

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СУМІШІ
ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛІВ МАТЕРІ ТА ПЛОДА
З ВРАХУВАННЯМ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ**

Анотація. У роботі запропоновано теоретичні основи побудови математичної моделі суміші електрокардіосигналів матері та плоду із врахуванням варіабельності.

Ключові слова: електрокардіосигнал, перинатальна гіпоксія, математична модель, варіабельність серцевої ритміки, періодично-корельований випадковий процес/

Olena Hevko, Evheniya Yavorska

**THEORETICAL BASES FOR THE CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL
MODEL OF MIXTURE OF ELECTROCARDIOSIGNALS
MATERNAL AND FOETUS TAKING INTO ACCOUNT VARIABILITY**

Summary. This paper is devoted to theoretical bases for the construction of mathematical model of mixture of electrocardiosignals maternal and foetus taking into account variability.

Keywords: electrocardiosignal, pre-natal hypoxia, mathematical model, heart rate variability, periodically-correlated stochastic process/

Проблема зростання перинатальної смертності в Україні на даний час привертає все більше уваги. Показник перинатальної смертності плоду в Україні вдвічі перевищує аналогічний показник більшості Європейських країн. Причиною цього є відсутність адекватних ресурсів для забезпечення моніторингу стану плоду під час вагітності. Серед захворювань перинатального періоду перше місце займають хронічна внутрішньотрубна гіпоксія плоду і асфіксія новонародженого. Ураження серцево-судинної системи зустрічається у 25% новонароджених, таких, що перенесли перинатальну гіпоксію. Основними проявами гіпоксії плоду є порушення частоти серцевих скорочень, погіршення гучності серцевих тонів, поява аритмії, зниження інтенсивності рухів плоду тощо.

Зниження перинатальної смертності можливе при інтенсивному спостереженні за станом плоду під час вагітності і в пологах за допомогою сучасних методів дослідження, які базуються на аналізі його серцевої діяльності.

Одним із методів здійснення моніторного контролю серцебиття плоду є непряма електрокардіографія. Важливою проблемою при його застосуванні є важкість виділення ЕКСП від ЕКСМ.

У зв'язку із необхідністю удосконалення методів математичного моделювання суміші електрокардіосигналів матері та плоду потрібно визначити основні принципи її побудови. Для роботи серця є характерними такі ознаки як ритм і циклічність. Вони вказують на динамічну стійкість серцево-судинної системи, тобто забезпечують гомеостаз внутрішнього середовища організму (від грец. *χυλος* — коло, повтор; від *'ομοος* — подібний, *στασις* — стояння, незрушність), здатність підтримувати чи відновлювати (при пошкодженні) свою організацію (просторово-часову структуру) на молекулярному, мікроскопічному та макроскопічному рівнях всупереч усім збуренням і впливам.

Більшість способів підтримання ритму і гомеостазу пов'язані з механізмами зворотного зв'язку, хоч суттєву роль часто відіграє ритмоздатний механізм (з періодичним релаксаційним процесом) — серце. Як наслідок адаптації до змінених умов чи патологічних змін ритміка серця є варіабельною. Результати зовнішніх чи внутрішніх впливів на ритміку не піддаються завбаченню, яке, по суті, опирається на просту лінійність як закон пов'язання збудження й реакції. У багатьох ситуаціях породженням ритміки є нелінійності (схема "хижак-жертва" Віто Вольтера). Гомеостаз за своєю суттю не є строго умовою сталості

ознак, параметрів, а скоріше лабільність (від латинського *labilis* — рухливий) їх є гарантом стабільності у певних межах та з певною точністю і водночас — здатності адаптуватись до змінних умов.

Системно-сигнальна концепція є одним із способів уникнення нестійкості, поганої обумовленості, некоректності (в сенсі В.Тихонова) обернених задач шляхом розробки, побудови, удосконалення моделі електрокардіосигналу, розроблення методів оцінювання її характеристик і використання цих оцінок для визначення параметрів стану.

Адекватність опису стохастичних коливань і, звичайно, ритміки природних процесів за допомогою моделей у вигляді періодично-корельованих та споріднених із ними випадкових процесів. Ці процеси мають природній опис засобами енергетичної теорії, яка дає безпосереднє фізичне тлумачення сенсу характеристик процесів і явищ, гарантує застосовність потужних методів сучасного функціонального аналізу — спеціальних видів гільбертових просторів до аналізу ритміки. Також ця теорія автоматично обґрунтовує єдиність розв'язку оптимізаційних задач, оскільки енергію (чи середню потужність) можна подати у вигляді опуклого функціоналу. А тоді, як показав Р.Рокафелар, такий опис гарантує існування глобального оптимуму, для задач діагностики, розв'язуваних засобами енергетичної теорії.

Важливим, але мало дослідженим у деталях структури, є явище кардіоритміки. Із загальних позицій воно має лабільний ритм, і кардіосигнал можна було б тоді описати кусково (або локально, сегментно) періодично-корельованим процесом — таким, що його характеристики на кожному сегменті, який відповідає означеному станові роботи серця, є такими, що відрізняються від аналогічних характеристик на інших сегментах, зіставних з іншими станами. Така модель придатна для ідентифікації станів серця та зміни їх з часом на підставі відповідності сегментних характеристик сегментам періодично-корельованих процесів. Звичайно за умови, що ці сегменти мають довжини, достатні для оцінення з належною точністю цих сегментних характеристик відомими методами статистики періодично-корельованих випадкових процесів.

Таким чином, суміш ЕКСП та ЕКСМ доцільно трактувати як періодичну у слабкому сенсі за термінологією Р. Карнапа, випадкову послідовність. Оскільки ритміка є поєднанням впливу і прояву двох на перший погляд непокінливих закономірностей — повторності і випадковості, то наступне опрацювання даних базується на ідеї перевірки статистичних гіпотез та алгоритмів статистичного аналізу даних. Останнє задають тести якості даних у розумінні закономірностей, що втілені у цих даних. Тести надають передусім заперечення справедливості певної гіпотези чи підтвердження того, які можливі згідно з цими тестами (сумісні з ними) гіпотези (часткова верифікація).