впливаючою на продуктивність праці.

Таким чином, створення сприятливих умов праці і правильне естетичне оформлення робочих місць має велике значення як для полегшення праці, так і для підвищення привабливості, позитивно впливаючою на продуктивність праці.

## 4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Електрика та електричний струм. Електрика — сукупність явищ, зумовлених існуванням, рухом і взаємодією електрично заряджених тіл або часток. Електричний струм — це упорядкований (спрямований) рух електрично заряджених часток (електронів або іонів).. Електричний струм, проходячи через тіло людини, викликає ураження організму. Величина і шлях цього струму визначає рівень пошкодження тіла. Прямування цього потоку являється шлях електронів від негативного джерела до позитивного, так як протилежні заряди притягуються один до одного. Коли існує надлишок або нестача електронів на поверхні матеріалу, виробляється статична електрика. Цей тип електрики називається "статичною електрикою", тому що немає позитивного матеріалу поблизу, щоб повернути електрони і змусити їх рухатися. Тертя не потрібно для отримання статичної електрики, хоча воно може збільшити її існуючий заряд. Коли дві протилежні заряджені поверхні знаходяться на близькій відстані, відбувається розряд, або іскра. Іскра від статичної електрики часто є першою ознакою того, що вона присутня.

Електричні прилади, установки, обладнання, з якими людина має справу, становлять для неї велику потенційну небезпеку, яка посилюється тим, що органи чуття людини не можуть на відстані виявити наявності електричної напруги, як, наприклад, теплову, світлову чи механічну енергію. Тому захисна реакція організму виявляється тільки після безпосереднього потрапляння під дію

електричного струму. Другою особливістю дії електричного струму на організм людини є те, що струм, проходячи через людину, діє не тільки в місцях контактів і на шляху протікання через організм, а й викликає рефлекторні порушення нормальної діяльності окремих органів (серцево-судинної системи, системи дихання). Третя особливість - це можливість одержання електротравм без безпосереднього контакту зі струмопровідними частинами - при переміщенні по землі поблизу ушкодженої електроустановки (у випадку замикання електричного струму через людину на землю), ураження через електричну дугу.

Електричний струм, проходячи через тіло людини, зумовлює перетворення поглинутої організмом електричної енергії в інші види і спричиняє термічну, електролітичну, механічну і біологічну дію. Термічний вплив електричного струму характеризується нагріванням тканин аж до отримання людиною опіків, інколи навіть дуже значних.

Електролітична дія струму виявляється у розкладанні органічної рідини, в тому числі крові, яка є електролітом, та в порушенні її фізико-хімічного складу. Біологічна дія струму виявляється через подразнення і збудження живих тканин організму, а також порушення внутрішніх біологічних процесів. Механічна дія струму призводить до розриву тканин організму внаслідок електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухоподібного утворення пари з тканинної рідини і крові. Внаслідок дії електричного струму або електричної дуги виникає електротравма. Електротравми умовно поділяють на загальні і місцеві. До місцевих травм належать опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, механічні пошкодження, а також електроофтальмія (запалення очей внаслідок впливу ультрафіолетових променів електричної дуги).

Наслідок ураження людини електричним струмом визначається наступними чинниками: рід струму (змінний чи постійний) та частота змінного струму; час протікання струму через організм; шлях протікання струму; індивідуальні особливості людини та її психофізіологічний стан у момент ураження. Величина струму через людину визначається, як було вище зазначено, прикладеною напругою та опором тіла людини.

Вплив електричного струму на організм людини залежить також від фізичного і психічного стану людини. Нездоров'я, втома, голод, сп'яніння та емоційне збудження призводять до зниження опору. Несприятливий мікроклімат (підвищена температура, вологість, струмопровідний пил) збільшують небезпеки ураження струмом, тому що волога (піт), пил знижують опір шкіри, а отже збільшується величина струму. При ураженні електричним струмом насамперед необхідно надати потерпілому першу долікарську допомогу.

**Електростатична небезпека.** Електростатичний заряд, а відповідно і розряд може призвести до незначних потрясінь. Один або кілька розрядів статичної електрики може спричинити у людини шок. Джерелом електростатичного розряду у кабінеті функціональної діагностики можуть бути: • Різка тертя непровідних матеріалів по нерухомій поверхні. • Пересування великих листів пластику, що може спричинити іскри. • Тертя, що виникає при протіканні рідини по поверхні твердого тіла. Сила електростатичного заряду збільшується зі зниженням вологості. Збільшення вологості повітря інколи використовується для боротьби із статичними зарядами, однак, висока вологість може привести до незручностей на робочому місці і негативного впливу на обладнання.

**Небезпека електричних дуг, іскор та блискавки.** У разі безпосередньої близькості до електричних проводів або контакту провідників і замикання електричного кола електрична дуга може пробити повітряний зазор, запалити горючі гази або пил і викликати пожежу. Коли електрична дуга виникає під впливом статичної електрики її можна визначити як іскру. Іскри або електричні дуги можуть бути як відносно малої так і великої потужності і, як правило, виникають в невеликому просторі.

Електричний розряд між хмарами або між хмарою і землею – це блискавка. Якщо шлях блискавки на землю включає в себе людей, це може призвести до серйозних проблем зі здоров'ям, призвести до смерті. Електричне обладнання і будівельні конструкції, як правило, сильно страждають від небезпеки ураження блискавкою. Блискавка має властивість ударяти по найвищим об'єктам на землі. Загальним природним шляхом для блискавки, як правило є дерева. Ураження блискавкою можливо як при перебуванні просто неба, так і в закритому

приміщенні. Частіше страждають люди, що знаходяться під час грози на відкритій місцевості, переховуються від дощу під деревами і поблизу від працюючого електроустаткування (включеного в мережу ЕОМ, радіоприймача або увімкненого мобільного телефону).

#### 4.3 Висновки до розділу 4

Даний розділ роботи висвітлює питання організації наукових досліджень та ергономічних вимог інженера дослідника. Встановлено чіткий порядок розробки і впровадження технологій та вимог, щодо запобігання шкідливим факторам та чинникам.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра вирішено задачу опрацювання ритмічних сигналів у комп'ютерних діагностичних системах із застосуванням методу нейродинамічного кодування.

Результати досліджень отримано із використанням методів математичного моделювання та аналізу біосигналів, на їх основі розроблено алгоритми динамічного аналізу ритмічних біосигналів організму людини з подальшою оцінкою досліджено можливостей та ефективності їх застосування при створенні біомедичних систем різного цільового призначення

Системи скринінг-діагностики функціональних та патологічних змін в організмі людини, створені на базі розроблених методів, дозволяють ефективно вирішувати різні завдання практичної та клінічної медицини.

Результати досліджень показали, що всі параметри здорового організму змінюються за єдиним законом, але в різних масштабах часу. Якщо людина хвора, то параметри закономірності змінюються. У цьому випадку інформація про хворобу міститься у зміні частотних і часових параметрів модуляційних характеристик біосигналів. Це й покладено за основу при діагностуванні стану організму. Причому який параметр вибирається для діагностики – не принципово, важливо лише правильно визначити масштаб часу реалізації перехідного процесу в реєстрованому сигналі.

При вирішенні посталої проблеми отримано наступні результати

1. Розроблено динамічні моделі формування ритмічних біосигналів на різних рівнях обміну інформацією у нервовій системі.

2. Показано, що об'єктивна інформація про функціональні та патологічні зміни в організмі людини може бути виділена в результаті аналізу модуляційних характеристик реєстрованих біосигналів.

3. Розроблено алгоритм вимірювання RR інтервалів у реальному масштабі часу.

4. Розроблено метод та алгоритми нейродинамічного аналізу ритмограм серцевої діяльності.

Результати досліджень можуть використовуватись у лікувально-діагностичних закладах із завершеним циклом «діагностика – лікування – прогноз» в амбулаторних, польових. та побутових умовах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональных систем.//М., Наука, 1980.
2. В.И.Арнольд. “Теория катастроф”.М:Наука,1990.
3. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития.//М., Наука,1982, 270 с.
4. Баблюянец А. Молекулы, динамика, жизнь. Введение в самоорганизацию материи.//М., Мир,1990, 293 с.
5. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии.//М., Ме-дицина, 1979., 256 с.
6. Н.П. Бехтерева “Здоровый и больной мозг человека”.Ленинград:Наука,1988
7. Бокс Дж., Джекинс Г.”Анализ временных рядов. Прогноз и управление”.Пер.с англ.,-М.:Мир,1974
8. Войник В.И. “Алгоритмы и программы восстановления зависимостей”: - М.:Наука, 1984
9. Венедиктов М.Д., Женевский Ю.П., Марков В.В., Эйдуc Г.С. “Дельта-модуляция. Теория и применение.” М.:Связь,1976
10. Вычислительные системы и автоматическая диагностика заболеваний сердца. / ред. Касереса Ц. И Дрейфуса Л. / Пер. с англ. - М: “Мир”, 1974.- 504 с.
11. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма.//Ростов на Дону, ИРУ,1990, 223 с.
12. Л.Гласс, М.Мэки. “От часов к хаосу. Ритмы жизни”.М:Мир, 1991
13. Данилов Н.Н. “Функциональные состояния: механизмы диагностика”
14. Данилова Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний - М.: “Издательство московского университета”, 1992.- 192 с.
15. Дубровский Д.И. Проблема нейродинамического кода психических явлений.//Вопр. Философии, 1975, №6, с.35-38.

16. “Компьютеры и нелинейные явления. Информатика и современное естествознание. //под ред. А.А.Самарского// М:Наука, 1988// АН СССР, Серия “Кибернетика - неограниченные возможности и возможности ограничения”.

17. Кондрашова М.Н. Регуляция дыхания митохондрий при условии воздействия на клетку. Биофизика, 1970, т.15, с.37-38.

18. Лапко А.В., Новиков О.М., Поликарпов Л.С. “Статистические методы моделирования и принятия решений в развивающихся медико-биологических системах”:Наука,1991

19. Левенштейн В.И. “Элементы теории кодирования”.-В кн.:дискретная математика и математические вопросы кибернетики. - М.:Наука, 1974, с.207-305

20. Линдсей П., Норман Д. “Переработка информации у человека”:Пер.с англ.,-М:Мир,1974

21. “Микрокомпьютеры в физиологии”: Пер.с англ.,-М.:Мир,1990

22. Минцер О.П.,Молотков В.Н. и др. “Биологическая и медицинская кибернетика”. Справочник.-Киев:Наукова думка,1986

23. Математическая обработка медико-биологической информации. / ред. Пинскера И.Ш.- М: “Наука”, 1996.- 232 с.

24. Г.Николис, И.Пригожин. “Познание сложного”. М:Мир,1990

25. “Компьютерная биометрика” / Под ред. В.Н.Носова-М.:МГУ, 1990

26. Охнянская Л.Г., Мишин В.П. О роли колебательных и волновых процессов в жиз-недеятельности организма. В кн.: Физиологическая кибернетика. М,1981,с.32-33.

27. Парин В.В., Баевский Р.М. Введение в медицинскую кибернетику. - М: “Медицина”, 1966.- 298 с.

28. Поленов А.Л. Общий принцип гипоталамической нейроэндокринной регуляции

защитно-приспособительных реакций организма. В кн.: Эндокринная система организма и токсические факторы внешней среды. Л.,1980,с.272-285.

29. Дж.Пирс “Символы, сигналы, шумы. Закономерности и процессы передачи информации”.М:Мир,1967

30. Рейтман У.Р. “Познание и мышление. Моделирование на уровне информационных процессов”:Пер.с англ.,- М.:Мир, 1968
31. Розенблатт Ф. “Принципы нейродинамики. Перцептроны и теория механизмов мозга”:Пер.с англ.,- М.:Мир, 1965
32. Саркисов Д.С. Об антагонистической регуляции функций, как важнейшем механизме поддержания гомеостаза. Клини. мед.,1990,Т.68,№8,с.7-12.
33. Слезин В.Б., Калер Х., Подпорин А.Г. Попытка осмысления психологических структур личности с физиологических позиций. Обзор психиат. и мед. психол.,1998, №2, с.32-35.
34. Соколов Е.Н., Войткявичус.”Нейроинтеллект от нейрона к нейрокомпьютеру”:-М.:Наука, 1989
35. Тоффли Т., Моргалус Н. “Машины клеточных автоматов”: Пер.с англ.,- М.:Мир,1991
36. Дж.М.Т.Томпсон.”Неустойчивости и катастрофы в науке и технике.”М.Мир, 1985
37. Ухтомский А.А. Параметры физиологической лабильности и нелинейная теория колебаний. Собр. соч.-Т.2,Л.:АН СССР,1951,с.160-167.
38. Г.Хакен. “Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам”. М.:Мир,1991
39. А.А. Харкевич ”Теоретические основы радиосвязи”. М.: 1957
40. Функциональные системы организма. Под ред. К.В.Судакова, М.,Медицина,1987,367с.
41. Шакин В.В. Вычислительная электрокардиография. - М.: “Наука”, 1981.- 168 с.
42. Шепперд Г. “Нейробиология”: Пер.с англ., в 2-х т.,-М.:Мир,1987
43. Rosenzweig M. R., Leiman A.L., 1982 Physiological Psychology. D.C. Heath, Lexington, Mass.
44. Crelin E. S., 1974 Development of the Nervous System.Clinical Symposia, 26, number 2
45. F.E. Bloom, A. Lazerson, L. Hofstadter, 1988 Brain, Mind, and Behavior

46. Драган Я. Обробка електрокардіограм для ритмокардіографії / Я. Драган, Б. Яворський, Є. Яворська // 1-й Международный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2002: сб. науч. трудов. — Харьков: АН ПРЭ, ХНУРЭ, 2002. — Часть 2.— С.618-620.

47. Яворська Є.Б. Математичні моделі та методи опрацювання ритмокардіосигналів для визначення характеристик серцевої ритміки з прогнозованою вірогідністю : дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 / Євгенія Богданівна Яворська. — Тернопіль : ТНТУ, 2009. — 154 с.

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

### Апробація результатів дослідження

*IV Міжнародна студентська науково - технічна конференція  
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"*

УДК 616.073.759

Попович Ю. – ст. гр. РБ<sub>м</sub>-51

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

### **СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ ВІДБОРУ ТА ЗБЕРІГАННЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

Науковий керівник: к.т.н., доц. Є.Б. Яворська

Popovych Yu.

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University*

### **STATUS AND TRENDS OF DEVELOPMENT OF MEANS OF SELECTION AND STORAGE OF MEDICAL INFORMATION**

Supervisor: E.Yavorska

Ключові слова: технології, медична інформаційна система, система керування базами даних, програмне забезпечення

Keywords: IT, medical a information system, database management system, software

У сучасній медицині активно використовуються різноманітні електронні цифрові засоби відбору та зберігання медичної інформації такі як портативні комп'ютерні кардіографи, пульсоксиметри, монітори артеріального тиску тощо. Також в цифровому вигляді зберігається інформація зі стаціонарних діагностичних засобів таких як апарати ультразвукової діагностики, ехо- та електроенцефалографи, рентгени, томографи, лабораторне обладнання та ін.

Для керування діагностично-лікувальними, адміністративно-господарськими, фінансовими та іншими процесами медичних лікувальних закладів використовуються медичні інформаційні системи (МІС). До професійних медичних інформаційних систем відносять «Доктор Елекс», «Емсмед», «Медіалог», «TherDep» тощо. Такі системи встановлюються для кожного лікувального закладу в індивідуальному порядку, що в свою чергу передбачає наявність відповідного апаратного (сервери, маршрутизатори) та програмного (серверні ОС, СУБД, антивіруси) забезпечення, а також кваліфікованого персоналу для його обслуговування. З іншого боку, надійність таких систем напряму залежить від надійності встановленого апаратного і програмного забезпечення і не є достатньо високою. Іншим важливим аспектом, який не передбачений в наведених вище системах, є віддалений доступ пацієнтів та лікарів до медичної інформації, такої як графік прийому медикаментів, дата та час відвідування лікаря, запланована дата здачі аналізів, а також, за необхідності, відбір медичних сигналів від пацієнта з допомогою портативних засобів в режимі реального часу та передача їх у стаціонар для аналізу.

Отже, враховуючи необхідність віддаленого доступу пацієнтів та лікарів до медичної інформації, необхідність надійного її зберігання та обміну інформацією між різними спеціалістами та медичними закладами актуальною науковою задачею є розробка структурної концепції глобальної комбінованої інформаційно-аналітичної системи модульного типу, яка б забезпечувала відбір, аналіз, зберігання медичної інформації та доступ до неї через мережу Інтернет.