

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

**Шимків Денис Анатолійович**

УДК 681.785.432; 615.47

**СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РОБОТИ СЕРЦЯ НА БАЗІ ARDUINO**

Напрямок підготовки 6.0501.02 – Комп'ютерна інженерія

Автореферат  
бакалаврської роботи  
на здобуття кваліфікації бакалавра з комп'ютерної інженерії

Миколаїв – 2019

Робота виконана у Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили.

- Керівник:** кандидат технічних наук, доцент кафедри  
**Голобородько Андрій Миколайович,**  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
доцент кафедри комп'ютерної інженерії
- Рецензент:** старший викладач  
**Ніколенко Світлана Григорівна,**  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
старший викладач кафедри інтелектуальних  
інформаційних систем
- Консультант:** старший викладач  
Алексеева Анна Олександрівна,  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
старший викладач кафедри Медичного інституту

Захист відбудеться « 24 » червня 2019 р. о 10<sup>00</sup> на засіданні  
Державної екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. 2-406.

З бакалаврською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили  
за посиланням <http://chmnu.edu.ua>

Автореферат оприлюднений « 18 » червня 2019 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Щорічно величезна кількість смертей припадає на захворювання серцево-судинної системи. Причому половина з них відбувається через раптову серцеву смерть, понад 80% таких випадків починаються з аритмії серця. Серцево-судинні захворювання можуть протікати безсимптомно, при цьому часто людина може перебувати в групі ризику і навіть не підозрювати про наявність порушень.

Серед методів дослідження стану серцево-судинної системи і в якості вирішення зазначеної вище проблеми пропонується пристрій вимірювання пульсу, в якості найбільш простого і інформативного показника функціональності серця.

Найпростішим способом вимірювання пульсу в клініці й побуті є метод плетизмографії. Сам метод плетизмографії заснований на реєстрації зміни обсягів кровонаповнення органу, результатом такої реєстрації буде пульсова хвиля.

**Мета:** розробка системи моніторингу серцевого ритму на основі сенсору MAX30102 та платформи Arduino.

Для досягнення мети в бакалаврській роботі поставлені та вирішені наступні **завдання:**

- огляд основних фізичних явищ, на яких заснований метод неінвазивного вимірювання рівня сатурації киснем капілярної крові;
- опис розробки методів визначення серцевого ритму на основі отриманих фотометричних даних;
- огляд платформи Arduino;
- розробка макету проекту;
- розробка мультиплатформеного графічного інтерфейсу користувача за допомогою програмного середовища Processing;
- розробка системи повідомлень за допомогою IFTTT;

- тестування програмного забезпечення під Windows, Linux та Android операційними системами;
- розробити спеціальний розділ з охорони праці.

**Об’єкт:** процес моніторингу показників роботи серцево-судинної системи людини.

**Предмет:** обладнання для моніторингу стану людини при розладах роботи серцево-судинної системи у побутових умовах.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в створенні зручного приладу для швидкої діагностики стану серцевої системи пацієнта та аналіз цих даних за допомогою створеної програми.

**Структура та обсяг роботи.** Бакалаврська робота складається з анотації, вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 25 найменувань, трьох додатків на 26 сторінках та спеціального розділу охорони праці. Основна частина роботи становить 72 сторінок, серед яких 60 рис. та 2 табл.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано обґрунтування актуальності теми бакалаврської роботи, зазначено її важливість в житті людини, сформульовано мету та завдання дослідження, вказано практичне значення одержаних результатів, поставлені завдання, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети.

У **першому розділі** бакалаврської роботи «**Аналітичний огляд літератури пульсометрії**» досліджується історія фотоплетизмографії, призначення пульсометрів, проводиться аналіз існуючих пульсометрів та сфери їх використання.

Фотоплетизмографія (ФПГ) - це оптичний метод, який застосовується при моніторингу частоти серцевих скорочень.

Пульсоксиметрія – це неінвазивний метод вимірювання відсоткового вмісту оксигемоглобіну в артеріальній крові.

Похибки в вимірюваннях методом фотоплетизмографії можуть бути викликані різними джерелами:

- зовнішнє освітлення;
- стороннє електромагнітнє випромінювання;
- похибка, викликана низькою амплітудою ФПЗ;
- рівень гемоглобіну;
- рух пацієнта;
- якість пульсометру;
- інші похибки.

Проведений огляд теоретичних методик вимірювання пульсу показав, що метод пульсоксиметрії являється найзручнішим і найбільш підходящим для проведення неінвазивних вимірювань. Виходячи з огляду літератури було прийнято рішення розробити рефракційний пульсоксиметр (рисунок 1). Вибір припав на цей метод, тому що завдяки розташуванню світлодіоду вдається уникнути помилок, пов'язаних із зовнішнім освітленням.

У другому розділі бакалаврської роботи «**Розробка апаратної частини пульсометра**» вивчена платформа Arduino, обґрунтований вибір саме цих мікроконтролерів. Проведений огляд таких плат як Arduino Mega, Arduino Diecimila, Arduino LilyPad, Arduino Mini, Arduino Mini, Arduino Nano та Arduino Uno. В результаті огляду платформи Arduino було прийняте рішення використовувати плату Arduino Uno. Описана схема портів плати Arduino Uno, розглянуті її технічні характеристики. Крім плати Arduino Uno були підібрані інші компоненти: LCD-дисплей 16 × 2 HD44780, Bluetooth-модуль HC-06, датчик MAX30102. Описаний принцип роботи LCD-дисплею, розглянуті характеристики модулю Bluetooth та датчику MAX30102. Перед збиранням макету була використана програма Fritzing, за допомогою якої був віртуально зібраний макет (рис. 1). Також була створена принципова електрична схема.

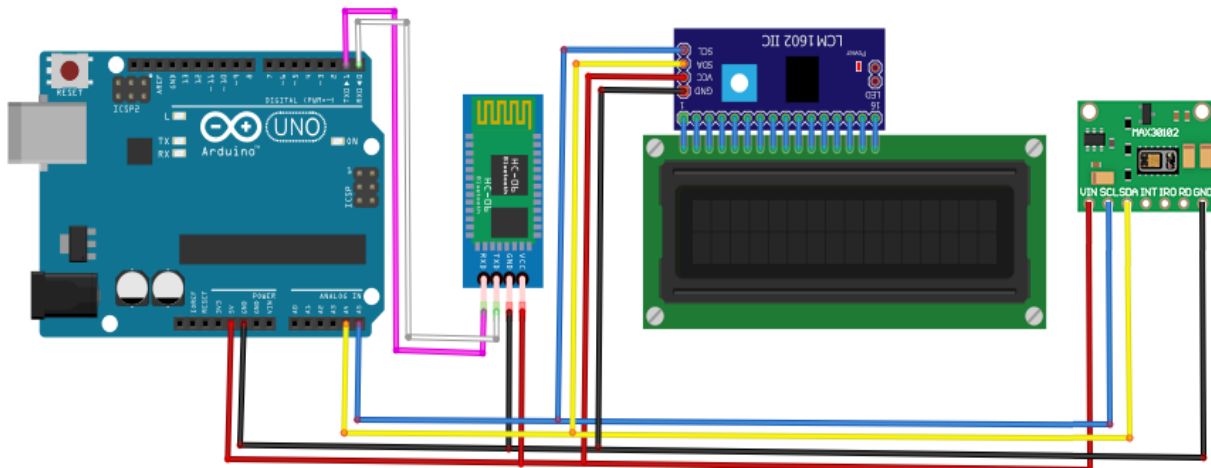


Рисунок 1 – Зібраний макет пристрою

В результаті перевірки працездатності пристрою, всі компоненти працюють правильно.

У третьому розділі бакалаврської роботи «Розробка програмної частини пульсометра» описано процес створення програмних застосунків. Розглянуті існуючі середовища розробки плати Arduino, для подальшої роботи було вибрано Arduino IDE, що дозволяє не лише завантажувати код програмного продукту, а й відстежувати дані надіслані на послідовний порт.

Розроблена блок-схема алгоритму роботи плати Arduino Uno (рис. 2).

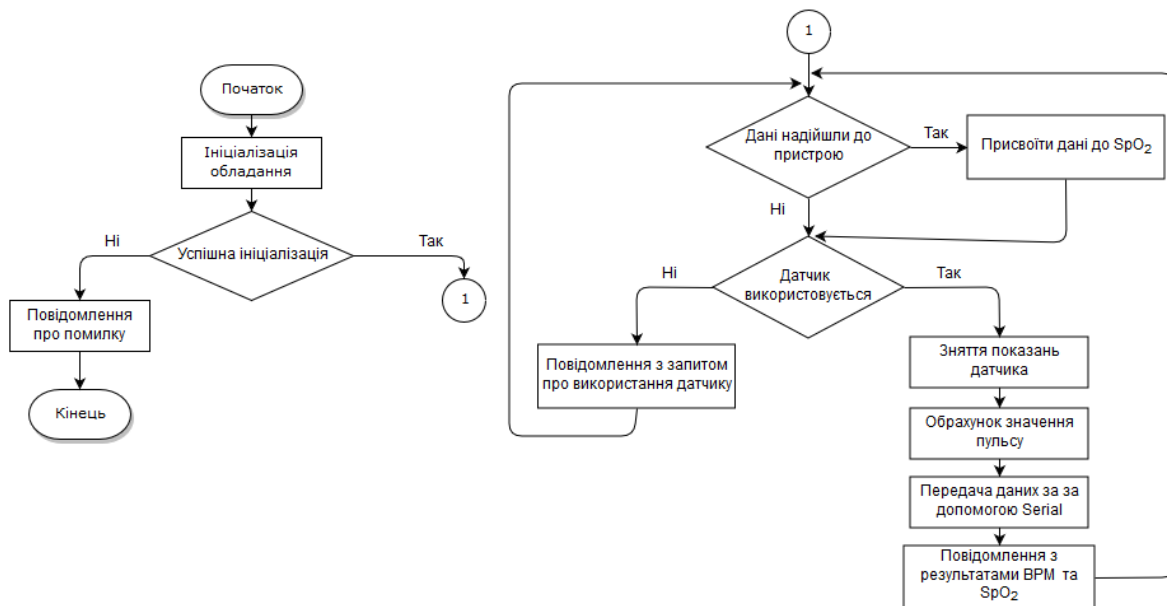


Рисунок 2 – Блок-схема роботи алгоритму для плати Arduino Uno

Розроблено, на основі блок-схеми, програмний продукт для плати Arduino Uno, що забезпечує можливість зчитування даних з датчика MAX30102, передачі даних за допомогою Bluetooth та обрахунок серцебиття. Для реалізації усіх можливостей підключено бібліотеку «Sparkfun MAX3010x», що забезпечує роботу датчика серцебиття через інтерфейс I<sup>2</sup>C.

Реалізовано інтерфейс користувача, за допомогою якого можна проводити моніторинг роботи серця, зберігати дані на сервері, обраховувати SpO<sub>2</sub>. Робота створеного застосунку протестована на різних операційних системах, таких як Windows, Linux та Android.

На рис. 3 представлений інтерфейс програми на комп'ютері під операційною системою Windows 10.

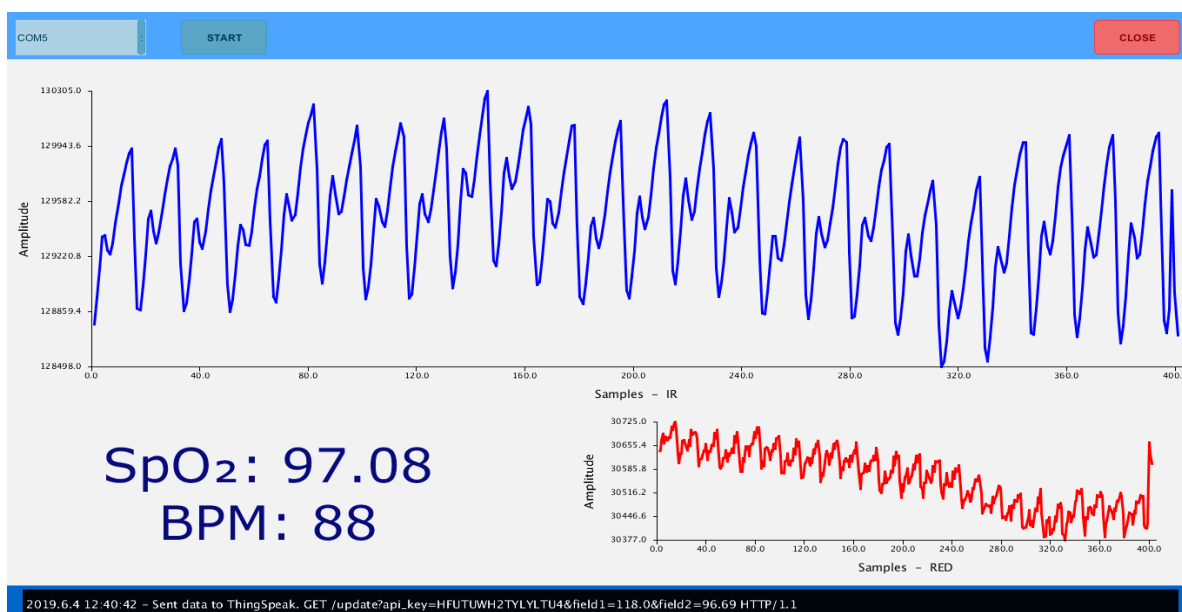


Рисунок 3 – Робота програми на ОС Windows

Також була протестована робота застосунку на операційній системі Android (рис. 4). Під час запуску на операційній системі Android спочатку з'являється меню вибору Bluetooth-точки, до якої потрібно підключитись. Після успішного підключення появляється програма, яка подібна до комп'ютерної версії, але без списку для вибору порту.

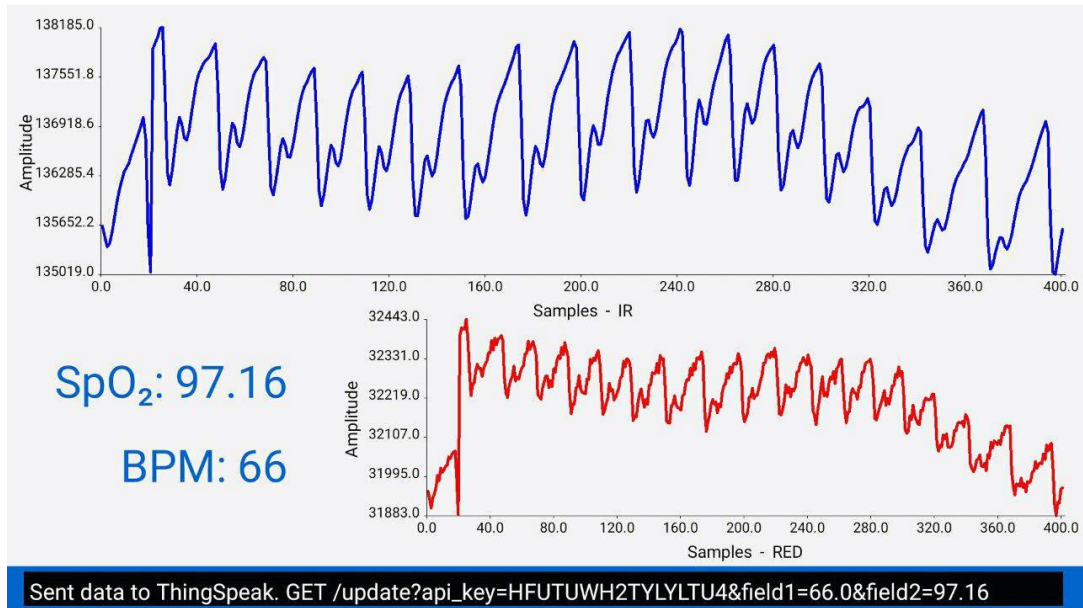
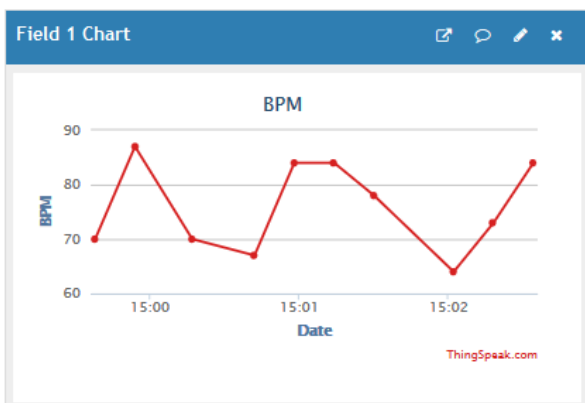


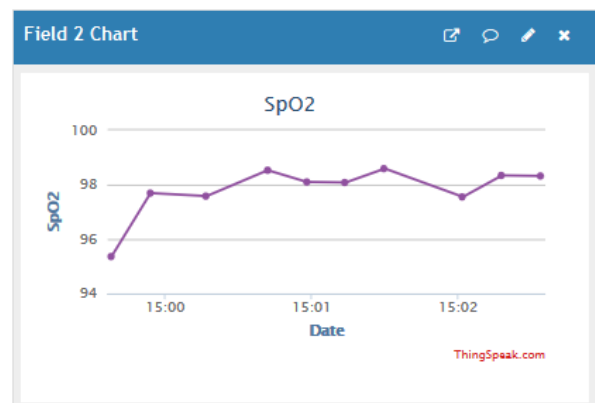
Рисунок 4 – Застосунок на ОС Android

Створені застосунки передають результати роботи пристрою на сервер ThingSpeak. Створений канал ThingSpeak має два поля, у яких зберігаються пульс та сатурація крові.

Дані зберігаються на сервері у виді, як показано на рис. 5.



а)



б)

Рисунок 5 – Збережені дані. Пульс (а) та сатурація крові (б)

Також була реалізована система повідомлень про подію, коли у користувача стає високою частота серцевих скорочень. Для реалізації даної функції використовувався сервіс IFTTT. Згенероване повідомлення приходить в месенджер Telegram до чат-боту IFTTT (рис. 6).



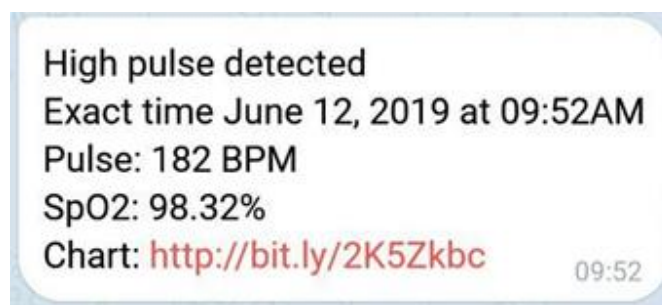


Рисунок 6 – Повідомлення від IFTTT

Додатки містять лістинги коду програмного забезпечення для скетчу для Arduino Uno, для застосунку на комп'ютер та телефон.

У спеціальній частині «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» були викладені вимоги до робочого місця програміста. Створені умови повинні забезпечувати комфортну роботу. На підставі вивченої літератури по даній проблемі, були зазначені оптимальні розміри робочого столу та крісла, робочої поверхні, а також проведено вибір системи і розрахунок оптимального освітлення виробничого приміщення.

Розглянуті загальні характеристики процесу розробки, виявлені небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що впливають на розробника в процесі розробки і збору пристрою, докладно висвітлені вимоги безпеки, що пред'являються при використанні готового виробу, і наслідки їх недотримання.

Проведені розрахунки освітлення в офісному приміщенні показали, що для задовольняючого нормам освітлення необхідно установити в приміщенні чотири лампи потужністю не менше ніж 40 Вт.

Дотримання умов, що визначають оптимальну організацію робочого місця програміста, дозволить зберегти гарну працездатність протягом усього робочого дня.

## ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломної роботи було розроблено програмно-апаратний модуль для виміру пульсу та моніторингу роботи серця на різних пристроях.

Для написання дипломної роботи був проведений літературний огляд. Внаслідок вивчення даного питання, склалася повна картина уявлення про явище фотоплетизмографії та пристроїв для виміру пульсу та сатурації крові. В результаті порівняльного аналізу було вирішено розробляти пристрій на основі рефракційної пульсоксиметрії.

Була проаналізована платформа Arduino, і, як результат, на платі Arduino Uno був розроблений пристрій. Крім цього, був реалізований макет пристрою. Проведено аналіз засобів виведення даних для відображення поточних даних пульсу людини на LCD-дисплеї.

Розроблений макет приладу зміг виміряти миттєве пульсове значення, вивести графік отриманого сигналу пульсової хвилі на комп'ютері в режимі реального часу.

В ході розробки програмного забезпечення було створено інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача.

На стороні серверу ThingSpeak була розроблена система повідомлень за допомогою IFTTT, що посилає повідомлення до месенджеру Telegram.

Попередні випробування розробленого модуля продемонстрували надійність його роботи та зручність обслуговування.

Також були розглянуті загальні характеристики процесу розробки, виявлені небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що впливають на розробника в процесі розробки і збору пристрою, докладно висвітлені вимоги безпеки, що пред'являються при використанні готового виробу.

Вдосконалення модулю буде проходити таким чином:

- підвищення точності обрахунку кількості ударів серця за хвилину;
- виготовлення портативного пристрою значно менших розмірів.

## АНОТАЦІЯ

**Шимків Д. А.** Система моніторингу роботи серця на базі Arduino. – Кваліфікаційна робота бакалавра зі спеціальності 6.050102 Комп'ютерна

інженерія на здобуття кваліфікації «фахівець з інформаційних технологій». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2019.

Бакалаврська робота спрямована на дослідження явища фотоплетизмографії для зняття біометричних показників серця. Розглянуто види плетизмографії, різновиди пульсометрів, принцип обрахунку сатурації крові. Практичне значення результатів дослідження та розроблення полягає в створенні зручного приладу для швидкої діагностики стану серцевої системи пацієнта та аналіз цих даних за допомогою програми.

Пояснювальна записка бакалаврської роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків та трьох додатків. У вступі визначається актуальність теми, сформульовані мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження та розроблення бакалаврської роботи. У першому розділі досліджується явище пульсу; історія фотоплетизмографії; призначення пульсометрів; проводиться аналіз існуючих пульсометрів та сфери їх використання. У другому розділі проводиться аналіз платформи Arduino; розглянуто схему підключення компонентів, створено принципову електричну схему пристрою. У третьому розділі описаний процес написання скетчу для мікроконтролера; реалізація застосунку для моніторингу роботи серця в середовищі Processing; проведені тести працездатності застосунку на операційних системах Windows, Raspbian, Android. Також в даному розділі розглядається описаний спосіб збереження інформації на сервері ThingSpeak та створена система повідомлень про високі показники пульсу. У висновках наведено аналіз виконаної роботи та отриманих результатів дослідження та розроблення. У додатку А наведений скетч для плати Arduino Uno. У додатку Б наведений код застосунку для комп'ютеру, а у додатку В код застосунку для телефону.

В цілому, бакалаврська робота без додатків містить 72 сторінок, 60 рисунків, 2 таблиці, 25 джерел посилання.

Ключові слова: фотоплетизмографія, пульсометр, мікроконтролер, MAX30102, Arduino, Processing IDE, ThingSpeak.

## ABSTRACT

**Shymkiv D.** Heart monitoring system based on Arduino. – Bachelor's thesis in specialty 6.050102 Computer Engineering. – Petro Mohyla Black Sea National University, 2019.

The Bachelor's Thesis is devoted to study the phenomenon of photoplethysmography for taking of biometric parameters of the heart. The types of plethysmographies, types of pulse meters and the principle of calculation of blood saturation are considered. The practical value of the research and development results is the creation of a convenient device for rapid diagnosis of the patient's cardiac system and analysis of these data through the program.

The explanatory note for Bachelor's Thesis consists of an introduction, three chapters, conclusions and three appendixes. The introduction determines the relevance of the topic, formulated the purpose, object, subject and objectives of research and development of baccalaureate work. The first chapter explores the phenomenon of pulse; the history of photoplethysmography; appointment of pulsometers; an analysis of existing pulsometers and their scope of use is conducted. The second section analyzes the Arduino platform; the scheme of connection of components is considered, the principle electric circuit of the device is created. The third section describes the process of writing a sketch for a microcontroller; implementation of the application for monitoring of the heart in the Processing IDE; performance tests of the application on operating systems Windows, Raspbian, Android. Also, in this section described method of storing information on the ThingSpeak server and creates a system for reporting high pulse rates. The conclusions give an analysis of the work performed and the results of research and development. Appendix A provides a sketch for the Arduino Uno board. Appendix B shows the application code for the computer, and Appendix C shows application code for the phone.

In general, Bachelor's Thesis without appendices contains 72 pages, 60 figures, 2 tables, 25 bibliographical references.

Keywords: photoplethysmography, pulse meter, microcontroller, MAX30102, Arduino, Processing IDE, ThingSpeak.