

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

**Самолук Назарій Іванович**

*УДК 612.17+519.688*

**МЕТОД СИНТЕЗУ ШТУЧНИХ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ ДЛЯ  
ЗАДАЧІ ТЕСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІВ**

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 кафедри біотехнічних систем  
**Дедів Леонід Євгенович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

**Рецензент:**

Захист відбудеться 28 грудня 2018 р. о 10<sup>00</sup> 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.** Сучасний етап розвитку електрокардіографії характеризується широким застосуванням цифрових електрокардіографів із вбудованими алгоритмами автоматичної обробки, аналізу та інтерпретації електрокардіограм (ЕКГ). Однак, сучасні алгоритми все ще не забезпечують необхідну достовірність результатів діагностики. Очевидно, що при виробництві цифрових електрокардіографів, створенні алгоритмів обробки та аналізу ЕКГ необхідно проводити їх ретельне тестування для оцінки достовірності розпізнавання інформативних фрагментів сигналу, точності вимірювання діагностичних ознак, зосереджених на цих фрагментах, а також ряду інших показників. Лише після такої перевірки комп'ютерний алгоритм може бути рекомендований до використання в медичній практиці.

Діючі стандарти із метрологічної повірки та тестування електрокардіографів, зокрема ДСТУ 19989-93 та розроблений Міжнародною Електротехнічною Комісією (МЕК) документ стандарту на сучасні електрокардіографи, рекомендують методи випробувань, які базуються на тестових сигналах, що імітують електричну активність серця. В якості тестових сигналів застосовують заздалегідь класифіковані реальні або синтезовані електрокардіосигнали, які формуються як послідовність оцифрованих дискретних значень і відтворюються за допомогою імітаторів ЕКС.

Існує велика кількість імітаторів ЕКС, необхідних для тестування і періодичної перевірки електрокардіографів в умовах медичних установ і виробництва. Однак, такі тестові сигнали використовуються в основному для оцінювання параметрів апаратної частини електрокардіографів та мають обмежені можливості щодо тестування алгоритмів опрацювання реальних ЕКС і достовірності прийнятих діагностичних рішень.

Тому для побудови та оцінювання якості таких алгоритмів, забезпечення перевірки характеристик цифрових електрокардіографів, необхідним є обґрунтування способу математичного опису та розроблення методів синтезу штучних ЕКГ реалістичної форми із заданими амплітудно-часовими параметрами інформативних фрагментів, що надають можливість імітувати широке коло нормальних та патологічних станів серцево-судинної системи.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є розроблення методу синтезу штучних електрокардіограм для задачі тестування електрокардіографів. Для цього необхідно вирішити наступні задачі:

1. провести аналіз літературних джерел за тематикою дослідження;
2. провести аналіз відомих методів та засобів тестування електрокардіографів;
3. провести аналіз структури кардіосигналу з метою формування вимог до системи імітації таких сигналів в стані норми та патології;
4. розробити алгоритм імітації тестових ЕКС;
5. оцінка ефективності розробленого алгоритму синтезу тестових ЕКС.

**Об'єкт дослідження.** Процес імітаційного моделювання електрокардіографічного сигналу

**Предмет дослідження.** Імітаційна модель електрокардіографічного сигналу  
**Практична цінність одержаних результатів.**

Запропонована імітаційна модель може бути використана при побудові імітаторів ЕКС в стані норми та із ознаками патології.

**Апробація результатів.** За матеріалами кваліфікаційної роботи магістра опубліковано тези доповідей на VII міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» ТНТУ ім. І. Пулюя, 2018 рік.

**Структура та обсяг.** Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 109 сторінках, списку використаних джерел з 26 назв на 3 сторінках, додатків на 3 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 116 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** 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 і семінарах.

У **першому розділі** «Побудова і методи випробувань сучасних цифрових електрокардіографів» проведено аналіз методу електрокардіографії та параметрів сучасних електрокардіографів, як засобів для відбору та автоматизованого аналізу електрокардіосигналів.

Розглянуто задачу тестування сучасних цифрових електрокардіографів, параметри, які підлягають метрологічній повірці та методики їх оцінювання.

Проаналізовано структуру та принципи функціонування комп'ютерних імітаторів ЕКС та встановлено, що вони придатні для тестування технічних параметрів електрокардіографів, однак мають обмежені можливості щодо тестування програмного забезпечення автоматизованого опрацювання ЕКС та оцінювання достовірності результатів такого опрацювання, оскільки не придатні для імітації ЕКС в стані норми та патології.

У **другому розділі** «Огляд відомих способів синтезу тестових електрокардіосигналів» розглянуто опис багатоканальних електрокардіосигналів за допомогою набору координатних систем та проаналізовано можливості застосування такого способу до задачі синтезу тестових ЕКС.

Проаналізовано різні методики обчислення параметрів елементів електрокардіосигналів та оцінено процес оптимізації алгоритму синтезу тестових електрокардіосигналів за обчислювальними ресурсами мікроконтролера

У **третьому розділі** «Методика оцінювання технічних параметрів електрокардіографів» виходячи із вимог діючих стандартів запропоновано та наведено загальний опис методики оцінки амплітудно-частотних характеристик багатоканальних цифрових електрокардіографів та методів оцінювання спектральної густини потужності сигналу.

У **четвертому розділі** «Метод імітаційного моделювання електрокардіосигналів» проаналізовано задачу та етапи побудови імітаційної моделі

ЕКС і побудовано імітаційну модель у вигляді суміші синусоїд із зниканнями на характерних часових рівнях.

Побудовано модель ЕКС у вигляді суміші синусоїд із експоненційними зниканнями на характерних часових рівнях.

Встановлено, що в часовій області зімітований сигнал практично повністю співпадає із реальним.

Відповідно до результатів проведеного спектрального аналізу реального та зімітованого сигналу ЕКС встановлено, що результати імітації практично повністю співпадають із параметрами реальних ЕКС. При цьому, змінюючи часові чи частотні параметри зімітованого ЕКС можна синтезувати сигнали із ознаками патологічних станів, наприклад аритмії чи ознаки появи епізодів ішемії. Застосовуючи ці сигнали для тестування електрокардіографів можна проводити оцінювання їх точності та достовірності прийнятих діагностичних рішень

**У п'ятому розділі** «Спеціальна частина» описано методику проведення медико-біологічних досліджень та проведено обґрунтування вибору УДК на пряму наукового дослідження.

**У шостому розділі** «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 42147,2 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється 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 сьомому розділі** «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто вимоги охорони праці під час роботи з електрокардіографом трьохканальним ЮКАРД-100. Законодавчі та нормативні акти з безпеки життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях, надзвичайні екологічні ситуації та екологічний ризик та засоби індивідуального захисту.

**У восьмому розділі** «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, шкідливий вплив на довкілля при виготовленні електрокардіографічних систем, заходи охорони довкілля при виготовленні електрокардіографічних систем.

## ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень було отримано наступні результати:

1. Проаналізовано відомі методи та засоби тестування ЕК, та визначено оптимальні за простотою генерування та об'ємом пам'яті.

2. На базі структури кардіосигналу виділено характерні елементи для побудови тестового сигналу.

3. Розроблено методи генерування ЕКС за допомогою детермінованих функцій та числових значень кардіоциклу.

4. З використанням програмних засобів MATLAB оцінено ефективність розробленого алгоритму синтезу тестових ЕКС у вигляді суміші синусоїд із

зниканнями на характерних часових рівнях. При цьому використано методи спектрального оцінювання. Встановлено, що результати імітації практично повністю співпадають із параметрами реальних ЕКС. При цьому, змінюючи часові чи частотні параметри зімітованого ЕКС можна синтезувати сигнали із ознаками патологічних станів, наприклад аритмії чи ознаки появи епізодів ішемії. Застосовуючи ці сигнали для тестування електрокардіографів можна проводити оцінювання їх точності та достовірності прийнятих діагностичних рішень

## ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Самолук Н.І. Оцінювання стану серцево-судинної системи людини на основі аналізу добового серцевого ритму / В.М. Хвесик, Н.І. Самолук, М.А. Горбань, Л.Є. Дедів // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 28-29 листопада 2018 року. – Т2.: ТНТУ, 2018. – С. 187.

## АНОТАЦІЯ

Самолук Н.І. Метод синтезу штучних електрокардіограм для задачі тестування електрокардіографів. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університети імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено розробленню методу синтезу електрокардіосигналів, що дозволяє моделювати ЕКС з нормальним ритмом та з патологічними формами. ЕКС подано у вигляді полі гармонічного сигналу, що є сумішшю синусоїд з експоненційним зниканням на характерних часових рівнях.

Розроблено методику визначення АЧХ цифрових багатоканальних електрокардіографів. Ця методика базується на оцінці частотних спектрів потужності, вихідних даних цифрових електрокардіографів, які одержують при подачі на їхні входи тестових ПВС, що синтезуються імітатором. Застосування цієї методики знижує трудомісткість визначення АЧХ електрокардіографів і одночасно підвищує їхню точність і інформативність.

На підставі аналізу стандартів для електрокардіографів сформульовано вимоги до апаратури, що необхідна для тестування сучасних електрокардіографів.

Ключові слова: електрокардіосигнал, цифрова обробка сигналів, імітаційна модель.

## ANNOTATION

Babiy O.I. The voice signals simulation model for the sound correcting systems testing Samoluk N.I. Method of synthesizing artificial electrocardiograms for the task of

testing electrocardiographs. - Manuscript. Qualifying Work, Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil, 2018.

The qualification work is devoted to the development of the method of synthesizing electrocardiosignals, which allows to simulate EKS with normal rhythm and with pathological forms. The EKS is presented as a field of a harmonic signal, which is a sine wave mixture with exponential curvature at characteristic time levels.

The method of determining the frequency response of digital multichannel electrocardiographs is developed. This technique is based on the estimation of frequency spectra of power, the initial data of digital electrocardiograms, which are obtained when feeding on their inputs of test PVA, synthesized by the simulator. The application of this technique reduces the complexity of determining the frequency response of electrocardiographs and simultaneously increases their accuracy and informative.

Based on the analysis of standards for electrocardiographers, the requirements for the equipment necessary for the testing of modern electrocardiographs are formulated.

Keywords: electrocardiogram, digital signal processing, simulation model.