

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

**БАГАН СВІТЛАНА ОЛЕКСАНДРІВНА**

УДК 004.02+618.3

**СИСТЕМА ЕКСПРЕС-ДІАГНОСТИКИ ГЕСТОЗУ ВАГІТНИХ**

05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі біомедичної інженерії у Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, професор  
**МУСТЕЦОВ Микола Петрович**,  
професор кафедри фізичної і біомедичної  
електроніки та комплексних інформаційних  
технологій Харківського національного  
університету імені В. Н. Каразіна  
МОН України.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор,  
**ЗЛЕПКО Сергій Макарович**,  
професор кафедри біомедичної інженерії,  
завідувач кафедри біомедичної інженерії  
Вінницького національного технічного  
університету МОН України;

доктор технічних наук, професор  
**ПРОТТІ Євген Леонідович**,  
професор кафедри комп'ютерної  
математики і аналізу даних  
Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»  
МОН України.

Захист відбудеться «04» жовтня 2018 р. о 13:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К.64.052.05 у Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України за адресою: кімн. №13, просп. Науки, 14, м. Харків, 61166.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки МОН України за адресою: просп. Науки, 14, м. Харків, 61166 та на веб-сайті ХНУРЕ за адресою: <http://nure.ua/university/structure/science/theses-counsils/k-64-052-05>.

Автореферат розіслано «29» серпня 2018 року.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради Т. В. Носова

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** За даними міжнародного оцінювання в 2015 році в Україні сталося 32 випадки (на 100 000 живонароджених дітей) смертності вагітних, тоді як в сусідній з нами Польщі – 5, в Румунії – 27, а в Німеччині – 7. Сучасні дослідження стану здоров'я вагітних свідчать, що патологія перебігу вагітності в 60–70% обумовлена прихованою або хронічною екстрагенітальною патологією (ЕГП). Питома вага ЕГП серед причин смертності вагітних за останні п'ять років склала 34,1%. У нозологічній структурі ЕГП переважають серцево-судинні захворювання (40,3 %), на другому місці – інфекційні хвороби (24,7%), на третьому – новоутворення (14,7%), на долю інших можливих захворювань припадає 20,3%.

У пацієток з ЕГП зустрічається 85% важких гестозів. Гестозом називається синдром, або сукупність симптомів, що виникають за рахунок зниження адаптаційних можливостей організму вагітної жінки.

У жінок, що перенесли гестоз, формується хронічна патологія нирок і гіпертонічна хвороба. Перинатальна смертність при гестозі складає 18–30%, а захворюваність – 50–80%. Кожне третє дитя внаслідок цієї патології матері має наслідки перенесеної гіпоксії і внутрішньоутробної затримки розвитку плоду, відставання у фізичному і психомоторному розвитку.

Сьогодні діагностика гестозу є однією з найактуальніших проблем сучасного акушерства, враховуючи широку поширеність, складність етіопатогенеза, відсутність ранніх і достовірних діагностичних критеріїв, дієвих методів і засобів дослідження та оцінювання симптомів патології, високого показника материнської і перинатальної захворюваності та смертності, великих економічних витрат на проведення інтенсивної терапії і реанімації пацієток.

До сьогодні недостатньо робіт, де б аналізувалися проблеми експрес-діагностики вагітних з серцево-судинними патологіями, відсутні стандарти їх обстеження в перинатальному періоді, не розроблено комплекси діагностичних і лікувально-профілактичних засобів для зниження ризику розвитку ускладнень під час вагітності і пологів на фоні серцево-судинної патології. У зв'язку з цим назріла необхідність створення систем моніторингу патології серцево-судинної системи вагітних в перинатальному періоді, об'єктивного формування чітких алгоритмів і рекомендацій з комплексного обстеження вагітних з серцево-судинною патологією. Розробка діагностичних систем, що забезпечать підвищення якості діагностики захворювань, перш за все, гестозу, які негативно впливають на перебіг вагітності, є актуальною задачею, вирішення якої сприятиме зменшенню перинатальної захворюваності і смертності. Актуальність роботи обумовлена також і важкими наслідками даного захворювання.

### **Зв'язок роботи із науковими програмами, планами, темами**

Тематика дисертації відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки в Україні. Робота виконана на кафедрі біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки згідно з планом наукового напрямку кафедри відповідно до держбюджетних тем: «Дослідження

теоретичних і технічних принципів оцінки стану людини, профілактики, лікування та реабілітації» № д/р 0107U001541; «Дослідження теоретичних і технічних принципів діагностики, оцінки та корекції медико-соціального стану людини» № д/р 0110U002532.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є створення системи діагностики гестозу та підвищення інформативності методів для моніторингу та неінвазивної оцінки стану гемодинаміки вагітних в перинатальний період.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі основні задачі:

- аналіз і порівняння можливостей існуючих методів, засобів і систем для діагностики гестозу в перинатальному періоді;
- розробка методу визначення ступеня важкості гестозу на основі нейронних мереж;
- обґрунтування сукупності інформативних, достовірно значимих для діагностики гестозу, показників системи гемодинаміки вагітних;
- розробка нейро-нечіткої моделі для системи експрес-діагностики гестозу;
- розробка структурної схеми системи експрес-діагностики гестозу;
- розробка рекомендацій для підсистеми медикаментозної корекції гестозу в автоматизованому режимі;
- розробка програмно-апаратного комплексу для експрес-діагностики стану вагітної в перинатальному періоді;
- оцінка варіабельності серцевого ритму та артеріального тиску при їх добовому моніторингу;
- проведення впровадження та апробації ефективності системи експрес-діагностики вагітних.

*Об'єкт дослідження* – процес діагностики і визначення ступеня важкості гестозу.

*Предмет дослідження* – методи, моделі і система експрес-діагностики стану вагітних з гестозом.

**Методи дослідження.** У дисертаційній роботі для отримання основних наукових і практичних результатів використано методи, які базуються на загальних принципах прикладної і обчислювальної математики, технологіях математичного і фізичного моделювання і проведення експериментів.

Під час проведення експериментальних розрахунків з метою визначення основних діагностичних параметрів кровообігу в ході діагностики гемодинаміки в перинатальний період були використані статистичні методи. Для аналізу показників артеріального тиску під час проведення діагностики стану серцево-судинної системи в період вагітності було використано метод математичного моделювання.

Для проведення діагностики гестозу з метою класифікації вагітних з патологією серцево-судинної системи було використано засоби нейро-нечіткого моделювання в середовищі Matlab.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Наукова новизна одержаних результатів полягає у вирішенні актуального наукового медико-технічного

завдання – створення системи експрес-діагностики гестозу під час вагітності шляхом розробки діагностичної системи моніторингу та неінвазивної оцінки стану гемодинаміки в перинатальний період.

У роботі одержано такі наукові результати.

1. Вперше запропоновано метод визначення ступеня важкості гестозу вагітних, як одного із основних інструментів прийняття рішень лікарем-фахівцем в умовах відсутності точних моделей реальних явищ і процесів, застосувавши моделі на основі теорії штучних нейронних мереж, яке забезпечило суттєве зниження кількості і частоти виникнення несприятливих наслідків та ускладнень, що було досягнуто шляхом комплексного використання інтегральних показників гемодинаміки і чисельних методів оцінювання її параметрів.

2. Вперше розроблено нейро-нечітку математичну модель для експрес-діагностики вагітних з гестозом, як основи нейронної мережі, ефективність якої підтримується на високому рівні шляхом спільного використання, що забезпечує вибір персоніфікованої тактики лікування, індивідуальний підбір терапії і цілодобовий моніторний контроль за їх дотриманням.

3. Отримав подальшого розвитку підхід до оцінювання стану вагітних з гестозом шляхом введення добового моніторування артеріального тиску, що зробило можливим своєчасне виявлення у даної категорії хворих їх специфічної тривожної реакції на вимірювання АТ (синдром «гіпертонія на білий халат»), яка характеризується значеннями АТ в нормі за даними добового моніторування і завищеним (до 35 %) значенням АТ, який вимірюється традиційним способом.

4. Запропоновано підхід до оцінювання стану гемодинаміки і ступеня напруженості регуляторних систем вагітної, який дозволяє застосовувати їх в якості основних критеріїв для визначення реакції-відповіді на будь-який стресорний вплив на симпатoadреналову систему за варіабельністю серцевого ритму, що забезпечує оцінювання стану вагітної з гестозом за індексом напруги регуляторних систем (стрес-індексом)  $I_n = AM_0 / 2M_0 \times M \times DM_n$ .

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у комплексній прикладній спрямованості отриманих результатів, що використовуються для експрес-діагностики гестозу під час вагітності.

1. Розроблено методику експрес-діагностики гестозу під час вагітності, яка дозволяє оцінювати стан системи гемодинаміки за основними діагностичними критеріями та своєчасно виявляти хворих, що входять до групи підвищеного ризику перинатальних ускладнень.

2. Запропоновано структурно-функціональну організацію на основі якої розроблено систему для експрес-діагностики вагітних з гестозом, яка представлена структурованою сукупністю медичного та апаратно-програмного комплексів, що забезпечило мінімізацію інформативних діагностичних параметрів для діагностування стану вагітної з гестозом і персоніфікований вибір адекватної тактики лікування і медикаментозної терапії.

3. Застосування запропонованих методів та засобів діагностики ступеню важкості гестозу дозволяє оптимізувати моніторинг вагітних з метою своєчасного визначення перинатального ризику.

4. Методика побудови систем діагностики використовується в навчальному процесі при підготовці студентів з біомедичної інженерії. Синтезовано структуру системи діагностики гестозу вагітної, яка містить блок реєстрації основних параметрів гемодинаміки та блок комп'ютерної обробки, який виконує синхронізацію і первинну обробку даних.

Результати дисертаційної роботи, а саме, систему експрес-діагностики гестозу впроваджено в 7 пологовому будинку м. Харкова, а також використовуються в навчальному процесі при викладанні дисциплін «Методи обробки біомедичних зображень» і «Методи обробки біомедичних сигналів і даних» на кафедрі біомедичної інженерії ХНУРЕ.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати дисертаційної роботи отримано автором особисто. Основні ідеї та розробки, які виносяться на захист, належать авторові.

Особистий внесок здобувача в роботах, написаних у співавторстві, полягає у тому, що: аналіз можливостей виявлення ознак гестозу вагітних з використанням нейромережних технологій [1, 2, 3]; аналіз особливостей фазо-частотної корекції біомедичних сигналів [7, 8, 9, 10, 11]; аналіз особливостей проведення експрес-діагностики стану серцево-судинної системи під час вагітності [4, 12, 13,]; оптимізація діагностичної оцінки гемодинамічних параметрів під час вагітності [14, 15, 5, 16]; оцінка стану системи «матиплацента-плід» [17, 18]; аналіз показників гемодинаміки під час вагітності [19, 20, 21, 22].

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень, які викладено в дисертаційній роботі, доповідалися та обговорювалися на таких конференціях: XIII-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь в XXI ст.» (Харків, 2009.); VIII Всеукраїнська науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів» (Кременчук, 2009.); XXI, XXII Всеросійська науково-технічна конференція «Біомедсистеми» (Рязань, 2008, 2009.); XVIII, XIX, XX Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (microCad) (Харків, 2010, 2011, 2012.); X, XI Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатики та моделювання» (Ялта, 2010, 2011.); Конференція з міжнародною участю «Медична та біологічна інформатика та кібернетика: віхи розвитку» (Київ, 2011.); IV Міжнародний радіоелектронний форум «Прикладна радіоелектроніка. Стан та перспективи розвитку» (МРФ-2011) (Харків, 2011.); XII Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих учених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій» (Одеса, 2012.); 15th International scientific conference, «European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences» (Vienna, Austria, 2017.).

**Публікації.** Результати роботи відображені в 22 опублікованих працях, у тому числі: 6 – у фахових виданнях, затверджених ДАК України; 1 у

зарубіжному виданні; 15 – у матеріалах і тезах доповідей на конференціях різних рівнів.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи, загальний висновок, список використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 148 сторінок друкованого тексту, дисертація містить 24 рисунків, 8 таблиць, 11 додатків. Список використаних джерел складається з 120 найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження та наведено вихідні теоретичні положення. Сформульовано мету та завдання дослідження, а також наукову та практичну значущість роботи.

**У першому розділі** розглянуто особливості системи гемодинаміки жінок під час вагітності та проведено аналіз існуючих методів діагностики стану гемодинаміки в перинатальний період.

Визначено, що розлади системи гемодинаміки у жінки під час вагітності є провідним патогенетичним механізмом порушення стану і розвитку плоду за різних ускладнень вагітності. Порушення гемодинаміки і багатьох інших фізіологічних показників організму вагітної відбуваються постійно і поступово, а інколи і раптово, тому як вагітність – дуже динамічний процес.

Встановлено, що важливо не лише правильно поставити діагноз, визначити нозологічну форму захворювання серця або судин, а необхідно також оцінити етіологію цього захворювання та функціональний стан серцево-судинної системи вагітної жінки.

Аналіз особливостей системи гемодинаміки жінок під час вагітності показав, що частота ЕГП у вагітних жінок складає 20–65%. ЕГП – це багато чисельна група різнозначних захворювань, синдромів, патологічних станів у вагітних жінок, об'єднаних лише тим, що вони не є гінекологічними захворюваннями або акушерськими ускладненнями вагітності. Це захворювання має різні ступені важкості, залежно від яких проводиться терапія або корекції, а в деяких випадках переривання вагітності.

ЕГП супроводжується порушенням регіонарного кровотоку, зниженням загального периферичного судинного опору, збільшенням об'єму судинного русла, що призводить до підвищення вираженості ознак органної ішемії – посилення гіпертензії або збільшення протеїнурії, тобто клінічно важкого гестозу.

До сьогодні гестоз залишається найбільш загадковим ускладненням вагітності з невідомою етіологією та мало вивченим патогенезом і відсутністю радикальних методів лікування і профілактики.

Зазначена важливість раннього виявлення ознак гестозу, що дозволяє зменшити ступінь важкості гестозу і на деякий час пролонгувати вагітність. Для діагностики гестозу використовують велику кількість методів дослідження показників гемодинаміки, що потребує великої кількості технічних засобів. Діагностика гестозу полягає в оцінці анамнестичних даних (відомості про

захворювання жінки, перебіг даної вагітності), скаргах пацієнтки, результатах клінічного об'єктивного дослідження і лабораторних даних. При підозрі на гестоз проводять додаткові дослідження (УЗ-дослідження, доплерометрію).

Аналіз особливостей створення медичних діагностичних систем показав, що новим, перспективним напрямом підвищення об'єктивності медичних діагнозів є розробка інтелектуальних систем. На тепер існують декілька напрямків створення систем медичної діагностики – експертні системи, діагностичні інформаційні системи, спеціалізовані системи, тощо.

В нашому випадку, враховуючи неоднозначність показників та складність формування діагнозу, перспективним підходом до створення діагностичної системи є використання теорії нечітких множин з використанням автоматичного формування баз знань експертних висновків. Це можливо в ході використання нейромережних технологій.

Відповідно до цього сформульовано підхід для діагностики гестозу, основна ідея якого полягає в тому, що на основі існуючих даних, про показники та діагнози жінок під час вагітності визначати параметри функцій належності, які дозволяють формувати діагноз у випадках неоднозначності зв'язків «симптомокомплекс-діагноз».

**У другому розділі** модифікована математична модель системи гемодинаміки вагітної, що відрізняється врахуванням особливостей функціонування організму в перинатальний період, та дозволяє оцінити зв'язок параметрів, що вимірюються з порушеннями системи гемодинаміки.

В ході формування діагнозу одним з головних показників роботи серця є рівень артеріального тиску. Тому предметом моделювання була модель зміни артеріального тиску за один кардіоцикл.

На основі уявлень гідродинаміки можна представити пульсову хвилю на активній ділянці системи гемодинаміки (лівий шлуночок – аорта) системою рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dP_c(t)}{dt} = kW \sin \gamma - \alpha P_c, & 0 < t < t_c \\ \frac{dP_o(t)}{dt} = -\alpha P_o, & t_c < t < T \end{cases} \quad (1)$$

де  $P_c, P_o$  – артеріальний тиск за період систоли та діастолі відповідно;

$T$  – період кардіоциклу;

$t_c$  – тривалість систоли;

$k$  – коефіцієнт об'ємної пружності аорти;

$a = k/R$ ,  $R$  – гідродинамічний опір судин;

$\gamma = \pi/t_c$ ;

$W(t)$  – миттєва швидкість вигнання крові із серця, яка має позитивне значення в період систоли.

Вигляд функції  $W(t)$  у фазі систоли можна описати за допомогою синусоїдальної функції:



$$\begin{aligned} W(t) &= W_0 \sin(\pi t / t_c), & \text{при } 0 < t < t_c, \\ W(t) &= 0 & \text{при } t_c < t < T. \end{aligned} \quad (2)$$

Рішення системи рівнянь (1) має вигляд:

$$\begin{cases} P_c(t) = (P_0 + \frac{kW\gamma}{\alpha^2 + \nu^2} \times e^{-\alpha t} + \frac{kW}{\sqrt{a^2 + \nu^2}} \times \sin(\nu t - \psi)), \\ P_d(t) = P_1 e^{-\alpha(1-t_c)}, \end{cases} \quad (3)$$

де  $\nu$  – коефіцієнт Пуассона стінок кровоносних судин;  
 $\psi = \arctg(\nu/\alpha)$ .

Реальну форму пульсової хвилі визначає вид функції  $W(t)$ , тому приділяється особлива увага до аналітичного виразу цієї функції.

Для визначення сталих інтегрування врахуємо, що тиск на початку систоли дорівнює  $P_1 = P_0 e^{-\alpha t_c}$ .

Тривалість систоли  $t_c$  зазвичай становить десяті частини секунди, нехай  $t_c = 0,3\text{с}$ ,  $T = 1\text{с}$ , тоді  $\nu = 10$ ,  $\alpha < 1$ ,  $e^{-\alpha t_c} = 0,7$ ,  $e^{-\alpha T} = 0,5$ ,  $e^{-\alpha T_0} = 0,37$ .

За прийнятих чисельних рішення системи (1) приймає вигляд:

$$\begin{cases} P_c(t) = 2,4 \times \frac{kW\nu^2}{\alpha^2 + \nu^2} \times e^{-\alpha t} + \frac{kW}{\sqrt{a^2 + \nu^2}} \sin(\nu t - \psi), \\ P_d(t) = 2,8 \times \frac{kW\nu^2}{\alpha^2 + \nu^2} \times e^{-\alpha(t-Tc)}. \end{cases}$$

Інструментально можна визначити форму пульсової хвилі, що дозволить визначити реальну форму функції  $W(t)$ , яка відображає роботу серця. Це є більш інформативним показником функціонування серця порівняно з даними про абсолютні величини  $P_c$ ,  $P_d$ . Вигляд пульсової хвилі та реальної функції  $W(t)$  наведено на рис.1.

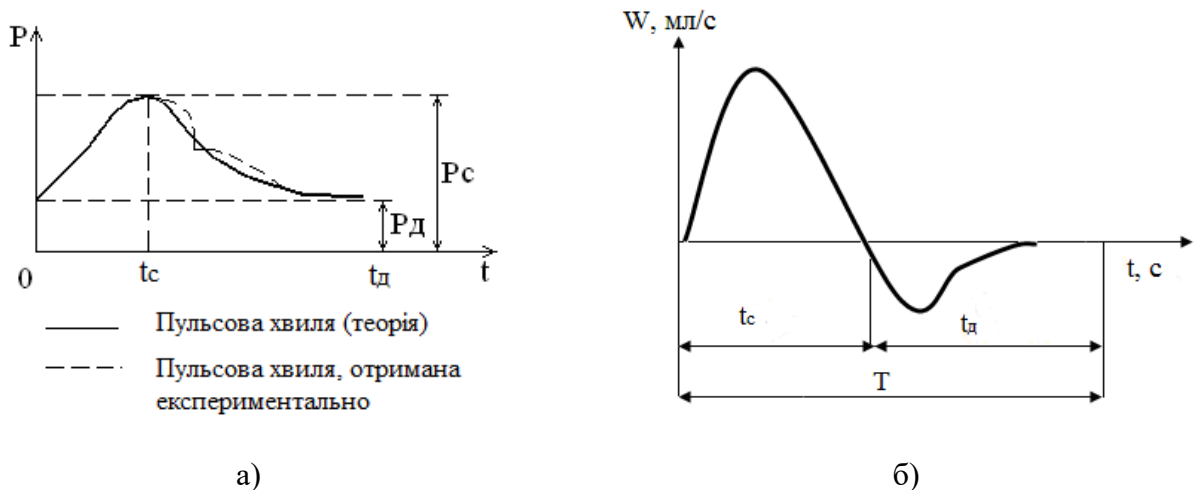


Рис.1 – Вигляд пульсової хвилі (а) та реальної функції  $W(t)$  (б)

Таким чином, за експериментально зареєстрованою формою пульсової хвилі, можна вирішити зворотну задачу – визначити форму серцевого викиду та визначити механічні параметри артеріальної системи.

У **другому розділі** приведено результати статистичних досліджень зв'язку між параметрами, що характеризують стан серцево-судинної системи. Стан серцево-судинної системи подано як складна стохастична система, яка функціонує під дією множинних вхідних чинників.

Для дослідження зв'язку між параметрами, що характеризують стан серцево-судинної системи, було вибрано такі: період напруги, тривалість серцевого циклу, частота серцевих скорочень, артеріальний систолічний тиск та артеріальний діастолічний тиск, ударний об'єм крові, хвилинний об'єм крові, серцевий індекс, об'ємна швидкість кровотоку, потужність лівого шлуночка, загальний периферичний судинний опір, реографічний систолічний індекс.

В ході експериментальних досліджень встановлено наступне:

– між систолічним тиском ( $Y$ ) та периферичним опором судин ( $X$ ) існує слабкий кореляційний зв'язок ( $r_{xy} = -0.077$ ,  $p < 0.001$ ), за  $t$ -критерієм  $t = -0.61 < t_{0.01} = 1.99$ , кореляційний зв'язок слід вважати незначущим ( $p > 0.05$ );

– між систолічним тиском ( $Y$ ) і об'ємною швидкістю кровотоку ( $X$ ) існує прямий слабкий кореляційний зв'язок ( $r_{xy} = 0.56$ ,  $p < 0.001$ ), за  $t$ -критерієм  $t = 20.58 > t_{0.01} = 1.99$ , кореляційний зв'язок слід вважати значущим ( $p > 0.05$ ). Проте за коефіцієнтом детермінації  $R = 29.48\%$  модель можна рахувати низького ступеня інформативності;

– між систолічним тиском ( $Y$ ) та ударним об'ємом ( $X$ ) існує прямий кореляційний зв'язок ( $r_{xy} = 0.66$ ,  $p < 0.001$ ), за  $t$ -критерієм  $t = 7.04 > t_{0.01} = 1.99$ , кореляційний зв'язок слід вважати значущим ( $p > 0.05$ ). За коефіцієнтом детермінації  $R = 44.40\%$  модель можна вважати інформативною. Таким чином, кількість спостережень в експерименті виявилась достатньою для побудови інформаційно здатної ( $R = 0.44$ ) статистично значущої ( $p < 0.001$ ) моделі.

В результаті дослідження зв'язку між параметрами гемодинаміки в перинатальний період встановлено, що між ними існує зв'язок, але згідно з коефіцієнтом детермінації цей зв'язок має низький ступінь інформативності. Тому, в ході формування діагнозу складно встановлювати межі показників гемодинаміки за принципом «норма – патологія». Тому, при синтезі системи діагностики, в основу методу формування висновку була вибрана теорія нечітких множин.

В **другому розділі** наведено також результати експериментальних досліджень можливостей діагностики гестозу вагітних у перинатальний період та визначення типу патогенетичного варіанта порушень системного кровообігу та встановлення ступеня тяжкості захворювання на базі нейронної мережі.

За основу системи діагностики гестозу була використана штучна нейронна мережа, з використанням пакета прикладних програм Statistica. Завданням системи є визначення типу патології вагітних на базі 18 показників гемодинаміки.

Як вхідні данні були використані результати обстежень пацієнток пологового будинку №7 м. Харкова, що становлять результати обстежень 147

вагітних, для яких відомі значення 18 вхідних параметрів стану здоров'я. У дослідженні всі пацієнтки були розбиті на сім груп відповідно до ступеня тяжкості захворювання гестозом.

1 група – важка ступень тяжкості;

2 група – легка ступень тяжкості;

3 група – середня ступень тяжкості;

4 група – легка ступень тяжкості з тенденцією до середнього ступеня тяжкості;

5 група – середня ступень тяжкості з тенденцією до високого ступеня тяжкості;

6 група – середня ступень тяжкості з тенденцією до легкого ступеня тяжкості;

7 група – висока ступень тяжкості з тенденцією до середнього ступеня тяжкості.

Модельна база показників пацієнток була розбита на дві вибірки – навчальну та контрольну. Як тестова множина до розгляду були вибрані дані 40 пацієнток, дані яких були закладені в основу генерації модельної бази.

Експериментальні дослідження довели, що навчання мережі є мінімізацією квадратичної помилки на навчальній множині з використанням градієнта. Градієнт оцінки обчислювали методом подвійності, а саме, методом зворотного поширення помилки, який є алгоритмом градієнтного спуску. Функцією активації було обрано логістичну функцію, а функцією помилки – середньоквадратичну.

Для вибору мінімального числа нейронів і визначення структури мережі була використана процедура контрастування. При тестуванні як тип нейронної мережі було обрано тришаровий перцептрон і радіальна базисна функція.

Виходячи з того, що враховувалось 18 показників стану породіллі, то розмірність вхідного вектора  $N_x=18$ , тому вхідний шар містить 18 нейронів; число нейронів у вихідному шарі відповідає числу класів ( $N_y=7$ ), на які передбачається розбити вибірку даних.

Експериментуючи з кількістю елементів у прихованому шарі з отриманого діапазону значень  $N$  і типом мережі (*RBF* або *MLP*) доходимо до висновку, що мінімальне значення квадратичної помилки на навчальній множині відповідає мережі *RBF* з 60 елементами в прихованому шарі. Результати моделювання наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати моделювання

Результати активності нейронних мереж						
Індекс	Назва мережі	Оцінка якості в групі навчання	Оцінка якості в групі тестування	Оцінка якості в групі контролю	Алгоритм навчання	Прихована активація
1	RBF 25-60-7	92.30769	86.71429	80.95238	RBFT	Gaussian

Результати класифікації наведено в табл.2. У верхній частині таблиці можна побачити сумарні статистики (загальне число пацієток у кожному класі, число класифікованих правильно, помилково і невідомо), а в нижній частині – крос-результати класифікації в % (який відсоток пацієток з даного стовпця був віднесений до даного рядка).

Таблиця 2 – Результати класифікації

I.RBF 25-60-7	ГЕСТОЗ	1	2	3	4	5	6	7	1-7
	Всього	2	16	27	12	23	13	11	147
	Правильно	2	16	25	12	22	13	8	142
	Неправильно	0	0	2	0	1	0	3	5
	Правильно (%)	100	100	92.6	100	95.7	100	72.7	92.3
	Неправильно (%)	0	0	7.4	0	4.3	0	27.3	7.69

Система діагностики гестозу на базі нейронної мережі з використанням гемодинамічних показників дозволила класифікувати пацієток з патологією серцево-судинної системи з досить високим відсотком – правильно класифіковано 92,3 % (142 пацієтки з 147).

Діагностика гестозу в жінок у перинатальний період на базі нейронної мережі дозволяє визначити тип патогенетичного варіанта порушень системного кровообігу і встановити ступінь важкості гестозу. На рис. 2. наведено графічне відображення результатів по групах, з урахуванням адекватності класифікації в процентному співвідношенні. За результатами тестування модель пройшла перевірку, помилка тестування 7,69%, тобто модель з високим ступенем точності визначає ступінь тяжкості гестозу, що дозволяє рекомендувати для використання на практиці для визначення ступеня гестозу у вагітних жінок.

Розроблена система може бути використана також для оцінювання критичного стану вагітних і для прогнозування перебігу найбільш поширених серцево-судинних захворювань.

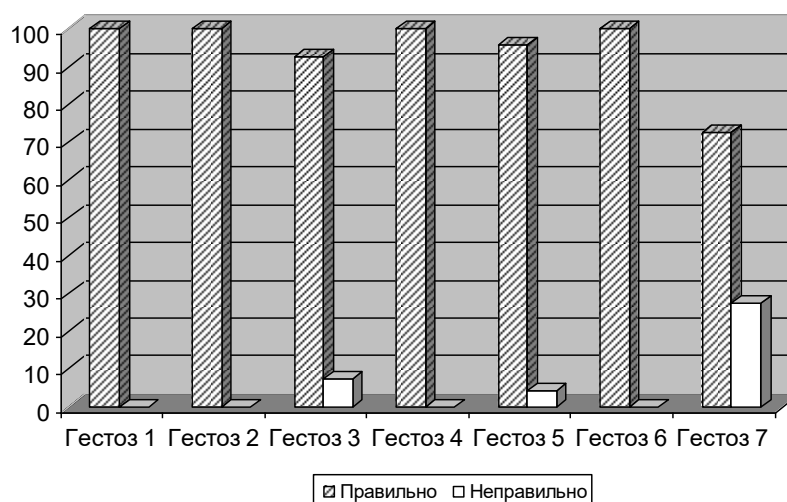


Рис. 2 – Адекватність класифікації пацієток при діагностиці гестозу в процентному співвідношенні по групах

Було також досліджено можливість використання нейро-нечіткої технології в середовищі Matlab. Перед генерацією структури системи нечіткого виведення типу Сугено після виклику діалогового вікна властивостей було задано для кожної з вхідних змінних по 3 лінгвістичних терма, а в якості функцій приналежності вибрані трикутні функції.

В ході експериментальних досліджень створено нейро-нечітку мережу, що містить сім вхідних змінних і одну вихідну. У цій системі по 3 лінгвістичних терма використовується для оцінки кожної з вхідних змінних та 3 термів для змінної на виході (рис.3).

В ході даного дослідження вибрано спосіб створення вихідної системи нечіткого логічного виводу Sub. clustering – генерування системи за методом субкластеризації. Параметри методу субкластеризації: рівень впливу вхідних змінних – 0,5; коефіцієнт заглушення – 1,25; acceptratio 0,5 – коефіцієнт, що встановлює в скільки разів потенціал даної точки має бути вище за потенціал центру першого кластера для того, щоб центром одного з кластерів була призначена дана точка; rejectratio 0,15 – коефіцієнт, що встановлює в скільки разів потенціал даної точки має бути нижче за потенціал центру першого кластера, щоб крапка, що розглядається, була виключена з можливих центрів кластерів.

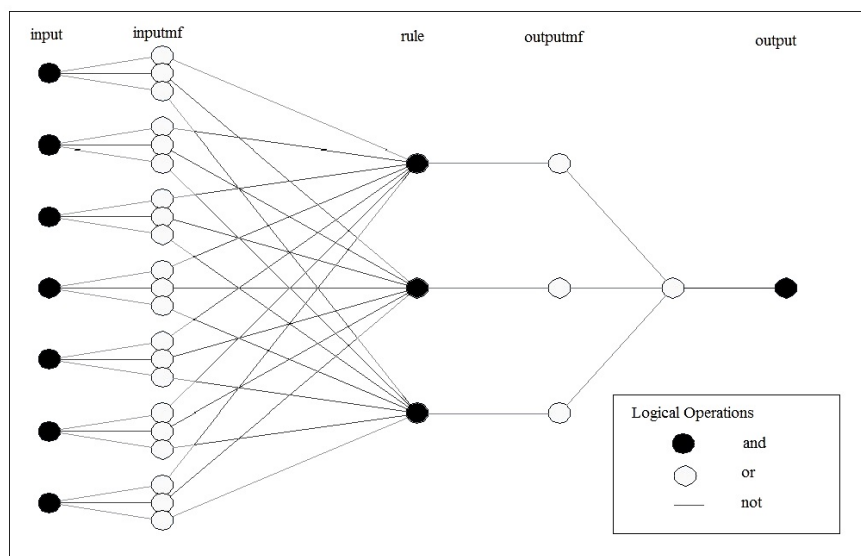


Рис. 3 – Структура нейро-нечіткої мережі

Метод навчання гібридної мережі – гібридний (hybrid), є комбінацією методу найменших квадратів і методу зменшення зворотного градієнта, рівень помилки навчання (ErrorTolerance) – 0, кількість циклів навчання (Epochs) – 40.

Результати досліджень, які наведені на рис. 4 показують, що при внесенні 7 основних параметрів, що характеризують стан вагітної жінки, ми отримуємо результат у вигляді визначення типу гемодинаміки та ступеня важкості гестозу.

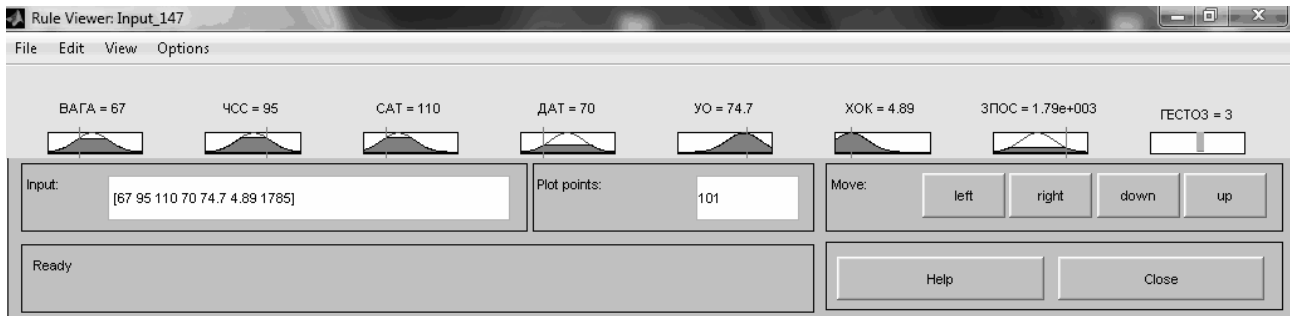


Рис. 4 – Графічний інтерфейс перегляду правил генерованої системи нечіткого виводу

За результатами тестування модель пройшла перевірку. Середня помилка навчання становить 1,25 (рис.5), яка свідчить, що модель з високим ступенем точності визначає ступінь тяжкості гестозу, тобто, може бути використана на практиці для визначення ступеня гестозу у вагітних жінок.

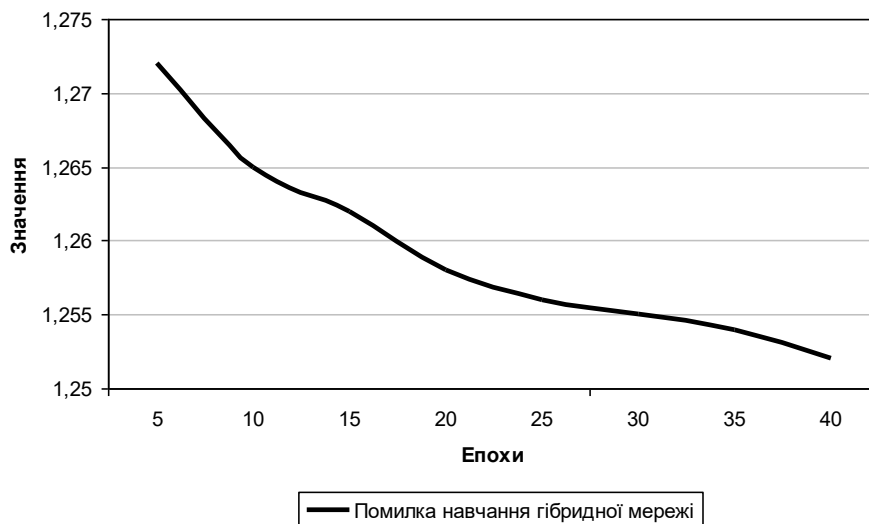


Рис.5 – Графік залежності помилки навчання від кількості циклів

Визначення типу гемодинаміки і ступеня важкості гестозу дозволяє лікарю-діагносту і акушеру-гінекологу оцінити критичність стану вагітної на момент дослідження та прийняти необхідні заходи лікування.

Запропонована нейро-нечітка модель системи діагностики гестозу, з використанням редактора ANFIS, дозволяє об'єктивно встановити тип і стан гемодинаміки у вагітних з гестозом, а також здійснювати контроль ефективності лікування.

Якщо на ранніх строках вагітності, в період I триместру, зафіксовано стан гестозу, та його тривалість протягом більш ніж трьох тижнів мають бути враховані як несприятливі прогностичні ознаки. Відсоток благополучного завершення вагітності при загрозі переривання в II триместрі залежить від причини, що її викликала, своєчасного і адекватного лікування. Проте в більшості випадків загроза переривання в II триместрі успішно купірується і досягає 75 – 80%.

Використання запропонованої системи дозволяє вибирати тактику ведення пацієнтки з гестозом з індивідуально підбраною терапією і контролем її ефективності, що зробить позитивний вплив на перебіг і результат вагітності, і головне, проводити моніторинг стану гемодинаміки вагітної що дозволить виключити не обгрунтоване використання медикаментозних засобів.

У третьому розділі представлені результати розробки системи моніторингу та діагностики гестозу у жінок під час вагітності.

Стан вагітної характеризується набором медико-біологічних показників (симптомів), які можна уявити у вигляді масиву незалежних векторів  $s_i$ , який відображає стан пацієнтки:

$$\langle S \rangle = \langle s_1, \dots, s_m \rangle, \quad (4)$$

де  $S$  – множина всіх можливих поєднань симптомів;

$s$  – вектор симптому;

$m$  – загальне число симптомів.

Лінійну комбінацію векторів симптомів  $s_i$  можна представити у вигляді:

$$X = \alpha_1 s_1 + \dots + \alpha_m s_m, \quad (5)$$

де  $\alpha_i$  – скаляр, що описує наявність  $i$ -го симптому,  $\alpha_i \in [0;1]$  ( $\alpha_i=0$   $i$ -го симптому немає).

Аналогічно набір можливих діагнозів пацієнтки  $d_i$ , можна представити у вигляді комбінації векторів діагнозів:

$$Y = \beta_1 d_1 + \dots + \beta_n d_n, \quad (6)$$

де  $\beta_i$  – скаляр, що характеризує наявність  $i$ -го діагнозу  $\beta_i \in [0;1]$  ( $\beta_i=0$   $i$ -й діагноз відсутній).

Тоді конкретна пацієнтка як об'єкт діагностики, однозначно описується сукупністю векторів симптомів і діагнозів:

$$\langle X, Y \rangle \quad (7)$$

Діагностика, по суті полягає в пошуку області значень вектору  $Y$  відображення:

$$f: X L M \rightarrow Y, \quad (8)$$

де  $L$  – знання які закладено в об'єкт діагностики (базу даних);

$M$  – здатність системи формувати висновок на основі знань;

Тоді задачу підвищення якості  $W$  медичної діагностики, можна записати в рамках прийнятої формалізації у вигляді:

$$W(X, L, M) \rightarrow \max. \quad (9)$$

Рішення поставленого завдання можна забезпечити за рахунок врахування максимального числа симптомів та якості знань суб'єкта діагностики. Число показників, які можна виміряти обмежено. Тому пропонується отримувати деякі показники системи гемодинаміки аналітично.

Для підвищення якості діагнозу за рахунок здатності системи формувати діагноз планується з використанням теорії нечітких знань, яка дозволяє, в деякій мірі, моделювати логіку лікаря.

Важливим фактором проведення діагностики є синхронна реєстрація стандартних фізіологічних показників, що дозволяє максимально точно оцінити стан серцево-судинної системи.

Сучасна медицина володіє досить ефективними методами, які дозволяють визначити ступінь ризику, пов'язаний з вагітністю і пологами у жінок із захворюваннями серця.

Визначено, що моніторинг стану здоров'я вагітних має бути максимально повним і включати такі параметри: артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень, параметри електрокардіограми, ударний об'єм, хвилинний об'єм крові, загальний периферичний опір судин.

Відповідно до цього синтезована система діагностики гестозу, яка може бути показана як раціональний моніторинг та метод виявлення ризику захворювання на гестоз.

Система діагностики гестозу дозволяє вирішувати наступні задачі:

- стандартний гемодинамічний моніторинг – систолічний тиск (САТ, діастолічний тиск (ДАТ), частота серцевих скорочень (ЧСС);
- визначення типу гемодинаміки вагітної – хвилинний об'єм кровообігу (ХОК), ударний об'єм (УО), загальний периферичний опір судин (ЗПОС);
- дослідження варіабельності параметрів кровообігу вагітної;
- формування діагнозу про наявність та ступінь ризику захворювання на гестоз.

Враховуючи, що важливу інформацію можна отримати за формою пульсової хвилі в системі використано підсистему фотоплетизмографії, що забезпечує високу чутливість, достовірність та дає можливість проводити динамічну оцінку змін функціонального стану окремих ланок і в цілому стану серцево-судинної системи. Результати фотоплетизмографії дозволяють отримати додатково – 5 показників системи гемодинаміки аналітично.

Похибка визначення форми пульсової хвилі може складати 2%, залежно від рівня зашумленості та індивідуальних особливостей пацієнтки.

Базова структурна схема системи для експрес-діагностики вагітних з гестозом представлена на рис. 6.

Підсистема ЕКГ дозволяє контролювати роботу серця, як головного елемента системи гемодинаміки. Як додатковий канал отримання інформації використовується підсистема фонокардіографії.

Головним елементом системи є ЕОМ, яка забезпечує збір інформації та формування діагнозу. Враховуючи неоднозначність симптомокомплексу гестозу як головний алгоритм прийняття рішень в системі використано нейромережна технологія.



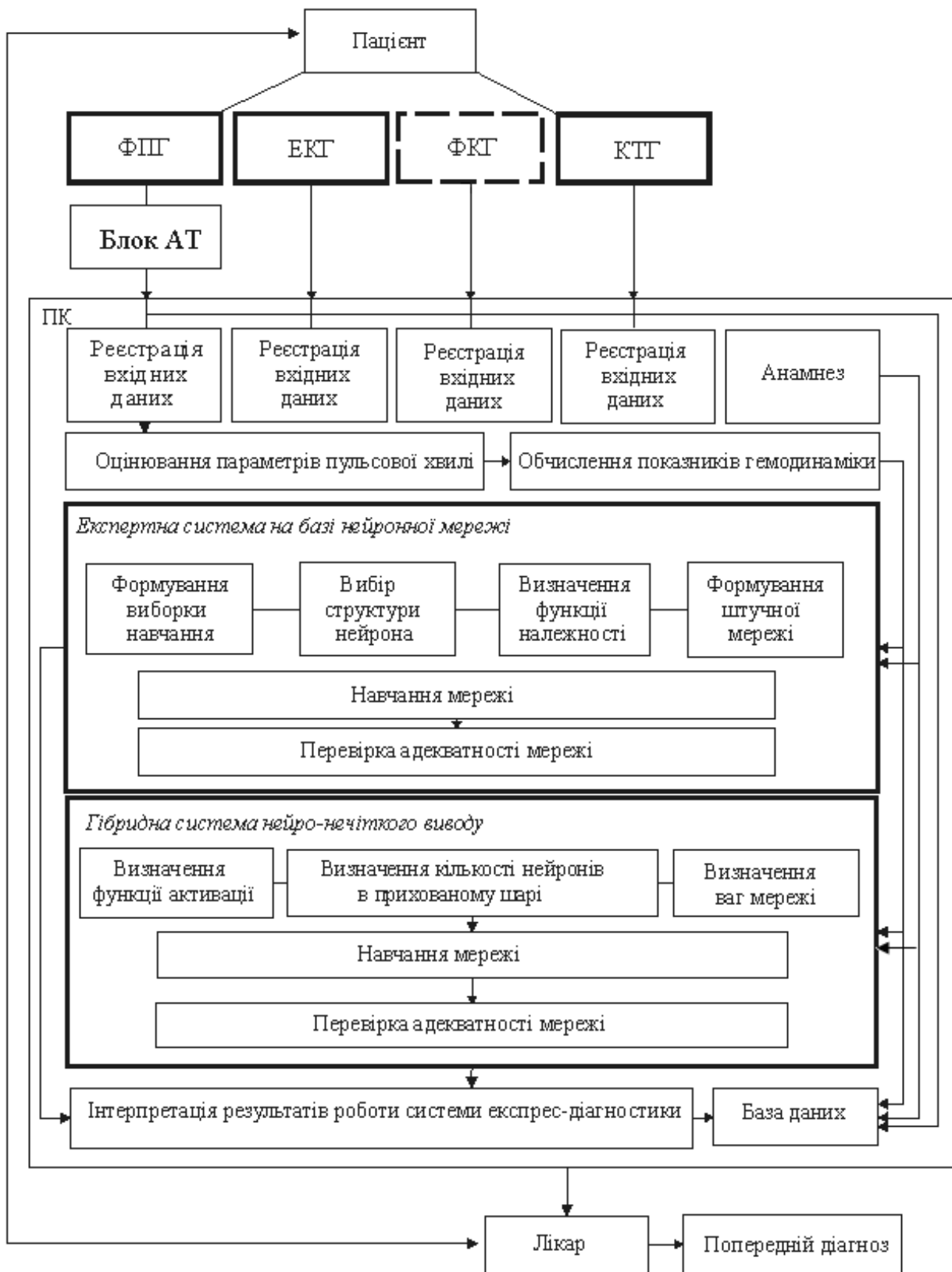


Рис. 6 – Базова структурна схема системи для експрес-діагностики вагітних з гестозом

Загальний вигляд підсистеми фотоплетизмографії та вікно тестового програмного забезпечення наведено на рис. 7.

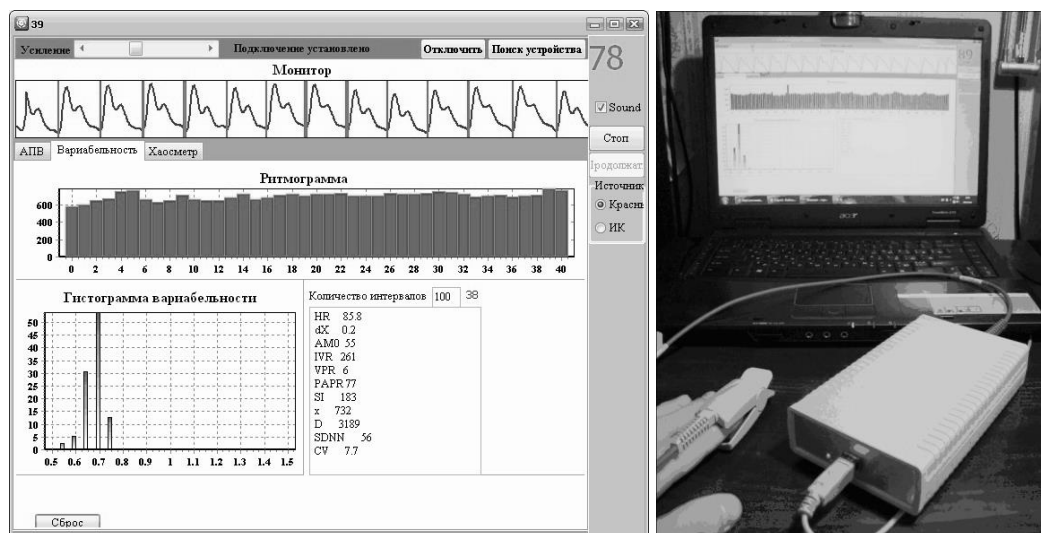


Рис. 7 – Підсистема фотоплетизмографії

Система діагностики гестозу в реальному часі забезпечує:

- реєстрацію електрокардіограми в одному відведенні;
- реєстрацію форми пульсової хвилі;
- обчислення показників системи гемодинаміки (всього 5);
- формування діагнозу;
- відображення та архівування результатів.

Розроблення апаратно-програмного комплексу створило апаратний базис у вигляді сукупності блоків: інтерфейсу користувача, ведення історії хвороби, формування стратегії лікування, призначення медикаментів, оцінювання стану пацієнта для програмного середовища, адаптованого до Windows, з відповідним графічним інтерфейсом і базою даних під керуванням СУБД MySQL.

Розробка і практична реалізація фотоплетизмографа забезпечили об'єктивне оцінювання шлуночків і клапанів серця вагітної, реєстрацію пульсової хвилі і визначення типу гемодинаміки, що дозволило визначати та оцінювати будь-які зміни і порушення плацентарного кровообігу за формою зареєстрованої фотоплетизмограми.

Запропоновано підхід до оцінювання стану гемодинаміки і ступеня напруженості регуляторних систем, який є одним із основних критеріїв оцінювання стану вагітних з гестозом, як відповідь на будь-який стресовий вплив симпато-адреналової системи та оцінюється за варіабельністю серцевого ритму індексом напруги регуляторних систем або стрес-індексом.

Оцінювання стану вагітних з гестозом, особливо, на пізніх стадіях, за допомогою методу добового моніторингу артеріального тиску забезпечило можливість своєчасно виявляти у зазначених хворих (приріст до 2%) специфічну тривожну реакцію на вимір АТ (синдром «гіпертензія на білий халат»), яка характеризується значеннями АТ в нормі за даними добового моніторингу і завищеними (до 35 %) цифрами АТ, який вимірюється традиційним способом і для нашої вибірки дорівнює 31,2%.

У четвертому розділі представлені результати апробації і клінічного впровадження системи експрес-діагностики вагітних з гестозом.

Запропонований для оцінювання критерій «економічного збитку», який більш повно та адекватно відображає реальний стан справ, ніж критерій «економічна ефективність». Для визначення вагових коефіцієнтів одиничних критеріїв з подальшим їх об'єднанням до єдиного інтегрального критерію ефективності та якості використано метод безпосереднього визначення усереднених експертних оцінок вагових коефіцієнтів при наявності декількох експертів.

Досвід останніх років свідчить, що максимально повну картину порівняльного аналізу можна отримати, якщо використовувати декілька груп критеріїв, об'єднаних за функціональною ознакою і таких, що дозволяють порівняти технічну, медичну, соціальну та економічну складові приладів і систем.

Виходячи з вище наведеного, було обрано для порівняння такі інформаційні системи і комплекси: «Доктор Елекс» (Україна), «Архімед» (Росія), АРМ лікаря-гінеколога (Україна), АРМ лікаря-акушера (Литва), «Вітакор-перинатальна медицина» (Росія). Практично кожна із наведених систем є багатофункціональною і багатозадачною, а система експрес-діагностики вагітних з гестозом – вузькоспеціалізованою, то їх порівняння здійснювалося тільки в межах відповідного лікувально-діагностичного процесу вагітних з гестозом, тактики їх ведення та оцінювання.

Було обрано три групи критеріїв: загального призначення, які відображають взаємодію медичного персоналу, системи і пацієнтів; техніко-технологічні та інформаційного розвитку. До решти увійшли: час обстеження пацієнта, % від нормованого; пропускна здатність, %; кількість скарг пацієнтів на якість медичного обслуговування і наданої допомоги, % від загальної кількості обстежених; кількість лікарських помилок (неточних діагнозів, медикаментозних призначень), % від загальної кількості обстежених.

Друга група – це технічно-експлуатаційні показники (критерії): час підготовки до роботи, хв.; критерій оцінювання функціональної повноти; коефіцієнт ефективності і використання апаратних засобів; коефіцієнт навантаження АЗ; захист від несанкціонованого доступу. І третя група – критерії інноваційного розвитку: актуальність, інноваційний потенціал, потенціальна користь, перспективність, реалізуємість.

Отримані результати апробації і клінічного впровадження розробленої системи експрес-діагностики вагітних з гестозом, проведений порівняльний аналіз показали достовірне підтвердження покращення якості життя вагітних, зменшення кількості ускладнень та їх тяжкості, високу адаптивність і надійність роботи системи.

Клінічна сторона роботи, точніше її високий рівень підтверджені відповідними рівнями специфічності і чутливості, які, в свою чергу, адекватно відобразили цілісність і завершеність системи експрес-діагностики вагітних з гестозом, що характеризується механізмами самоадаптації і здатністю оцінювання та ефективного управління лікувально-діагностичним процесом.

У **висновках** зазначено основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи. У **додатках** наведено акти впровадження, основні результати нейромережного моделювання.

## ВИСНОВКИ

1. Запропоновано новий підхід до організації скринінгового супроводження вагітних з гестозом і додатковою патологією ССС, який спрямовано на зниження кількості і частоти виникнення несприятливих наслідків та можливих ускладнень стану вагітної, що досягнуто за умови комплексного використання інтегральних показників гемодинаміки і чисельних методів оцінювання її параметрів.

2. Розробка методу визначення ступеня важкості гестозу вагітних на основі математичного апарату штучних нейронних мереж, як одного із основних інструментів прийняття рішень лікарем – фахівцем в умовах відсутності точних моделей реальних процесів та явищ, підтвердило адекватність та ефективність його застосування для визначення типу патогенетичного варіанту порушень системного кровообігу і, відповідно, ступеня важкості гестозу.

3. Доведено, що застосування розробленої нейронної мережі для класифікації вагітних з патологією ССС на рівні 92,3% буде достатньо, лише за умови її спільного використання з побудованою нейро-нечіткою моделлю діагностики гестозу і визначення типу гемодинаміки вагітної, що дозволяє забезпечити персоніфіковану тактику лікування та індивідуально підібрану терапію і постійний контроль за їх дотриманням.

4. Показано, що застосування стохастичного підходу до аналізу гемодинамічних параметрів і визначення математичних співвідношень дозволяє чисельними методами з'ясувати, які з цих параметрів вийшли за межі діапазонів «норми», але цього недостатньо, щоб на етапах первинного моніторингу отримати обсяг інформації, необхідний для якісної діагностики стану гемодинаміки вагітної.

5. Проведені дослідження зв'язку між параметрами, що характеризують стан серцево-судинної системи, виявили, що існуючий між систолічним тиском та ударним об'ємом прямий кореляційний зв'язок ( $r_{xy} = 0.66$ ,  $p < 0.001$ ); за  $t$ -критерієм  $t = 7.04 < t_{0.01} = 1.99$  кореляційний зв'язок слід вважати значимим ( $p > 0.05$ ); за коефіцієнтом детермінації  $R = 44.40\%$  модель можна вважати інформативною. Таким чином, число спостережень в експерименті виявилось сповна достатнім для побудови інформаційно здатної ( $R = 0.44$ ) статистично значимої ( $p < 0.001$ ) моделі. Зв'язок між іншими показниками має малоінформативний характер, що ускладнює формування діагнозу.

6. Структурно-функціональна організація і розробка системи експрес-діагностики виконано у вигляді структурованої сукупності медичного та апаратно-програмного комплексів. Це забезпечило мінімізацію інформативних діагностичних параметрів для діагностики стану вагітної з гестозом і

персоніфікований вибір адекватної тактики лікування і медикаментозної терапії.

7. Розробка апаратно-програмного комплексу створило апаратний базис у вигляді сукупності блоків: інтерфейсу користувача, ведення історії хвороби, формування стратегії лікування, призначення медикаментів, оцінювання стану пацієнта для програмного середовища, адаптованого до Windows, з відповідним графічним інтерфейсом і базою даних під керуванням СУБД MySQL.

8. Розробка і практична реалізація фотоплетизмографа забезпечили об'єктивне оцінювання шлуночків і клапанів серця вагітної, реєстрацію пульсової хвилі і визначення типу гемодинаміки, що дозволило визначати та оцінювати будь-які зміни та порушення плацентарного кровообігу за формою зареєстрованої фотоплетизмограми.

9. Запропоновано підхід до оцінювання стану гемодинаміки та ступеня напруженості регуляторних систем. Одним із основних критеріїв оцінювання стану вагітних з гестозом, як до відповіді на будь-який стресовий вплив симпато-адреналової системи, який оцінюється за варіабельністю серцевого ритму індексом напруги регуляторних систем або стрес-індексом.

10. Оцінювання стану вагітних з гестозом, особливо, на пізніх стадіях, за допомогою методу добового моніторингу артеріального тиску дало можливість своєчасно виявляти у зазначених хворих (приріст до 2%) специфічну тривожну реакцію на вимір АТ (синдром «гіпертензія на білий халат»), яка характеризується значеннями АТ в нормі за даними добового моніторингу і завищеними (до 35 %) цифрами АТ, який вимірюється традиційним способом і для нашої вибірки дорівнює 31,2%.

11. Підтверджено результатами розрахунків та експериментальних досліджень, що чутливість і специфічність є незалежними від частоти захворювань, а прогностичність, і позитивна і негативна – напряду пов'язані з вірогідністю конкретного захворювання, причому: чим вище вірогідність захворювання, тим вище і прогностична цінність позитивного результату і навпаки: чим вище чутливість, тим вище прогностична цінність його негативного результату.

12. Результати дисертаційної роботи, а саме, система експрес-діагностики гестозу впроваджено в пологовому будинку №7 м. Харкова, а також використовуються в навчальному процесі при викладанні дисциплін «Методи обробки біомедичних зображень» і «Методи обробки біомедичних сигналів і даних» на кафедрі біомедичної інженерії ХНУРЕ.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

1. Bahan S.A. The possibilities of neural network technologies in solving medical problems /N. P. Mustetsov, S. A. Bahan //15th International scientific conference, «European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences», Vienna, Austria, 20 July 2017 y. – P.111 – 116.

2. Баган С.А. Возможности диагностики гестоза беременных с использованием нейросетевых технологий / Н.П. Мустецов, С. А. Баган // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». – 2017. – №10. – С. 46 – 48.
3. Баган С.А. Система диагностики гестоза с учетом исследования гемодинамики в перинатальный период / Н. П. Мустецов, С. А. Баган // Системи обробки інформації. – 2017. – Вип. 4 (150). – С. 245 – 249.
4. Красникова С. А. Обработка гемодинамических параметров беременных / О. М. Дацок, С. А. Красникова // Системи обробки інформації.– 2010. – Випуск 9 (90). – С. 205 – 209.
5. Красникова С.А. Современный подход к диагностике гемодинамики беременных с нарушениями работы сердца / О.М. Дацок, С.А. Красникова // Вісник НТУ "ХПІ". – 2010, № 31. – С.80 – 86.
6. Витанова С.А. Обработка фонокардиографического сигнала на основе wavelet технологий / О. М. Дацок, С.О. Витанова // Вісник НТУ «ХПІ». – 2008., № 24. – С.36 – 41.
7. Витанова С.А. Особенности коррекции фазочастотных искажений биомедицинских сигналов / О.М. Дацок, С.А. Витанова // «Прикладная радиоэлектроника» – Харьков, 2007. – С. 67 – 72.
8. Витанова С.А. Особенности применения вейвлет-базисов при обработке фонокардиографического сигнала / С.А. Витанова// Матеріали 12-го Молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь в ХХІ столітті». – 2008. – С. 259.
9. Витанова С.А. Вейвлет-технологии обработки фонокардиографического сигнала / С.А. Витанова// Матеріали 29-го Міжнародної науково-практичної конференції “Застосування лазерів у медицині та біології». – 2008. – С.252.
10. Витанова С.А. WAVELET-технологии в аппаратах функциональной диагностики / С.А. Витанова // МРФ-2008. – 2008. – С.60 – 61.
11. Красникова С.А. Особенности применения WAVELET-технологий в аппаратах функциональной диагностики / С.А. Красникова// 21 Всеросійська науково-технічна конференція «Біомедсистеми 2008». – 2008. – С. 207 – 209.
12. Красникова С.А. Особенности экспресс-диагностики состояния сердечно-сосудистой системы беременных / С.А. Красникова // Матеріали 13-го Молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь в ХХІ столітті». – 2009. – С. 251.
13. Краснікова С.О. Підвищення інформативності при діагностиці стану вагітних / С.О. Краснікова // VIII Всеукраїнська науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів». – 2009. – С. 152.
14. Красникова С.А. Технические средства комплексной оценки гемодинамических параметров у беременных / С.А. Красникова // 22 Всеросійська науково-технічна конференція «Біомедсистеми 2009». – 2009. – С. 200 – 201.
15. Краснікова С.О. Оптимізація діагностики гемодинамічних параметрів вагітних / М. П. Мустецов, О. М. Дацок, С.О. Краснікова // microCad-2010. – 2010 р. – С.89.

16. Красникова С. А. Анализ эффективности применения синхронной регистрации ЧСС и ЧДД у беременных / С.А. Красникова // «Проблеми інформатики та моделювання». – 2010. – С.51.

17. Красникова С.А. Анализ влияния изменений гемодинамических параметров на давление малого круга кровообращения при беременности / С.А. Красникова // «Медична та біологічна інформатика та кібернетика: віхи розвитку». – 2011 – С.87.

18. Краснікова С.О. Оцінка стану кровотоку системи «мати-плацента-плід» / О.М. Дацок, С.О. Краснікова // microCad-2011. – 2011 р. – С.104.

19. Красникова С.А. Особенности функционирования и оценка состояния системы «мать-плацента-плод» / Н.П.Мустецов, О.М. Дацок, С.А. Красникова // «Проблеми інформатики та моделювання». – 2011.– С.36.

20. Красникова С.А. Возможности медицинской техники при диагностике гемодинамики беременных / О.М. Дацок, С.А. Красникова // МРФ-2011. – 2011. – С.27 – 29.

21. Краснікова С.О. Фізико-математичні закономірності гемодинаміки в перинатальний період / О.М. Дацок, С.О. Краснікова // microCad-2012. – 2012. – С.92.

22. Красникова С.А. Математические аспекты анализа гемодинамических параметров в перинатальный период / О.М. Дацок, С.О. Краснікова // «Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій». – 2012 – С.11.

## АНОТАЦІЯ

**Баган С.О. Система експрес-діагностики гестозу під час вагітності. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2018.

Дисертаційна робота виконана на актуальну тему, оскільки розробка та вдосконалення методів та засобів діагностики гестозу є дуже складною медико-технічною задачею, вирішення якої є актуальним в області акушерства та гінекології.

Розроблена методика експрес-діагностики гестозу під час вагітності дозволяє оцінити стан гемодинаміки за основними діагностичними критеріями та своєчасно виявляти групу підвищеного ризику перинатальних ускладнень в цілях профілактики або зниження ступеня ризику патології.

В результаті проведення комплексних досліджень представлено новий підхід перинатального скринінгу серцево-судинної системи вагітних, направлений на зниження частоти несприятливих результатів вагітності і перинатальних втрат та заснований на використанні інтегральних показників зміни гемодинаміки, який дозволяє за допомогою чисельних методів оцінити параметри гемодинаміки. Система діагностики гестозу на базі нейронної мережі з використанням пакета прикладних програм Statistica дозволила

класифікувати пацієнток з патологією серцево-судинної системи з досить високим відсотком вірогідності (правильно класифіковано 92,3 %, неправильно класифіковано всього 7,69%).

З метою діагностики гестозу, була синтезована нейронна мережа, що дозволяє класифікувати патології вагітних з використанням нейро-нечіткого моделювання в середовищі Matlab. Результати досліджень, показують, що при внесенні 7 основних параметрів, що характеризують стан вагітної жінки, можна отримати результат у вигляді визначення типу гемодинаміки і ступеня важкості гестозу.

**Ключові слова:** вагітність, система серцево-судинна, гестоз, параметри гемодинаміки, мережі нейронні.

## АННОТАЦІЯ

**Баган С.А. Методы и средства экспресс-диагностики состояния сердечно-сосудистой системы во время беременности. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – биологические медицинские приборы и системы. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, – Харьков, 2018.

Диссертация посвящена актуальной задаче – создание системы экспресс-диагностики гестоза во время беременности путем разработки диагностической системы для мониторинга и неинвазивной оценки состояния гемодинамики в перинатальный период.

Разработанная методика экспресс-диагностики гестоза во время беременности позволяет оценить состояние гемодинамики по основным диагностическим критериям и своевременно выявлять группу повышенного риска перинатальных осложнений в целях профилактики или снижения тяжести подобных осложнений. В результате проведения комплексных исследований представлен новый подход перинатального скрининга сердечно-сосудистой системы, направленного на снижение частоты неблагоприятных исходов беременности и перинатальных потерь, основанного на использовании интегральных показателей изменения гемодинамики и позволяющего с помощью численных методов оценить гемодинамические параметры. Система диагностики гестоза на базе нейронной сети с использованием пакета прикладных программ Statistica позволила классифицировать пациенток с патологией сердечно-сосудистой системы с достаточно высоким процентом – общий процент верно классифицированных составил 92,3 % и общий процент неверно классифицированных составил всего 7,69%.

С целью диагностики гестоза, нами была синтезирована нейронная сеть, позволяющая классифицировать патологии беременных на базе осциллометрических данных с использованием нейро-нечеткого моделирования в среде Matlab. Результаты исследований, показывают, что при внесении 7 основных параметров, характеризующих состояние беременной женщины, мы получаем результат в виде определения типа гемодинамики и степени гестоза.

**Ключевые слова:** беременность, сердечно-сосудистая система, гестоз, гемодинамические параметры, нейронные сети.



## ABSTRACT

### **Bahan S.A. Methods and means of rapid diagnosis of the state of the cardiovascular system during pregnancy. – A manuscript.**

The thesis a scientific degree of the candidate of technical sciences in specialty 05.11.17 – biological and medical devices and systems. – Kharkiv National University of Radio Electronics, – Kharkiv, 2018.

The thesis is devoted to the urgent task of increasing the informative value of rapid diagnostic methods of the cardiovascular system during pregnancy by developing a diagnostic system for monitoring and noninvasive assessment of the hemodynamic state in the perinatal period. The developed procedure for express diagnostics of the cardiovascular system during pregnancy allows to assess the status of hemodynamics by the main diagnostic criteria and to timely identify a group of increased risk of perinatal complications in order to prevent or reduce the severity of such complications.

As a result of complex studies, a new approach to perinatal screening of the cardiovascular system aimed at reducing the incidence of adverse pregnancy outcomes and perinatal losses based on the use of integrated indicators of hemodynamic changes and allowing to estimate hemodynamic parameters using numerical methods is presented. The system for the diagnosis of gestosis based on a neural network using the Statistica software package made it possible to classify patients with cardiovascular pathology with a fairly high percentage – the total percentage correctly classified was 92,3% and the total incorrectly classified percentage was only 7,69%.

The findings of the tests, show that with the introduction of 7 basic parameters characterizing the state of a pregnant woman, the produced result is in the form of a definition of the type of hemodynamics and the degree of gestosis. The determination of the type of hemodynamics and the degree of gestosis allows the diagnostician and the obstetrician-gynecologist to assess the critical state of the pregnant woman at the time of the study and to take the necessary treatment measures. The proposed neuro-fuzzy model of the gestosis diagnosis system, using the Matlab system, makes it possible to establish objectively the type and condition of hemodynamics in pregnant women having gestosis and also to monitor the effectiveness of treatment.

**Keywords:** pregnancy, cardio-vascular system in preeclampsia, the hemodynamic parameters of the neural network.