

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

ВИРОЗУБ РОМАН МИХАЙЛОВИЧ

УДК 004.9:796.015

**МЕТОД І ТЕЛЕМЕДИЧНА ДІАГНОСТИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ
СІМЕЙНОГО ЛІКАРЯ**

Спеціальність 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця – 2017

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Злепко Сергій Макарович,
Вінницький національний технічний
університет,
завідувач кафедри біомедичної інженерії.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Сторчун Євген Володимирович,
Національний університет „Львівська
політехніка”, професор кафедри електронних
засобів інформаційно-комп’ютерних
технологій

доктор технічних наук, професор
Аврунін Олег Григорович,
Харківський національний університет
радіоелектроніки, професор кафедри
біомедичної інженерії.

Захист відбудеться «5» травня 2017 року о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 05.052.06 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, ГНК, ауд. 210.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, ГНК.

Автореферат розісланий «4» квітня 2017 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

С. В. Тимчик

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Всесвітня організація сімейних лікарів визначила сімейного лікаря як фахівця, який надає первинну медико-санітарну допомогу (МД) всім членам сім'ї незалежно від віку, статі, характеру захворювання, з урахуванням психологічних, соціальних, культурних та особистих особливостей пацієнта і родини.

Сімейні лікарі є ключовою ланкою в системах охорони здоров'я більшості ринково орієнтованих держав. І цей факт має раціональну основу: близько 80% всіх проблем, пов'язаних із здоров'ям, можна вирішити на первинному рівні.

Для виконання сімейним лікарем п.8 посадової інструкції і забезпечення контролю за якістю його виконання, він повинен для ефективної роботи з відповідною медичною апаратурою та обладнанням мати не тільки досвід роботи, але й розуміти технічні принципи їх роботи та суть медичних методик, що реалізуються за допомогою даного обладнання.

На жаль, на даному етапі розвитку сімейної медицини це практично неможливо і зумовлено такими причинами:

- відсутня спеціалізована медична апаратура для сімейних лікарів (особливо для застосування безпосередньо у пацієнта за місцем проживання);

- існуючі медичні прилади, при їх використанні для завдань сімейної медицини, забезпечують низьку ефективність роботи, оскільки їх розробка здійснювалась під лікаря спеціаліста вузької спеціалізації, хоча і такого, що має потужні знання і досвід роботи;

- відсутній офіційно затверджений перелік (хоча б мінімальний) медичних засобів, приладів, систем і методик по кожній нозології, які мають відношення до сімейного лікаря згідно його посадових обов'язків і дозволених до застосування в професійній діяльності сімейного лікаря.

Фактично, в діяльності сімейного лікаря відсутні навіть елементи домашньої телемедицини, хоча її комплексне використання в національній системі охорони здоров'я дозволяє:

- забезпечити постійний медичний контроль і надання, при необхідності, невідкладної допомоги пацієнту із груп ризику за місцем проживання;

- підвищити ефективність амбулаторного лікування пацієнтів;

- забезпечити реалізацію телемедичної допомоги у вигляді комплексу телемедичних заходів.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню однієї із ключових задач медико-біологічного та інформаційного забезпечення сімейної медицини, а саме – розробленню спеціалізованої медичної апаратури для сімейних лікарів, призначеної для застосування безпосередньо у пацієнта за місцем проживання з можливістю постійного моніторингу стану його здоров'я за допомогою медичного мобільного додатку «Контроль життєдіяльності».

Це обґрунтовує необхідність виконання таких перспективних розробок для мобільної медицини, що будуть оснащені інтерфейсом для смартфона і спеціальним програмним забезпеченням для вимірювання та обробки результатів, адаптованим для роботи з ним під управлінням операційної

системи Android або іншої. Найбільш корисними, як для пацієнта, так і для лікаря, буде вважати медичні мобільні додатки, з функцією сигналізації про стан хворого які зможуть інтегрувати функції моніторингу стану здоров'я пацієнта з діагностикою найбільш поширених захворювань та управління здоровим способом життя.

За статистикою, 30% людей похилого віку старше 65 років падають хоча б один раз на рік, а в реальному житті це відбувається набагато частіше. Після падіння більше половини з них не можуть самостійно піднятися і покликати на допомогу. Більше 7% падінь закінчується переломами, а близько 10% – серйозними травмами голови, внутрішніх органів, а іноді мають місце і летальні випадки.

Забезпечення сімейного лікаря надійною медичною апаратурою додатково надасть такі можливості:

- надання своєчасної кваліфікованої медичної допомоги пацієнту і членам сім'ї за місцем проживання шляхом створення медичного мобільного додатку «Контроль життєдіяльності»;

- концентрація уваги сімейного лікаря на молодому контингенті з поганою спадщиною та іншими факторами ризику;

- виконання функції зв'язуючого елемента між сім'єю і закладом охорони здоров'я;

- здійснення комплексної оцінки здоров'я сім'ї, її репродуктивної функції, своєчасно виявляти фактори ризику хвороби у дітей та активно на них впливати.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконувалася у відповідності до планів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт Вінницького національного технічного університету в рамках держбюджетної НДР: «Розробка неінвазивних оптико-електронних систем двовимірної поляризаційної томографії фазово-неоднорідних біологічних об'єктів» (номер державної реєстрації: 0112U001368), в якій здобувач брав участь як виконавець.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційного дослідження є підвищення ефективності роботи телемедичної діагностичної системи шляхом зміни її внутрішньої структури зв'язків, що досягається розробкою методу і телемедичної діагностичної системи з мобільним додатком «Контроль життєдіяльності» та модулем on-line консультування.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати існуючий стан забезпечення сімейної медицини сучасними методами і засобами для надання невідкладної медичної допомоги безпосередньо за місцем проживання пацієнта.

2. Розробити математичну модель телемедичної діагностичної системи (ТДС).

3. Удосконалити метод структурної організації і функціонування телемедичної мережі підтримки прийняття рішень (ППР) сімейним лікарем.

4. Розробити структурну схему ТДС та алгоритм її роботи.

5. Розробити метод та апаратно-програмну реалізацію мобільного додатку «Контроль життєдіяльності».

6. Розробити модуль телемедичного on-line консультування та алгоритм його роботи.

7. Провести впровадження, експериментально дослідивши та оцінивши ефективність роботи ТДС.

Об'єкт дослідження – процес отримання та обробки медичних даних в системах і приладах сімейної медицини.

Предмет дослідження – телемедична діагностична система, математична модель ТДС, мобільний додаток “Контроль життєдіяльності”.

Методи дослідження. Основні результати дисертаційної роботи досягнуті завдяки використанню при її виконанні таких теоретичних та експериментальних методів: функціональної діагностики – при удосконаленні методу оцінювання стану здоров'я; інформаційно-структурного моделювання – при побудові моделі функціонування сімейного лікаря; системного підходу і теорії біотехнічних систем – при розробленні структурної схеми комплексу; математичної статистики – при обробленні результатів досліджень; психодіагностики – при визначенні рівня нервово-психічної адаптації; теорії інформаційних і телекомунікаційних систем і технологій – при розробленні модуля телемедичного консультування.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано для приладів і систем сімейної медицини метод визначення стану життєдіяльності і місця знаходження пацієнта шляхом введення GPS-M моніторингу його функціонального стану за критерієм просторового положення тіла з одночасним, автоматичним інформуванням сімейного лікаря про зміни в організмі пацієнта, які становлять загрозу його життю, що зменшує можливість летального випадку внаслідок несвоєчасного надання невідкладної медичної допомоги.

2. Розроблено математичну модель телемедичної діагностичної системи, новизною якої є введення до складу параметрів внутрішнього змісту ТДС і психофізіологічного статусу лікаря, що забезпечило формування стану системи, як деякої внутрішньої характеристики ТДС, значення якої в даний момент часу визначає поточне значення вихідної величини, що дозволяє розглядати стан ТДС як систему відображень параметрів ТДС.

3. Удосконалено метод структурної організації і функціонування телемедичної мережі ППР сімейним лікарем в частині введення двох контурів прийняття рішення : клінічного – до структури якого включено базу даних критичних медпрепаратів та адміністративного, з доданою функцією перевірки адекватності рішення визначеного в клінічному контурі, що дозволило розробити модуль телемедичного консультування з елементами технології експертних систем.

4. Обґрунтовано комплекс вимог до телемедичної діагностичної системи, на основі яких сформульовано основний принцип її побудови, як принцип багатofункціональної необхідності, відповідно до якого, оцінювання стану здоров'я пацієнта здійснюється за обґрунтованою індивідуальною сукупністю

первинних параметрів і вторинних показників життєдіяльності, ранжованих за ступенем інформативності та рівнем взаємовпливу між собою, що забезпечує адекватну оцінку функціонального стану здоров'я людини.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що:

1. Розроблено телемедичну діагностичну систему, відмінністю якої є введення до її структури модулів «Контроль життєдіяльності» і телемедичного on-line консультування, що у сукупності із стандартними засобами реєстрації біосигналів і тестом нервово-психічної адаптації забезпечило апаратно-програмну підтримку інформаційного каналу GPS-M моніторингу функціонального стану пацієнта на рівні критеріїв чутливості ($Se=92,8\%$), специфічності ($Sp=89,4\%$), точності ($Ac=91,6\%$), прогностичності ($PVP=94\%$ і $PVN=87,5\%$).

2. Запропоновано модуль телемедичного консультування, представлений апаратно-програмними засобами для збору, передачі, обробки, зберігання та відтворення медичної інформації в обчислювальному середовищі за допомогою інтелектуального інтерфейсу та діалогового режиму з елементами технології експертних систем і підтримки прийняття рішень та алгоритми його роботи.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в практичну діяльність сімейних лікарів комунального підприємства «Міський лікувально-діагностичний центр», де впроваджено автоматизований діагностичний телемедичний комплекс для сімейного лікаря, що сприяло покращенню якості обстеження пацієнтів на прийомі у сімейного лікаря (акт від 15.09.2016 р.).

Особистий внесок здобувача. Основні положення і результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Особистий внесок здобувача у працях, написаних у співавторстві полягає в наступному: в [1] виконав структурування алгоритму вибору діагнозу; в [2] запропонував узагальнену структуру алгоритму функціонування автоматизованого діагностичного комплексу в режимі телемедичного консультування; в [3] оптимізував пацієнтопотік студентів в лікувально-профілактичному відділенні закладу охорони здоров'я; в [4] запропонував структуру активно-сенсорної комп'ютерної системи і функціональну схему «інтелектуального» сенсору; в [5] розробив модель взаємодії біологічної і технічної складової інформаційної технології; в [6] обґрунтував положення про те, що базовим критерієм при виборі елементної бази для медичних прикладів є відповідність технічних та експлуатаційних характеристик вимогам ТЗ і заданим умовам роботи та експлуатації; в [7] визначив причини неякісного виконання сімейним лікарем посадової інструкції і сформулював шляхи і напрямки їх усунення; в [8] визначив та систематизував фактори, що впливають на нейрон-м'язову координацію рухів у стрільків-початківців; в [9] запропонував структуру АПС для оцінювання працездатності студента; в [10] провів порівняння МІС за основними характеристиками; в [11] запропонував структуру телемедичної мережі підтримки прийняття рішень сімейного лікаря; в [12] довів, що проблеми, які пов'язані з діагностикою стану здоров'я пацієнта та прийняття рішень лікарем, зумовлені об'єктивними і суб'єктивними організаційно-особистісними, медичними і технічними факторами; в [13] запропонував

структурну схему інтегральної медичної інформаційної системи для сімейного лікаря; в [14] визначив проблеми проектування і застосування медичної апаратури для сімейної медицини; в [15] обґрунтував критерії вибору медичної апаратури для сімейного лікаря; в [16] представив узагальнену структуру та опис діагностичного телемедичного комплексу для сімейної медицини; в [17] визначив мету роботи; в [18] запропонував розширити перелік функцій, які виконує медична інформаційна система в частині призначення медикаментозних засобів і контролю за їх прийомом.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та окремі результати роботи доповідались і обговорювались на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях і симпозиумах: VII Міжнародній науково-технічній конференції «Оптоелектронні інформаційні технології «Фотоніка ОДС – 2015» (м. Вінниця, 2015 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «TCSET-2016» (м. Львів-Славське, лютий 2016 р.); Науково-практичній конференції з міжнародною участю «Актуальні питання сучасного акушерства» (м. Тернопіль, 7-8 квітня 2016 р.); Міжнародній конференції «Вибрані питання медичної та біологічної інформатики і кібернетики» (м. Київ, 24-25 березня 2016 р.); XIV Міжнародній науково-технічній конференції «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» (м. Одеса, 2015 р.); IV XIII науковій конференції «Актуальні питання сучасної медицини» (м. Харків, 14-15 квітня 2016 р.).

Публікації. Результати роботи відображені в 18 опублікованих працях, в тому числі: 10-ти статтях в наукових виданнях, що входять до переліку фахових видань України, 1-й статті в інших виданнях, з яких 10 статей входять до міжнародних наукометричних баз даних; 7-ми матеріалах і тезах доповідей на конференціях різних рівнів.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел, який нараховує 178 найменування, 2-х додатків, в яких наведено результати розрахунків та акт впровадження результатів роботи. Загальний обсяг дисертації 192 сторінки, з яких основний зміст викладений на 144 сторінках. Дисертаційна робота містить 38 рисунків та 16 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ містить загальну характеристику роботи, обґрунтування актуальності, мети і задач дослідження, об'єкт і предмет дослідження. Наведено методи дослідження і публікації за темою дисертації, сформульовано наукову новизну і практичну значимість; визначено зв'язок роботи з планами і програмами досліджень, особистий внесок здобувача; представлено дані про апробацію роботи, її зміст та обсяг.

У першому розділі проведено аналіз принципів і моделей організації сімейної медицини в Україні, який показав, що професійна діяльність сімейного лікаря не в повній мірі відповідає принципам і посадовій інструкції лікаря загальної практики / сімейного лікаря, особливо в частині його забезпечення

сучасною спеціалізованою медичною апаратурою. Підтверджено, що обов'язковим елементом медико-технічного забезпечення сімейного лікаря повинна бути його телемедична підтримка, відсутність якої не забезпечує в неоднозначних ситуаціях адекватне стану пацієнта супроводження лікувально-діагностичного процесу, підбір доз медикаментів, параметри фізичних процедур тощо. Обґрунтовано застосування інтегральної функціональної електроніки провідних світових фірм, як основної елементної бази приладів для сімейної медицини, при виборі якої слід враховувати технічні та експлуатаційні параметри та їх відповідність вимогам технічного завдання.

Другий розділ присвячено побудові математичної моделі телемедичної діагностичної системи та удосконаленню метода структурної організації і функціонування телемедичної мережі підтримки прийняття рішень сімейним лікарем.

Загальна теорія систем дозволяє розглядати телемедичну систему у вигляді деякої формально упорядкованої послідовності виду

$$\Sigma = (T, P, \Omega, Y, W, V, G, H, F), \quad (1)$$

де $T = \{(t_i, t_{i+1})\}^{M1}$ – вісь часу; $P = \{p_j\}^{M1}$ – множина вхідних даних; ω_i – оператор вводу; $Y = \{y_i\}^{M1}$ – множина вихідних даних (результатів); $W = \{j_i\}^{M1}$ – множина зовнішніх впливів середовища; $V = \{\alpha_i\}^{M1}$ – множина внутрішніх впливів ТДС.

Перетворення вхідних даних P у вихідні Y на часовій вісі T визначається трьома функціями:

G – алгоритм або функція виходу;

H – функція поведінки системи (ТДС) при використанні внутрішніх ресурсів і станів, функцій переходу тощо.

F – функція управління, що заміняє G і H .

Представимо множину вхідних сигналів $P = \{P_j\}^{M1}$ для ТДС такими біосигналами: електрокардіограмою – ЕКГ (R – інтервал, $S-T$ сегмент, амплітуди зубців P, Q, R); спірограмою – (ФОП) – форсований об'єм повітря, що видихається, ЧД – частота дихань, ЖЄЛ – життєва ємність легенів; артеріальним тиском (AT_c – систолічним, AT_d – діастолічним); фотоплетизмограмою (t_0 – часовий показник, A_0 – амплітудний показник), $t^\circ C$ – температура тіла.

Будемо вважати, що несанкціоновані вхідні впливи на пацієнта – Ω , зовнішні впливи середовища – W і внутрішні впливи системи – V – відсутні, а час «чистої роботи» ТДС – 6 годин.

Тоді модель ТДС (1) прийме вигляд

$$\Sigma_H = \left\{ \begin{array}{l} (T[R - R_{\text{инт}}, S - T_{\text{сег}}, P - Q_{\text{сег}}, P, Q, R]; (\text{ФОП, ЧД, ЖЄЛ}); \\ (AT_c, AT_d); (t^\circ C); (t_0 A_0)], Y, F \end{array} \right\}. \quad (2)$$

Особливістю моделі ТДС, яка розробляється, є те, що вона враховує окрім множини внутрішніх динамічних станів Z , власний внутрішній статичний стан Q , представлений такою формулою

$$Q = \{Q_m, Q_e, Q_s, Q_f, Q_A, Q_n\}, \quad (3)$$

де Q_m – метрологічні показники, Q_e – експлуатаційні, Q_s – вартісні, Q_f – функціональні, Q_A – апаратні, Q_n – програмні.

Психофізіологічний стан лікаря на інтервалі $T = \{(t_i, t_{i+1})\}^{N1}$ оцінюється множиною параметрів (4).

$$S_{\wedge} = (I_0, I_T, S_f, S_n, K_{S_f S_n}, V, W, T), \quad (4)$$

де I_0 – базовий рівень медичних даних ТДС, необхідних для прийняття рішень лікарем ($0 \div 1$); I_t – поточний рівень медичних даних ТДС, достатніх для прийняття рішень ($0 \div 1$); S_f – стан фізіологічної компоненти здоров'я лікаря ($0 \div 1$); S_n – стан психічної компоненти здоров'я лікаря ($0 \div 1$); $K_{S_f S_n}$ – коефіцієнт корекції фізіологічної і психічної компоненти здоров'я лікаря ($0 \div 1$).

Повна динамічна модель

$$\sum_n = (T, P, \Omega, Y, W, V, G, H, F, Z, Q, S_n). \quad (5)$$

У графічному вигляді модель (5) має вигляд (рис. 1).

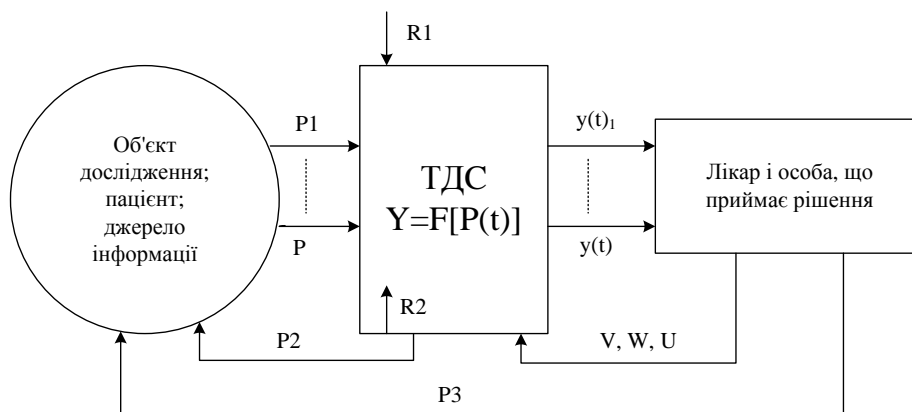


Рисунок 1 – Графічне представлення динамічної моделі ТДС

На рис. 2. представлено структуру метода створення і функціонування телемедичної мережі ППР сімейного лікаря, відповідно до якого будемо розглядати телемедичну мережу як систему з двоконтурною підтримкою прийняття рішень, де перший контур ППР (експерт) отримав назву клінічного, а другий – (модератор, координатор) адміністративного, який додатково

виконує функції управління і контролю за процесом телемедичного консультування в цілому.

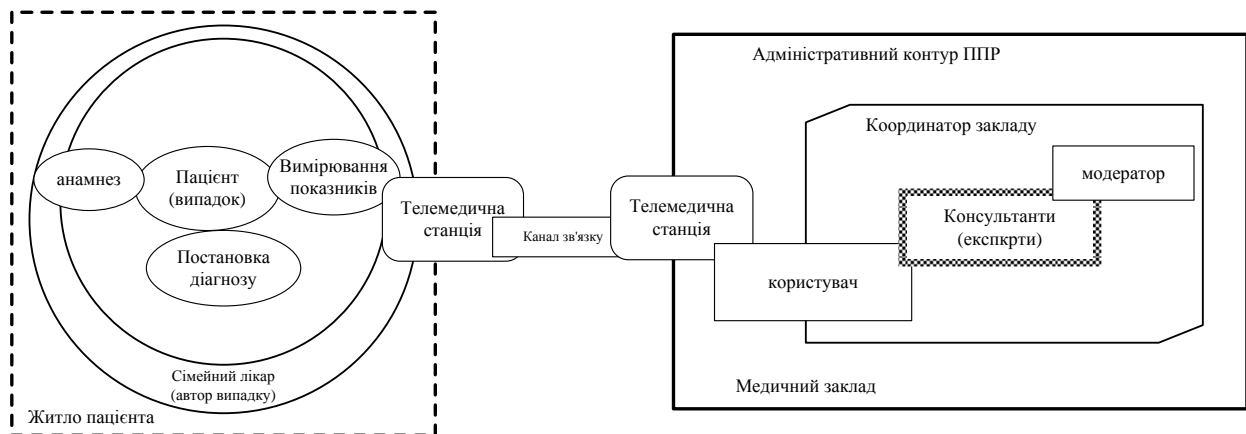


Рисунок 2 – Структура методу створення і функціонування телемедичної мережі ППР сімейного лікаря

Таким чином, адміністративний контур має подвійне призначення, що дозволяє йому проводити перевірку адекватності прийнятого в клінічному контурі рішення з урахуванням змісту і поточного стану контуру, затверджувати остаточну редакцію прийнятого рішення, яке у вигляді окремого файлу передається сімейному лікарю для прийняття кінцевого рішення щодо діагнозу і тактики лікування пацієнта.

Основна функція клінічного контуру ППР полягає в прийнятті рішення експертами щодо діагнозу і тактики лікування пацієнта на основі отриманої від сімейного лікаря медичної інформації стосовно функціонального стану пацієнта з урахуванням результатів обговорення серед користувачів, їх заключень і рекомендацій.

Практична реалізація методу знайшла своє відображення в модулі телемедичного консультування (ТМК), побудованого за технологією проблемно-орієнтованих комплексів для реєстрації, передачі, обробки, зберігання та відображення медичних даних в обчислювальному середовищі за допомогою інтелектуального інтерфейсу і діалогового режиму з елементами технології експертних систем (рис. 3).

Запропонована структура методу в повній мірі відповідає критерію функціональної сумісності, згідно з яким, телемедична мережа ППР наділена здатністю встановлювати комунікації, безпомилково, ефективно і послідовно обмінюватися даними, а також, використовувати інформацію, отриману в процесі обміну з іншими користувачами.

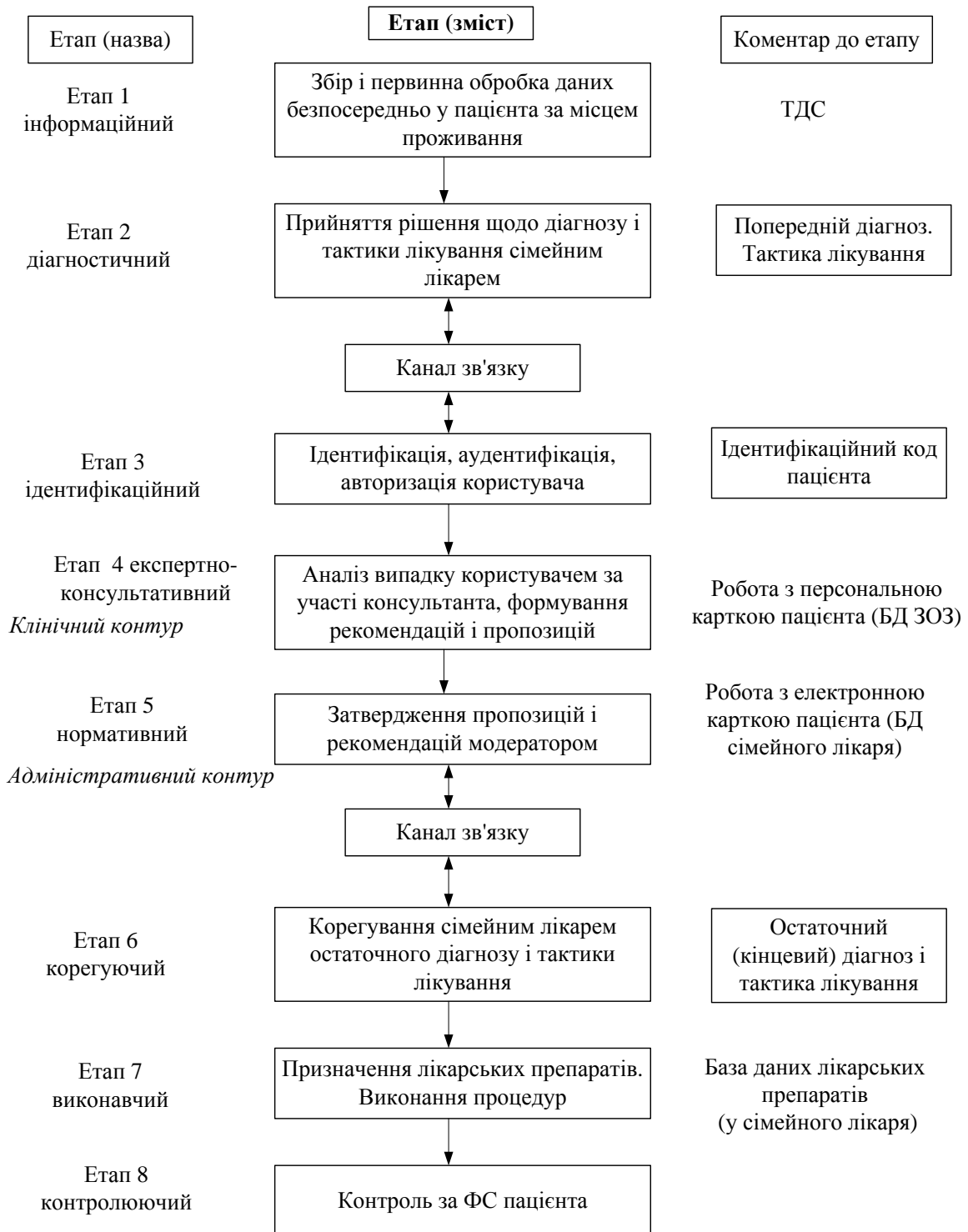


Рисунок 3 – Зміст методу побудови телемедичної мережі ППР

Третій розділ присвячено розробленню ТДС для сімейної медицини і мобільного додатку «Контроль життєдіяльності».

Структурна схема діагностичної телемедичної системи приведена на рис. 4 і включає в себе: блок вхідних модулів – артеріального тиску, температури, спірометрії, реоенцефалографії, пульсоксиметрії, фотоплетизмографії, електрокардіографії і монітора Холтера, які через USBконцентратор підключаються до USB-роз'єма ноутбука сімейного лікаря.

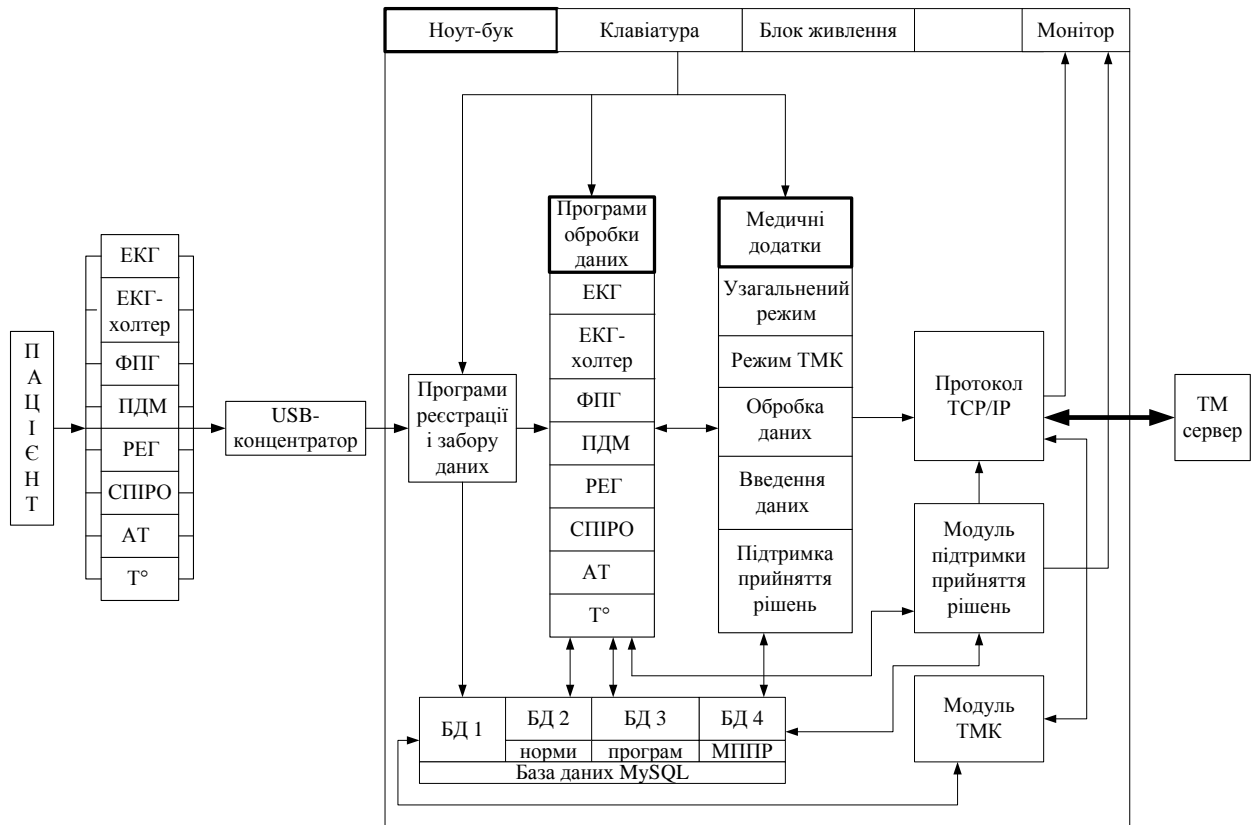


Рисунок 4 – Структурна схема телемедичної діагностичної системи

Досить часто, особливо у людей старшого та похилого віку, процедура постановки діагнозу маскується негативним психоемоційним станом пацієнта на момент обстеження. Як правило, такий стан зумовлений самотнім проживанням, страхом захворіти та не отримати вчасно медичну допомогу, страхом темряви, за своїх близьких, швидкою стомлюваністю і т.д. Тому порядок застосування ТДС передбачає проходження пацієнтом обов'язкового тесту нервово-психічної адаптації, за результатами якого, лікар визначається із фактичним психоемоційним станом, на фоні якого він повинен проводити обстеження.

Фактично, ТДС є клієнтська частина телемедичної медичної системи, а саме телемедичного сервера. ТДС відправляє, при необхідності, результати вимірювань і діагностичних розрахунків на сервер, де отримана інформація інтерпретується і зберігається, після чого повертається сімейному лікарю для прийняття остаточного рішення. На основі вбудованого програмного інтерфейсу розроблено ряд медичних додатків, що представляють собою розширений функціонал роботи з діагностичною інформацією ТДС.

На рис. 5 представлено структурну схему модуля «Контроль життєдіяльності», який побудовано на основі мікроконтролеру SIM 808, який в свою чергу: а) має вбудовані модулі GSM GPS-M, SIMcard, Bluetooth; б) можливість зовнішнього підключення мікрофону і гучномовця; в) вбудоване програмне забезпечення.

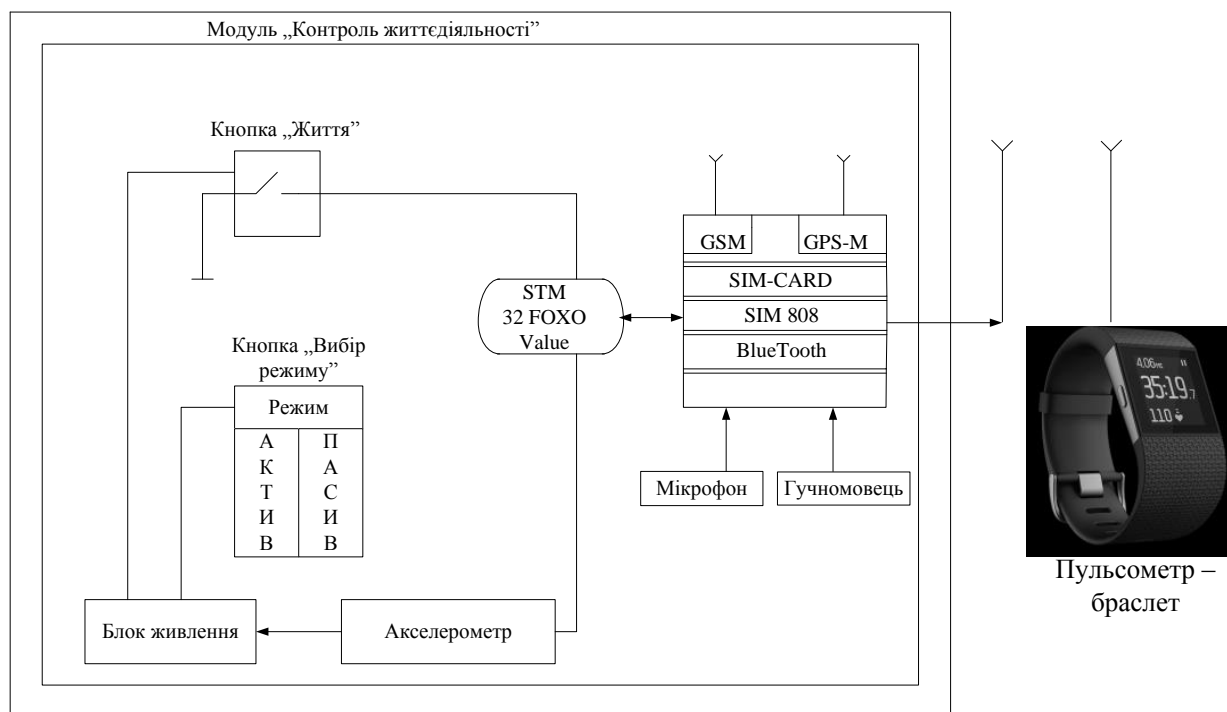


Рисунок 5 – Структурна схема модуля «Контроль життєдіяльності»

До складу модуля входять також блок живлення, кнопка вибору режиму «актив» або «пасив», «Контроль життєдіяльності», акселерометр ADKL330 тривісний Analog Devices та мікроконтролер STM32F0XX.

Відмінною функцією акселерометра є вбудована функція детекції падіння, який визначає напрямок руху і положення тіла людини в тривимірному просторі. Спеціальні алгоритми обробки даних цього датчика визначають чи відбулося падіння.

До складу модуля «Контроль життєдіяльності» входить також і пульсометр, виконаний у вигляді браслета. Пульсометр забезпечує роботу модуля «Контроль життєдіяльності» тільки в режимі «Пасив», тобто, під час сну пацієнта.

Модуль «Контроль життєдіяльності» забезпечує цілодобовий on-line моніторинг функціонального стану пацієнта в режимах «Актив» і «Пасив». Режим «Актив» передбачає моніторинг в денні часи, або часи активної діяльності пацієнта, коли він основний час проводить у вертикальному положенні. У випадку, коли пацієнт знаходиться в свідомості, але відчуває різке погіршення стану здоров'я, він може скористатися кнопкою «життя» і сигнал у вигляді SMS – повідомлення буде автоматично надіслано до сімейного лікаря. В разі, якщо сімейний лікар, з невідомих причин, не може прийняти це повідомлення і з'єднатися з пацієнтом по мобільному телефону, після 15-секундної паузи, процедура повторюється, але уже на телефон найближчої до пацієнта станції невідкладної допомоги або лікарні.

Вирішення проблеми досягнуто застосуванням акселерометра в складі тривожної кнопки. Модуль «Контроль життєдіяльності» розміщений на спеціальному або звичайному паску, який пацієнт одягає на весь день (режим

«Актив»). В разі втрати свідомості і падіння спрацьовує акселерометр і весь модуль переходить в активний режим. Через 15 секунд (якщо пацієнт не прийшов до тями) автоматично, через модуль GPS-M здійснюється набір телефону сімейного лікаря і відправка йому SMS-повідомлення з GPS координатами місцезнаходження пацієнта. В разі отримання лікарем SMS і спроби додзвонитися до пацієнта, в залежності від досягнутого, лікар оцінює ситуацію і приймає рішення їхати йому самому, або це швидше зробить бригада швидкої допомоги. В даному режимі передбачено повторний дозвін і передача SMS повідомлення до лікаря або лікарні.

Функціонування модуля ТМК невід'ємно пов'язано з його структурною організацією та змістом телемедичних консультацій. Зрозуміло, що його використання не буде постійним або періодичним. Модуль ТМК тісно інтегрований в загальну структуру МІС, більше того, він є невід'ємною складовою сучасної медичної системи підтримки прийняття рішень.

Структурна схема модуля телемедичного консультування наведена на рис. 6.

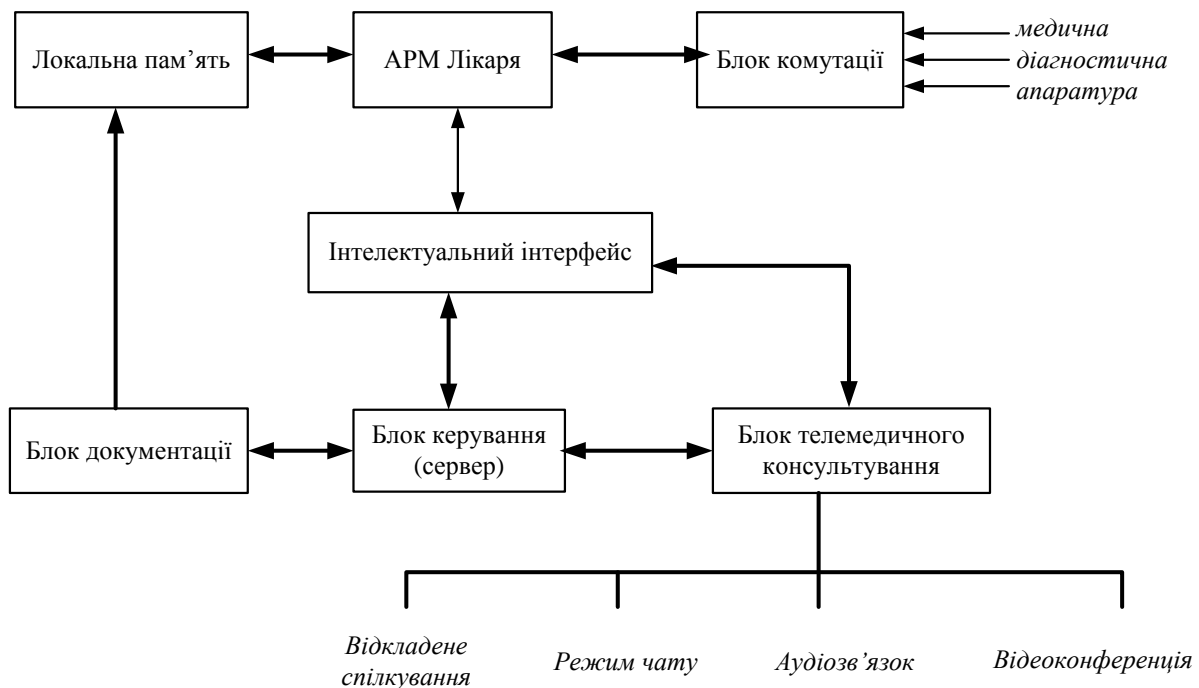


Рисунок 6 – Структурна схема модуля ТМК

Запропонований модуль телемедичного консультування проблемно-орієнтований на задачі домашньої медицини при його включенні до складу ПЗ апаратури сімейного лікаря надає останньому можливість прийняття правильного рішення шляхом проведення телемедичного консиліуму, що суттєво знижує ризик виникнення ускладнень і катастрофічних станів в здоров'ї пацієнта.

У четвертому розділі розглянуто питання впровадження ТДС і мобільного додатку «Контроль життєдіяльності» в практичну діяльність сімейного лікаря.

В табл. 1 представлено вікову класифікацію пацієнтів з порушеннями серцево-судинної системи, які були обстежені в рамках дослідження

Таблиця 1 – Вікова класифікація пацієнтів

	Разом, осіб	Жінки, осіб	Чоловіки, осіб
До 40 років	118	46	72
41-60 років	147	69	78
Після 61 року	105	45	60
Всього	370	160	210

При цьому, результати діагностики за допомогою розробленої системи і додатку склали такі значення (табл.2).

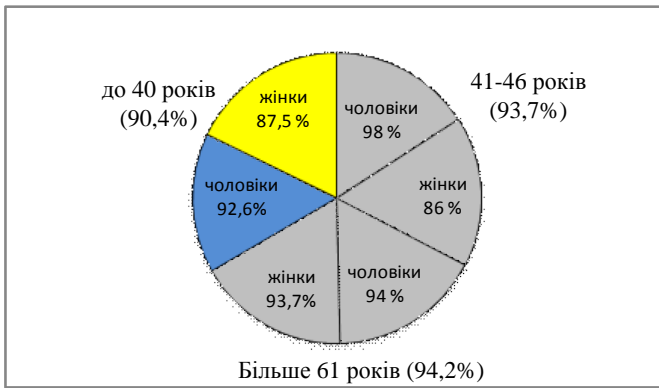
Таблиця 2 – Вікова класифікація пацієнтів з порушеннями серцево-судинної системи, які були обстежені в рамках дослідження

	Разом, осіб				Жінки, осіб				Чоловіки, осіб			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	TP	FP	TN	FN	TP	FP	TN	FN	TP	FP	TN	FN
до 40 р	66	3	42	7	28	1	15	4	38	2	27	3
41-60 р	89	8	44	6	31	3	27	5	58	5	17	1
після 61 р	65	3	33	4	30	2	12	2	35	1	21	2
Всього	220	14	119	17	89	6	54	11	131	8	65	6
Всього	370				160				210			

де TP – істинно позитивні результати обстеження; FP - хибно позитивні результати обстеження; TN – істинно негативні результати обстеження; FN - хибно негативні результати обстеження.

Ефективність розроблених засобів для сімейного лікаря підтверджена критеріями доказової медицини (рис. 7). За результатами розрахунків: найвищу чутливість (вище середньої) системи отримано для вікової групи «після 61 року» і близьке до нього значення для вікової групи 41-60 років; найнижчу специфічність системи отримано для вікової групи «41-60 р.», для вікових груп «до 40 р.» та «після 61 р.» отримано близькі значення; найвища точність роботи системи отримано для групи «після 61 р.», поряд з цим, точність її роботи для чоловіків більша, ніж для жінок.

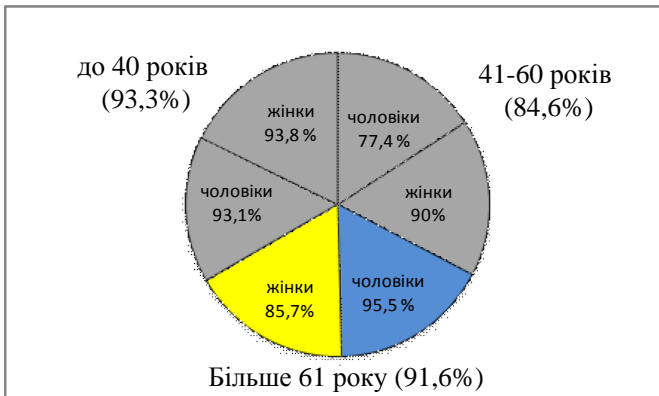
Розроблено проект МТВ на телемедичну діагностичну систему.



Чутливість

$$Se = \frac{TP}{TP + FN} \cdot 100\%$$

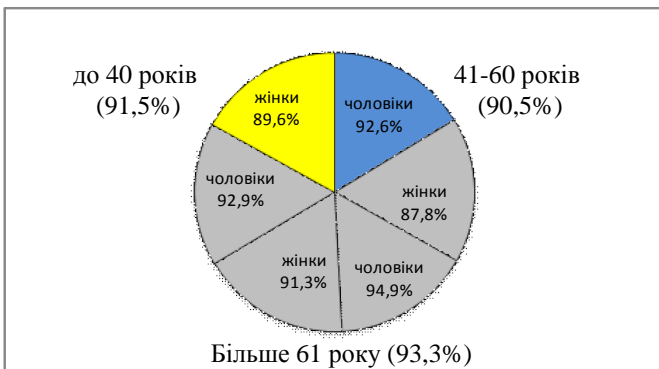
$$Se = \frac{220}{220 + 17} \cdot 100 = 92,8\%$$



Специфічність

$$Sp = \frac{TN}{TN + FP} \cdot 100\%$$

$$Sp = \frac{119}{119 + 14} \cdot 100 = 89,4\%$$



Точність

$$Ac = \frac{TN + TP}{TN + TP + FP + FN} \cdot 100\%$$

$$Ac = \frac{119 + 220}{119 + 220 + 14 + 17} \cdot 100 = 91,6\%$$

Рисунок 7 – Критерії доказової медицини

В додатках до роботи наведено інформацію про впровадження теоретичних і практичних результатів дисертаційних досліджень та методика розрахунку економічної ефективності телемедичної діагностичної системи.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В ході виконання роботи розв'язано важливу науково-практичну задачу з підвищення ефективності роботи телемедичної діагностичної системи шляхом зміни її внутрішньої структури зв'язків шляхом розробки телемедичної діагностичної системи з мобільним додатком «Контроль життєдіяльності» та модулем on-line консультування.

1. Підтверджено необхідність того, що при виборі елементної бази функціональної електроніки для медичної апаратури слід враховувати такі параметри і критерії: а) базовий критерій – відповідність технічних та експлуатаційних характеристик вимогам технічного завдання і заданим умовам роботи та експлуатації; б) технічні параметри: номінальне значення параметрів електрорадіоелементів згідно схеми принципової; допустимі робочі напруги і потужності, специфічні (характерні тільки для даного типу комплектації) показники; в) експлуатаційні параметри: діапазон робочих температур, відносна вологість повітря, стійкість до радіаційного випромінювання, параметри зовнішнього середовища, вібраційна стійкість, масогабаритні характеристики, надійність.

2. Розроблення математичної моделі ТДС підтвердило, що поведінка ТДС визначається більше ніж одним фактором, а наявність функції перетворення доводить, що процес перетворення вхідних параметрів у вихідні, може бути формалізований по них навіть тоді, коли внутрішня структура системи невідома.

3. Удосконалення методу побудови телемедичної мережі ППР в повній мірі відповідає критерію функціональної сумісності, згідно з яким телемедична мережа ППР отримала можливість представляти телемедичний процес трьохфазовим, що визначило новий професійний статус користувача як особи, яка не тільки робить запит на послугу МІС, а і використовує її для отримання медичної інформації та обміну нею з іншими користувачами.

4. Розроблено телемедичну діагностичну систему, відмінністю якої є введення до її структури модулів «Контроль життєдіяльності» і телемедичного on-line консультування, що у сукупності з стандартними засобами реєстрації біосигналів і тестом нервово-психічної адаптації об'єднало в єдине ціле апаратно-програмну, інформаційну і технологічну складові процесу GPS-М моніторингу функціонального стану пацієнта, на рівні критеріїв чутливості ($Se=92,8\%$), специфічності ($Sp=89,4\%$), точності ($Ac=91,6\%$), прогностичності ($PVP=94\%$ і $PVN=87,5\%$).

5. Розроблено метод визначення життєдіяльності і місця знаходження пацієнта шляхом введення GPS-М моніторингу його функціонального стану за критерієм просторового положення тіла з подальшим інформуванням лікаря щодо фактичного місцезнаходження пацієнта і його стану, в тому числі свідомості, що виключає можливість летального випадку.

6. Запропоновано структуру та алгоритм роботи модуля телемедичного on-line консультування, як проблемно-орієнтованого на задачі домашньої (сімейної) медицини, і такого, що тільки його включення до складу апаратури сімейного лікаря, надає останньому можливість прийняття правильного рішення в екстремальних умовах шляхом проведення телемедичного консилиуму, який суттєво знижує ризик виникнення ускладнень і катастрофічних станів в здоров'ї пацієнта.

7. Запропоновано методику розрахунку ефективності ТДС за критеріями доказової медицини: чутливості, специфічності, точності, прогностичності.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Інформаційні підходи щодо постановки діагнозу на основі симптомо- і синдромокомплексів (за матеріалами літературних джерел) / Р. М. Вирозуб, С. М. Злепко, В. С. Павлов, Н. М. Сутова // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2014. – № 1 (27). – С. 122–127.
2. Вирозуб Р. М. Алгоритм функціонування автоматизованого діагностичного комплексу в режимі телемедичного консультування (ТМК) / Р. М. Вирозуб, Д. Х. Штофель, С. М. Злепко // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2014. – № 4 (51). – С. 134–139.
3. Алгоритмічно-програмне забезпечення ІТ моніторингу та підтримки прийняття рішень для визначення здоров'я студентів / С. В. Тимчик, С. В. Костішин, С. М. Злепко, Р. М. Вирозуб // Вісник Хмельницького національного університету. – 2016. – № 1. – С. 43-48. – ISSN 2307-5732.
4. Класифікація первинних вимірювальних засобів біомедичних сигналів / С. М. Злепко, С. В. Костішин, Р. М. Вирозуб, Н. В. Тітова // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – № 4. – С. 146-150. – ISSN 2219-9365.
5. Структурно-функціональна організація оптоелектронної інформаційної технології моніторингу здоров'я студентів / С. В. Тимчик, С. М. Злепко, Р. М. Вирозуб, О. С. Козоріз // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2015. – № 2 (30). – С. 55-60. – ISSN 1681-7893.
6. Інтегральна функціональна електроніка – основа медичних приладів для сімейної медицини (за матеріалами літературних джерел) / С. В. Тимчик, Р. М. Вирозуб, С. М. Злепко, О. С. Козоріз // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – № 1 (54). – С. 127-132. – ISSN 2219-9365.
7. Вибір інформативних фізіологічних показників для медичного комплексу сімейного лікаря / Р. М. Вирозуб, С. М. Злепко, С. В. Тимчик, О. С. Злепко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 3. – С. 126–131.
8. Особливості координації м'язової діяльності у стрільків-початківців / Д. Х. Штофель, Р. М. Вирозуб, В. О. Гомолінський, К. С. Постемська // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2012. – № 2. – С. 135-139.
9. Апаратно-програмні засоби для оцінювання фізичної працездатності і здоров'я студентів / О. Ю. Азархов, С. В. Тимчик, Р. М. Вирозуб та ін. // Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. – 2016. – Вип. 32. Серія: Технічні науки. – С. 198-204. – ISSN 2225-6733.
10. Аналітичний огляд сучасних інформаційних систем і технологій для управління санаторно-курортною діяльністю / А. П. Моторний, О. Ю. Азархов, Р. М. Вирозуб та ін. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 1/2 (61). – С. 57-60. – ISSN 1729-3774.
11. Оптоелектронна телемедична мережа з функцією підтримки прийняття рішень / Р. М. Вирозуб, С. М. Злепко, О. С. Злепко, В. С. Павлов // Оптоелектронні інформаційні технології «Фотоніка – ОДС 2015» : збірник тех.

доповідей VII міжнародної науково-технічної конференції, м. Вінниця, 21–23 квітня 2015 р. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – С. 85.

12. Проблеми діагностики в сучасних медичних інформаційних системах і приладах / Р. М. Вирозуб, О. Л. Бланар, О. Л. Лаугс, О. С. Злепко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах : матеріали XIV міжнародної науково-технічної конференції, 5-10 червня 2015 р., м. Одеса. – Одеса-Хмельницький : ХНУ, 2015. – С. 177.

13. Design Features of Automated Diagnostic Systems for Family Medicine / Sergiy Kostishyn, Sergiy Tymchuk, Roman Vyrozyb and other // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications, and Computer Science : Proceedings of the XIIIth International Conference TCSET'2016, Lviv-Slavsko, February 23-26, 2016. – Lviv : Publishing House of Lviv Polytechnic, 2016. – P. 774-776. – ISBN 978-617-607-806-7.

14. Московко М. В. Медична апаратура для сімейного лікаря: проблеми і шляхи розвитку / М. В. Московко, Р. М. Вирозуб, Г. С. Лепьохіна // Актуальні питання сучасної медицини : збірник тез XIII міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених, 14-15 квітня 2016 р., м. Харків. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – С. 159.

15. Р. М. Вирозуб Вибір медичної апаратури для сімейного лікаря / Р. М. Вирозуб // XLV Науково-технічна конференція факультету радіотехніки, зв'язку та приладобудування (2016). – Режим доступу до сторінки: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzp/all-frtzp-2016/paper/view/1318/907>.

16. Р. М. Вирозуб Діагностичний телемедичний комплекс для сімейної медицини / Р. М. Вирозуб // XLV Науково-технічна конференція факультету радіотехніки, зв'язку та приладобудування (2016). – Режим доступу до сторінки: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzp/all-frtzp-2016/paper/view/1320/908>.

17. Штофель Д. Х. Фізіологічні системи керування як основа життєдіяльності організму / Д. Х. Штофель, Р. М. Вирозуб, К. С. Постемська // Біомедична інженерія і технологія : матеріали III Міжнародної конференції, м. Київ, 15-16 березня 2012 р. ; ММІФ НТУУ «КПІ». – С. 203-205.

18. Особливості побудови інформаційного забезпечення комп'ютерних систем призначень лікарських засобів у перинатальній медицині / С. М. Злепко, Г. С. Лепьохіна, Р. М. Вирозуб та ін. // Актуальні питання педіатрії, акушерства та гінекології. – 2016. – № 1 (17). – С. 63-65. – ISSN 2411-4944. – DOI: <http://dx.doi.org/10.11603/24116-4944.2016.1.5990>.

АНОТАЦІЯ

Вирозуб Р. М. Метод і телемедична діагностична система для сімейного лікаря. – На правах рукопису.

Дисертація здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи. Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2017.

В дисертаційній роботі викладені результати досліджень щодо підвищення ефективності роботи телемедичної діагностичної системи шляхом зміни її внутрішньої структури зв'язків, що досягається розробкою методу і телемедичної діагностичної системи з мобільним додатком «Контроль життєдіяльності та модулем on-line консультування».

В роботі вперше запропоновано для приладів і систем сімейної медицини інформаційне забезпечення для визначення життєдіяльності і місця знаходження пацієнта. Розроблено математичну модель телемедичної діагностичної системи, новизною якої є введення до складу параметрів внутрішнього змісту ТДС і психофізіологічного статусу лікаря. Удосконалено метод структурної організації і функціонування телемедичної мережі підтримки прийняття рішень сімейним лікарем в частині введення двох контурів прийняття рішення та обґрунтовано комплекс вимог до телемедичної діагностичної системи, на основі яких сформульовано основний принцип її побудови, як принцип багатофункціональної необхідності.

Ключові слова: телемедична діагностична система, сімейний лікар, інформаційна модель, психофізіологічний стан, телемедичне консультування.

АННОТАЦИЯ

Вырзуб Р. М. Метод и телемедицинская диагностическая система для семейного врача. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – биологические и медицинские приборы и системы. Винницкий национальный технический университет, Винница, 2017.

В диссертационной работе изложены результаты исследований по повышению эффективности работы телемедицинской диагностической системы путем усовершенствования ее внутренней структуры связей, что достигается разработкой метода и телемедицинской диагностической системы с мобильным приложением «Контроль жизнедеятельности» и модулем online-консультирование.

В работе впервые для приборов и систем семейной медицины предложено информационное обеспечение для определения жизнедеятельности и места нахождения пациента с помощью GPS-мониторинга с использованием параметров функционального состояния человека в пространстве.

Разработана математическая модель телемедицинской диагностической системы, новизной которой является введение в состав параметров внутреннего содержания ТДС и психофизиологического статуса врача, позволяет формировать состояние системы, как внутреннюю характеристику телемедицинской диагностической системы с отображением функциональных параметров пациента.

Подтверждена необходимость того, что при выборе элементной базы функциональной электроники для медицинской аппаратуры следует учитывать такие параметры и критерии: а) базовый критерий - соответствие технических и эксплуатационных характеристик требованиям технического задания и заданным условиям работы и эксплуатации; б) технические параметры:

номинальное значение параметров ЭРЭ согласно схемы принципиальной; допустимые рабочие напряжения и мощности, специфические (характерные только для данного типа комплектации) показатели; в) эксплуатационные параметры: диапазон рабочих температур, относительная влажность воздуха, устойчивость к радиационному излучению, параметры внешней среды, вибрационная устойчивость, массогабаритные характеристики, надежность.

Предложена структура и алгоритм работы модуля телемедицинского on-line консультирования, как проблемно-ориентированного на задачи домашней (семейной) медицины, и такого, что только его включение в состав аппаратуры семейного врача, предоставляет последнему возможность принятия правильного решения в экстремальных условиях путем проведения телемедицинского консилиума, который существенно снижает риск возникновения осложнений и катастрофических состояний в здоровье пациента.

Усовершенствован метод структурной организации и функционирования телемедицинской системы поддержки принятия решений семейным врачом в части введения двух контуров принятия решения, что в дальнейшем позволило разработать модуль телемедицинского консультирования с элементами технологии экспертных систем для принятия окончательного решения.

Предложен модуль телемедицинского консультирования, представленный аппаратно-программными средствами для сбора, передачи, обработки, хранения и воспроизведения медицинской информации в вычислительной среде с помощью интеллектуального интерфейса и диалогового режима с элементами технологии экспертных систем и поддержки принятия решений и методы его работы.

В работе приведен и обоснован основной принцип построения системы, как принцип функциональной необходимости, в соответствии с которым оценки состояния здоровья пациента осуществляется обоснованной индивидуальной совокупностью первичных параметров и вторичных показателей жизнедеятельности, ранжированных по степени информативности и уровнем взаимовлияния между собой, что обеспечивает адекватную оценку функционального состояния здоровья человека.

Ключевые слова: телемедицинская диагностическая система, семейный врач, информационная модель, психофизиологическое состояние, телемедицинское консультирование.

ABSTRACT

Vyrozub R. M. Method and telemedical diagnostic system for family doctors. – The manuscript.

Thesis for the scientific degree of candidate of technical sciences (Ph.D.), specialty 05.11.17 – biological and medical devices and systems. Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2017.

The thesis presents the results of research on improving the efficiency of telemedical diagnostic system by perfecting the structure of its internal relations that

is achieved by developing method and telemedical diagnostic system with the mobile application "Vital functions control" and module of online consulting.

The paper for the first time in devices and systems for family medicine proposed the information provision to determine the viability and location of the patient. The mathematical model of telemedical diagnostic system is developed, the novelty of which is the introduction as a parameter the internal sense of telemedical diagnostic system and physiological status of a doctor. The method of structural organization and functioning of the telemedical network for decision support for family doctor was developed, namely the introduction of two outlines for the decision-making, and reasonable set of requirements for telemedical diagnostic system was formed, and that is a background for the basic principle of its construction, as the principle of multifunctional need, was formulated.

Key words: telemedical diagnostic system, family doctor, information model, physiological condition, telemedical consultations.

Підписано до друку 28.03.2017 р.
Формат 21x29.7 1/4. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний.
Наклад 100 прим. Зам. № 2017 – 045.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету.
м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59