



МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

ISSN 2073-7378

ЗБІРНИК наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил

Щоквартальне
наукове видання

1 (50) 2017

Заснований
у квітні 2005 року

Відображені наукові досягнення у військовій та технічній галузях та їх впровадження у Збройних Силах України. Збірник призначений для наукових працівників, викладачів, докторантів, ад'юнктів, аспірантів, а також курсантів та студентів старших курсів відповідних спеціальностей

Засновник і видавець:
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

61023, м. Харків-23,
вул. Сумська, 77/79, НЦ ПС

Телефон:
+38 (057) 704-91-97
+38 (067) 998-02-70

Е-mail редакції:
red@hups.mil.gov.ua
red.hnups@gmail.com

Інформаційний сайт:
www.hups.mil.gov.ua

ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ: АЕРОДИНАМІКА, СИЛОВІ УСТАНОВКИ,
ОБЛАДНАННЯ ТА ОЗБРОЄННЯ

ЗВ'ЯЗОК, РАДІОТЕХНІКА, РАДІОЛОКАЦІЯ,
АКУСТИКА ТА НАВІГАЦІЯ

КІБЕРНЕТИКА ТА СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

МЕХАНІКА, МАШИНОЗНАВСТВО
ТА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

МЕТРОЛОГІЯ ТА ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ
ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

ЕКОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ

ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ

ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

ОХОРОНА ПРАВОПОРЯДКУ

Харків • 2017

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

Васюта Костянтин Станіславович (д-р техн. наук проф., ХНУПС).

Заступник головного редактора:

Ярош Сергій Петрович (д-р військ. наук проф., ХНУПС).

Члени редакційної колегії:

Василець Віталій Олексійович (д-р техн. наук с.н.с., ХНУПС);
Городнов В'ячеслав Петрович (д-р військ. наук проф., ХНУПС);
Деденок Віктор Петрович (д-р техн. наук проф., ХНУПС);
Дробаха Григорій Андрійович (д-р військ. наук проф., ХНУПС);
Єрмошин Михайло Олександрович (д-р військ. наук проф., ХНУПС);
Калкаманов Салім Аюпович (д-р техн. наук проф., ХНУПС);
Кобзев Анатолій Васильович (д-р техн. наук проф., ХНУПС);
Корнієнко Леонід Григорович (д-р техн. наук проф., ХНУПС);
Пацек Богуслав (д-р військ. наук проф., Університет Яна Кохановського, Польща);
Романенко Ігор Олександрович (д-р техн. наук проф., ЦНДІ ОВТ ЗС України);
Рубан Ігор Вікторович (д-р техн. наук проф., ХНУРЕ);
Сотніков Олександр Михайлович (д-р техн. наук проф., ХНУПС);
Стасєв Юрій Володимирович (д-р техн. наук проф., ХНУПС);
Сухаревський Олег Іллч (д-р техн. наук проф., ХНУПС);
Худов Геннадій Володимирович (д-р техн. наук проф., ХНУПС);
Чачкіані Арчіл (канд. військ. наук, Національна академія оборони Грузії);
Шарий Володимир Іванович (д-р військ. наук проф., НУО України);
Шмаков Олександр Миколайович (д-р військ. наук проф., ХНУПС).

Відповідальний секретар:

Тристан Андрій Вікторович (канд. техн. наук с.н.с., ХНУПС).

*Затверджений до друку вченою радою Харківського національного
університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(протокол від 28 лютого 2017 року № 4)*

*Занесений до "Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися
результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук"
(технічні та військові науки), затверджено наказом Міністерства освіти і науки України
від 22.12.2016 № 1604*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
КВ № 22360 – 12260ПР від 10.10.2016 р.*

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор

Інформаційний сайт видання: www.hups.mil.gov.ua.

Реферативна інформація зберігається у загальнодержавній реферативній базі даних „Україніка наукова” та публікується у відповідних тематичних серіях УРЖ „Джерело”.

Видання індексується міжнародними бібліометричними та наукометричними базами даних:

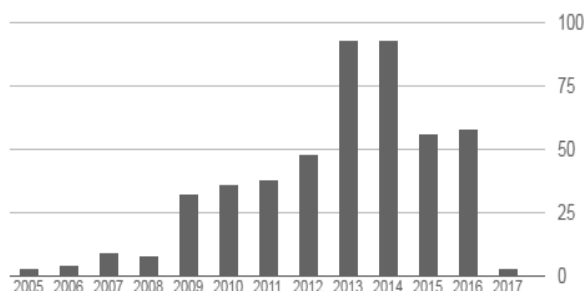
Academic Resource Index (EC), Google Scholar (США), Scientific Indexed Service (США), Index Copernicus (Польща), Open Academic Journals Index (EC), General Impact Factor (EC).

Наукометричні показники:

ICV (Index Copernicus Value) = 57.31

Google Scholar: «quotation» = 503 / індекс Хірша h = 8 / індекс i10 = 5.

Розподіл «quotation» (Google Scholar)



З М І С Т

ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ: АЕРОДИНАМІКА, СИЛОВІ УСТАНОВКИ, ОБЛАДНАННЯ, ОЗБРОЄННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

**Башинский В.Г., Денисов А.И.,
Бурсала Е.А., Шаповалов О.Л.**
Матрицы возможных состояний автономного
инвертора напряжения в системе запуска
газотурбинного двигателя военно-транспортного
самолета 6

Поляков А.П., Миронюк М.Ю., Куренко О.Б.
Розробка методики досліджень впливу
регульованих параметрів паливної апаратури
на показники паливного насоса високого тиску
ЯЗТА-238 транспортних засобів аеродромно-
технічного обслуговування літальних апаратів 12

ЗВ'ЯЗОК, РАДІОТЕХНІКА, РАДІОЛОКАЦІЯ, АКУСТИКА ТА НАВІГАЦІЯ

**Пічугін М.Ф., Карлов Д.В., Клімішен О.О.,
Пічугін І.М., Воловодюк А.С.**
Аналіз системи показників якості планування
космічного радіолокаційного спостереження 17

**Батурін О.В., Левагін Г.А.,
Коломійцев О.В., Рябоконт Е.О.**
Статистичні характеристики вісесиметричних
антен (engl.) 21

**Кувшинов О.В., Шишацький А.В.,
Лютов В.В., Жук О.Г.**
Аналіз шляхів підвищення скритності
широкосмугових систем військового радіозв'язку 24

**Рисаков М.Д., Костенко І.Л.,
Тітов І.В., Карєв В.Г., Рот С.М.**
Оцінка ймовірності супроводження повітряних
суден в зонах нормованих відхилень
за допомогою радіомаякових систем посадки 29

Штомпель Н.А.
Тенденции развития методов помехоустойчивого
кодирования информации в телекоммуникациях 35

КІБЕРНЕТИКА ТА СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

Иванец Г.В.
Один из методов оценивания
периодической составляющей любой формы
случайного процесса при произвольной длине
реализации измеряемого параметра 38

Ивашков Ю.Б., Залож В.В.
Аналіз факторів, які визначають порядок
функціонування Державної прикордонної служби
України в умовах особливого періоду 42

Кубявка М.Б., Тесля Ю.М., Кубявка Л.Б.
Рефлекторний метод управління інформаційним
супроводженням військ (сил) 48

**Данилов Ю.А., Обидин Д.Н.,
Тимошко А.А., Бердник П.Г.**
Пути построения квазиоптимальных алгоритмов
сопровождения траекторий воздушных объектов с
учетом их возможного неразрешения 54

Олізаренко С.А.
Розробка функціональної моделі процесу
створення бази знань про розпізнавання
об'єктів і дій противника на основі
нейромереж та нечіткої логіки 58

C O N T E N T S

AIRCRAFT: AERODYNAMICS, POWERPLANTS, EQUIPMENT AND ARMAMENT

**Bashinsky V., Denisov A.,
Bursala E., Shapovalov O.**
Matrix state passable
of autonomous inverter
the gas turbine engine start
system military transport aircraft 6

Polyakov A., Mironyuk N., Kurenko A.
The development of methods for studying the effect
of adjusting the parameters of the fuel equipment in
the performance of the fuel pump of high
pressure YAZTA-238 vehicles aviation ground
support of aircraft 12

COMMUNICATION, RADIO ENGINEERING, RADAR, ACOUSTICS AND NAVIGATION

**Pichugin M.F., Karlov D.V., Klimishen O.O.,
Pichugin I.M., Volovoduk A.S.**
Analysis of system indexes quality of planning space
radio-location supervision 17

**Baturin O., Levagin G.,
Kolomytsev O., Ryabokon E.**
The statistical characteristics of axial-symmetric
antennas 21

**Kuvshinov A., Shishatskiy A.,
Lutov V., Zhuk O.**
Analysis of ways to enhance stealth broadband
systems military radio 24

**Rysakov N.D., Kostenko I.L.,
Titov I.V., Karev V.G., Rot S.N.**
Estimation of probability of accompaniment of air
courts in areas of the rationed rejections by
radiolighthouse systems of landing 29

Shtompel M.
Development trends of methods of error-correcting
coding information in telecommunications 35

CYBERNETICS AND SYSTEM ANALYSIS

Ivanets G.
One method periodic evaluation component any form
of random processes
in arbitrary length implementation
measured parameters 38

Ivashkov Yu., Zalozh V.
Analysis of factors of identification procedures
of the functioning of the State border office
of Ukraine in the conditions of the special period 42

Kubyavka N., Tesya Yu., Kubyavka L.
The reflexive method of management of information
support of troops (forces) 48

**Danilov Yu., Obidin D.,
Timochko A., Berdnik P.**
Ways of construction of quasi-top algorithms of
support of trajectories of air objects with the account
of their possible non-resolution 54

Olizarenko S.
Development of the functional model of the process
of creating a knowledge base on the recognition
of objects and enemy actions based on neural
networks and fuzzy logic 58

**МЕХАНІКА, МАШИНОЗНАВСТВО
ТА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

Вишневіський О.А., Давыдов А.С. Моделирование процесса изнашивания металлов незакрепленным абразивом	63
Звонко А.А., Сокіл М.Б., Нанівський Р.А., Дзюба А.О. Резонансні коливання підресореної частини спеціалізованих напівпричепів із модернізованою системою їх зчеплення з тягачем	68
Крайник Л.В., Грубель М.Г. Концепція самохідних артилерійських систем нової генерації	74
Мазін С.П., Мазін О.С., Франков В.М., Пархомчук О.В. Дослідження можливості використання електромеханічних підсилувачів кермового приводу на військових автомобілях	81
Мазін С.П., Страшний І.Л., Цебрюк І.В. Пропозиції щодо вдосконалення конструкції роздавальної коробки автомобіля військового призначення	85
Михалевич Н.Г., Сильченко Н.Н. Теоретические исследования рабочих процессов в механизме переключения передач	88
Мірошніков В.Ю. Друга основна задача теорії пружності в просторі з декількома паралельними круговими циліндричними порожнинами	92
Сильченко В.О. Процес регулювання стабілізації світла фар на транспортному засобі	97

**МЕТРОЛОГІЯ
ТА ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА**

Білоконь О.В., Полянська А.Д., Науменко А.М. Аналіз динамічних похибок контактних термометрів	101
Калініна М.М., Науменко А.М., Ольшевський І.П. Аналіз методів побудови тонкоплівкових тензоперетворювачів	105
Сакович Л.Н., Аркушенко П.Л., Ходыч А.В. Формирование требований к средствам измерений диагностических параметров аппаратной связи при техническом обслуживании и текущем ремонте	108
Чумак Б.О., Бархударян М.В., Лященко Р.В. Інформаційно-вимірвальне забезпечення перспективного полігону ЗРВ	112
Шенгур С.В., Дергунов О.В., Кучерак Р.Я., Кваша О.М. Вимірвальний канал частоти серцевих скорочень	115

**МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ
ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ**

Куртов А.І., Полікашин О.В., Потіхенський А.І., Александров В.М. Експертні оцінки. Метод «Делфі» як технологія прийняття управлінських рішень	118
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

**MECHANICS, CONSTRUCTION
AND ELECTRICITY SUPPLY SYSTEM**

Vishnevskii O., Davydov A. Modeling of metal wear process is not fixed abrasive	63
Zvonko A., Sokil M., Nanivskuu R., Dzuba A. Resonans vibrations of specialized semi-trailers with the upgraded system and their coupling with the towing vehicle	68
Krainik L., Hrubel M. Concept of new generation self propelled artillery systems	74
Mazin S., Mazin A., Frankov V., Parkhomchuk A. Research of possibility of the use of electromechanics strengtheners of steering drive on military vehicle	81
Mazin S., Strashnyi I., Tsebryuk I. Proposals to improve the design of military vehicle transfer case	85
Mikhalevich N., Silchenko N. Theoretical research of working process in the gearshift	88
Miroshnikov V. Second basic problem of the theory of elasticity in a space with multiple parallel circular cylindrical poles	92
Sylchenko V. The process of adjusting stabilization of headlamps of the vehicle	97

**METROLOGY
AND MEASURING EQUIPMENT**

Bilokon O., Polianska A., Naumenko A. Analysis of dynamic errors of contact thermometers	101
Kalinina M., Naumenko A., Olshevsky I. Analysis of methods of device of thin-film tensioreformer	105
Sakovych L., Arkushenko P., Khodych A. Formation of requirements to measuring diagnostic parameters of the communication equipment for maintenance and current repair	108
Chumak B., Burkhudaryan M., Lyaschenko R. Informatively-measuring support of perspective anti-aircraft missile testing ground	112
Shengur S., Dergunov O., Kucharak R., Kvasha O. The measuring channel of heart rate	115

**SIMULATION THEORY IN ECONOMICS
AND PROJECT MANAGEMENT**

Kurtov A., Polikashin A., Potihenskij A., Aleksandrov V. Expert estimations. The method of "Delfi" as the technology of managerial decision-making	118
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

ЕКОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ	ENVIRONMENTAL PROBLEMS
Гризо Д.А., Гризо В.Ю., Колеснік Д.О. Вплив торгівельно-роздрібних підприємств на забруднення міської території відходами пакування та пропозиції щодо його зменшення 123	Gryzo D., Gryzo V., Kolesnik D. Effect of commerce and retail enterprises on the pollution of urban areas with waste packaging and proposals for its reduction 123
Матвєєва О.Л., Бовсунівський С.О., Рябчевський О.В. Застосування відходів АГДС обробки елементів авіаційної техніки в процесах очищення гальванічних стоків авіапідприємств 128	Matvyeyeva O., Bovsunovskyy E., Ryabchevskyy O. Application of the wastes of aircrafts metal surfaces AGDS process in the processes of aviation facilities galvanic wastewaters treatment 128
ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ	HISTORICAL ISSUES
Квітківський Ю.В. Атрибуція воїна-вершника, зображеного на гравюрі Альбрехта Дюрера «Лицар, Смерть і Диявол» 133	Kvitkovsky Yu. Attribution of the soldier-warrior depicted on the engraving of Albrecht Dürer «Knight, Death and Devil» 133
ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	EMERGENCY PREVENTION AND MITIGATION
Писарєв А.В., Лазутський А.Ф., Тузіков С.А. Особливості дезактивації продуктів харчування при забрудненні радіоактивними речовинами при аваріях на радіаційно-небезпечних об'єктах 143	Pisarev A., Lazutskiy A., Tuzikov S. Features of decontamination of food stuffs at contamination radio-active matters at failures on radiation-dangerous objects 143
Галак О.В., Каракуркчі Г.В., Кошкарів Ю.Ю. Підвищення ефективності роботи фільтровентиляційних установок на броньованих типах Т-64 147	Galak A., Karakurkchi A., Koshkarov Yu. Improving the efficiency of filtration units of the armored vehicles T-64 147
ОХОРОНА ПРАВОПОРЯДКУ	LAW ENFORCEMENT
Власюк В.В. Методика оцінювання впливу повноти та своєчасності матеріального забезпечення на здатність виконання необхідного обсягу служби частинами (підрозділами) Національної гвардії України в особливий період 151	Vlasyuk V.V. Impact assessment methods of timeliness and completeness of material support onto ability to perform necessary service volume by Ukrainian National guard units (subunits) in a special period 151
Горєлишев С.А., Юр'єва Н.В. Психодіагностичний комплекс для визначення рівня психологічної готовності до ризику у військовослужбовців Національної Гвардії України 161	Horielyshev S., Yurieva N. Psychodiagnostic complex of determining the level of psychological preparedness of national guards of National Guards of Ukraine to risk 161
Минько О.В., Белай С.В., Башкатов Є.Г. Теоретико-методологічний аспект значення інформованості особового складу під час виконання завдань з забезпечення державної безпеки 166	Mynko O., Bielai S., Bashkatov E. Theoretical and methodological aspects of the significance of awareness of personal during performance of state security tasks 166
Небога О.В., Мірошников О.П., Ковтонюк Д.О., Афанасьєв В.В. Удосконалення методики моделювання виконання розвідувальних і розвідувально-бойових завдань підрозділами бригади оперативного призначення Національної гвардії України у антитерористичній операції 171	Neboha O., Miroshnikov O., Kovtoniuk D., Afanasiev V. Improvement of the simulation technique of the intelligence and reconnaissance missions performance by the tactical brigade units of the National guard of Ukraine in the counter-terrorism operation 171
Павленко С.О. Методика оцінювання впливу фінансового забезпечення на здатність військової частини Національної Гвардії України виконати максимально можливий обсяг служби за призначенням в мирний час 175	Pavlenko S. The method assessing impact financial security for ability the military unit of the National Guard of Ukraine to perform maximum volume service in peacetime 175
Інформація 185	Information 185
Наші автори 190	Authors 190
Алфавітний покажчик 193	Alphabetical index 193

УДК 681:004.9

С.В. Шенгур, О.В. Дергунов, Р.Я. Кучерак, О.М. Кваша

Національний авіаційний університет, Київ

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КАНАЛ ЧАСТОТИ СЕРЦЕВИХ СКОРОЧЕНЬ

Наведено приклад реалізації вимірювального каналу частоти серцевих скорочень. Поданий опис структурної схеми та принципова схема окремого функціонального вузла – пристрою узгодження сигналів датчика. Показані етапи перетворення вхідного сигналу вимірювальної інформації.

Ключові слова: вимірювальний канал, частота серцевих скорочень, аналоговий сигнал, аналоговий фільтр, обробка сигналів, фотоплетизмографія.

Вступ

Постановка задачі та аналіз досліджень і публікацій. Задача вивчення варіабельності серцевого ритму сформувався ще у другій половині минулого століття та є актуальною дотепер. Варіабельність серцевого ритму відображає роботу серцево-судинної системи та є показником ефективності її взаємодії з іншими системами організму під впливом змін зовнішніх факторів [1]. Поширеним методом оцінювання варіабельності серцевого ритму є визначення шляхом прямих вимірювань миттєвих значень частоти серцевих скорочень (ЧСС) упродовж тривалого інтервалу часу для накопичення статистичної інформації.

Мета дослідження ЧСС – дати характеристику періодичним коливанням об'єму кровоносних судин, пов'язаних з динамікою їх кровонаповнення та тиску упродовж одного серцевого циклу [1–2].

Дослідження ЧСС є актуальною задачею у медицині – для оцінки психофізіологічного стану людини та у фізичній культурі – для визначення фактичної та розрахунку оптимальної інтенсивності фізичного навантаження [2].

Мета роботи. Технічна задача полягає у розробці прототипу пристрою вимірювання частоти серцевих скорочень та його випробуванні шляхом порівняння показів розробленого пристрою із показами медичних та спортивних пульсометрів.

Виклад основного матеріалу

Для відбору вимірювальної інформації обраний метод фотоплетизмографії [3], який базується на вимірюванні оптичної щільності та являє собою безперервну графічну реєстрацію змін об'єму судин, що відображає динаміку їх кровонаповнення. Носієм вимірювальної інформації є сигнал, який відображає зміну яскравості світла, відбитого від шкіри, в результаті змін фіксованих компонентів – структури шкіри, та мобільних – кров. На фотоплетизмограмах (рис. 1) реєструються хвилі I, II, та III порядку [4].

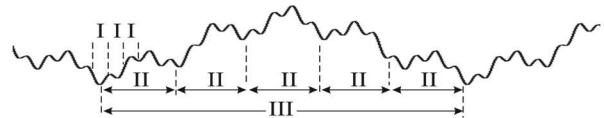


Рис. 1. Загальний вигляд фотоплетизмограми.

Хвилі I порядку відносять до швидких та співвідносяться з частотою серцевих скорочень. Вони відображають рух крові у точці вимірювання під час систоли – скорочення серцевого м'язу – та діастолі – його розслаблення. Хвилі II порядку співпадають з дихальними хвилями, а хвилі III порядку мають період декількох дихальних хвиль.

Задача полягає у динамічному виділенні та реєстрації частоти хвилі I порядку.

З метою вирішення поставленої задачі побудований послідовний вимірювальний канал, узагальнена структура якого наведена на рис. 2.

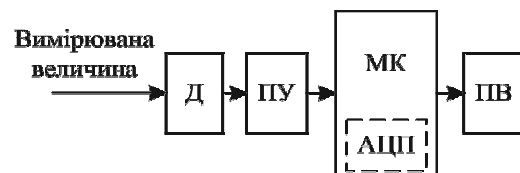


Рис. 2. Структура вимірювального каналу
Д – датчик; ПУ – пристрій узгодження;
АЦП – аналого-цифровий перетворювач;
МК – мікроконтролер;
ПВ – пристрій виведення інформації

Нижче наведений опис структурних компонент вимірювального каналу ЧСС. Як датчик використано оптопару TCRT1000 – екранований оптичний датчик рефлекторного типу. До його складу входять інфрачервоний світлодіод та фототранзистор, виконані в одному корпусі і конструктивно розташовані по одній стороні (рис. 3).

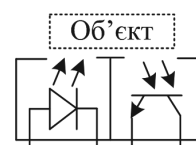


Рис. 3. Схематичне зображення оптичного датчика рефлекторного типу

Датчик такого типу дозволяє виявляти пульс на різних частинах тіла людини – пальці, шиї, зап'ясті. Промінь світла з інфрачервоного світлодіода засвічує досліджувану область, а відбитий сигнал сприймається фототранзистором. В залежності від об'єму крові в судині, поглинається більше або менше світ-

ла, що відповідно впливає на інтенсивність відбитого променя.

Сигнал з виходу датчика потрапляє на вхід пристрою узгодження, який представлений у вигляді аналогового фільтра (рис. 4, а).

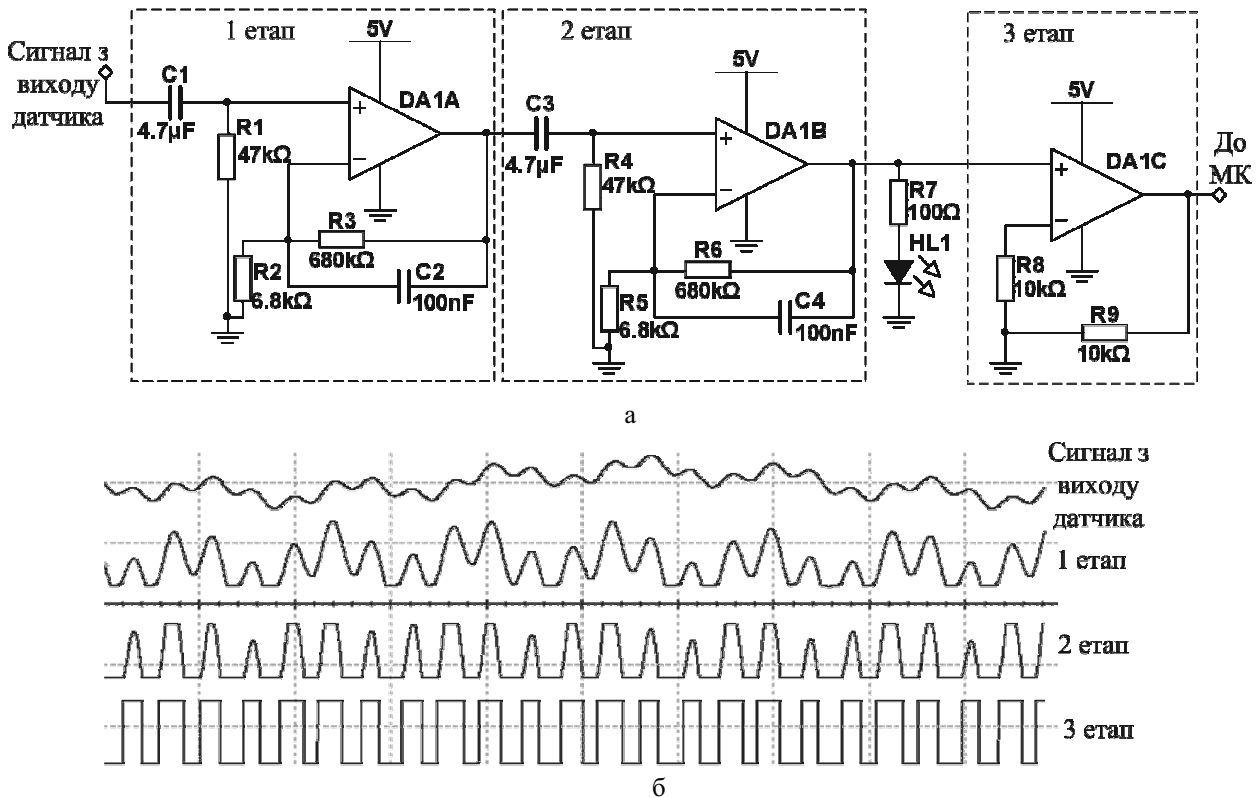


Рис. 4. Аналоговий фільтр: а – електрична принципова схема; б – перетворення сигналів

Перетворення сигналу [5] виконується у три етапи. Перший етап складається з пасивного фільтра верхніх частот (елементи C1, R1) та активного фільтра нижніх частот (елементи C2, R2-R3, DA1A). Пасивний RC-фільтр верхніх частот, розрахований на граничну частоту 0,7 Гц, призначений для пригнічення низькочастотних хвиль II і III порядків сигналу з виходу датчика. Активний фільтр нижніх частот виконаний на чотириканальному rail-to-rail операційному підсилювачі MCP6004 та розрахований на коефіцієнт підсилення 100 і граничну частоту 2,34 Гц. Це дозволяє підсилити хвилю I порядку сигналу, яка співвідноситься з частотою серцевих скорочень, та одночасно усунути високочастотні шуми, в тому числі, мережеву заваду 50 Гц (рис. 4 б). Другий етап перетворення сигналу (елементи C3, R4 та C4, R5-R6, DA1B) функціонально дублює перший, а третій реалізований схемою неінвертуючого підсилювача з коефіцієнтом підсилення 2 (елементи R8-R9, DA1C). Така схема дозволяє забезпечити загальний коефіцієнт підсилення інформативного параметру вхідного сигналу – частоти, співвідносною з частотою серцевих скорочень, на рівні $100 \cdot 100 \cdot 2 = 20000$ та перетворення його в

імпульси 0...5 В для подальшої цифрової обробки [6]. Світлодіод HL1 спрацьовує з частотою серцебиття. На рис. 4 б показані етапи перетворення сигналу аналоговим фільтром без збереження масштабу по амплітуді.

В якості мікроконтролера використано МК ATmega2560 з тактовою частотою 16 МГц, представленого на платі Arduino Mega 2560 – відкритої програмовано-апаратної платформи [7–8]. Імпульсний сигнал з виходу пристрою узгодження надходить на цифровий вхід мікроконтролера. Алгоритм програмної обробки передбачає виконання наступних операцій:

- 1) вимірювання тривалості поточного імпульсу вхідного сигналу;
- 2) розрахунок поточного значення частоти вхідних імпульсів $f_{\text{імп}}$,
- 3) розрахунок частоти серцевих скорочень за формулою (1):

$$f_{\text{ЧСС}} = 60 \cdot f_{\text{імп}}, \quad (1)$$

- 4) повторення пп. 1-3 для 10 вхідних імпульсів з подальшим усередненням значень $f_{\text{ЧСС}}$ з метою компенсації нестабільності значень тривалості імпу-

льсів сигналу;

5) виведення розрахованого значення частоти серцевих скорочень на пристрій виведення інформації – графічний LCD дисплей Nokia 5510 з роздільною здатністю 84x48 пікселів;

6) динамічне повторення пп. 1-5 з надходженням кожного наступного імпульсу в діапазоні скануючого вікна шириною 10 імпульсів.

Наведений алгоритм дозволяє безперервно оцінювати поточне значення частоти серцевих скорочень людини протягом тривалого часу, а також накопичувати вимірювальну інформацію для подальшого моніторингу та аналізу змін її фізичного стану.

Прототип пристрою ЧСС зібраний на макетній платі та протестований методом прямого зіставлення результатів з декількома типами медичних пульсометрів, умовно прийнятих за еталонні. Вимірювання виконані для різних за інтенсивністю фізичних навантажень. Результати тестування показали відхилення одержаних значень від еталонних не більше, ніж на 5%.

Висновки

В рамках дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» розроблено прототип пристрою вимірювання частоти серцевих скорочень на основі методу фотоплетизмографії та проведено його випробування, результати якого вказують на досягнення мети роботи. В статті представлені результати проектування пристрою вимірювання ЧСС, наведено принципову схему ключового елементу його вимірювального каналу – пристрою узгодження сигналів датчика.

Позитивні результати тестування створюють передумови для подальшого розвитку проекту. Метою подальшої роботи є комп'ютерне опрацювання повного сигналу фотоплетизмограми без попереднього виділення окремих частот.

Список літератури

1. *Вариабельность сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клиническому использованию variability ритма сердца [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.HRV.ru/>.*
2. *Pulse // National Institutes of Health, Medline Plus Medical Encyclopedia, 2011 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/003399.htm>.*
3. *Фотоплетизмография и пульсовая оксиметрия. Место в практической и научной медицине / В.Г. Сальников, Н.Р. Ширинбеков, К.Ю. Красносельский, Ю.С. Александрович / Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, ФГБУЗ КБ № 122 им. Л.Г. Соколова ФМБА России [Электронный ресурс] / Режим доступа к ресурсу: <http://xn--e1afbfjsem6k.xn--p1ai/pdf/platizmografiya.pdf>.*
4. *Малиновский Е.Л. Учебно-методическое пособие по использованию пальцевой фотоплетизмографии / Е.Л. Малиновский. – [Электронный ресурс] / Режим доступа к ресурсу: http://www.tokranmed.ru/metod/fpg_analiz.htm.*
5. *Horowitz P. The Art of Electronics – 3rd edition / P. Horowitz W. Hill – NY.: Cambridge University Press, 2015.– 1192 p.*
6. *Харрис Д.М. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера: Пер. с англ. – Изд. 2-е / Д.М. Харрис, С.Л. Харрис – Нью Йорк: Издательство Morgan Kaufman, 2015. – 1662 с.: ил.*
7. *James A. Langbridge Arduino Sketches: Tools and Techniques for Programming Wizardry / James A. Langbridge – NY: Wiley, 2015. – 480 с.*
8. *Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino / У. Соммер – СПб: БХВ-Петербург, 2012. – 256 с.*

Надійшла до редколегії 17.01.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. Л.М. Щербак, Національний авіаційний університет, Київ.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

С.В. Шенгур, О.В. Дергунов, Р.Я. Кучерак, О.М. Кваша

Приведен пример реализации измерительного канала частоты сердечных сокращений. Подано описание структурной схемы и принципиальная схема отдельного функционального узла – устройства согласования сигналов датчика. Показаны этапы преобразования входного сигнала измерительной информации.

Ключевые слова: измерительный канал, частота сердечных сокращений, аналоговый сигнал, аналоговый фильтр, аналоговый фильтр, обработка сигналов, фотоплетизмография.

THE MEASURING CHANNEL OF HEART RATE

S. Shengur, O. Dergunov, R. Kucharak, O. Kvasha

The paper represents an example of the measuring channel of hart rate realization. The description of the block diagram and the schematic diagram of the single functional unit – sensor signal conditioning unit – are described. The stages of the input signal measurement data conversion are shown.

Keywords: the measuring channel, the hart rate, the analogue signal, the analogue filter, signal processing, photoplethysmography.