

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

ОСАДЧУК МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ

УДК 616.12:519.18

**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ ПІД
ВПЛИВОМ ДОЗОВАНИХ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

163 «Біомедична інженерія»

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри біотехнічних систем
Хвостівський Микола Орестович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук,
завідувач кафедри радіотехнічних систем
Дунець Василь Любомирович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 23 лютого 2017 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-507.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Дослідження зміни параметрів електрокардіосигналу (ЕКС) під впливом дозованих фізичних навантажень (ДФН) є універсальним методом контролю і регулювання інтенсивності фізичних навантажень та дає змогу своєчасно виявити ранні зміни у серцево-судинній системі (ССС).

У медичній практиці для діагностування змін стану ССС під впливом дозованих фізичних навантажень застосовують комп'ютерні кардіодіагностичні системи (ККС) ("Кардіолаб" ХАІ Медика, Україна; "Полі-спектр-ТМ" Нейро-софт, Росія; "Easy ECG Stress" Ates medica deice S.R.L., Італія; "Cortex MetaLyzer" Cortex, Німеччина; "EN-Stair" Enraf-nonius, Голландія; "Schiller" Schiller AG, Швейцарія; "E-Bike" General electric, США, та інші). Використання цих систем уможливорює процедуру отримання достовірних даних про момент появи змін у ССС при ДФН. Ядром таких систем слугує математична модель ЕКС на основі якої розробляють ефективні методи та алгоритми медичного діагностування.

Одним із методів перевірки адекватності роботи методів та алгоритмів діагностування є їх верифікація шляхом комп'ютерного імітаційного моделювання.

Аналіз відомих комп'ютерних імітаційних моделей ЕКС показав, що у їх структурах враховано періодичність та випадковість, проте не враховано зміну періоду з наперед заданим законом, що є характерним для ЕКС під впливом дозованого фізичного навантаження, зокрема:

1. Модель у вигляді вектора дискретних стаціонарних лінійних випадкових процесів (Лупенко С.А., Литвиненко Я.В., Щербак А.М.).
2. Модель у вигляді адитивної суміші стаціонарних і нестаціонарних процесів, які відповідають зонам електричного спокою та активності, відповідно, (Литвиненко Я.В.).
3. Адитивно-мультиплікативна модель (Файнзильберг Л.С., Беклер Т.Ю.).
4. Циклічний випадковий процес та вектор циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів (Лупенко С.А.).
5. Модель у вигляді періодично корельованого випадкового процесу (Хвостівський М.О., Дедів Л.Є., Дунець В.Л., Шадріна Г.М.).
6. Неформалізована абстрактна модель у вигляді кусково-лінійної апроксимації (Losada R.) відтворює вигляд ЕКС.

Тому розроблення нової імітаційної моделі електрокардіосигналу під впливом дозованих фізичних навантажень із змінною періодичністю з наперед заданим законом та випадковістю для тестування алгоритмів роботи комп'ютерних автоматизованих кардіодіагностичних систем є актуальною науковою роботою.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розроблення імітаційної моделі електрокардіосигналу під впливом дозованого фізичного навантаження для потреб тестування алгоритмів роботи комп'ютерних автоматизованих кардіодіагностичних систем. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести огляд відомих моделей електрокардіосигналів з метою вибору напряму наукового дослідження.
2. Розробити імітаційну модель електрокардіосигналу під впливом

дозованого фізичного навантаження, яка уможливилює врахування зміни періоду з наперед заданим законом.

3. Розробити метод та алгоритм імітаційного моделювання електрокардіосигналу під впливом дозованого фізичного навантаження.

4. Розробити програмне забезпечення для проведення процесу комп'ютерного імітаційного моделювання електрокардіосигналу під впливом дозованого фізичного навантаження.

5. Оцінити точність імітаційного моделювання електрокардіосигналів.

Об'єкт дослідження: процес імітаційного моделювання електрокардіосигналу під впливом дозованого фізичного навантаження.

Предмет дослідження: імітаційна модель електрокардіосигналу під впливом дозованого фізичного навантаження.

Методи дослідження побудовано на базі енергетичної теорії стохастичних сигналів (ЕТСС), зокрема подання імпульсного періодично корельованого випадкової послідовності для удосконалення структури комп'ютерної імітаційної моделі математичної електрокардіосигналу під впливом дозованого фізичного навантаження. Для програмної реалізації імітації електрокардіосигналу використано пакет прикладних програм MATLAB.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше розроблено імітаційну модель електрокардіосигналу під впливом дозованого фізичного навантаження у вигляді синусоїд з експонентційним затуханням на характерних часових рівнях із випадковими значеннями амплітуд, їх тривалостей та змінною періодичністю з наперед заданим законом, яка дає змогу по відомих медичних параметрах моделювати сигнали патологій і норм із високою вірогідністю відтворення та врахувати у своїй структурі поєднання властивостей періодичності із випадковістю.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що комп'ютерна програма імітування електрокардіосигналу під впливом дозованих фізичних навантажень, яка розроблена на базі імітаційної моделі, дає змогу провести процедуру тестування алгоритмів роботи комп'ютерних автоматизованих кардіодіагностичних систем, які є невід'ємною складовою медико-діагностичних установ.

Апробація. Викладені в дипломній роботі результати доповідалися і обговорювалися на X Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“ (25-26 квітня 2017 року) та XX науковій конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (17-18 травня 2017 року).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 117 сторінках, списку використаних джерел з 47 назв на 5 сторінках, додатків на 27 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 149 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі шляхом аналізу та порівняння відомих математичних моделей електрокардіосигналу під впливом дозованого фізичного навантаження з новою обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях.

У першому розділі «Використання електрокардіосигналів при дослідженні стану серця людини під впливом дозованих фізичних навантажень» проаналізовано наукові праці різних авторів, присвячені досліджуваній проблематиці.

Проаналізовано вплив дозованих фізичних навантажень на серцево-судинну систему людини та оглянуто відомі методи дослідження функціонального стану серцево-судинної системи організму людини під впливом дозованих фізичних навантажень встановлено, що використання електрокардіографії як методу дослідження серцево-судинної системи людини при фізичних навантаженнях є актуальною задачею при дослідженні зміни стану за електрокардіосигналами. Також у розділі проведено порівняльний аналіз та класифікацію відомих математичних моделей електрокардіосигналів, що використовуються для задачі автоматизованої діагностики функціонального стану серця людини за допомогою комп'ютерних кардіодіагностичних систем.

В результаті аналізу обґрунтована необхідність розроблення нової імітаційної моделі електрокардіосигналу під впливом дозованих фізичних навантажень із змінною періодичністю з наперед заданим законом та випадковістю для тестування алгоритмів роботи комп'ютерних автоматизованих кардіодіагностичних систем є актуальною науковою роботою.

У другому розділі «Математична модель електрокардіосигналу» згідно аналізу механізму породження електрокардіосигналу можна сказати, що він є нестационарним, містить певну повторюваність з скінченою потужністю за період корельованості. Тобто ЕКС віднесено до класу π^T . Адекватною математичною моделлю ЕКС є модель у вигляді імпульсного ПКВП.

Математична модель ЕКС у вигляді імпульсного ПКВП враховує у своїй структурі поєднання стохастичної природи та повторності ЕКС, що є властивим для сигналів біологічного походження. На базі цієї моделі для потреб тестування методів аналізу ЕКС та навчання систем розпізнавання біомедичних образів необхідно розробити її імітаційну модель.

У третьому розділі «Імітаційне моделювання електрокардіосигналу під впливом дозованих фізичних навантажень» розроблено імітаційну модель електрокардіосигналу в межах k -го змінного періоду T_k з наперед заданою формою (законом) у вигляді синусоїди з експонентційним затуханням на характерних часових рівнях, що дає змогу по відомих медичних параметрах моделювати з високою точністю ЕКС під впливом дозованих фізичних навантажень для для

тестування алгоритмів роботи комп'ютерних автоматизованих кардіодіагностичних систем.

У четвертому розділі «Експериментальне дослідження імітаційного моделювання електрокардіосигналу під впливом дозованих фізичних навантажень в середовищі MATLAB» із застосуванням засобу програмного забезпечення MATLAB реалізовано програму із графічним інтерфейсом користувача (рис.1), яка імітує електрокардіосигнал сигнал під впливом дозованого фізичного навантаження з урахуванням періодичності, зокрема її змінності, та випадковості амплітудних та часових параметрів.

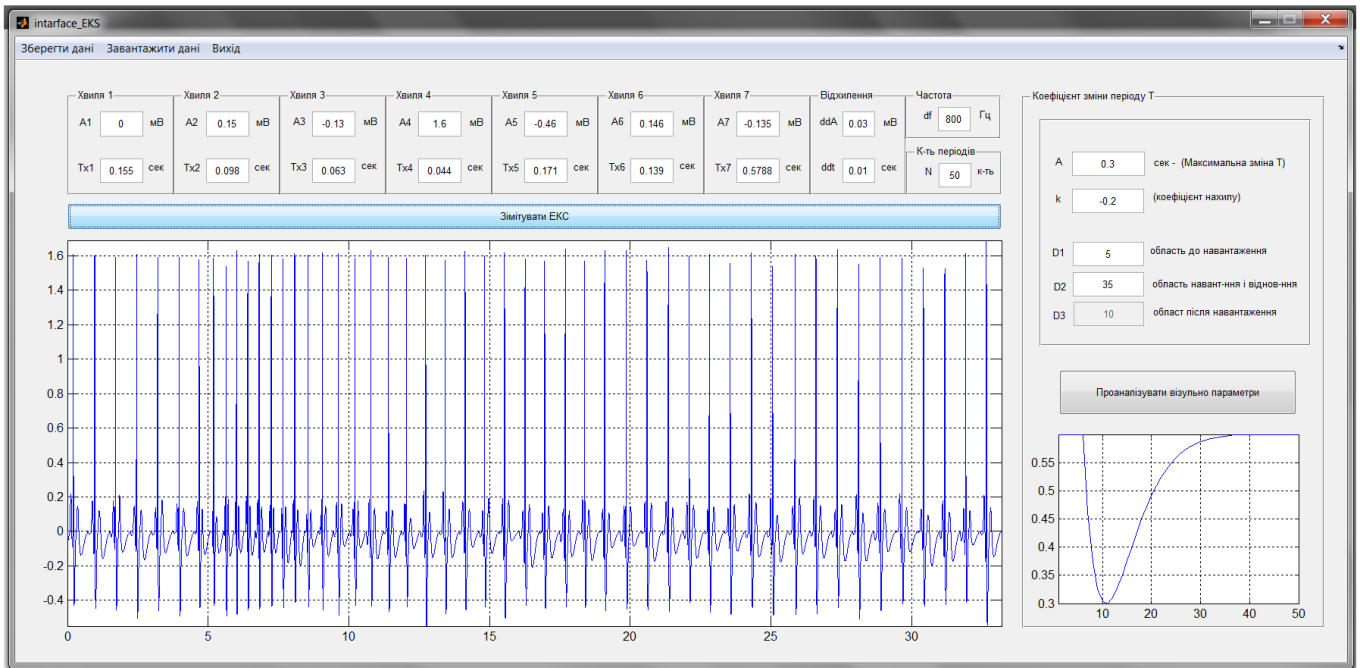


Рис.1. Реалізація зімітованого ЕКС під впливом фізичного навантаження

Розроблена програма уможливорює процедуру генерування будь-якого типу електрокардіосигналу (норма чи патологія) з метою тестування алгоритмів роботи комп'ютерних автоматизованих кардіодіагностичних систем.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень, яке проводиться за допомогою кардіографа та проведено обґрунтування вибору Matlab як програмного забезпечення для розв'язання наукової задачі, а саме є комп'ютерне імітаційне моделювання електрокардіосигналу під впливом дозованих фізичних навантажень.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 40273,08 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У цьому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано негативний вплив шкідливих і небезпечних факторів під час роботи з персональним комп'ютером при виконання науково-дослідної роботи та проаналізовано способи реалізації заходів медичного захисту у разі надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

У восьмому розділі «Екологія» встановлено, що при проведенні виробничих процесів монтажу і складання електрокардіографа застосовано технологічні методи і засоби, які створюють мінімальний вплив на навколишнє середовище

У додатках наведено тексти програм, розроблені для ПК (ОС Windows 7,8,10).

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розв'язано актуальну наукову задачу розроблення імітаційної моделі електрокардіосигналу під впливом дозованих фізичних навантажень для потреб тестування алгоритмів роботи комп'ютерних автоматизованих кардіодіагностичних систем.

При цьому отримано такі результати:

1. У результаті проведеного порівняльного аналізу відомих імітаційних моделей електрокардіосигналу сформульовано основні вимоги до моделі: врахування зміни періоду сигналу для задач вірогідного тестування алгоритмів роботи комп'ютерних автоматизованих кардіодіагностичних систем при впливі дозованих фізичних навантажень на серцево-судинну систему людини.

2. Розроблено імітаційну модель електрокардіосигналу під впливом дозованого фізичного навантаження на базі моделі у вигляді імпульсного періодично корельовано випадкової послідовності, яка на відміну від відомих, враховує у своїй структурі властивість випадковості та зміни періоду сигналу, що дало змогу вірогідно відтворити експериментальний електрокардіосигнал по відомим його параметрам (параметрична ідентифікація).

3. Розроблено метод та алгоритм імітаційного моделювання електрокардіосигналу під впливом дозованого фізичного навантаження, що уможливорює процедуру реалізації імітаційної моделі електрокардіосигналу у вигляді програмного забезпечення.

4. Розроблено програмне забезпечення із графічним інтерфейсом користувача для точної імітації електрокардіосигналів під впливом дозованого фізичного навантаження по відношенню до емпіричних сигналів з метою тестування алгоритмів роботи комп'ютерних автоматизованих кардіодіагностичних систем.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Осадчук М. Імітаційне моделювання електрокардіосигналу під впливом дозованих фізичних навантажень / Осадчук М. // Збірник тез X Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 25-26 квітня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 1. — С. 257–258. — (Секція: Радіоелектронні біотехнічні системи).

2. Осадчук М. Імітаційна модель електрокардіосигналу / М.Осадчук, Р.Бійчук, М. Хвостівський // Матеріали XX наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 травня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 133-134. — (Імовірнісні моделі біофізичних сигналів і полів та обчислювальні методи і засоби їх ідентифікації, приладобудування).

АНОТАЦІЯ

Осадчук Михайло Іванович. Імітаційне моделювання електрокардіосигналу під впливом дозованих фізичних навантажень. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія», Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

В дипломній роботі магістра розроблено комп'ютерну імітаційну модель електрокардіосигналу під впливом дозованих фізичних навантажень. У дипломній роботі вперше розроблено імітаційну модель електрокардіосигналу у вигляді імпульсного періодично корельованого випадкового процесу, а саме в межах періоду у вигляді суми продовжених по часовій осі хвиль електрокардіосигналу, а із врахуванням зміни періоду – у вигляді суми продовжених по всій часовій осі k -их періодів електрокардіосигналів.

Розроблена модель дає змогу по відомих медичних параметрах моделювати сигнали патологій і норм із високою вірогідністю відтворення і врахуванням у собі поєднання властивостей повторності із випадковості.

Ключові слова: Електрокардіосигнал, дозоване фізичне навантаження, математична модель, імітаційна модель, моделювання.

ANNOTATION

Osadchuk Myhailo. Simulation modeling of electrocardiosignal under the influence of metered physical loads. - The manuscript.

Master's diplom work on specialty 163 «Biomedical Engineering», Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2018.

In the thesis of the master the computer simulation model of the electrocardiosignal under the influence of metered physical loads was developed. In the thesis the simulation model of the electrocardiosignal in the form of a pulse periodically correlated random process was developed for the first time, namely within the period in the form of the sum of the continuations in the time axis of the waves of the electrocardiosignal, and, taking into account the change of the period, in the form of the sum of the continuations of the electrocardiosignal throughout the time axis of k -th periods.

The developed model makes it possible to simulate signals of pathologies and norms with known probability of reproduction according to known medical parameters and taking into account a combination of repeatability properties from randomness.

Keywords: electrocardiosignal, dosed physical loads, mathematical model, simulation model, modeling.