

**тема; Комп'ютерно-інтегрована система контролю та управління
електрокардіографом при неінвазивному контролі серцево-судинної
системи**

Студент гр. АТШ-16дм Лапта-Колмиченко Аліна Андріївна

ВСТУП

В умовах прискореного науково-технічного прогресу особливої актуальності набуває подальше впровадження інформаційних технологій в різні сфери медицини. Останнім часом накопичено позитивний досвід застосування інформаційних технологій в управлінні охороною здоров'я, комп'ютерній діагностиці, в медичній освіті та науці.

За роки незалежності в державі проведена значна робота з формування теоретичних основ та практичного застосування в охороні здоров'я новітніх комп'ютерних технологій. Розроблена і успішно втілюється у життя Концепція державної політики інформатизації охорони здоров'я в Україні.

Розробка та впровадження інформаційних систем у галузі медичних технологій є досить актуальним завданням оскільки дасть можливість не тільки надавати невідкладну допомогу, але и діагностуючи захворювання на ранніх стадіях скорочувати чи навіть виключати випадки з летальним кінцем.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ НЕІНВАЗИВНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ

У великому арсеналі сучасних методів лабораторної та функціональної діагностики, заснованих на оцінці морфологічних, функціональних, біохімічних і генетичних властивостей організму, неінвазивні методи займають поки ще досить скромне місце.

Тим часом, в медицині майбутнього роль неінвазивної діагностики буде неухильно зростати. Визначається це наступними основними моментами. Неінвазивні методи:

- виключають внесення у внутрішнє середовище організму хвороботворних вірусів і бактерій, чужорідних речовин (ксенобіотиків);
- дозволяють виключити променеве навантаження на організм, наприклад, при проведенні рентгенологічних, радіоізотопних та ультразвукових методів дослідження;
- звільняють пацієнта від комплексу больових і неприємних відчуттів;
- неінвазивні методи, засновані на використанні сенсорних і передчих сигнали пристроях, дозволяють вирішити дві великі медико-соціальні завдання:
 - моніторингу основних біохімічних і функціональних показників і створення дистанційних аларм-систем. Останні можуть виявитися дуже корисними в якості засобу постійного стеження з центру, наприклад з лікарні чи поліклініки, за певними групами хворих (хворими з небезпекою раптової кардіальної смерті, гіпертонічною хворобою, цукровим діабетом та ін.) І надання своєчасної допомоги при критичних станах.

В діагностиці різних хвороб важлива роль належить визначення розмірів, форми і частково щільності органів і тканин. З цією метою традиційно використовуються рентгенологічні, а в останні десятиліття, і ультразвукові методи дослідження. Сьогодні ці методи, особливо із

застосуванням контрастних речовин (ангіо- і урографія), комп'ютерної томографії є фундаментом діагностики безлічі хвороб, що супроводжуються морфологічними змінами ураженого органу, або його частини. Однак, з урахуванням дії на організм проникаючої радіації, ці методи не можуть бути віднесені в повній мірі до неінвазивним. В цьому відношенні старі методи визначення розмірів і форми органів -перкуссія і пальпація, хоча і є, безсумнівно, більш примітивними, мають відомими перевагами і як мінімум дозволяють встановити довірчий контакт між лікарем і пацієнтом.

З методів функціональної діагностики до неінвазивним відносяться фонографія, спірометрія, неінвазивна оксиметрія (транскутанное визначення напруги кисню, пульс-оксиметрія), електрографія (ЕКГ), манометр артеріального тиску, доплерометрія, термометрія та теплобачення, капіляроскопія, плетизмографія, визначення температурної і больової чутливості шкіри, тестування рефлексів, гостроти зору і слуху.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФА

Базова модель генерації штучної ЕКГ.

ЕКГ являє собою сигнал $z(t)$, Який несе інформацію про зміни в часі сумарного електричного потенціалу, що виникає в серцевому м'язі за рахунок руху іонів через м'язову мембрану. Інформативні фрагменти (зубці P , Q , R , S , T і сегменти ізоелектричної лінії) відображають стадії проходження хвилі збудження по окремих дільницях серця.

В основу побудови базової математичної моделі генерації штучної ЕКГ належить аналітичне рішення одного з диференціальних рівнянь.

Базова модель формується за зразком $z(t)$. Який описується сумою несиметричних гауссових функцій:

$$z(t) = \sum_{i \in \{P, Q, R, S, ST, T\}} A_i \cdot \exp \left[-\frac{(t - \mu_i)^2}{2[b_i(t)]^2} \right] \quad (3.1)$$

при обмеженнях

$$0 \leq t_P < t_Q = t_R = t_S < t_{ST} \leq t,$$

Базова модель штучної ЕКГ дозволяє формувати послідовності штучних кардіоциклу із зсувом сегмента *ST* нижче (депресія) або вище (елевація) ізоелектричної лінії, інверсією зубця *T* або асиметричним зубцем *T*.

На рис. 3.1 наведені приклади, що ілюструють якість базової математичної моделі.



Рис.3.1(а) Нормальна ЕКГ

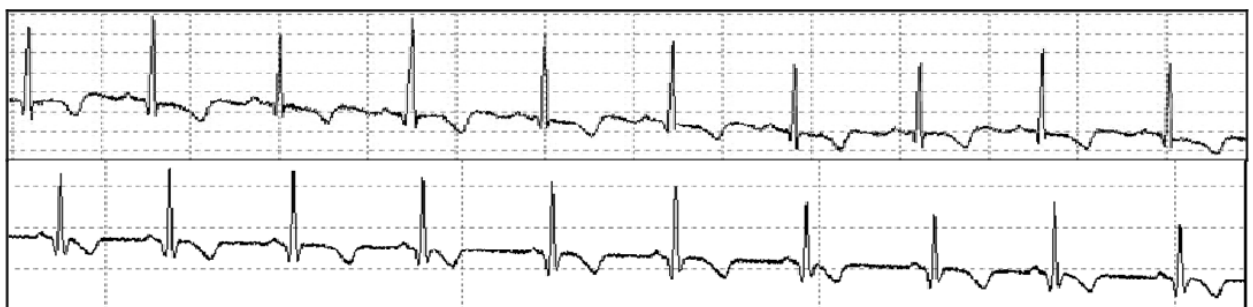


Рис.3.1(б) ЕКГ з інверсією зубця *T*

Цифровий комп'ютерний електрокардіограф

Програмне забезпечення ПЕОМ дозволяє виробляти різні методики. Наприклад, знімання стандартної ЕКГ, стиснення ЕКГ, автоматичний аналіз, моніторинг ЕКГ, ритмографії і друк результатів.

Даний електрокардіограф побудований за схемою наведеною на Рис.3.2.

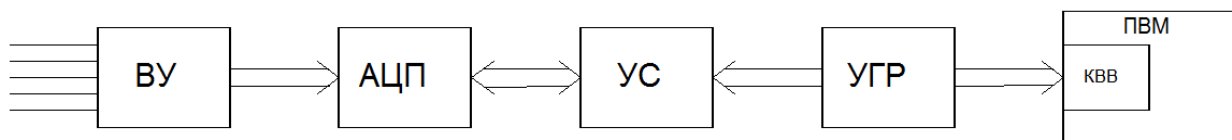


Рис.3.2. Структурна схема електрокардіографа

ВУ - вхідний підсилювач, АЦП - аналого-цифровий перетворювач, УС - пристрій зв'язку з ПВМ, УГР - пристрій гальванічної розв'язки, ПВМ - персональна електронно обчислювальна машина.

Схема працює в такий спосіб: ПЕОМ видає керуючу інформацію на карту введення/виведення, пристрій зв'язку з ПВМ і АЦП з метою встановити необхідний режим роботи всього пристрою. Після цього АЦП з необхідним періодом дискретизації перетворює сигнали біопотенціалів серця, посилені ВУ, в цифровий код, який далі УС передається в ПВМ. Подальша обробка кардіосигналу проводиться в ПВМ. Такий варіант побудови електрокардіографів має ряд недоліків:

відсутність в кардіографі засобів, для первинної обробки ЕКГ;

зв'язок з комп'ютером здійснюється за спеціальним інтерфейсу, що вимагає спеціальної карти введення/виводу;

Неможливість роботи електрокардіографа в автономному режимі (без ПВМ).

Виходячи з недоліків перерахованих вище електрокардіографа видно, що виникає необхідність створення електрокардіографа по медико-технічним параметрам, але який має можливість запису і попередньої обробки ЕКГ в

автоматичному режимі, тобто без ПБМ. Дане вдосконалення дозволить значно спростити роботу з електрокардіографом в автоматичному режимі, а також поліпшити ряд його технологічних характеристик: розмір, вага і споживана потужність. Дозволить реалізувати безперервний запис ЕКГ (запис Холтера). Також електрокардіограф повинен мати стандартний інтерфейс для зв'язку з ПБМ. Такі як: порт CENTRONIC, COM, USB, SCASI.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТА ОПИСАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФОМ ПРИ ДІАГНОСТИЦІ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ

Вибір і опис структурної схеми

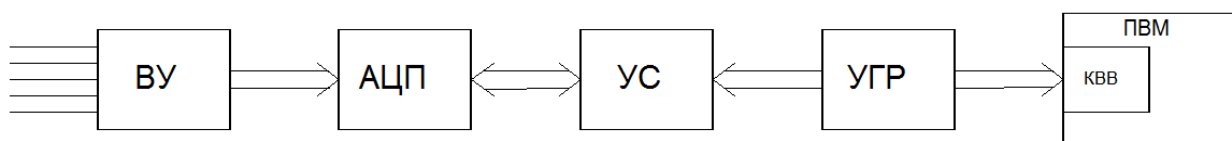


Рис.4.1. Структурна схема електрокардіографа

На схемі використовуються наступні позначення: ВУ - вхідний підсилювач; АЦП - аналого-цифровий перетворювач; УГР - пристрій гальванічної розв'язки; ЦСП - цифровий сигнальний процесор; ОЗУ - оперативне запам'ятовують пристрій; БП - блок живлення; КВВ - контролер введення / виводу; БКІ - блок клавіатури і індикації; ПВМ - персональна ЕОМ.

ВУ виконує функцію узгодження опору людського тіла і вихідного опору АЦП, також здійснює захист електрокардіографа при використанні дефібрилятора, і нормування вхідного сигналу. АЦП являє собою 9 синхронно працюючих 22 бітних аналого-цифрових перетворювача. УГР забезпечує гальванічну розв'язку необхідну для електробезпеки пацієнта. ЦСП в режимі автономної роботи виконує первинну обробку, стиснення і запис в ОЗУ сигналів ЕКГ. ОЗП призначений для зберігання кардіограм при роботі електрокардіографа в автономному режимі. КВВ призначений для обміну інформацією з ПВМ. БКІ в режимі роботи з ПВМ (комплексний режим) здійснює виведення інформації про стан апаратної частини електрокардіографа. А в автономному режимі на нього здійснюється

висновок електрокардіограм, для того щоб оператор міг бачити якість записуваних сигналів. БП здійснює електроживлення всіх вузлів електрокардіографа. ПВМ має спеціальне програмне забезпечення для обробки кардіосигналу.

Сигнали відведень подаються на входи пристроїв захисту, які служать для обмеження вхідної напруги на рівні $\pm 1\text{В}$, і виконують роль захисту входу підсилювача від перевантажень (наприклад, при застосуванні дефібрилятора), а також мають інтегруючу RC-ланцюг для захисту підсилювача від високочастотних перешкод, що наводяться на тіло людини.

Підсилювач служить для узгодження опору тіла людини і входу АЦП, і масштабує вхідний сигнал для нормальної роботи АЦП. Підсилювач виконаний на малошумні операційному підсилювачі, що має мале зміщення нуля. Операційний підсилювач включений по Неінвертуючий схемою.

УПСП виконує функцію виділення напруги загального для всіх сигнальних електродів і формування напруги, рівного по модулю, але протилежний від по знаку, для придушення частини синфазного напруги на входах підсилювачів. УПСП виконаний на малошумні операційному підсилювачі, включеному за схемою інвертуючого підсилювача, що має великий коефіцієнт посилення (100 ... 1000).

АЦП виконує функцію перетворення аналогового сигналу в цифровий і передачу цифрового сигналу по послідовному каналу зв'язку в цифрову частину кардіографа. АЦП повинен володіти малим рівнем шумів дискретизації і достатнім динамічним діапазоном (не менше 95дБ) для лінійного перетворення (без обмеження) в цифровий вигляд синфазної складової вхідної напруги для формування стандартних (а також по Вільсону і інших) відведень в цифровому вигляді.

Пристрій гальванічної розв'язки служить для електричної ізоляції вхідної частини кардіографа, що має електричний контакт з тілом пацієнта, і

цифрової частини, безпосередньо пов'язаної з ПВМ. Пристрій гальванічної розв'язки реалізовано на швидкодіючих діодних оптронів.

Цифровий сигнальний процесор (DSP) призначений для первинної обробки кардіосигналів при роботі кардіографа з ПЕОМ. А в автономному режимі виконує функції: формування відведень, фільтрації кардіосигналів, стиснення даних, запис їх в ОЗУ великого обсягу.

КВВ в комплексному режимі призначений для обміну даними електрокардіографа з ПВМ, по одному з послідовних портів: USB або RS-232, і відображення інформації, що управляє на РК-дисплеї. В автономному режимі роботи виконує функції контролера керуючого відображенням інформації (керуючої і сигнал одного з відведень) на РК-дисплеї.

Оперативно запам'ятовуючий пристрій призначений для зберігання електрокардіограм в автономному режимі роботи електрокардіографа. Час зберігання може становити кілька діб. Складається з набору мікросхем статичного ОЗУ, що мають режим малого енергоспоживання.

ЖК індикатор призначений для виведення різної інформації. Являє собою графічний матричний РК-дисплей, який має паралельний інтерфейс вводу / виводу даних.

Застосовуваний в даному випадку процесор повинен володіти високою швидкодією, великим об'ємом адресного простору зовнішньої пам'яті, малою споживаною потужністю, систему команд оптимізовану для обробки аналогових сигналів, має синхронний послідовний інтерфейс для підключення АЦП і інших периферійних пристроїв. Цим вимогам відповідає цифровий сигнальний процесор типу ADSP2181KS - 133 сімейства ASDP21XX фірми Analog Devices.

Цифровий сигнальний процесор (ЦСП) відрізняється від звичайного мікропроцесора в першу чергу архітектурою і системою команд. В основу побудови ЦСП покладено такі принципи:

використання гарвардської архітектури;

скорочення тривалості командного циклу;
застосування конвейеризації;
застосування апаратного помножувача;
включення в систему команд спеціальних команд цифровий обробки сигналів (ЦОС);

Гарвардська архітектура має на увазі зберігання програм і даних в двох роздільних запам'ятовуючих пристроях. Відповідно на кристалі є два окремі шини адреси і даних. Це дозволяє поєднувати в часі вибірку і виконання команд, забезпечує короткий командний цикл.

Конвеєрний режим використовується для скорочення тривалості командного циклу. Зазвичай застосовується дво- або трьохкаскадний конвеєр, що дозволяє на різних стадіях виконання одночасно обробляти дві або три інструкції.

Апаратний помножувач застосовується для скорочення часу виконання однієї з основних операцій ЦГЗ - операції множення. У процесорах загального призначення війни операція реалізується за кілька тактів зсуву і складання і займає багато часу, а в ЦСП завдяки спеціалізованому умножителю - за один командний цикл.

Система команд сигнальних процесорів оптимізована для виконання базових завдань ЦГЗ. Такі як множення з накопиченням, інверсія біт адреси (для швидкого перетворення Фур'є), кільцеві буфера (для фільтрів) і багато іншого.

Процесор ADSP2181KS-133 містить три незалежних повнофункціональних обчислювальних пристрої: арифметико-логічний пристрій (АЛП), помножувач / акумулятор (МАС), і пристрій барабанного зсуву (SHIFTER). Обчислювальні пристрої безпосередньо працюють з 16-ти бітними даними і мають апаратну підтримку для роботи з числами підвищеної точності (див малюнок 2.3).

АЛП виконує стандартний набір арифметичних і логічних операцій і примітивний розподіл. МАС виконує множення за один цикл, а також операції множення / додавання і множення / віднімання. Пристрій барабанного зсуву виробляє арифметичні і логічні зрушення, нормалізацію і денормалізація. У ньому реалізовані операції над числами в різних форматах, в тому числі над числами з плаваючою точкою, що займають більше одного слова.

Всі три обчислювальних пристрої містять вхідні і вихідні пристрої, які доступні через внутрішню шину даних пам'яті даних (DMD). Обчислювальні операції зазвичай беруть операнди з вхідних регістрів і поміщають результат у вихідний регістр. Ці регістри забезпечують буферизацію між обчислювальними пристроями і пам'яттю.

Два виділені генератора адрес даних DAG і багатофункціональний лічильник команд забезпечують ефективне використання обчислювальних пристроїв. Генератори адрес даних забезпечують адреси пам'яті, де інформація пересилаються з вихідних або у вхідні регістри.

Кожен з двох генераторів запам'ятовує по чотири адресних покажчика. Маючи два генератора адрес, процесор може генерувати два адреси за один цикл, що забезпечує виконання двох адресних інструкцій.

DAG1 може генерувати адреси тільки для пам'яті даних. DAG2 може генерувати адреси, як для пам'яті даних, так і для пам'яті програм.

Лічильник команд формує адреси інструкцій для пам'яті програм. Він керує регістром інструкцій, який містить виконуваним в даний момент команду. Регістр інструкцій буферизує виконання програми. Команди завантажуються в регістр інструкцій протягом одного циклу, а виконуються протягом наступного, одночасно із завантаженням наступної інструкції. Щоб мінімізувати цикли очікування, лічильник команд виконує умовні переходи, виклики і повернення з підпрограм за один цикл. Він має внутрішній

лічильник вкладеності циклів і стек циклів, що дозволяє виконувати цикли без втрати часу.

Шина адреси пам'яті даних DMA (Data Memory Address) і шина адреси пам'яті інструкцій PMA (Program Memory Address) використовуються для вказівки адрес, що відносяться до пам'яті даних і інструкцій. Шини даних пам'яті даних DMD (Data Memory Data) і шини даних пам'яті програм PMD (Program Memory Data) використовуються для даних відповідного адресного простору. Ці чотири шини мультиплексовані при зверненні до зовнішньої пам'яті в дві шини, шину адреси і шину даних. Шина внутрішніх результатів (R) прямо пов'язує різні внутрішні пристрої і забезпечує передачу проміжних результатів.

Ширина шини PMA - 14 біт, що забезпечує доступ до шістнадцяти кбайт інструкції і даних. Шина PMD має ширину 24 біта, що забезпечує завантаження двадцяти чотирьох бітної інструкції.

Ширина шини DMA - 14 біт, що забезпечує доступ до шістнадцяти кбайт даних. Шина DMD має ширину 16 біт, що забезпечує пересилку будь-якого регістра процесора в будь-який інший регістр або в пам'ять / з пам'яті протягом одного циклу.

Шина PMD також може бути використана для пересилань даних в / з обчислювальних пристроїв безпосередньо або через пристрій обміну між шинами PMD-DMD. Пристрій обміну між шинами PMD-DMD дозволяє пересилати дані з однієї шини на іншу і містить логіку для подолання різниці шини в 8 біт між двома шинами.

Майже всі процесори сімейства мають два двонаправлених послідовних порту (SPORT) з подвійною буферизацією. Ці порти використовують синхронну передачу даних і використовують кадрові сигнали, щоб контролювати потік даних. Кожен порт може тактіроваться від внутрішнього таймера або від зовнішньої частоти. Сигнали кадрової синхронізації можуть бути згенеровані як самим портом, так і отримані

ззовні. Довжина слова може змінюватися від трьох до шістнадцяти біт. Один порт (SPORT 0) має багатоканальні можливості, що дозволяє отримувати і передавати слова даних з двадцяти чотирьох або тридцяти двох словного потоку бітів. Інший порт (SPORT 1), може бути налаштований для використання зовнішніх сигналів переривання IRQ1 і IRQ0 і зовнішніх сигналів Flag out (FO) і Flag in (FI).

Архітектура знімання електрокардіограми представлена на рис.4.2.

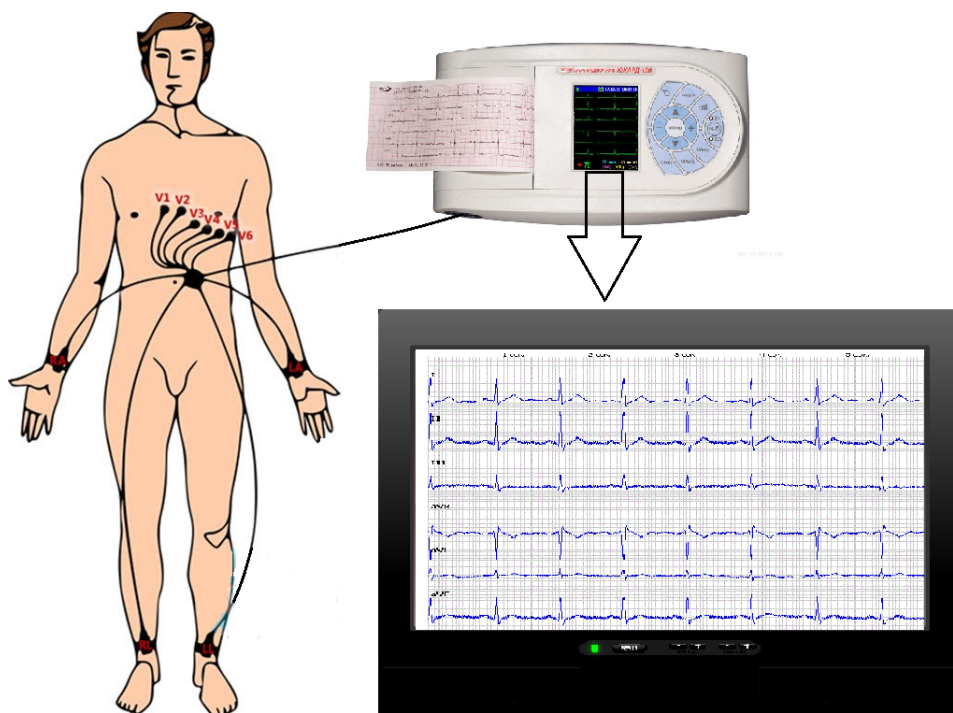


Рис.4.2. Архітектура знімання електрокардіограми

Програмне забезпечення ECG Control

Під управлінням програми ECG Control працює комп'ютерний кардіограф. Дозволяє записувати електрокардіограми, переглядати, аналізувати і роздруковувати записи, зроблені кардіографом, а також зареєстровані іншими приладами кардіограми, збережені у форматі EDF. Дозволяє проводити контурний аналіз записів і аналіз варіабельності серцевого ритму.

Програма дозволяє проводити контурний аналіз записів (автоматичне вимірювання амплітудних і часових параметрів кардіосигналу, вимірювання електричної осі серця) і аналіз варіабельності серцевого ритму. При аналізі варіабельності серцевого ритму програма в графічному вигляді представляє ритмограму, скатерограму і гістограму ВСР, а також виводить словесний опис результатів автоматичної діагностики і деякі найбільш важливі статистичні показники ВСР (індекс напруги, коефіцієнт варіації і т.д.). Дозволяє експортувати записи кардіограм в текстовий файл, а також зберігати в стандартному форматі EDF. Програма ECG Control надає три режими фільтрації: стандартний фільтр з придушенням перешкоди 50 Гц і її вищих гармонік, ультра-фільтрація з пропускнуою здатністю до 30 Гц і режим без цифрової фільтрації.

Можливості програмного забезпечення ECG Control:

- реєстрація електрокардіограм
- збереження запису будь-якої тривалості в файл
- перегляд записів ЕКГ на ПК
- автоматизований контурний аналіз кардіограм
- аналіз варіабельності серцевого ритму
- друк фрагментів записів кардіограми будь-якої тривалості
- друк результатів контурного аналізу
- збереження кардіограм в текстовий файл
- збереження кардіограм в EDF-файл
- перегляд записів кардіограм в EDF-форматі, зареєстрованих іншими приладами

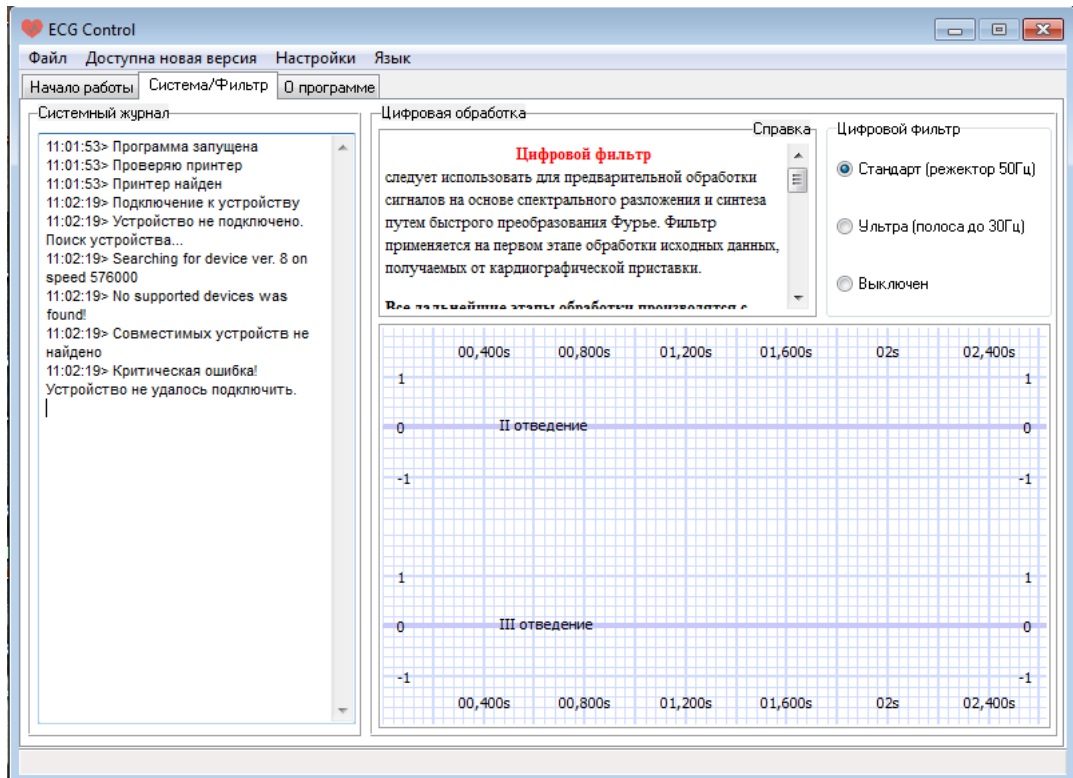


Рис.4.3. Головные меню програми

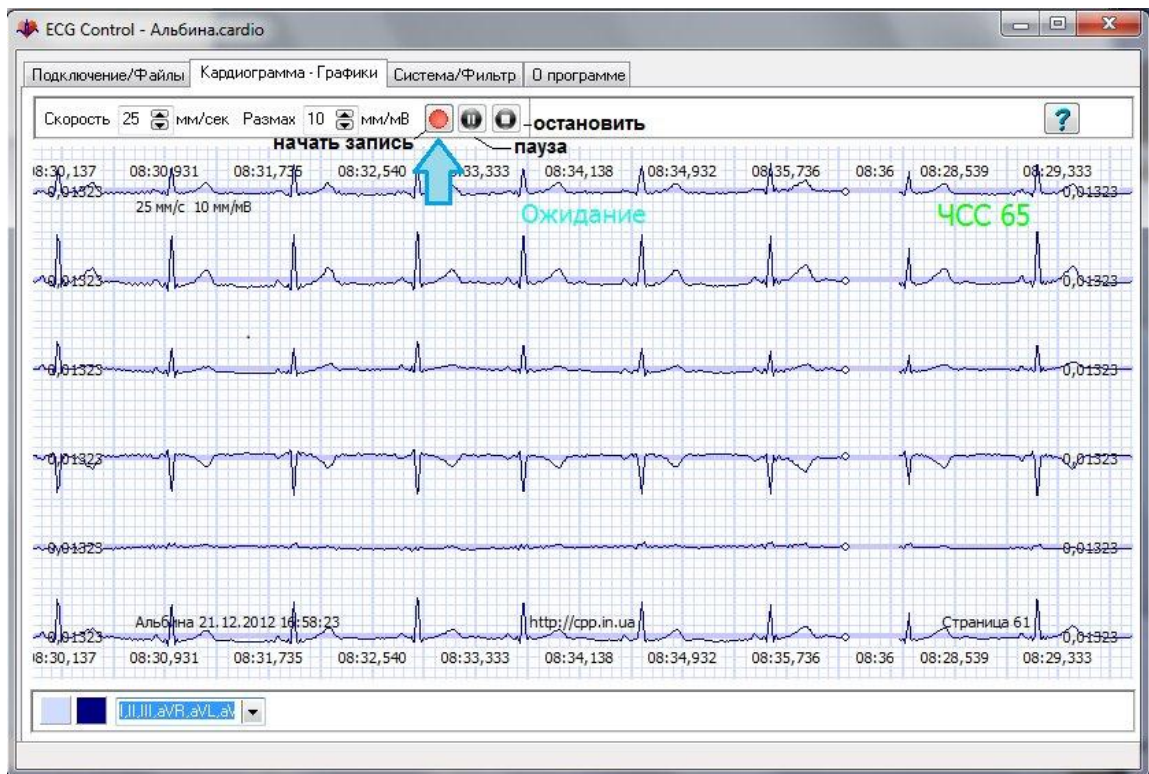


Рис.4.4. Вікно запису ЕКГ

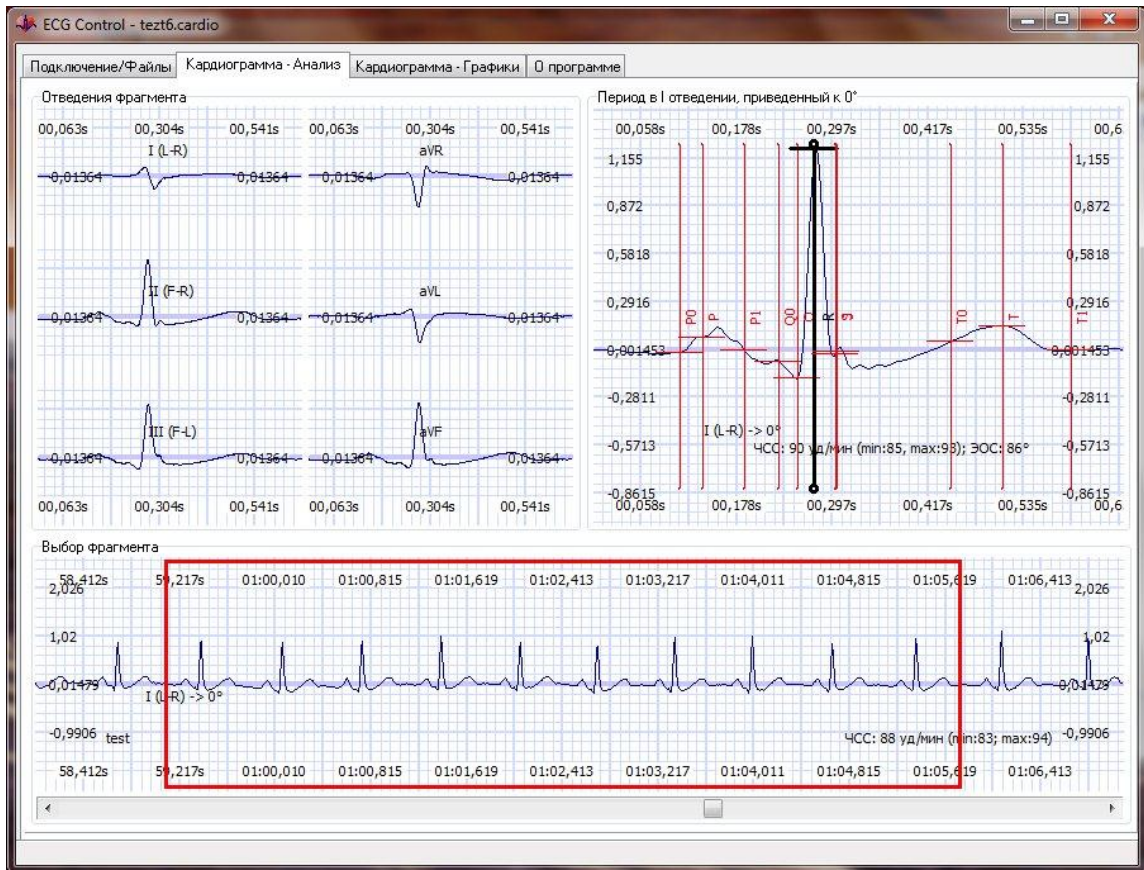
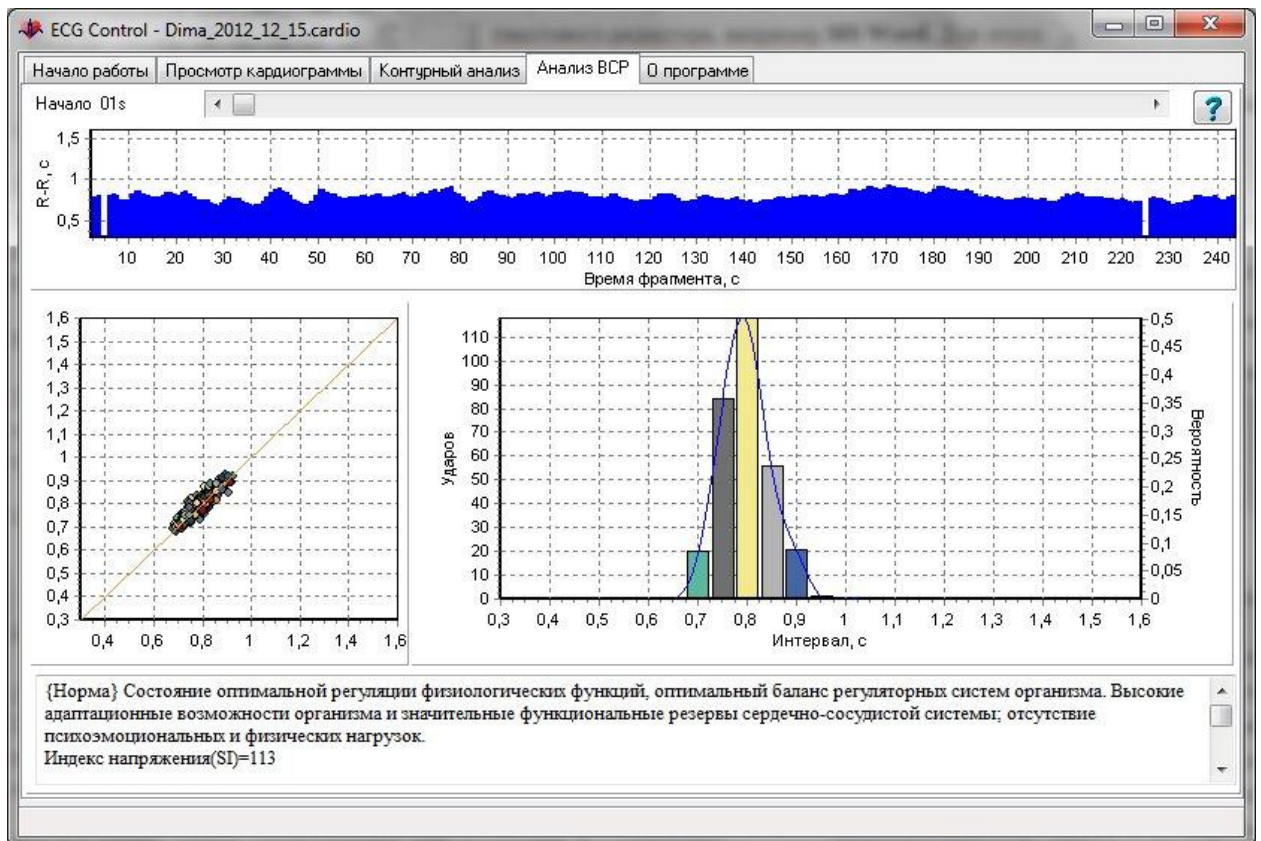


Рис.4.5. Вікно контурного аналізу ЕКГ



ВИСНОВКИ

У даній магістерській науково-дослідній роботі розроблена комп'ютерно-інтегрована система контролю та управління електрокардіографом при неінвазивному контролі серцево-судинної системи людини та виконано дослідження електрокардіографа.

В процесі роботи проведений аналіз сучасного стану автоматизації неінвазивних методів діагностики стану здоров'я людини та аналіз неінвазивних методів діагностики серцево-судинної системи людини.

Розроблені теоретичні математичні моделі електрокардіографа та виконано їх дослідження.