

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет

імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра комп'ютерної інженерії

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри,
канд. техн. наук, доц.

_____ Я. М. Крайник

« __ » _____ 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія

Тема: Автоматизована система на платформі Arduino для відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів

Шифр: 123 – МР.ПЗ.00 – 605.21610815

Виконав:

студент 6 курсу, групи 605,
спеціальності

123 Комп'ютерна інженерія

В. Г. Полянчикін

Керівник:

д-р техн. наук, проф.

І. М. Журавська

Миколаїв 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра комп'ютерної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ Я. М. Крайник
(підпис)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи магістра

Видано студенту групи 605 факультету комп'ютерних наук

Полянчкін Володимир Геннадійович

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Автоматизована система на платформі Arduino для відновлення рухових

функцій пост-інсультних пацієнтів

Затверджена наказом по ЧНУ від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Строк представлення кваліфікаційної роботи «21» лютого 2022 р.

3. Очікуваний результат роботи та початкові дані, якщо такі потрібні

Результатом роботи є автоматизована система на платформі Arduino для

для відновлення рухових функцій пальців та кистей рук пост-інсультних

пацієнтів, яка реалізує набір тестових завдань, пов'язаних з відтворенням

пацієнтом послідовності загоряння RGB-світлодіодів.

4. Перелік питань, що підлягають розробці Аналіз предметної сфери, об'єкту та
предмету дослідження. Моделювання та технічне проєктування. Розробка
програмного та апаратного забезпечення, перевірка працездатності системи та
проведення експерименту. Висновки. Спеціальна частина з охорони праці.

5. Перелік графічних матеріалів

Зовнішній вигляд аналогів. Діаграма цілей дослідження. Характеристики апаратних платформ для розробки ДТ-приладів. Програмне калібрування датчиків ДТ-приладів. Схема та компоненти апаратної частини. Розроблення схем підключення та скетчів для ДТ-приладів «REFLEX-Txx». Відеоматеріали тестування розроблених приладів.

6. Завдання до спеціальної частини

Завдання до спеціальної частини «Охорона праці» полягає у створенні
безпечних і здорових умов праці на робочих місцях

7. Консультанти:

Консультант	Кафедра (організація)	Частина роботи
Щербак Ю. Г.	Кафедра екології	Спеціальна частина

Керівник роботи Журавська Ірина Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Завдання прийнято до виконання

Полянчикін Володимир Геннадійович
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

(підпис)

Дата видачі завдання «__» _____ 2021 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН
виконання магістерської роботи

Тема: Автоматизована система на платформі Arduino для відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів

№	Найменування роботи	Початок	Закінчення	Примітки
1.	Розробка та затвердження завдання на виконання МР	02.12.2021	04.12.2021	Виконано
2.	Опис існуючих систем та методів реабілітації пост-інсультних пацієнтів	05.12.2021	20.12.2021	Виконано
3.	Конструювання апаратної частини	21.12.2021	05.01.2022	Виконано
4.	Опис апаратної частини	06.01.2022	21.01.2022	Виконано
5.	Розробка програмного забезпечення.	22.01.2022	05.02.2022	Виконано
6.	Попередній захист	26.01.2022	26.01.2022	Виконано
7.	Тестування обладнання.	27.01.2022	07.02.2022	Виконано
8.	Складання анотацій.	06.02.2022	10.02.2022	Виконано
9.	Отримання рецензії та відгуку	11.02.2022	18.02.2022	Виконано
10.	Попередній захист	10.02.2022	11.02.2022	Виконано
11.	Отримання рецензії та відгуку	11.02.2022	18.02.2022	Виконано
12.	Оформлення пояснювальної записки та презентації	12.02.2022	20.02.2022	Виконано
13.	Захист кваліфікаційної роботи	23.02.2022	23.02.2022	

Розробив студент Полянчикін Володимир Геннадійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) *(підпис)*

«__» _____ 20__ р.

Керівник роботи д-р техн. наук, проф. Журавська Ірина Миколаївна _____
(посада, прізвище, ім'я, по батькові) *(підпис)*

«__» _____ 20__ р.

АНОТАЦІЯ

до кваліфікаційної магістерської роботи «Автоматизована система на платформі Arduino для відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів»

Студент 605 гр.: Полянчкін Володимир Геннадійович

Керівник: д-р техн. наук, проф. Журавська І. М.

Після інсультів найчастішими ускладненнями є порушення рухових та/або сенсорних функцій, особливо дрібної моторики окремих пальців або групи пальців. Ефективність програм фізичної реабілітації (терапії) таких пацієнтів може бути підвищена за рахунок регулярних тренувань в амбулаторних та домашніх умовах з використанням малогабаритних діагностично-тренувальних (ДТ) приладів на основі мікропроцесорних систем.

Метою роботи є розробка модулів та компонентів автоматизованої системи для ефективного та контрольованого реабілітаційного відновлення пост-інсультних пацієнтів з відхиленнями м'язової активності в умовах індивідуальних віддалених тренувань, у ході яких здійснюється моніторинг показників стану пацієнтів, протоколюються і передаються всі параметри каналами радіозв'язку.

Для досягнення мети виконано такі завдання:

1) проведено аналіз існуючих методик відновлення моторики ушкоджених пальців рук та засобів інтеграції комп'ютерних систем у галузь реабілітації хворих після інсультів;

2) виконано проектування та апаратно-програмну реалізацію автоматизованої системи для відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів на платформі Arduino;

3) проведено тестування розробленої серії ДТ-приладів «Reflex–Тхх» на основі датчиків Холла та сенсорів, запропонувати апаратно-змінювані режими тренувань в залежності від результатів пацієнтів.

Методами дослідження є аналіз, проектування та алгоритмізація рішень, програмне кодування прошивок модулів, тестування.

Результати роботи пройшли апробацію на міжнародній та всеукраїнській наукових конференціях, впроваджені у держбюджетній науково-дослідній роботі ЧНУ ім. Петра Могили (№ держ. реєстрації 0121U109898, 2021–2022). Одна з двох публікацій має індексацію у наукометричній базі Scopus.

Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, 4 додатків та переліку посилань з 30 джерел.

Ключові слова: реабілітація пост-інсультних пацієнтів, відновлення ушкоджених пальців рук, датчик Холла, датчик дотику, спалахи RGB-світлодіодів, RFID-ідентифікація, платформа Arduino, мікросервісна архітектура.

ABSTRACT

of the Master's Thesis

"Automated system on the Arduino platform to restore motor functions of post-stroke patients"

Student: Polianichkin Volodymyr Hennadiiovych

Supervisor: D.Sc. (Eng.), Professor Zhuravska I. M.

After strokes, the most common complications are impaired motor and/or sensory functions, especially fine motor skills of certain fingers of the hand or groups of the hand fingers. The effectiveness of physical rehabilitation (therapy) programs for post-stroke patients can be increased through regular training in outpatient and home settings with the use of small diagnostic and training (DT) devices based on microprocessor systems.

The aim of the work is to develop modules and components of an automated system for effective and controlled rehabilitation of post-stroke patients with muscular disorders in individual remote training, which monitors patient status, records and transmits all parameters by radio.

To achieve this goal, the following tasks were performed:

1) the analysis of the existing methods of restoration of motility of the injured fingers and means of integration of computer systems in the field of rehabilitation of patients after strokes is carried out;

2) design and hardware-software implementation of an automated system for the restoration of motor functions of post-stroke patients on the Arduino platform;

3) testing of the developed series of DT-devices "Reflex-Txx" based on Hall sensors and sensors, to offer hardware-changing training modes depending on the results of patients.

Research methods are analysis, design and algorithmization of solutions, software coding of module firmware, testing.

The results of the work were tested at international and national scientific conferences, implemented in the state budget research work of Petro Mohyla Black Sea National University (№ state registration 0121U109898, 2021–2022). One of the two publications is indexed in the Scopus scientometric database.

The work consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, 4 appendices and a list of references from 30 sources.

Keywords: *post-stroke rehabilitation, recovery of injured fingers, Hall sensor, touch sensor, RGB LED flashes, RFID identification, Arduino platform, microservice architecture*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ..	14
1.1 Огляд існуючих апаратів для тренування та відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів	14
1.1.1 Обґрунтування та огляд використання датчиків Холла в тренувальній зоні.....	17
1.1.2 Використання сенсорної панелі в тренувальній зоні	20
Висновки до розділу 1	21
2 ВИБІР ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ ARDUINO	22
2.1 Порівняння апаратних платформ для розробки приладів	22
2.1.1 Arduino Uno.....	22
2.1.2 Arduino Nano	24
2.1.3 Arduino Mega.....	25
2.1.4 Висновки про порівняння та вибору платформи	26
2.2 Характеристики технічного забезпечення	26
2.2.1 Характеристики сенсорного модуля ТТР223	27
2.2.2 Характеристики LCD I2C-модулю	28
2.2.3 Характеристики Wi-Fi модулю ESP-01.....	29
2.3 Розробка алгоритму роботи та макетування.....	30
2.4 Вибір елементної бази ДТ-приладів	32
Висновки до розділу 2.....	35
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	36
3.1 Загальна архітектура програмного забезпечення.....	36
3.2 Життєвий цикл розробки, оснований на V-моделі.....	38
3.3 Розробка програмного забезпечення приладів серії «Reflex-Txx» на платформі Arduino	41
3.3.1 Початок розробки проекту	41

3.3.2 Розробка програмних скетчів для роботи з сервомотором SG-90 у середовищі розробки Arduino IDE.....	42
3.3.3 Програмування роботи з RFID-модулем RC522 у середовищі розробки Arduino IDE	44
3.3.4 Програмування роботи з датчиком Холла в середовищі розробки Arduino IDE	45
3.3.5 Програмування роботи з LCD I2C-модулем в середовищі розробки Arduino IDE	45
3.3.6 Програмування роботи з WiFi-модулем ESP-01 у середовищі розробки Arduino IDE	46
Висновки до розділу 3.....	48
4 ПІДГОТОВКА ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ.....	50
4.1 Режим тренувань	50
4.2 Оцінка ефективності використання тренажерного апарату	52
Висновки до розділу 4.....	56
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	59
ДОДАТОК А Код програмних модулів	63
А.1 Приклад скетчу для RFID-модуля.....	63
А.2 Приклад скетчу для робочої зони ДТ-приладу на датчиках Холла.....	64
ДОДАТОК Б Специфікації приладів серії «Reflex – Тхх»	66
Б.1 Перелік електронних компонентів ДТ-приладу «Reflex – ТНЗ» на основі датчиків Холла (платформа Arduino)	66
Б.2 Перелік електронних компонентів ДТ-приладу «Reflex – ТТЗ» на основі сенсорних датчиків дотику (платформа Arduino)	68
ДОДАТОК В Матеріали апробації та публікації за темою диплому	70
В.1 Індексція у базі Scopus тез доповіді на 2020 IEEE 40th Int. Conf. “Electronics and Nanotechnology (ELNANO)”	70

В.2 Тези доповіді на XXIV Всеукр. наук.-практ. конф. «Могилянські читання – 2021».....	71
ДОДАТОК Г Акт впровадження диплому у держбюджетній науково-дослідній роботі ЧНУ ім. Петра Могили	74

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДТ	–	діагностувально-тренувальний
МК	–	мікроконтролер
ОЗП	–	оперативний запам'ятовувальний пристрій
ПЗ	–	програмне забезпечення
РКІ	–	рідкокристалічний дисплей
ШІМ	–	широтно-імпульсна модуляція
2D & 3D	–	2-Dimensional and 3-Dimensional Space
ADK	–	Accessory Development Kit
GPIO	–	General-Purpose Input/Output
IDE	–	Integrated Development Environment
IP	–	Internet Protocol
JSON	–	JavaScript Object Notation
LCD	–	Liquid Crystal Display (укр. РКД)
MAS	–	Modified Ashworth Scale
RFID	–	Radio Frequency IDentification
Wi-Fi	–	Wireless Fidelity

ВСТУП

Ідея створення модулів, що автоматизують бездротові прилади відновлення пост-інсультних пацієнтів в індивідуальних умовах віддаленої реабілітації шляхом проведення дистанційно керованих процедур, ґрунтується на гіпотезі реалізованості бездротового зв'язку усіх елементів, де відбудовується дворівнева аутентифікація приладу та пацієнта, визначення параметрів їх стану.

Актуальність дослідження обумовлено необхідністю віддаленої підтримки функціонування, діагностики моніторингу стану м'язів, когнітивної здатності, стану мови, здатності самообслуговування та проведення процедур з уточненням припису лікаря з урахуванням індивідуальної динаміки відновлення пацієнта. Зважаючи на необхідність моніторингу фактичних параметрів реабілітаційного відновлення, до новітніх приладів мають висуватися вимоги вимірювання, накопичування, первинної обробки та вчасної передачі даних системою віддаленого застосування без втручання лікаря протягом тривалого часу. Тому корекція параметрів процесу має здійснюватися на основі дистанційно керованої взаємодії.

Відтак, актуальним є створення датчиків з функціями вимірювання, самодіагностики та передачі даних про стан пацієнта та перебіг параметрів процедур. Вбачається доцільним створення компонентів з мультиагентними властивостями та можливістю віддаленого керування приладами на великій відстані. Розробка модулів, що дозволяють інтегрувати прилади до бездротових інформаційно-вимірювальних мереж критичного призначення військово-цивільного застосування, покликані забезпечити ефективне реабілітаційне відновлення комплексними методами кінезотерапії, електрофорезу, регульованого штучного масажу, що також застосовуються разом із медикаментозними методами.

Мета роботи – розробка модулів та компонентів автоматизованої системи для ефективного та контрольованого реабілітаційного відновлення пост-інсультних пацієнтів з відхиленнями м'язової активності в умовах

індивідуальних віддалених тренувань, у ході яких здійснюється моніторинг показників стану пацієнтів, протоколюються і передаються всі параметри каналами радіозв'язку.

Об'єкт дослідження: процеси автоматизації системи індивідуального відновлення, що зменшують витрати часу висококваліфікованого персоналу та забезпечують новий рівень якості проведення процедур для пацієнта та персоналу за рахунок їх інтелектуалізації, моніторингу, контролю і протоколюванню параметрів.

Предмет дослідження: методи та засоби створення програмно-апаратних компонент систем пост-лікувального відновлення, які здатні забезпечувати навчання та контрольований перебіг віддалених індивідуальних процедур в денних стаціонарах, військових шпиталях, медичних реабілітаційних центрах та домашніх умовах.

Завдання, які необхідно виконати для досягнення мети:

1) провести аналіз існуючих методик відновлення моторики ушкоджених пальців рук та засобів інтеграції комп'ютерних систем у галузь реабілітації хворих після інсультів;

2) виконати проектування та апаратно-програмну реалізацію автоматизованої системи для відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів на платформі Arduino;

3) провести тестування розробленої серії ДТ-приладів «Reflex–Тхх» на основі датчиків Холла та сенсорів, запропонувати апаратно-змінювані режими тренувань в залежності від результатів пацієнтів.

Наукова новизна ґрунтується на створенні умов автоматизації процедур відновлення за новітніми та традиційними методиками, але за новим підходом віддаленого уходу за персоналізованими приписами, що утворить можливості активної діагностики та керування перебігом процедур. Такі компоненти матимуть нові технологічні режими раннього діагностування з використанням

нових методів регулювання їх ефективності та спостереження на підставі когнітивного аналізу і активної діагностики.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання розроблених модулів автоматизації бездротових приладів відновлення пост-інсультних пацієнтів серед цивільного населення і військових як системи, що допомагає відновити незалежність та покращити якість життя пацієнта.

Результати роботи пройшли **апробацію** на міжнародній конференції IEEE «Electronics and Nanotechnology (ELNANO)» (м. Київ) та на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Могилянські читання» (м. Миколаїв), впроваджені у держбюджетній науково-дослідній роботі ЧНУ ім. Петра Могили (№ держ. реєстрації 0121U109898, 2021–2022). Акт впровадження наведено у додатку Г.

Публікації. Основні положення та результати магістерської роботи опубліковано у 2 наукових роботах [27–28], одну з яких проіндексовано у наукометричній базі Scopus [27]. Матеріали публікацій наведено у додатку В.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається з анотації на 2 сторінках, вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 30 найменувань, чотирьох додатків, спеціальної частини з охорони праці та безпеки життєдіяльності. Основна частина роботи становить 60 с., серед яких 29 рис., 7 табл.

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ

1.1 Огляд існуючих апаратів для тренування та відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів

Інсульт є великою проблемою для здоров'я людини та займає друге місце серед причин смерті в усьому світі, тому це є важливою проблемою для людства. Однак, теперішня медицина не лише допомагає зберегти життя, а й покращити та відновити тимчасово втрачені функції тіла після інсульту.

Сучасна медицина дуже розвинулась, і може похвалитися великими досягненнями в області реабілітаційних тренажерів.

Існує багато тренажерів та різноманітних вправ для відновлення руху тіла. Створені тренажери можуть відновити функції рук і ніг після інсульту, а також загальний стан організму пацієнта. Також, для проведення реабілітації потрібно зважити деякі чинники. Наприклад, якщо у пацієнта після порушення кровообігу в мозку не виникло повної паралізованості верхніх кінцівок, то для відновлення верхніх кінцівок існують різноманітні тренажери. Так, тренажер під назвою «Бутон» (рис. 1.1) вважається кращим для відновлення обмежень рухливості в суглобі [5].



Рисунок 1.1 – Відновлення руху рукам за допомогою тренажеру «Бутон» [5]

«Бутон» дозволяє механічно розробляти пальці рук, стимулюючи нервові закінчення і подаючи при цьому імпульси в мозок.

Також існують більш новітні апарати для відновлення функцій кінцівок рук. Такий апарат для тренування як, наприклад «SiYi Intelligent-min», даний апарат поєднує в собі такі технології як, роботизованого екзоскелета та нейробиологію (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Апарат «SiYi Intelligent-min» [7]

Апарат «SiYi Intelligent-min» представлений з комплектацією в якій входить монітор, рукавички з підсилювачем для реабілітації та рукавички для фіксації даних.

Апарат має багато функцій для забезпечення комфортного тренування в стаціонарі, а саме:

- пасивне згинання та розгинання пальців;
- тренування з відзеркаленням руки;
- асистивне тренування;
- тренування з опором;

- активні групові ігрові тренування;
- послідовне тренування пальців;
- аналіз;
- функціональне тренування;
- тренування одного пальця;
- ручний режим;
- системні налаштування.

Але мінусом є вартість даного апарату, а також апарат можна встановити лиш в стаціонарі, що зумовлює собою постійне перебування в ньому для покращення стану та тренувань задля відновлення рухів кисті та кінцівок руки.

Окрім спеціально розроблених тренажерів, розробити пальці рук можна менш витратними засобами, за допомогою, наприклад:

- збирання кубика Рубіка;
- гра у шахи;
- стиснення різних предметів в кисті;
- ліплення з глини чи пластиліну.

Дані засоби, які описані вище, здорово впливають на відновлення функцій пальців рук, тим самим забезпечують розвинення і підтримки моторики пальців рук.

Хоч і перший час рухи пальців, що є дрібними, дуже важко даватимуться для відновлення, але через деякий час, при інтенсивному та систематичному тренуванні, кінцівки рук звикають, і дані тренування позитивно відзначаються на пацієнті.

1.1.1 Обґрунтування та огляд використання датчиків Холла в тренувальній зоні

Різноманітні тренажери мають багато можливостей для тренування уражених областей тіла. Однак, для тренування пошкоджених кінцівок рук використовують модифіковані рукавички у новітніх тренажерах. Але використання дорогого обладнання для відновлення кисть і пальців рук на самперед використовується для відновлення дуже вражених областей м'язів кінцівок руки.

Тому, слід зазначити, що для менш вражених кінцівок руки використовують вже, як правило, не тренажерні апарати, а більш прості тренажери, наприклад, збирання кубика Рубіка чи гру в шахи.

Слід зазначити, що для гри в шахи потрібно згинати пальці руки для того, щоб взяти фігуру (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Приклад положення пальців руки у грі в шахи

Взявши до уваги вищенаведене, для розробки тренувальних приладів слід використовувати на тренувальній зоні не лише кнопки що мають штовхальний принцип (рис. 1.4, а), але й датчиків Холла (рис. 1.4, б).

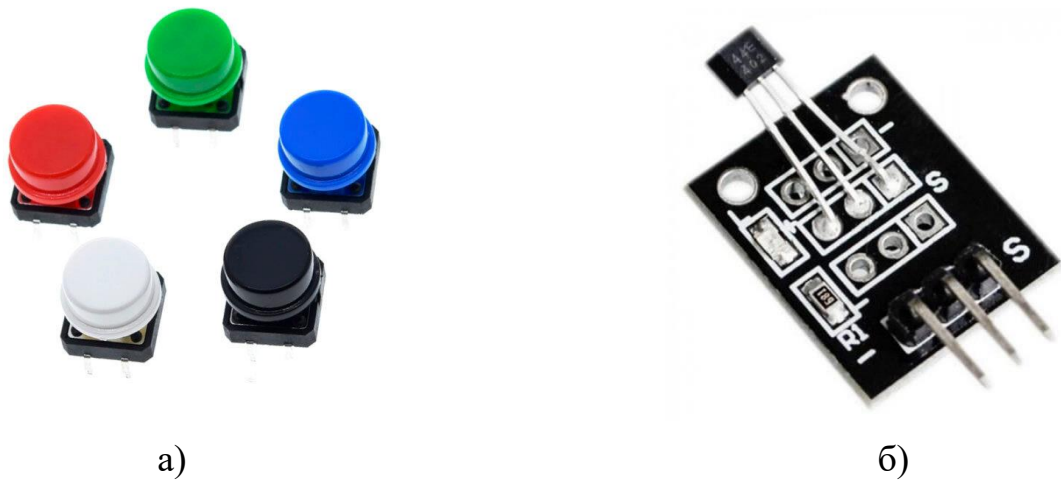


Рисунок 1.4 – Кнопки робочої зони:

а – кнопка із штовхальним принципом; б – датчик Холла

Датчики Холла використовують ефект поперечної різниці потенціалів в провіднику із струмом на який взаємодіє магнітне поле.

Такі датчики широко використовуються в системах, де можливо перетворення контрольованої величини в зміну магнітного поля, яке згодом легко проконтролювати датчиком Холла. До числа таких величин відносяться змінний/ постійний струм або напруга, тиск, температура, швидкість, вібрація й т. ін. Крім того, ефект Холла ідеальний для побудови різноманітних датчиків положення, які знаходять широке застосування в системах автоматики; в техніці побутового, комерційного, медичного, наукового та промислового призначень; на транспорті і в сучасних приводах. На даний момент індустрія таких датчиків переживає розквіт, а компанія Honeywell, найбільший в світі виробник датчиків, активно просуває на ринок вироби зазначених типів [9].

Зовнішній вигляд електронного компоненту що входить в модуль датчика Холла наведені на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Електронний компонент датчика Холла

Асортимент датчиків Холла від компанії Honeywell в основному представлений інтегральними приладами в корпусах для поверхневого або наскрізного монтажу. У загальному випадку такі датчики являють собою трививідний прилад з двома виходами живлення і одним аналоговим або цифровим виходом.

На основі датчиків Холла програмуються системи орієнтації безпілотних літальних апаратів (БПЛА) Збройних Сил України на основі магнітних датчиків [11]. Перевагами такого рішення є відсутність накопичуваної з часом помилки, необмежений час роботи системи, а також можливість функціонування в широкому діапазоні кутових швидкостей руху об'єкта в просторі. Але в такому напівавтоматичному режимі необхідно виконувати програмне калібрування датчика Холла у змінних електромагнітних умовах середовища.

В автомобілях з ІС автопілотування датчики Холла використовуються при контролі обертання і переміщення вузлів і механізмів, вібрації мотора та у безконтактній системі запалювання. Зважаючи на різні цілі використання таких датчиків та їх роботу у температурних режимах, що дуже сильно відрізняються, кожна група таких датчиків також підлягає програмному калібруванню [13].

1.1.2 Використання сенсорної панелі в тренувальній зоні

Для тренування кожного пальцю руки слід використовувати тактильну панель, що реагує на дотик кінців пальців руки.

Тому, під час тренування окремих пальців потрібно розмістити долоню руки паралельно робочій зоні, щоб натискати лише одним пальцем за для тренування окремо кожного пальцю враженої руки.

Виходячи з цього, потрібно щоб тренувальна зона була обладнана тактильною областю. Зважаючи на це, доцільно використовувати датчики сенсору.

В даний час, майже скрізь широко використовуються сенсорні кнопки, для покращення взаємодії користувача з пристроєм.

Тому у проєкті в основі робочої також використовуються сенсорні кнопки з датчиками дотику (рис. 1.6).

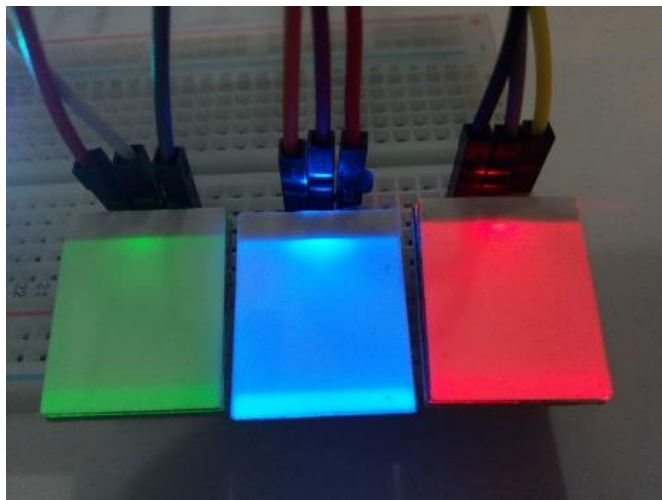


Рисунок 1.4 – Сенсорна панель із підсвічуванням

Однак слід враховувати що сенсорна панель має свої недоліки. Наприклад, пластина із двостороннього фольгованого текстоліту, поміщена над датчиком сенсором на відстані 3–5 мм, блокує спрацьовування. Також, якщо взяти пластик, то виникає дуже цікавий ефект. Пластик працює як підсилювач. Якщо покласти на робочу панель поліетиленову кришку, модуль починає спрацьовувати при

піднесенні пальця не обов'язково над майданчиком, а над будь-яким місцем кришки (навіть далеко від майданчика), причому, на відстань сантиметра півтора. Швидше за все, при використанні в пластикових вимикачах від цього ефекту можна вловити купу помилкових спрацьовувань.

Висновки до розділу 1

У **першому розділі** розглянуто загальні принципи створення діагностувально-тренувальних пристроїв для систем реабілітації пост-інсультних пацієнтів.

Проаналізовано існуючі аналоги та наведено деякі недоліки, а також переваги над застарілими методами тренування.

Зроблено обґрунтування вибору для використання датчиків дотику та датчиків Холла у пристрою для тренування пошкоджених кінцівок рук тіла.

Проведено порівняння та вибір апаратних платформ для розробки діагностувально-тренувальних приладів.

Визначені об'єкт, предмет, мета роботи та завдання, які необхідно виконати для реалізації проєкту.

2 ВИБІР ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ ARDUINO

2.1 Порівняння апаратних платформ для розробки приладів

Перш ніж розробляти прилад, слід визначитись з платформою на оптимальному мікроконтролері (МК), щоб при підключенні всіх модулів, які будуть використовуватися, відповідав мінімальним вимогам для коректної роботи. Для цього потрібно порівняти декілька МК для коректної роботи периферійних приладів.

Для розглядання МК було обрано платформу Arduino.

Arduino (Ардуіно) – це апаратна обчислювальна платформа, в якій головну роль займає мікроконтролер [1].

На сам перед потрібно порівнювати архітектуру мікроконтролерів, адже саме мікроконтролер здійснює всі обчислення.

Потім потрібно зрозуміти скільки потрібно аналогових та цифрових пінів для підключення всіх модулів для коректної роботи, адже всі модулі будуть підключатися до однієї платформи, та для спрощення розробки, щоб різні периферійні прилади не конфліктували між собою.

Також потрібно враховувати об'єм оперативної пам'яті (ОЗП), оскільки ОЗП має велику роль в швидко дії пристрою.

Досить важливим також є флеш-пам'ять, адже саме в ній буде здійснюватися збереження скетчу та тимчасових даних, і саме вона може вплинути на подальше оновлення пристрою.

2.1.1 Arduino Uno

Arduino Uno є плата мікроконтролера на базі ATmega328. Його зображення наведено на рис. 2.1 та рис. 2.2, характеристики у табл. 2.1.

Arduino Uno є стандартною платою Arduino і можливо найбільш поширеною. В ній вбудований мікроконтролера на базі ATmega328, що має на

борту 32 кбайт флеш-пам'яті, 2 кбайт SRAM і 1 кбайт EEPROM пам'яті, зображення Arduino Uno наведено на рис. 2.1 та характеристики у табл. 2.1. На периферії плата має 14 дискретних (цифрових) каналів введення / виводу і 6 аналогових каналів введення / виводу, це дуже різнобічно-корисні девайси, що дозволяють перекривати більшість аматорських завдань в області мікроконтролерної техніки. Дана плата контролера є однією з найдешевших і найбільш часто використовуваних.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд Arduino UNO

Таблиця 2.1 – Характеристики Arduino UNO

Параметр	Значення
Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5 В
Цифрові Входи/Виходи	14 (з яких 6 в якості ШІМ)
Аналогові входи	6
Постійний струм через вхід/вихід	40 мА
Флеш-пам'ять	32 кбайт (з яких 0.5 кбайт займає завантажувач)
ОЗП	2 кбайт
Тактова частота	16 МГц

2.1.2 Arduino Nano

Arduino Nano - це функціональний аналог Arduino Uno, але розміщений на мініатюрній платі, зовнішній вигляд наведено на рис.2.2. Відмінність полягає у відсутності власного гнізда для зовнішнього живлення, використанням чіпа FTDI FT232RL для USB-Serial перетворення і застосуванням mini-USB кабелю для взаємодії замість стандартного. В іншому, начинка і способи взаємодії збігаються з базовою моделлю, характеристики наведені в табл. 2.2. Платформа має штиркові контакти, що дозволяє легко встановлювати її на макетну плату. Зазвичай використовується Arduino Nano там, де важлива компактність.

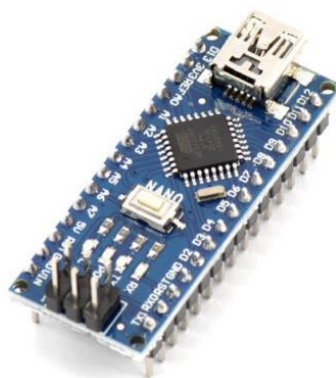


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд Arduino Nano

Таблиця 2.2 – Характеристики Arduino Nano

Параметр	Значення
Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5 В
Цифрові Входи/Виходи	14 (з яких 6 в якості ШІМ)
Аналогові входи	8
Постійний струм через вхід/вихід	40 мА
Флеш-пам'ять	32 кбайт (з яких 2 кбайт займає завантажувач)
ОЗП	2 кбайт
Тактова частота	16 МГц

2.1.3 Arduino Mega

Arduino Mega ADK майже схожа із Arduino Uno, але на базі більш потужного мікроконтролера тієї ж архітектури, вигляд самої плати наведено на рис. 2.3.

Відмінністю від стандартної плати є в рази більше пам'яті: 256 кбайт постійної і 8 кбайт оперативної. В рази більше портів: 60 з них 16 аналогових і 15 з ШІМ, більш детально про характеристики наведено в табл. 2.3. Більш довша, по габаритам, за базову Arduino Uno: 101 мм × 53 мм проти 69 мм × 53 мм.



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд Arduino Mega ADK

Таблиця 2.3 – Характеристики Arduino Mega ADK

Параметр	Значення
Мікроконтролер	ATmega2560
Рекомендована робоча напруга	7–12 В
Цифрові Входи/Виходи	54 (14 підтримують PWM)
Аналогові входи	16
Постійний струм через вхід/вихід	40 мА
Флеш-пам'ять	256 кбайт
ОЗП	8 кбайт
Тактова частота	16 МГц

2.1.4 Висновки про порівняння та вибору платформи

Порівнявши мікроконтролери на платформі Arduino по критеріям які були описані вище, був зроблений вибір на користь Arduino Mega ADK.

Даний мікроконтролер достатньо місткий для розташування периферійних приладів, оскільки містить в собі 54 цифрових входа/вихода та 16 аналогових входи.

Має достатній обсяг пам'яті ОЗП для стабільної роботи периферійних приладів, порівняно з іншими платформами, має задовільний обсяг флеш-пам'яті, а також вартість мікроконтролеру Arduino Mega ADK одна з найнижчих.

2.2 Характеристики технічного забезпечення

Щоб вирішити поставлені задачі до проекту потрібно, на сам перед, обрати периферійні прилади, що забезпечать високу ефективність тренажерного приладу.

Вище було описано деякі модулі для мікроконтролеру Arduino, а саме датчики Холла та тактильні датчики. Ці датчики розташовані на основній зоні, тобто на робочій зоні. Дані датчики є основними датчика з якими буде найбільше взаємодіяти пацієнт.

Також потрібна інформаційна панель в якій буде відображатися головні вказівники для роботи з пристроєм. За основну інформаційної панелі було взято LCD екран.

Для відправки даних із пристрою на сервер потрібне підключення до глобального інтернету, а для цього знадобиться WiFi-модуль. А щоб підключитися безпосередньо до комп'ютера, слід встановити модуль Ethernet.

І головне, щоб пристрій працював, потрібно джерело живлення, тобто блок живлення, а щоб забезпечити автономний процес потрібен акумулятор.

Характеристики головних периферійних пристроїв наведені нижче.

2.2.1 Характеристики сенсорного модуля ТТР223

Сенсорний модуль «ТТР223» постачають у вигляді плати з розпаяними радіо елементами. Працювати може в режимі фіксації чи без, вмикається під час дотику пальців руки на визначену ділянку плати або піднесенням руки на невеликій відстані від датчику (до 5 мм).

На модулі розташована ділянка із металізованої поверхні на якій є напис «Touch». Чутливість датчику можна регулювати, і залежить від конденсатора, для якого передбачене посадочне місце на платі. Установивши конденсатор номіналом 50 пікофарад, можна досягти мінімальної чутливості датчику.

Зовнішній вигляд сенсорного модулю наведено на рис. 2.4, а характеристики у табл. 2.4.

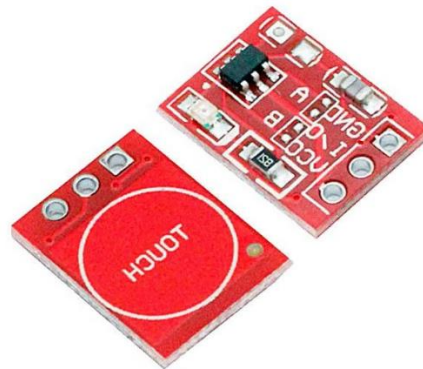


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд сенсорного модуля ТТР223

Таблиця 2.4 – Характеристики модуля ТТР223

Параметр	Значення
Напруга живлення	2–5,5 В
Споживаний струм	70–500 мкА
Максимальний час спрацьовування	220 мс
Розмір модуля	11 мм x 15 мм

2.2.2 Характеристики LCD I2C-модулю

LCD I2C-модуль від компанії «МЕЛТ», вміє виводити латинські символи та символи які вшиті в прошивку дисплею. Модульний драйвер, який підключений до екрану, дозволити підключити символьний LCD-екран до плати Arduino лише по двом сигнальним проводам. Вбудована LED-підсвічування екрана включається подачею живлення на відповідні піни.

На зеленому фоні екрану виводяться чорні символи розміром 5 мм × 8 мм, зовнішній вигляд наведено на рис. 2.5, характеристики наведено в табл. 2.5.

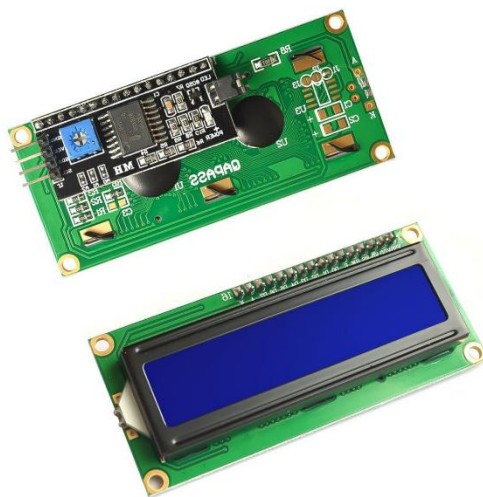


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд LCD I2C модуля

Таблиця 2.5 – Характеристики LCD I2C модуля

Параметр	Значення
Екран	символьний 20 × 04
Підсвічування	70–500 мкА
Напруга живлення	5 В
Інтерфейс модуля	I2C
Розміри	82 мм × 35 мм × 18 мм

2.2.3 Характеристики Wi-Fi модулю ESP-01

Wi-Fi-модуль ESP-01 з серії ESP8266 є найбільш поширеним у прикладних розробках на базі Arduino (рис. 2.6). Взаємодія з комп'ютером або мікроконтролером здійснюється через UART за допомогою набору AT-команд. Крім того, модуль можна використовувати як самостійний пристрій, для цього необхідно в нього завантажити свою прошивку.

Для прошивки модуля знадобиться перехідник UART–USB. Модуль ESP-01 є також найбільш перспективним для використання в IoT-пристроях («Інтернету речей») та у розроблюваних ДТ-приладів з можливістю віддаленого збору та опрацювання інформації.

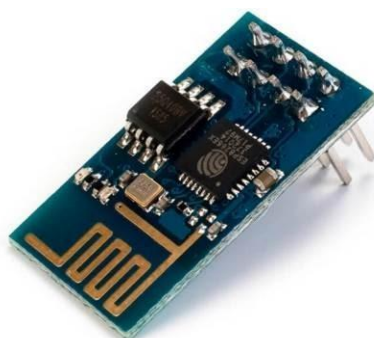


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд Wi-Fi-модулю

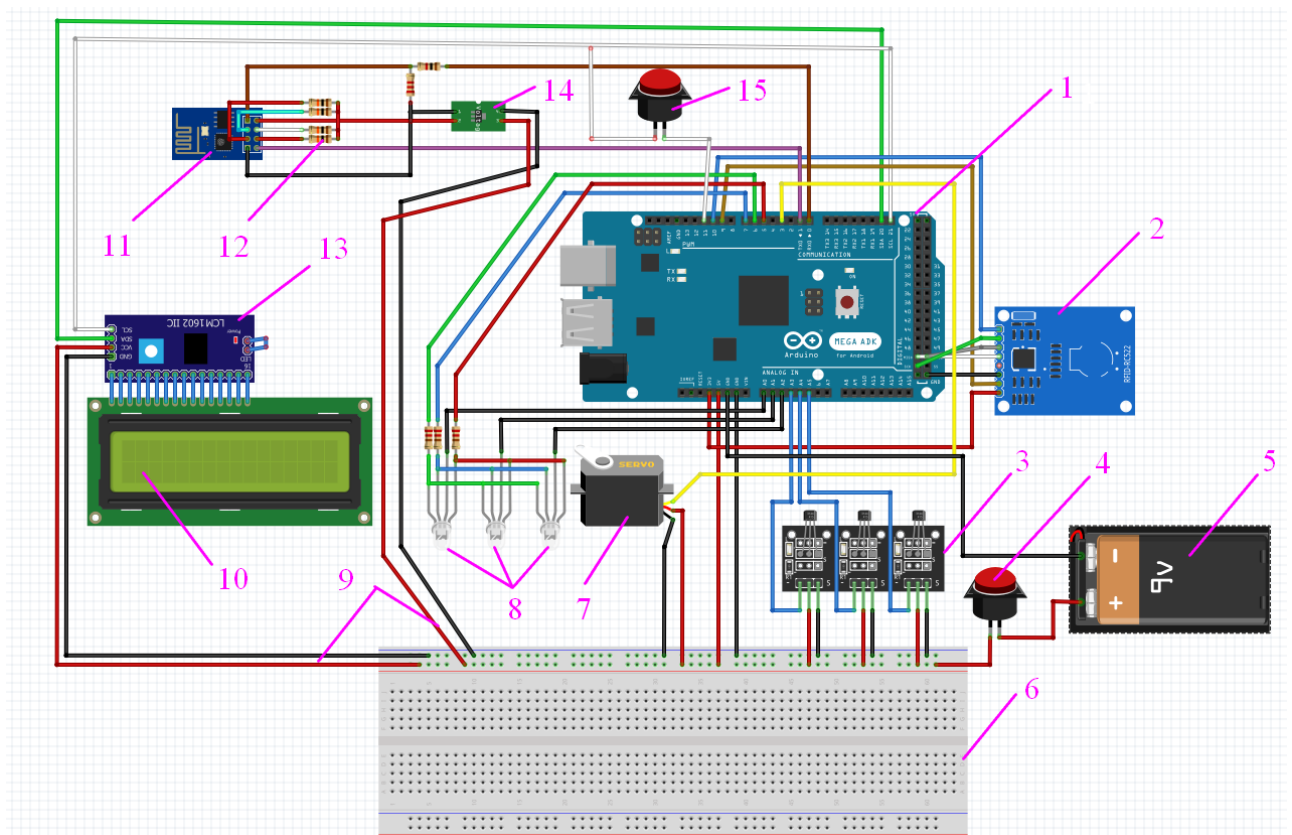
Таблиця 2.5 – Характеристики Wi-Fi-модулю ESP-01

Параметр	Значення
Тип	Wi-Fi 802.11b/g/n
Режими Wi-Fi	клієнт, точка доступу
Напруга живлення	1,8–3,6 В
Споживання струму	220 мА
Порти GPIO	4
Розміри	13 мм × 21 мм
ОЗП	96 кбайт

2.3 Розробка алгоритму роботи та макетування

Перед початком тренування пацієнта на ДТ-приладах проводиться ідентифікація об'єктів шляхом радіочастотної ідентифікації (англ. Radio Frequency IDentification або RFID) за унікальним ідентифікатором, який має кожна електронна мітка.

Для компоновання розроблених прототипів електронних компонентів та документування було використано програмний застосунок з вільним доступом Fritzing v. 0.9.3 (рис. 2.7).



Умовні позначення: 1 – МК плата Arduino; 2 – RFID модуль;
 3 – датчики (Холла або дотику); 4 – кнопка живлення; 5 – Li-Po акумулятор 9 V;
 6 – монтажна плата; 7 – сервопривод; 8 – LED світлодіоди (RGB); 9 –
 перемички Дюпон; 10 – LCD екран; 11 – Wi-Fi модуль; 12 – резистори; 13 – I²C
 модуль;
 14 – DC конвертор 3V/5V; 15 – кнопка «Старт».

Рисунок 2.7 – Схема з'єднання модулів ДТ-приладів серії «Reflex – Txx»

За допомогою засобів програмування Arduino можливо реалізувати алгоритм випадкового спалаху різних кольорів на кожному світлодіоді, що забезпечить тренування концентрації уваги пацієнтів, що проходять курс реабілітації за допомогою розроблених пристроїв.

Світлодіоди загоряються по черзі в довільному порядку. Пацієнт повинен торкнутися кольорового майданчика біля світлодіода, що спалахнув, до подачі наступного світлового сигналу. У такий спосіб оцінюється сприйняття пост-інсультним пацієнтом RGB-кольорів, швидкість реакції на спалах світлодіода та координація рухів. З врахуванням того, що діагностики та тренування можуть мати потребу пальці з 1-го по 4-й, передбачене торкання майданчика біля спалахнувшого світлодіода пальцем або магнітним інструментом («холдером»), який утримується щепотью з 2-, 3- або 4-х пальців.

Рухливість робочої зони ДТ-приладів серії «Reflex-Txx» реалізоване шляхом закріплення диска на шпинделі сервоприводу, наприклад, SG-90, та вимагає повороту кисті руки в діапазоні 30 градусів. Завдання пацієнта – слідувати руху робочої зони приладу.

Взаємодія ДТ-приладу з власним гаджетом пацієнта та/або з мікросервісами моніторингу, зберігання та аналізу результатів тестування здійснюється за допомогою WiFi-модуля, наприклад, ESP-01 з серії ESP8266 через UART за допомогою набору AT-команд.

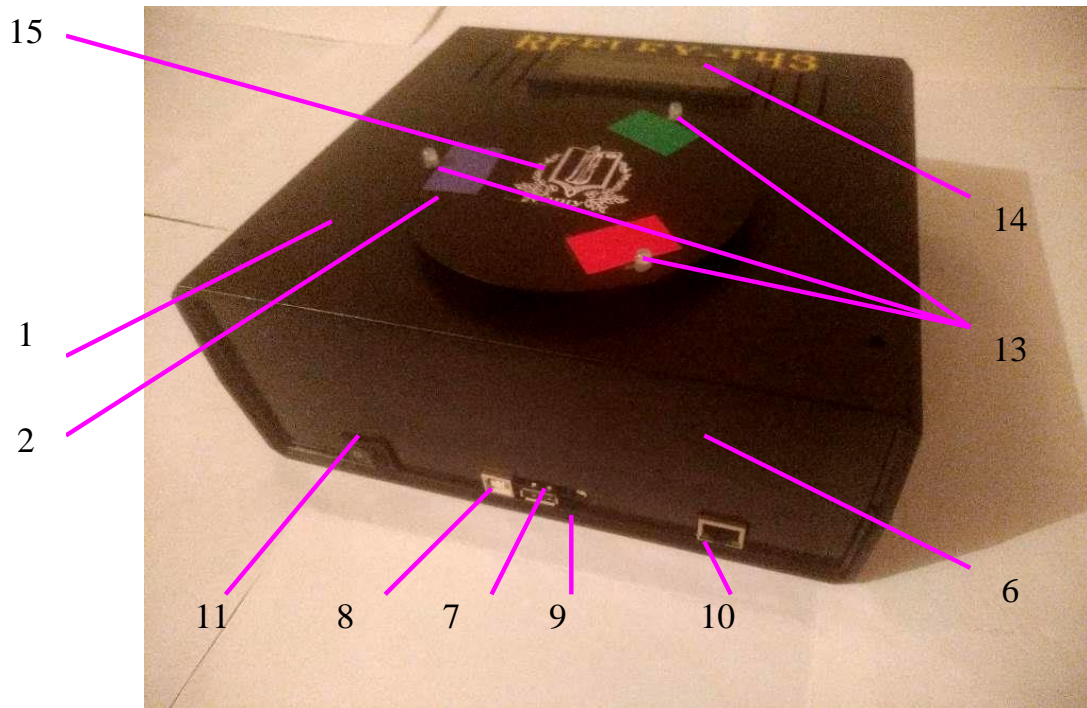
2.4 Вибір елементної бази ДТ-приладів

З огляду на рекомендації, наведені вище, була розроблена серія ДТ-приладів «Reflex-Тхх» з рухомою робочою зоною, в яку вмонтовано 3 світлодіода (RGB) і датчики під ними (рис. 2.8).

Апаратною платформою для розроблених приладів обрана широко поширена платформа Arduino. Незважаючи на стрімкий відхід ринку мікроелектроніки в сторону платформи STM32, платформа Arduino все ще досить міцно утримує позиції в сегменті малогабаритних приладів для різноманітних комплексів. Зручність Arduino для створення програм тренувань обумовлена наявністю власної екосистеми платформи, бази знань, середовища програмування на мові C++, широкого програмного функціоналу, доступних плат розширення («шилдів»), простотою використання. При комплектації якісними електронними компонентами оригінальних виробників прилади на платформі Arduino цілком можуть задовольнити потреби ринку електронних приладів для моніторингу, діагностики та тренувань.

Для технічного забезпечення розробленої серії тренувальних приладів «Reflex – Тхх» та їх взаємодії з підсистемами моніторингу, зберігання та аналізування даних були обрані складові: МК плата Arduino Mega ADK на мікросхемі ATmega2560; датчики різних типів; WiFi-модуль; RFID-модуль ідентифікації користувача; сервопривод SG-90; RGB-світлодіоди; LCD-екран; засоби з'єднання компонентів; джерело живлення.

Конструктивно тренувальний прилад «Reflex – ТНЗ» реалізовано у корпусі (1) для електроніки N17W розміром 217 мм × 235 мм × 92 мм (рис. 2.1).



а)



б)



в)

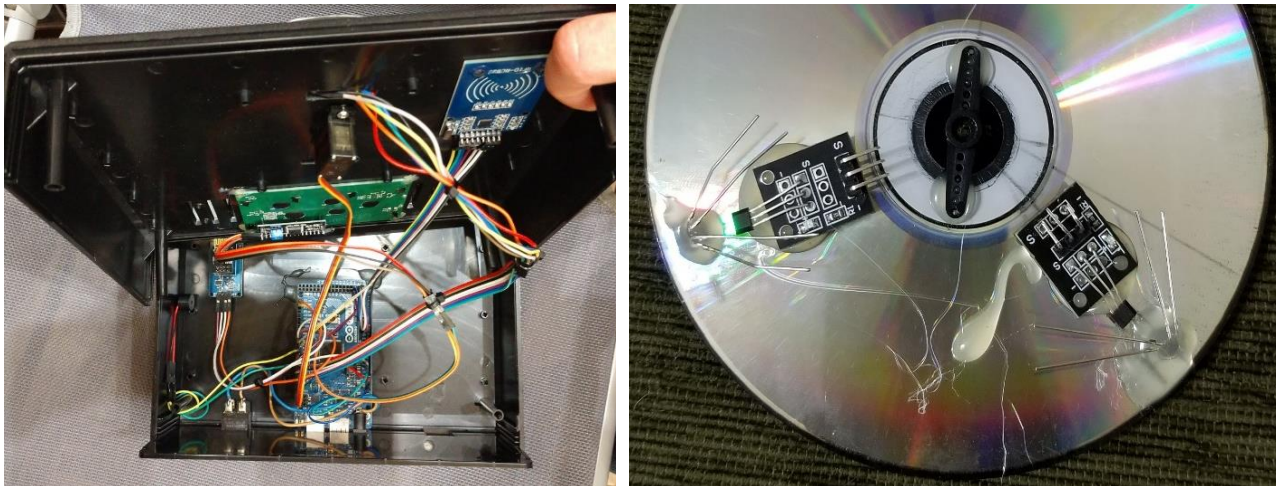
Рисунок 2.8 – Діагностувально-тренувальні прилади серії «Reflex-Txx» (вигляд ззовні): а – порти та електронні компоненти приладу на корпусі; б – вид зверху приладу на датчиках дотику (ТТ3); в – вид зверху приладу на датчиках Холла (ТН3)

Робоча зона (2) з вмонтованими трьома RGB-світлодіодами (13) – по одному на кожний датчик – розміщується на шпинделі сервопривода (3),

розташованому під логотипом розробника (15), та рухається у двох напрямках по колу із заданими швидкістю та кутом для імітації качки корабля, «бовтанки» повітряного судна, вібрації автотранспорту та інших умов, що наближає тренування до реальних обставин. На задньому боці (6) розташована кнопка живлення (11), USB-порти (7, 8), роз'єми підключення до зарядного пристрою (9) та до мережі Ethernet (10).

Для точного керування параметрами руху робочої зони з датчиками використовується сервопривод SG-90 з керуванням від плати Arduino.

Загальна компоновка електронних компонентів у корпусі пластиковому для електроніки N17W розміром 217 мм × 235 мм × 92 мм наведена на рис. 2.9, а.



а)

б)

Рисунок 2.9 – Діагностувально-тренувальний прилад «Reflex-TN3» (вигляд усередині): а – електронні компоненти у корпусі; б – рухома робоча зона на датчиках Холла (вид знизу)

Перелік електронних компонентів, з яких зібрано два модулі малогабаритного модулю для віддаленого тестування та реабілітації, наведено у додатку Б.

Висновки до розділу 2

У другому розділі описано особливості роботи ДТ-приладів, побудованих за мікросервісною архітектурою. Обґрунтований вибір апаратних компонентів для розробки серії ДТ-приладів серії «Reflex-Txx». Описані особливості конструювання приладів на основі сенсорів (модель «Reflex-ТТ3» – «Training Touch 3») та на основі датчиків Холла (модель «Reflex-ТН3» – «Training Hall 3»).

Розглянуто можливості таких плат як Arduino Nano, Arduino Uno, Arduino Mega ADK. В результаті порівняння було прийняте рішення використовувати плату Arduino Mega ADK на мікросхемі ATmega2560. Було підібрано компоненти для розробки системи, а саме: LCD-дисплей 20 × 4 на мікросхемі HD44780 для перетворення сигналів від контролерів і датчиків в графічну інформацію, Wi-Fi модуль ESP-01 для бездротового з'єднання із сервером для відправлення даних з модулей на базі датчика Холла, з якого знімаються дані, що обробляються і відправляються на інші мікросервіси та на головний екран ДТ-приладу, три RGB-світлодіоди, сервомотор SG-90 для здійснення повороту робочої зони на 30 градусів, інші електронні компоненти.

Описано інтерфейси зв'язку, що використовувалися під час розробки системи. Проведене макетування приладів серії «Reflex-Txx» у програмі з вільним доступом Fritzing v. 0.9.3.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Загальна архітектура програмного забезпечення

За для реалізації поставлених задач було розділено систему на декілька сервісів, завдяки чому кожна система виконує певну задачу в межах усієї системи. Даний підхід для розробки є доцільним і вважається мікросервісною архітектурою.

Можна виділити окремі мікросервіси, такі як:

- сервіс для збору даних з тренувальних пристроїв;
- сервіс для зберігання отриманих даних;
- сервіс для моніторингу;
- сервіс для візуалізації даних.

Таким чином, дані, отримані з датчиків безпосередньо тренувальних приладів, розроблених в даній дипломній роботі, відправляються до сервісу моніторингу та до сервісу зберігання (рис. 3.1).

Таке розділення забезпечить відмовостійкість підсистеми збору даних. У випадку перевантаження сервісу для відправки даних, сервіс збору даних продовжить працювати в штатному режимі.

Додатково у зоні розташування ДТ-приладів реалізуються сервіси автентифікації для перевірки рівня доступу користувачів, та сервіс конфігурування приладів. Оскільки сервіс передбачає передачу даних у реальному часі, перетворення даних має бути мінімізованим.

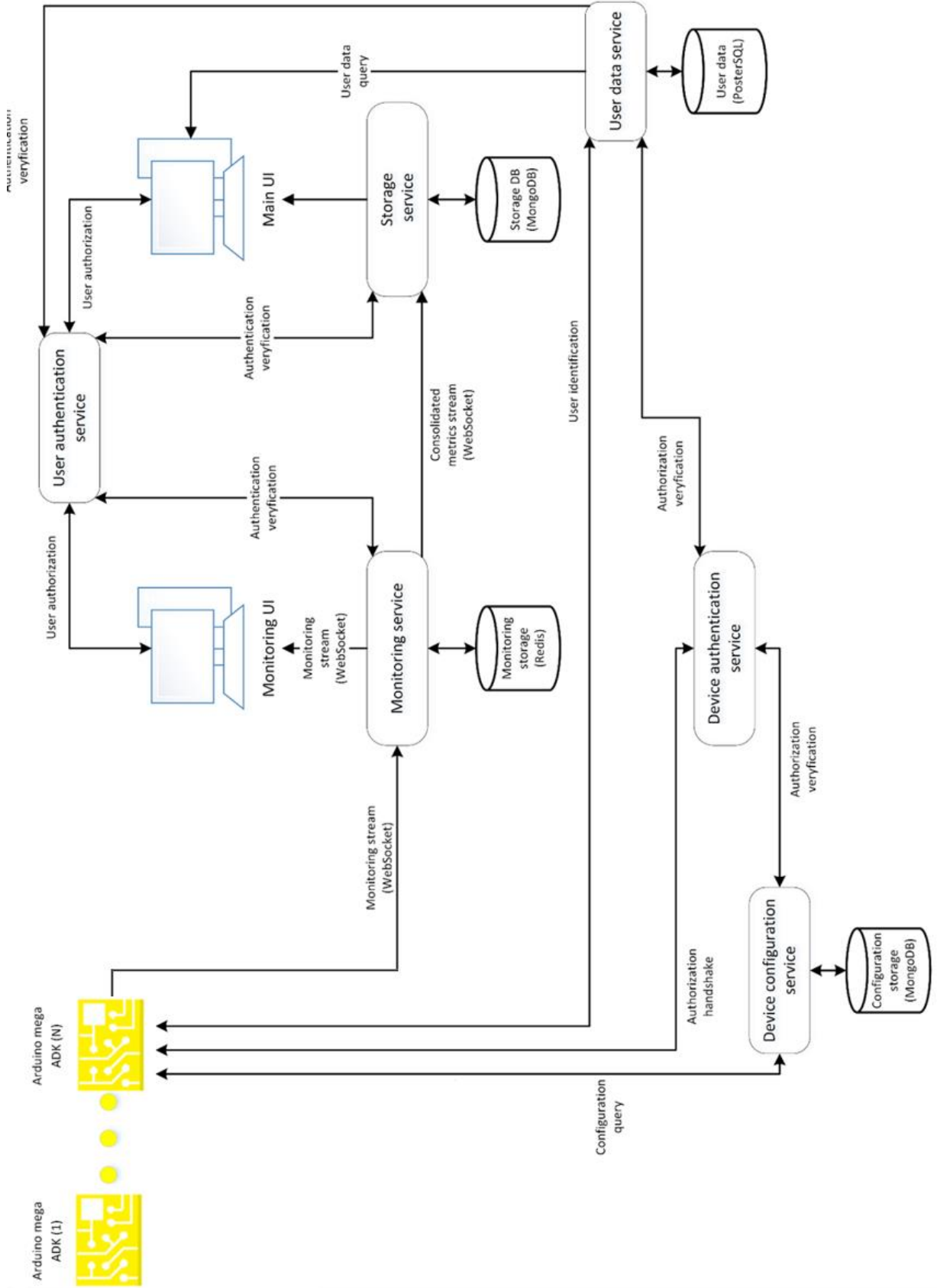


Рисунок 3.1 – Архітектура сервісів

3.2 Життєвий цикл розробки, оснований на V-моделі

Життєвий цикл програмного забезпечення (ПЗ) – період часу, який починається з моменту прийняття рішення про необхідність створення програмного продукту і закінчується в момент його повного вилучення з експлуатації.

Для полегшення проектування, створення і випуску якісного програмного продукту застосовують різні моделі життєвого циклу ПЗ.

Вимоги до проєкту є визначальними при виборі підходу до циклу розробки. У розробленні програмно-апаратного забезпечення основними методологіями, що застосовуються, є класична каскадна модель та V-модель життєвого циклу програмно-апаратного забезпечення.

При каскадній або водоспадній моделі життєвого циклу проєкту (Waterfall model) кожна з фаз проєкту проводиться один раз, слідуючи одна за одною (рис. 3.2). Для того, щоб почати наступну стадію, необхідно повне завершення попередньої.

Переваги Waterfall-моделі:

- всі стадії проєкту виконуються в строгій послідовності;
- строгість етапів дозволяє планувати терміни завершення всіх робіт і відповідні ресурси (грошові і людські);
- вимоги залишаються незмінними протягом усього циклу.

Недоліки Waterfall-моделі:

- складності при формулюванні чітких вимог і неможливість їх зміни;
- тестування починається тільки з середини розвитку проєкту;
- до завершення процесу розробки користувачі не можуть переконатися, чи якісно розробляється продукт.

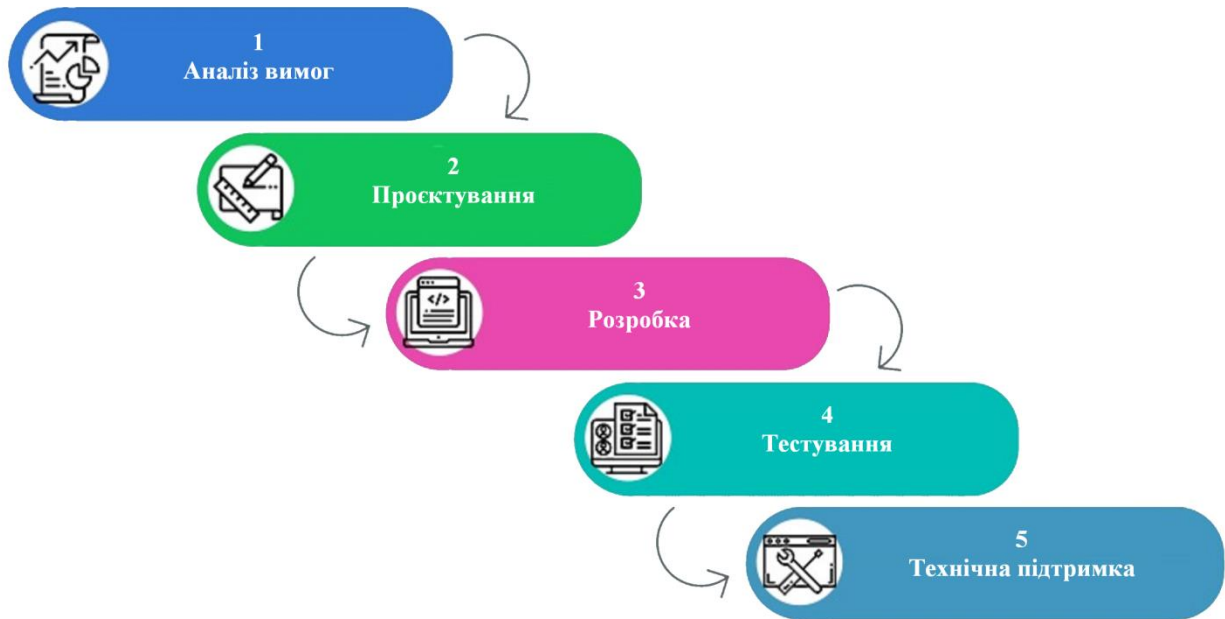


Рисунок 3.2 – Каскадна модель (Waterfall model) життєвого циклу

У даній роботі застосовано V-модель життєвого циклу – це поліпшена версія класичної каскадної моделі, яка дозволяє усунути недоліки класичної моделі (рис. 3.3).

В даній моделі на кожному етапі відбувається контроль поточного процесу, для того щоб переконатися в можливості переходу на наступний рівень. У цій моделі ще зі стадії написання вимог починається тестування, до того ж для кожного наступного етапу передбачений свій рівень тестового покриття.

Для кожного рівня тестування розроблюється окремий тест-план, тобто, під час тестування поточного рівня. Створюючи тест-плани, також визначаються очікувані результати тестування і вказуються критерії входу і виходу для кожного етапу.

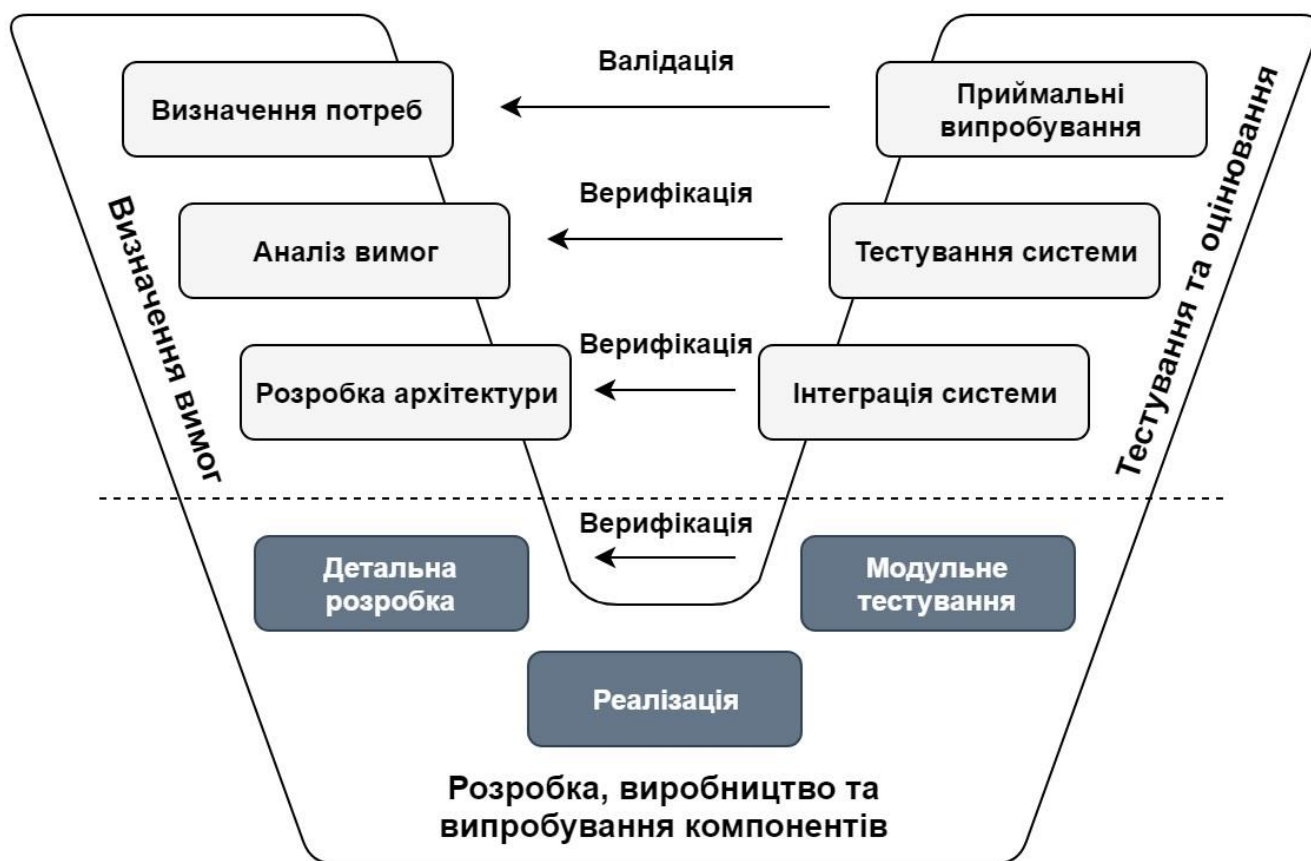


Рисунок 3.3 – Життєвий цикл розробки програмно-апаратного забезпечення

Переваги V-моделі:

- суворі етапізація;
- мінімізація ризиків та усунення потенційних проблем за рахунок того, що тестування з'являється на самих ранніх стадіях;
- вдосконалений тайм-менеджмент.

Недоліки V-моделі:

- неможливість адаптуватися до змінених вимог замовника;
- тривалий час розробки (іноді триває до декількох років) призводить до того, що продукт може бути вже не потрібен замовнику, оскільки його потреби змінюються;
- немає дій, спрямованих на аналіз ризиків.

У V-моделі кожному етапу проектування і розробки системи відповідає окремий рівень тестування.

В такому разі процес розробки представлений низхідній послідовністю в лівій частині умовного букви V, а стадії тестування – на її правому ребрі. Відповідність етапів розробки та тестування показано горизонтальними лініями.

3.3 Розробка програмного забезпечення приладів серії «Reflex-Txx» на платформі Arduino

3.3.1 Початок розробки проєкту

Щоб реалізувати програмний застосунок, за допомогою якого будуть накопичуватися та передаватися до мікросервісів результати роботи оператора з приладом, доцільно використовувати середовище розробки Arduino IDE [12].

Мова програмування приладів на платформі Arduino заснована на C/C++ і скомпонована з бібліотекою AVR Libc, що дозволяє використовувати будь-які її функції. На даний момент Arduino є одним з найзручніших способів програмування пристроїв на мікроконтролерах.

Мову Arduino можна розділити на чотири розділи:

- 1) оператори;
- 2) дані (змінні і константи);
- 3) функції;
- 4) бібліотеки.

До складу середовища Arduino IDE входить вбудований текстовий редактор програмного коду, область повідомлень, вікна виведення тексту (консолі), панелі інструментів з кнопками команд, що часто використовуються і декількох меню (рис. 3.4). Програмувати і завантажувати прошивки можна через Arduino IDE версії не нижче 1.6.5.

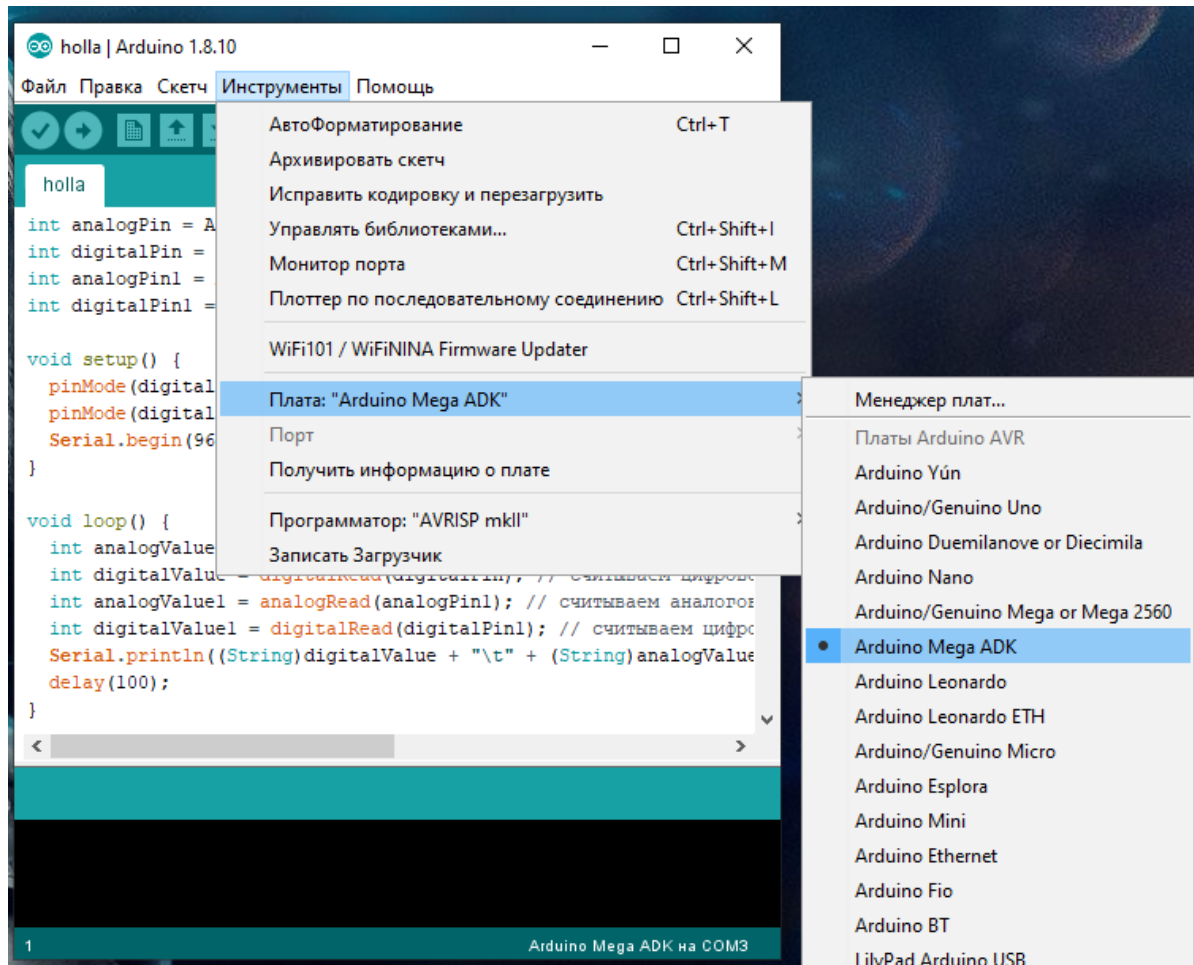


Рисунок 3.4 – Вигляд програмного середовища Arduino

ATmega2560 в Arduino Mega ADK випускається з прошитим завантажувачем, що дозволяє завантажувати в МК нові програми без необхідності використання зовнішнього програматора. Взаємодія з ним здійснюється за оригінальним протоколом STK500.

Скетч – програма, написана в середовищі Arduino IDE. Перед завантаженням скетчу потрібно задати параметри в меню **Tools> Board i Tools> Serial Port**.

3.3.2 Розробка програмних скетчів для роботи з сервомотором SG-90 у середовищі розробки Arduino IDE

Бібліотека **Servo** дозволяє здійснювати програмне керування до 12 сервоприводами. Для цього заводиться змінна типу **Servo**.

Управління здійснюється наступними функціями: **attach()** – приєднує змінну до конкретного піна; **write()** – повертає команду сервопривода прийняти деяке значення параметра; **writeMicroseconds()** – повертає команду послати на сервопривод імпульс певної довжини; **read()** – читає поточне значення кута, в якому знаходиться сервопривод; **attached()** – перевірка, чи була приєднана змінна до конкретного піна; **detach()** – виконує дію, зворотню дії **attach()**, тобто від'єднує змінну від піна (рис. 3.5).

```
//підключення бібліотеки для роботи із сервомотором
#include <Servo.h>
//створення об'єкту для управління сервомотором
Servo servol;

void setup() {
//підключення сервомотору до 5 піну
servol.attach(5);
}

void loop() {
//встановлення сервомотору в крайнє лівє положення
servol.write(0);
delay(200);
//встановлення в центральнє положення
servol.write(90);
delay(200);
//встановлення в крайнє правє положення
servol.write(180);
delay(200);
}
```

Рисунок 3.5 – Приклад використання бібліотеки Servo

У функції «**void setup()**» об'єкту для керування сервоприводом необхідно написати функцію «**myservo.attach(9)**» для приєднання змінної до конкретного піну. Після чого у функції «**void loop()**» пишуться команди для сервоприводу.

3.3.3 Програмування роботи з RFID-модулем RC522 у середовищі розробки Arduino IDE

Для роботи з модулем потрібно встановити бібліотеку **RFID Library for MFRC522**. Після установки потрібно завантажити розроблений тестовий скетч, наведений у додатку А.1.

В даному скетчі перш за все потрібно створити об'єкт для керування RFID модулем, і в ньому задати номери пінів SDA і RST. Також потрібно підключити бібліотеку «**SPI**», яка ініціалізує шину SPI, встановлюючи пін SCK, MOSI, і SS як виходи і рівень сигналу на SCK і MOSI – «**LOW**» і на SS – «**HIGH**». Потім проініціалізувати метод «**SPI.begin()**», а також метод «**rfid.init()**» в функції «**void setup()**».

Для зчитування номера карти **cardRead** треба включити моніторинг послідовного порту. Потім мітку потрібно піднести до зчитувача («рідера»); при цьому відбудеться ініціалізація мітки і на моніторі з'явиться адреса картки в десятковому форматі (рис. 3.6).

```
98, 207, 222, 31, 108  
Card number:  
98, 207, 222, 31, 108  
Card number:  
98, 207, 222, 31, 108  
Card number:  
98, 207, 222, 31, 108  
Card number:  
98, 207, 222, 31, 108  
Card number:  
98, 207, 222, 31, 108
```

Рисунок 3.6 – Адреса картки в десятковому форматі

3.3.4 Програмування роботи з датчиком Холла в середовищі розробки Arduino IDE

Для роботи з датчиками Холла не потрібно встановлювати допоміжні бібліотеки. Приклад скетчу наведений на рис. 3.7. Щоб працювати з датчиками Холла достатньо оголосити функцію **void setup()** та функцію **pinMode(digitalPin, INPUT)**, де **pinMode()** встановлює режим роботи заданого входу/виходу (**digitalPin**) як входу або як виходу.

```
int analogPin = A0; // з аналогового виходу датчика Холла
int digitalPin = 7; // з цифрового виходу датчика Холла

void setup() {
  pinMode(digitalPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int analogValue = analogRead(analogPin); // зчитуємо аналогове значення
  int digitalValue = digitalRead(digitalPin); // зчитуємо цифрове значення
  Serial.println((String)digitalValue + "\t" + (String)analogValue);
  delay(100);
}
```

Рисунок 3.7 – Приклад скетчу для роботи з датчиками Холла

У функції **void loop()** відбувається зчитування аналогового і цифрового значення, після чого виводиться на монітор.

Програмний код для всієї рухомої робочої зони з використанням датчиків Холла наведений у додатку А.2.

3.3.5 Програмування роботи з LCD I2C-модулем в середовищі розробки Arduino IDE

Для взаємодії Arduino с LCD 2004 по шині I²C потрібні, як мінімум, дві бібліотеки:

– бібліотека **Wire** для роботи з шиною I²C вже є в стандартній програмі Arduino IDE;

– бібліотека **LiquidCrystal_I2C**, яка включає в себе команди для керування LCD-екраном по шині I²C і дозволяє зробити скетч простіше і коротше.

Після підключення до скетчу всіх необхідних бібліотек створюємо об'єкт і можемо використовувати всі його функції (рис. 3.8).

```
#include <Wire.h> // бібліотека для з'єднання
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // бібліотека для LCD екрану

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // Вказуємо I2C адресу

void setup()
{
  lcd.init(); // Ініціалізація дисплея
  lcd.backlight(); // Включаємо підсвічування дисплея
  lcd.clear(); // Очистка дисплея
  lcd.setCursor(0, 0); // Встановлення курсору на початку першого рядка
  lcd.print("Hello"); // Набір тексту на початку першого рядка
  lcd.setCursor(0, 1); // Встановлення курсору на початку другого рядка
  lcd.print("REFLEX-TH3"); // Набір тексту на другому рядку
}
void loop()
{
}
```

Рисунок 3.8– Приклад використання бібліотеки LiquidCrystal_I2C

У деяких випадках при використанні зазначеної бібліотеки з приладом, обладнаним контролерами PCF8574, можуть виникати помилки. У цьому випадку в якості альтернативи можна запропонувати бібліотеку **LiquidCrystal_PCF8574**, яка розширює **LiquidCrystal_I2C**.

3.3.6 Програмування роботи з WiFi-модулем ESP-01 у середовищі розробки Arduino IDE

Для початку роботи необхідно завантажити з офіційного сайту останню версію Arduino IDE. Більш старі версії типу 1.0.5 не підійдуть, тому що не мають потрібного функціоналу.

Запускаємо середовище розробки і переходимо у пункт Меню **Файл / Параметри** (рис. 3.9).

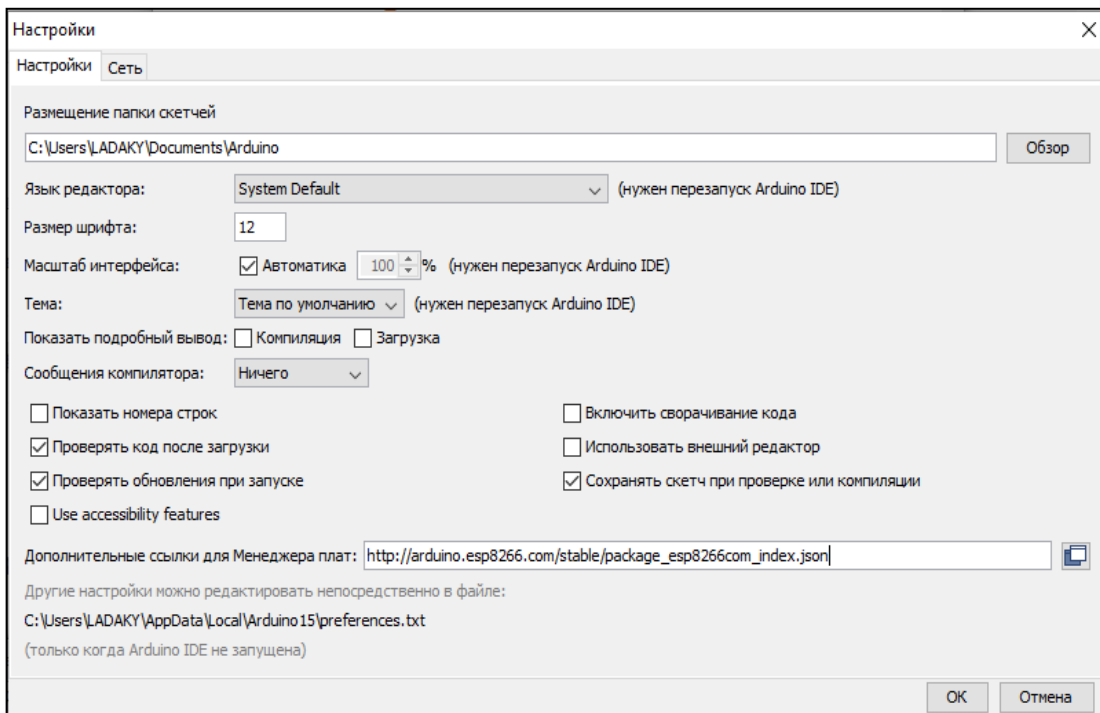


Рисунок 3.9 – Додаткові посилання для «Менеджера плат»

Вставляємо посилання в поле «Додаткові посилання для Менеджера плат» і тиснемо «ОК». Після цього потрібно встановити бібліотеку «*esp8266 by ESP8266 Community*» в менеджері бібліотек.

Після того, як WiFi-модуль запрограмований у середовищі розробки Arduino, «рідна» прошивка модуля видаляється, і в результаті втрачається можливість працювати з модулем за допомогою AT-команд (рис. 3.10).

```

яя r$ dbh| „$a|  Ё lm рЕгг д 'r"bl сЕр-ыНН loпъад # рдН#l {lрыпа  і l  с oBrN l„рр Ёы
Ai-Thinker Technology Co. Ltd.

ready
AT

OK
AT+GMR
AT version:0.21.0.0
SDK version:0.9.5

OK

```

Рисунок 3.10 – Вивід даних про WiFi-модуль на LCD-екран

Робота виконується за наступним алгоритмом:

- підключення USB-TTL до USB і до ESP;
- запуск Arduino IDE;
- вибрати в меню потрібні інструменти: порт, плату, частоту і розмір flash-пам'яті;
- Файл – Приклади – ESP8266WiFi – WiFiWebServer;
- записати в скетчі SSID і пароль мережі Wi-Fi;
- почати компіляцію і завантаження коду;
- дочекатися закінчення процесу прошивки, від'єднати GPIO0 від землі;
- поставити швидкість 115200 кбіт/с;
- відбудеться підключення, буде записана IP-адреса;
- відкрити браузер, ввести в адресному рядку номер IP/gpio/1;
- подивитися монітор порту: якщо до виходу GPIO2 підключений світлодіод, він повинен загорітися.

Висновки до розділу 3

У **третьому розділі** магістерської роботи проведено розробку апаратної частини та програмування модулів платформи Arduino на мові C++. Проведено аналіз обраного середовища розробки, а саме Arduino IDE. Наведено перелік основних переваг та недоліків цього програмного застосунку. Серед недоліків відсутність автодоповнення коду, а також відсутність підтримки плагінів. Вибір середовища Arduino IDE обумовлений досить високою сумісністю з апаратною частиною.

Досліджено бібліотеки, котрі були використані у ході розробки. Проведено аналіз функцій бібліотек, а також наведено приклади використання деяких з них.

Розроблено програмний код прошивок («скетчі») всіх електронних модулів, що входять до складу ДТ-приладів (RFID-модуля, датчика Холла, датчика дотику, LCD I2C-модуля, WiFi-модуля та ін.).

Зі зростанням кількості тренувальних приладів у складі реабілітаційних комплексів для відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів, і з підвищенням швидкості реакції пацієнтів, користувачі розробленого програмно-апаратного забезпечення можуть зіткнутися з тим, що платформа Arduino перестане справлятися з тим обсягом обчислень, який очікується від неї отримати. Може банально не вистачати швидкодії у розрахунках, оновленні інформації на дисплеях, відправки даних та інших ресурсовитратних дій, а ще може просто закінчитися оперативна пам'ять. В такому випадку можна перейти на більш просунуту платформу STM32.

Однак, слід зауважити, що поліпшення апаратних ресурсів пристроїв спричинить за собою і значне подорожчання приладів, а також істотне зростання їх енергоспоживання.

Тому вважаємо за доцільне, в першу чергу, приділити увагу оптимізації програмного коду безпосередньо для компонентів платформи Arduino: аналізу використання змінних відповідних типів, переходу від дій з числами з плаваючою точкою до цілочисельного типу, заміну ділення і зведення в ступінь – множенням, заміну Arduino-функцій на пряму роботу з портами і т. п. Такий підхід дозволить зберегти мінімальну вартість апаратного забезпечення і таким чином здійснювати витрати на розширення парку пристроїв.

4 ПІДГОТОВКА ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1 Режим тренувань

У відповідності до медичних рекомендацій, пальці рук мають утримувати холдер (магніт) до 30 секунд, перш ніж відпустити його, тому час одної спроби був обраним у 30 с з розподілом на 20 дій (дотиків до робочої зони приладу).

Під час першого ввімкнення приладу на LCD-екрані відобразиться логотипи приладу з вказанням задіяних датчиків: TH3 – трьох датчиків Холла, TT3 – трьох сенсорних кнопок (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – LCD-екран на корпусі тренувального приладу «Reflex – TH3»

Для того, щоб користувач зміг авторизуватися, в нього повинна бути особиста RFID-карта. У результаті піднесення RFID-карти до відповідного поля на приладі, на LCD-екрані відобразиться ID користувача за форматом XXX-XX-XXX (рис. 4.2).

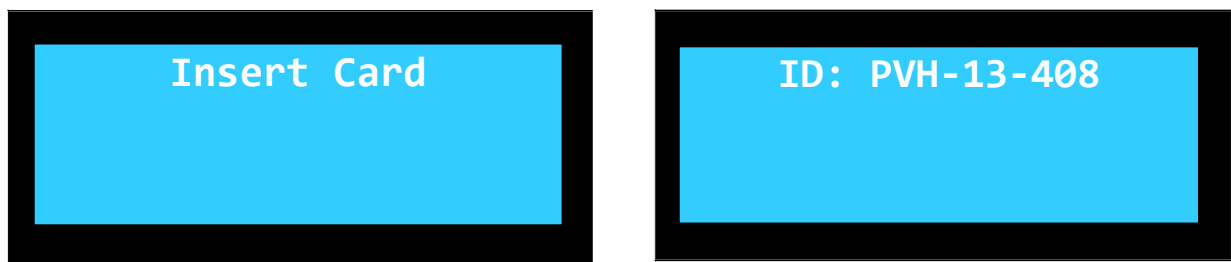
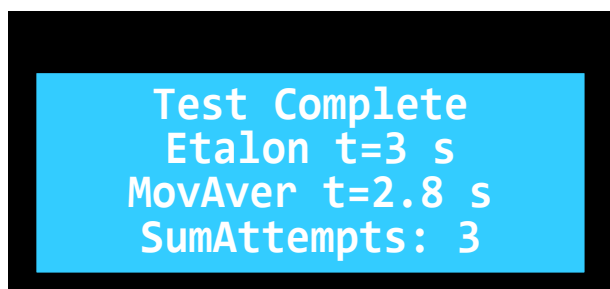


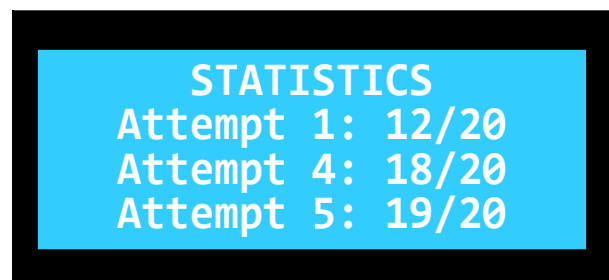
Рисунок 4.2 – Запит на авторизацію

Для того, щоб пройти тест на приладі «Reflex-ТНЗ», користувачу потрібно взяти магніт і підносити його біля світлодіоду того кольору, який загорівся.

Після успішного завершення тесту відбудеться звукове супроводження, і на LCD-екрані відобразиться повідомлення про закінчення тесту «**Test Complete**». Також виведеться повідомлення про «**Etalon t**» та про ковзний середній час «**MovAver t**» (з посиленням впливом новіших даних у порівнянні зі старішими) і кількість спроб «**SumAttempts**» (рис. 4.3, а). Також користувачу відобразиться статистика спроб, в якій буде відображено кількість спроб проходження тесту, відомості про помилки, які здійснив користувач при кожному екшені (англ. **Action** – дія, яка зафіксована сенсором) протягом однієї спроби тесту (рис. 4.3, б).



а)



б)

Рисунок 4.3 – Результати тестування після закінчення тренування: а – середній час; б – статистика тестування (вдалі екшени кожної спроби/загальна кількість)

За одну сесію (англ. **Session**) користувач може здійснити не більше п'ять спроб (**Attempts**). Після закінчення тесту статистика передається через мережу Інтернет до сервісів моніторингу, зберігання та аналізу та відображається у застосунку пацієнта чи лікаря.

Тренувальний прилад «Reflex – ТТЗ» на основі сенсорних датчиків дотику виконаний на платформі Arduino за схемотехнічними рішеннями, описаними вище для приладу «Reflex – ТНЗ». Однакова конструкція всіх приладів серії «Reflex – Тхх» дозволяє здійснювати зміну робочої зони – або на датчиках Холла, або на датчиках дотику – на корпусі тренувального приладу.

Послідовність виконання тренувальних тестів на «Reflex – ТТЗ» аналогічна описаній для «Reflex – ТНЗ», тільки дія виконується шляхом дотику замість магнітного інструменту – тобто, безпосередньо пальцем пацієнта, що тренується за для відновлення пошкоджених кінцівок руки, до маркованої RGB-площинки відповідного кольору після загоряння RGB-світлодіода. Заміна робочого поля ТНЗ на ТТЗ не потребує змін у програмному коді тренувального приладу «Reflex – ТТЗ».

Таким чином, розроблене апаратно-програмне забезпечення подає на робочу зону ДТ-приладу «Reflex-Тхх» серію з 20 світлових імпульсів з інтервалом 1,5 с. У випадку високого рівня спастичності за модифікованою шкалою Ешворта, або в результаті надмірно уповільненої реакції пацієнта цей інтервал може бути збільшеним до 3 с (з кроком 500 мс) за допомогою кнопки справа від LCD-екрана на корпусі ДТ-приладу.

В межах однієї сесії виконується не більше 5 спроб. Спроби повторюються з перервами між ними у 10 секунд.

4.2 Оцінка ефективності використання тренажерного апарату

Оскільки складно дібрати реальні одиниці виміру спастичності пальців руки, було запропоновано використовувати для оцінювання ефективності тренувань модифіковану шкалу Ешворта – Modified Ashworth Scale (MAS) [24];

Шкала Ешворта MAS, використовується для вимірювання спастичності за п'ятибальною оцінкою (від 0 до 4).

Для оцінки спастичності (рівня функціональності пальців рук) лікар між тренувальними сесіями переміщує руку (кісті та пальці) пацієнта в повному діапазоні рухів і суб'єктивно оцінює м'язовий тонус кінцівок руки. Пацієнт при цьому повинен перебувати в положенні сидячи. Рівень спастичності визначається таким чином:

0 – збільшення тонузу відсутнє;

1 – невелике збільшення тонузу, яке обмежує рух, з'являється при згинанні / розгинанні кисті / пальців руки;

2 – більш помітне збільшення тонузу, але кисть / пальці легко згинаються / розгинаються;

3 – значне збільшення тонузу зі згинанням / розгинанням кисті / пальців;

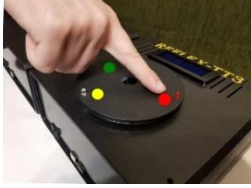
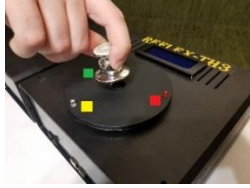
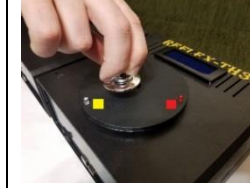
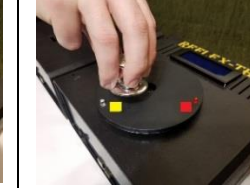



4 - кисть / пальці не піддаються згинанню / розгинанню.

При тренуванні завданням пацієнта є торкання майданчика біля спалахнувшого світлодіода пальцем або магнітним інструментом («холдером»), який утримується щепотью з 2-, 3- або 4-х пальців (табл. 4.1).

З табл. 4.1 можна побачити, що при необхідності тренування натискування кнопок на тренажері одним пальцем під диском робочої зони можливо розташувати датчик дотику, наприклад, ТТР223. Зверху така сенсорна кнопка на приладі «Reflex-ТТ3» («Training Touch 3 Sensors») промаркована квадратом такого ж кольору, як світлодіод поряд (див. колонку 1 у табл. 4.1).

Якщо йдеться про використання для тренування спеціального «холдера», що утримується за допомогою декількох пальців, тоді необхідні їх тренування з 2-точковим, 3-точковим або 4-точковим прикладанням зусиль. В такому разі доцільно в якості інструменту для торкання робочої зони біля спалахнувшого світлодіода використовувати магнітний інструмент («холдер»), засоби утримання якого наведені у колонках 2–4 табл. 4.1. У такому випадку під робочою зоною кріпляться 3 датчики Холла, наприклад, А3144 – по одному датчику біля кожного світлодіода. Зверху робоча зона такого тренувального приладу «Reflex–ТН3» («Training Hall 3 Sensors») промаркована колами, кольори яких відповідають кольорам спалаху світлодіодів.

Таблиця 4.1 – Пальці (групи пальців) для тренування та необхідні датчики

Кількість пальців для тренування	1	2	3	4
Позиція пальців під час тренування				
Магнітний інструмент	Не потрібний			
Тип датчика	Сенсорний	Холла	Холла	Холла
Бали за шкалою MAS після 1-ї сесії	2–3	1–2	1–2	від 1+ до 2
Фінішні бали за шкалою MAS	1+	0	0	1

Ступінь спастичності за шкалою MAS оцінюється після 1-ї сесії тренувань (5-й рядок табл. 4.1) та у процесі тренувань за необхідністю. З останнього рядку табл. 4.1 можна побачити, що спастичність наприкінці тренування може зменшуватись на 1–2 бали. Це свідчить про ефективність тренувального процесу та відновлення звичайної функціональності пальців рук пацієнта.

Як зазначено у підрозділі 4.1, в межах однієї сесії тренувань виконується не більше 5 спроб з перервами між ними у 10 секунд. З рис. 4.4 можна побачити зміни у рівні спастичності у балах за шкалою MAS після 1-ї, 3-ї та 5-ї спроб для кожного типу ДТ-приладу окремо.

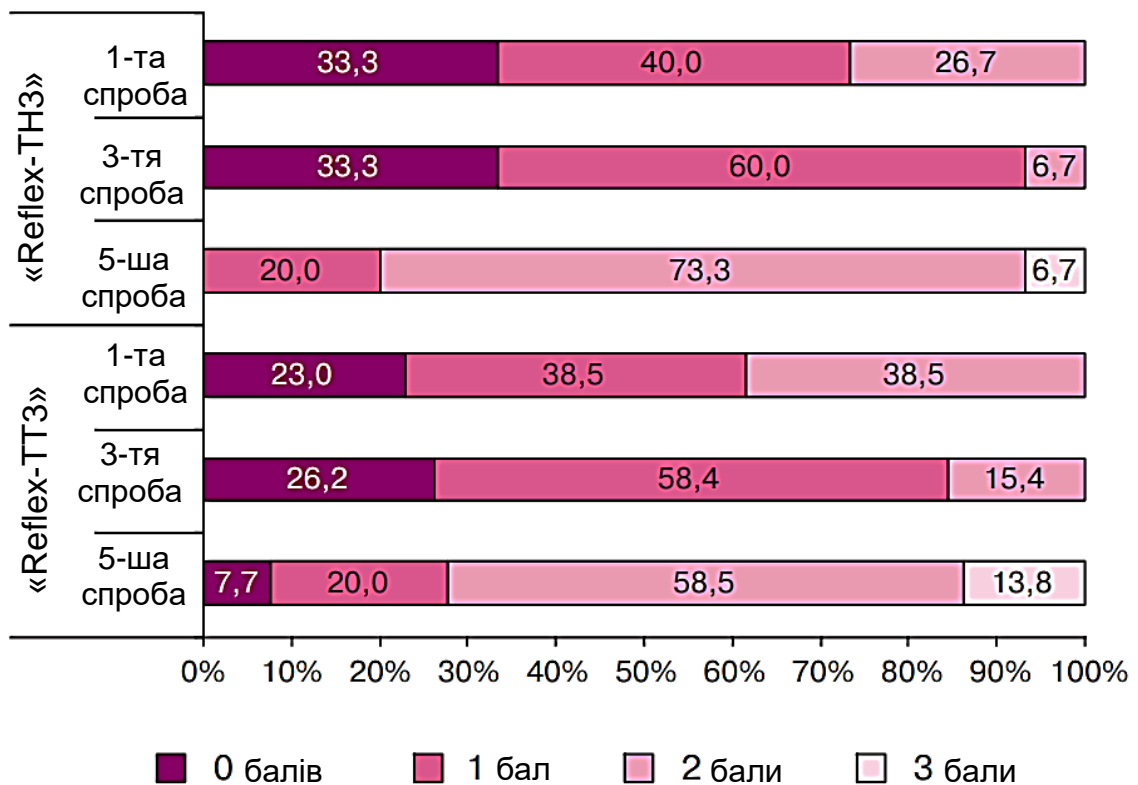


Рисунок 4.4 – Розподіл спастичності за шкалою Ешворта

За результатами оцінювання ефективності використання розроблених ДТ-приладів можливо зробити висновок, що після 1-ї спроби більшу складність тренування має пацієнт з поганою спастичністю пальців рук, характеризуються ДТ-прилади «Reflex-ТНЗ» на основі датчиків Холла (до 33,3 % пацієнтів мають зменшення тонусу, яке обмежує рух, при згинанні / розгинанні пальців руки). Але, з плином часу тренування, наприкінці 5-ї спроби вже 20 % пацієнтів, які працюють з магнітним інструментом, показують зростання спастичності (від 1 балу) після відпрацювання дотиків за алгоритмом спалахів RGB-світлодіодів.

Таким чином, при якісному аналізі за шкалою Ешворта MAS результатів тренування було виявлено підвищення рівня спастичності пальців руки пацієнтів з плином часу тренувань.

Висновки до розділу 4

У **четвертому розділі** описано підготовку експериментів та оцінку ефективності результатів тренувань.

Описаний процес тренування – від першого ввімкнення ДТ-приладу до виводу результатів тестування після закінчення тренування на LCD-дисплей приладу.

Оцінювання ефективності результати тренувань виконано за модифікованою шкалою спастичності Ешворта – Modified Ashworth Scale (MAS). Показано, що з плином часу тренувань та нарощуванням кількості спроб, відбувається підвищення рівня спастичності пальців руки пацієнтів з плином часу тренувань.

ВИСНОВКИ

Відновлення функцій пост-інсультних хворих за своїм поширенням є науковою проблематикою світового рівня. У зв'язку з цим, створення малогабаритних пристроїв, які виконують функції тренувальних дій окремих груп м'язів або м'язів рук, ніг, пальців кінцівок дистанційно на відстані від медичних установ та реабілітаційних центрів в звичних умовах домашнього комфорту, є актуальною задачею.

Вироблення стійкого рефлексу з відновленням рухів кисті і пальців рук пост-інсультних пацієнтів можливо за рахунок частого повторення тренувальних вправ з датчиками автоматизованої системи з поступово збільшуваною швидкістю взаємодії пацієнта з електронними компонентами ДТ-приладів. Для цього виконано розробку модулів та компонентів автоматизованої системи для ефективного та контрольованого реабілітаційного відновлення пост-інсультних пацієнтів з відхиленнями м'язової активності в умовах індивідуальних віддалених тренувань, у ході яких здійснюється моніторинг показників стану пацієнтів, протоколюються і передаються всі параметри каналами радіозв'язку.

У процесі досягнення мети роботи виконано такі завдання:

1) проведено аналіз існуючих методик відновлення моторики ушкоджених пальців рук та засобів інтеграції комп'ютерних систем у галузь реабілітації хворих після інсультів;

2) виконано проектування та апаратно-програмну реалізацію автоматизованої системи для відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів на платформі Arduino;

3) проведено тестування розробленої серії ДТ-приладів «Reflex-Txx» на основі датчиків Холла та сенсорів, запропоновано апаратно-змінювані режими тренувань в залежності від результатів пацієнтів.

Використана платформа та середовище програмування Arduino IDE надає безліч інструментів і різноманітний інтерфейс для створення програмно-приладного забезпечення з різною архітектурою, що дозволять не тільки

отримувати дані для подальшої передачі на сервер, а й здійснювати попередні обробку та відображення даних з приладів безконтактної рефлексодіагностики безпосередньо на місці обстеження та тренування.

Із створенням більш глобальних проєктів Arduino перестане справлятися із зростаючим обсягом обчислень – може банально не вистачати швидкодії в розрахунках, оновленні інформації на дисплеях, відправки даних та інших ресурсовитратних дій, а ще може просто закінчитися пам'ять. В останньому випадку пристрій може почати вести себе неадекватно, перезавантажиться або просто зависне. Щоб уникнути цього, потрібно у подальшому оптимізувати програмний код на Arduino.

У подальшому, при розвитку проєкту, доцільно в першу чергу приділити увагу оптимізації програмного коду безпосередньо для компонентів платформи Arduino: аналізу використання змінних відповідних типів, переходу від дій з числами з плаваючою точкою до цілочисельного типу, заміну ділення і зведення в ступінь – множенням, заміну Arduino-функцій на пряму роботу з портами і т. п. Такий підхід дозволить зберегти мінімальну вартість апаратного забезпечення і таким чином здійснювати витрати на розширення парку пристроїв, збільшуючи тим самим кількість пацієнтів на віддаленій реабілітації.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Arduino. Programming Arduino. URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/structure/further-syntax/curlybraces/> (Last accessed: 28.12.2019).
2. Esp8266 Arduino site placeholder. URL: http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json (Last accessed: 28.12.2019).
3. Bipolar Hall-Effect Digital Position Sensor ICs. *Honeywell Sensing and Internet of Things*. 2018. Vol. 32312814, Is. B. 8 p. URL: <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-bipolar-hall-effect-digital-position-sensor-ic-ss41-l-t2-t3-s-sp-datasheet-32312814-b-en.pdf> (Last accessed: 28.12.2019).
4. Программирование Ардуино: справочник языка. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/prog/> (Last accessed: 28.12.2019).
5. V. P. Martsenyuk et al., “МОНІТОРИНГ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЗА ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ СЕНСОРІВ У РЕАБІЛІТАЦІЙНІЙ МЕДИЦИНІ: СИСТЕМАТИЧНИЙ ОГЛЯД,” Вісник наукових досліджень, no. 2, pp. 5–12, Apr. 2019, doi: 10.11603/2415-8798.2019.2.9971.
6. C. M. Buetefisch, “Role of the contralesional hemisphere in post-stroke recovery of upper extremity motor function,” *Frontiers in Neurology*, vol. 6, no. OCT. Frontiers Media S.A., 2015. doi: 10.3389/fneur.2015.00214.
7. “SiYi Intelligent-min - Обладнання для реабілітації пальців рук”, Accessed: Nov. 14, 2021. [Online]. Available: https://ml.com.ua/ru/?attachment_id=6998
8. S. Y. Yang et al., “Field-Modulated Anomalous Hall Conductivity and Planar Hall Effect in Co₃Sn₂S₂Nanoflakes,” *Nano Letters*, vol. 20, no. 11, pp. 7860–7867, Nov. 2020, doi: 10.1021/acs.nanolett.0c02219.

9. J. Ge et al., “Unconventional Hall effect induced by Berry curvature,” *National Science Review*, vol. 7, no. 12, pp. 1879–1885, Dec. 2020, doi: 10.1093/nsr/nwaa163.
10. A. Ciuffoletti, “Design of an open remote electrocardiogram (ECG) service,” *Future Internet*, vol. 11, no. 4, 2019, doi: 10.3390/fi11040101.
11. “Навигационный тренажер NTPro5000 / ООО «Транзас Украина»; г. Николаев.”, Accessed: Nov. 14, 2021. [Online]. Available: <https://www.transas.com.ua/services/simulation/bitriks-24-portal/>
12. S. Monk, “Programming Arduino Next Steps: Going Further with Sketches,” undefined. p. 288, 2013. [Online]. Available: https://www.mhprofessional.com/9780071830256-usa-programming-arduino-next-steps-goi...%0Ahttp://www.amazon.com/Programming-Arduino-Next-Steps-Sketches/dp/0071830251/ref=sr_1_1?s=books&ie=UTF8&qid=1434208011&sr=1-1&keywords=Programming_Arduino_Next_Steps__
13. Меркушев Е. Автомобильный датчик Холла. URL: <https://kojieco.ru/avtomobilnyj-datchik-holla-chto-nuzhno-znat-ob-etom-ustrojstve/> (дата звернення: 12.06.2020).
14. Интернет-магазин «Ардуино в Украине». URL: <https://www.Arduino.ua> (дата обращения: 28.12.2019).
15. Turner R. and Newton R., *Arduino Programming: The Ultimate Intermediate Guide to Learn Arduino Programming*. 2020.
16. J. Blum, *Exploring ARDUINO tools and techniques for engineering wizardry*, vol. 53, no. 9. 2013. Accessed: Nov. 13, 2021. [Online]. Available: <https://www.wiley.com/en-us/Exploring+Arduino%3A+Tools+and+Techniques+for+Engineering+Wizardry%2C+2nd+Edition-p-9781119405306>
17. M. W. Publicover and W. K. Foster, “Providing targeted content based on a user’s preferences,” 2020 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US10546326B2/en>

18. A. Franzen, "Electronics and control systems," in Precision Agriculture Basics, 2018. doi: 10.2134/precisionagbasics.2016.0099.
19. Turner R., Newton R. Arduino Programming: The Ultimate Intermediate Guide to Learn Arduino Programming Step by Step : book & audiobook. Nelly B.L. International Consulting Ltd., 2020. 178 p. & Ryan Turner, 2020. 3 hours and 36 minutes.
20. Bayle J. C Programming for Arduino. Packt Publishing, 2013. 513 p.
21. Monk S. Programming Arduino Next Steps: Going Further with Sketches. 3rd ed. Cengage Publisher Services, 2016. 220 p. URL: https://www.academia.edu/7114110/Programming_Arduino_Next_Steps_Going_Further_with_Sketches (дата обращения: 02.06.2020).
22. Blum J. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry 1st ed. Wiley, 2013. 384 p.
23. Margolis M. Arduino Cookbook, 2nd Edition. 2nd ed. O'Reilly Media, 2011. 724 p.
24. Матвієнко Ю. О. Спастичність: огляд проблеми. *Медицина світу*. Квітень 2008. Т. XXIV, № 4. URL: <http://msvitu.com/archive/2008/april/article-3.php?print=1> [Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького].
25. Бідюк П. І., Романенко В. Д., О. Л. Тимошук. Аналіз часових рядів : навч. посібник. Київ : НТУУ «КПІ», 2010. 317 с.
26. Невзоров Р. В. Військова педагогіка. *Збірник наукових праць / Військова академія* (м. Одеса). 2017. № 2 (8). С. 187–191.
27. Shurbin V., Hnesdilov M., Zhuravska I., Boiko A., Polianichkin V., Burenko V. Hardware-software complex to diagnostic and rehabilitation the patients with damages of cervical-thoracic spine and hand nerves. *Electronics and Nanotechnology (ELNANO) : Proc. of the 2020 IEEE 40th Int. Conf., Kyiv, Ukraine, / Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute*. P. 493–498. **Scopus EID: 2-s2.0-85086303373.**

28. Полянчикін В. Г., Журавська І. М. Автоматизована система на платформі Arduino для відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів. *Могілянські читання – 2021* : тези доп. XXIV Всеукр. наук.-метод. конф. Миколаїв, 8–12 листоп. 2021 р. Миколаїв : Чорном. нац. ун-т ім. Петра Могили, 2021. С. 66–68.

29. Trunov A., Beglytsia V., Gryshchenko G., Ziuzin V., Koshovyi V. Methods and tools of formation of general indexes for automation of devices in rehabilitative medicine for post-stroke patients. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4, No. 2 (112). P. 35–46. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239288. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/239288> (Last accessed: Sep. 13, 2021).

30. Trunov A. Koshovyi V. The formation of method for evaluation of integral parameters of the patient's condition monitoring, forecasting of consolidated data. *Advanced Information and Communication Technologies (AICT) : Proc. of the IEEE 4th Int. Conf., Lviv, Sept. 21–25, 2021*. P. 189–192. DOI: 10.1109/AICT52120.2021.9628986. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9628986> (Last accessed: Dec. 13, 2021).

ДОДАТОК А

Код програмних модулів

А.1 Приклад скетчу для RFID-модуля

```
#include <SPI.h>
#include <RFID.h>

#define SS_PIN 10
#define RST_PIN 9

RFID rfid(SS_PIN, RST_PIN);

int serNum0;
int serNum1;
int serNum2;
int serNum3;
int serNum4;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  SPI.begin();
  rfid.init();
}

void loop()
{
  // Если обнаружена карта
  if (rfid.isCard()) {
    // Считываем адрес
    if (rfid.readCardSerial()) {
      // Выводим его в порт в десятичном представлении
      Serial.println("Card number:");
      Serial.print(rfid.serNum[0], DEC);
      Serial.print(", ");
      Serial.print(rfid.serNum[1], DEC);
      Serial.print(", ");
      Serial.print(rfid.serNum[2], DEC);
      Serial.print(", ");
      Serial.print(rfid.serNum[3], DEC);
      Serial.print(", ");
      Serial.print(rfid.serNum[4], DEC);
      Serial.println(" ");
    }
  }
  rfid.halt();
}
```

А.2 Приклад скетчу для робочої зони ДТ-приладу на датчиках Холла

```
#include "1a.h"

#define CHOICE_OFF      0 //Используется для управления светодиодами
#define CHOICE_NONE    0 //Используется для проверки кнопок
#define CHOICE_RED     (1 << 0)
#define CHOICE_GREEN   (1 << 1)
#define CHOICE_BLUE    (1 << 2)
#define CHOICE_YELLOW  (1 << 3)

#define LED_RED        10
//#define LED_GREEN    3
#define LED_BLUE       13
#define LED_YELLOW     5

// Определения контактов кнопок
#define BUTTON_RED     9
//#define BUTTON_GREEN  2
#define BUTTON_BLUE    12
#define BUTTON_YELLOW  6

// Определения контактов пищалки
#define BUZZER1        4
#define BUZZER2        7

// Определить параметры игры
#define ROUNDS_TO_WIN 5 // Количество раундов (попыток), которые нужно запомнить,
                        // прежде чем закончить сессию. 13 выполнимо.
#define ENTRY_TIME_LIMIT 3000 // Время нажатия кнопки до истечения времени ожидания
                               // новой сессии. 3000 мс = 3 сек

#define MODE_MEMORY    0
#define MODE_BATTLE   1
#define MODE_BEEGEES  2

// Переменные состояния игры
byte gameMode = MODE_MEMORY; //По умолчанию включается режим с тренировкой памяти
byte gameBoard[32]; //Содержит комбинацию кнопок по мере продвижения
byte gameRound = 0; //Подсчитывает количество успешных раундов, через которые пациент
                    // прошел

void setup()
{
    //Настройте аппаратные входы / выходы. Эти контакты определены в заголовочном файле
    hardware_versions

    //Включить подтягивания на входах
    pinMode(BUTTON_RED, INPUT_PULLUP);
    //pinMode(BUTTON_GREEN, INPUT_PULLUP);
    pinMode(BUTTON_BLUE, INPUT_PULLUP);
    pinMode(BUTTON_YELLOW, INPUT_PULLUP);

    pinMode(LED_RED, OUTPUT);
    //pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);
    pinMode(LED_BLUE, OUTPUT);
    pinMode(LED_YELLOW, OUTPUT);

    pinMode(BUZZER1, OUTPUT);
    pinMode(BUZZER2, OUTPUT);
}
```



```
//Проверка режима
gameMode = MODE_MEMORY; //По умовчанию включається режим с тренировкой памяти

// Проверьте, нажата ли нижняя правая кнопка
if (checkButton() == CHOICE_YELLOW) play_beegees();

// Проверьте, нажата ли верхняя правая кнопка
//if (checkButton() == CHOICE_GREEN)
//{
// gameMode = MODE_BATTLE; //Переведите устройство в режим готовности

//Включите верхний правый (зеленый) светодиод
//setLEDs(CHOICE_GREEN);
//toner(CHOICE_GREEN, 150);

//setLEDs(CHOICE_RED | CHOICE_BLUE | CHOICE_YELLOW); // Включите другие светодиоды,
// пока не отпустите кнопку

// while(checkButton() != CHOICE_NONE) ; // Подождите, пока пользователь перестанет
// нажимать кнопку

//Теперь ничего не делай.
//}

play_winner(); // После завершения установки проиграть голосовое уведомление
}

void loop()
{
  attractMode(); // Мигает, ожидая, пока пациент нажмет кнопку

  //Укажите начало игрового процесса
  setLEDs(CHOICE_RED | CHOICE_BLUE | CHOICE_YELLOW); // Включить все светодиоды
  delay(1000);
  setLEDs(CHOICE_OFF); // Выключить светодиоды
  delay(250);

  if (gameMode == MODE_MEMORY)
  {
    //Играть в игру памяти и обработать результат
    if (play_memory() == true)
      play_winner(); // Попытка завершена успешно, сыграть мелодию «победителя»
    else
      play_loser(); // Попытка провалена, сыграть мелодию «проигрыш»
  }

  //if (gameMode == MODE_BATTLE)
  //{
  //play_battle(); // Начать следующую попытку
  // play_loser(); // Попытка провалена, сыграть мелодию «проигрыш»
  // }
}
```

ДОДАТОК Б

Специфікації приладів серії «Reflex – Тхх»

Б.1 Перелік електронних компонентів ДТ-приладу «Reflex – ТНЗ» на основі датчиків Холла (платформа Arduino)

Таблиця Б.1 – Специфікація компонентів на прилад «Reflex – ТНЗ»

№№ з/п	Найменування	Ціна, грн	Кількість	Вартість, грн
1.	Корпус пластиковий д/електроніки N17W	145,00	1	145,00
2.	Адаптер живлення 12 В AC/DC	89,00	1	89,00
3.	Плата Arduino Mega ADK	690,00	1	690,00
4.	Плата макетна під пайку 100×150	75,00	1	75,00
5.	Кабель USB для Arduino Uno/Mega. USB type B	20,00	1	20,00
6.	LCD-екран 20'4 I2C синій	157,00	1	157,00
7.	Модуль датчика Холла SS49E	25,00	3	75,00
8.	RFID датчик RC-522	85,00	1	85,00
9.	Модуль Wi-Fi ESP8266 версія ESP-01	78,00	1	78,00
10.	RFID-модуль RC522 з картою та брелоком	64,00	1	64,00
11.	Сервопривод SG-90	52,00	1	52,00
12.	Диск CD-R	2,00	1	2,00
13.	Модуль microSD карти	29,00	1	29,00
14.	Карта пам'яті microSD 4 Gb	62,00	1	62,00
15.	Світлодіод RGB 5 мм	5,00	3	15,00
16.	Перемичка («мама»-«папа») 200 мм (набор 40 шт.)	24,00	1	24,00
17.	Перетворювач USB-UART, інтерфейс 232	108,00	1	108,00

№№ з/п	Найменування	Ціна, грн	Кількість	Вартість, грн
18.	Модуль Ethernet міні	93,00	1	93,00
19.	Перемикач клавішний KCD-1-104, ON-OFF, 6A, 220V	7,00	1	7,00
20.	Модуль Енкодера EC11	26,00	1	26,00
21.	Тримач магнітний HOLDER СТ690	150,00	1	150,00
22.	Пристрій зарядний TP4056 mini-USB для Li-Po акумуляторів	13,00	1	13,00
РАЗОМ:				2072,00

Б.2 Перелік електронних компонентів ДТ-приладу «Reflex – ТТЗ» на основі сенсорних датчиків дотику (платформа Arduino)

Таблиця Б.2 – Специфікація компонентів на прилад «Reflex – ТТЗ»

№№ з/п	Найменування	Ціна, грн	Кількість	Вартість, грн
1.	Корпус пластиковий д/електроніки N17W	145,00	1	145,00
2.	Адаптер живлення 12 В АС/DC	89,00	1	89,00
3.	Arduino UNO R3 (CH340)	125,00	1	125,00
4.	Кабель USB для Arduino Uno/Mega. USB type B	20,00	1	20,00
5.	LCD-екран 20'4 I2C жовтий	187,00	1	187,00
6.	Датчик-кнопка сенсорний	24,00	3	72,00
7.	Адаптер живлення та підключення ESP-01 для Ардуіно	39,00	1	39,00
8.	Модуль Wi-Fi ESP8266 версія ESP-01	78,00	1	78,00
9.	RFID-модуль RC522 з картою та брелоком	64,00	1	64,00
10.	Сервопривод MG 90S Micro	91,00	1	91,00
11.	Диск CD-R	2,00	1	2,00
12.	Модуль microSD-карти	29,00	1	29,00
13.	Карта пам'яті microSD 1 Gb	62,00	1	62,00
14.	Світлодіод RGB 5 мм	5,00	3	15,00
15.	Перемичка («мама»-«папа») 200 мм (набор 40 шт.)	24,00	1	24,00
16.	Перемикач клавішний KCD-1-104, ON-OFF, 6A, 220V	7,00	1	7,00
17.	Модуль Енкодера EC11	26,00	1	26,00
18.	Пристрій зарядний TP4056 mini-USB для Li-Po акумуляторів	13,00	1	13,00

19.	Акумулятор Li-Po 2000 мАгод 3,7 В формату 103450	173,00	1	173,00
20.	Корпус пластиковий д/електроніки N17W	145,00	1	145,00
РАЗОМ:				1261,00

ДОДАТОК В

Матеріали апробації та публікації за темою диплому

В.1 Індексція у базі Scopus тез доповіді на 2020 IEEE 40th Int. Conf. “Electronics and Nanotechnology (ELNANO)”

Scopus Author search Sources ⓘ ⓘ Create account

This author profile is generated by Scopus [Learn more](#)

Polianichkin, Volodymyr

📍 Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

🔗 [Connect to ORCID](#) 🔄 [Is this you? Connect to Mendeley account](#)

[Edit profile](#) [Set alert](#) [Potential author matches](#) [Export to SciVal](#)

Metrics overview

- 1 Document by author
- 0 Citations by 0 documents
- 0 h-Index

Document & citation trends

Year	Documents	Citations
2019	0	0
2020	1	0
2021	0	0

Most contributed Topics 2016–2020

Peroneal Neuropathies; Electrostimulation; Foot Orthoses
1 document

[View all Topics](#)

1 Documents Cited by 0 Preprints 5 Co-Authors Topics 0 Awarded grants Beta

Note:
Scopus Preview users can only view an author's last 10 documents, while most other features are disabled. Do you have access through your institution? Check your institution's access to view all documents and features.

Export all Add all to list Sort by Date (newest) ▼

> View list in search results format
> View references
[Set document alert](#)

Conference Paper
Hardware-Software Complex to Diagnostic and Rehabilitation the Patients with Damages of Cervical-Thoracic Spine and Hand Nerves 0 Citations

Shurbin, V., Zhuravska, I., Polianichkin, V., ...Bolko, A., Burenko, V.
2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2020 - Proceedings, 2020, pp. 493–498, 9088866

Show abstract ▼ Related documents

В.2 Тези доповіді на XXIV Всеукр. наук.-практ. конф. «Могилянські читання – 2021»

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет імені Петра Могили



**«МОГИЛЯНСЬКІ ЧИТАННЯ – 2021:
Досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні:
глобальний, національний та регіональний аспекти»**

XXIV Всеукраїнська науково-практична конференція

ТЕЗИ

Комп'ютерні науки.

Технічні науки

Миколаїв, 8–12 листопада 2021 року

Миколаїв – 2021

льотчиків, диспетчерів пультів керування тощо, – на яких має відпрацьовуватись швидкість реакції, координація рухів, уважність та інші необхідні професійні навички. Звичайні такі цілі досягаються на автоматизованих робочих місцях або персональних комп'ютерах, де використовується ідентифікація особи, що навчається, та час тренування.

Актуальним є визначення ефективності використання робочих місць, а саме відсоток завдань, які виконані з досягненням очікуваних результатів. Для такої оцінки ефективності можуть бути використані датчики різних типів: датчик Холла, ультразвуковий датчик відстані, інфрачервоний датчик руху або ін., – під'єднані до програмно-апаратної системи.

Найбільш бюджетним рішенням є використання для таких цілей платформи Arduino.

Для реалізації зазначеного програмно-апаратного забезпечення можуть бути обрані такі складові апаратної частини:

- мікроконтролерна плата Arduino Mega ADK, побудована на мікросхемі ATmega2560;
- макетна плата;
- датчики різних типів;
- джерело живлення;
- LCD-дисплей;
- WiFi-модуль;
- RFID-модуль радіочастотної ідентифікації користувача;
- засоби з'єднання компонентів.

На схемі, яка наведена на рис. 1, відображена функціональна схема підключення всіх потрібних компонентів для зняття з датчиків даних щодо використання робочого місця і пересилання їх на сервер.

Для зняття даних було використано: датчики Холла, які знімають дані з робочих місць, і модуль RFID, що ідентифікує користувача, який зайшов на робоче місце.

Розроблені пристрої за допомогою WiFi-модулю передають через глобальну мережу Інтернет отримані з датчиків дані до сервера для обробки.

Наявність USB-інтерфейсу дозволяє підключати контролер до різних пристроїв, включаючи ноутбук, смартфон, планшет та ін., на базі операційних систем Windows, Android та ін. для подальшого створення скетчів у середовищі розробки Arduino. Інтегроване середовище розробки Arduino IDE – це кросплатформний додаток на мові програмування Processing, яка є надбудовою над Java, та включає в себе редактор коду, компілятор і модуль передачі прошивки в плату.

На рис. 2, наведеному приклад файлу, який створюється при налагодженні програмно-апаратного забезпечення для відправки даних моніторингу за використанням робочого місця НТК до сервера.

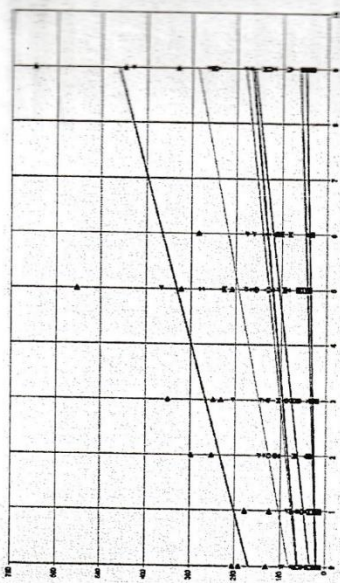


Рис. 6. Зміна кольору яблука під час його зберігання протягом 9 днів, виміряна сенсором AS7341

УДК 004.31: 615.825.6

Полянчикін В. Г.
магістрант,
Журавська І. М.
д-р техн. наук, професор,
ЧНУ ім. Петра Могили, м. Миколаїв

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА НА ПЛАТФОРМІ ARDUINO ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ РУХОВИХ ФУНКЦІЙ ПОСТ-ІНСУЛЬТНИХ ПАЦІЄНТІВ

Ідея розробки модулів, що автоматизують процес відновлення пост-інсультних пацієнтів в індивідуальних умовах віддаленої реабілітації шляхом проведення дистанційно керованих вправ, ґрунтується на гіпотезі реалізації бездротового зв'язку усіх елементів, де відбудовується дворівнева аутентифікація приладу та пацієнта, визначення параметрів їх стану.

Об'єкт дослідження (розробки): процеси автоматизації системи індивідуального відновлення, що зменшують витрати часу висококваліфікованого персоналу та забезпечують новий рівень якості проведення процедур для пацієнта та персоналу за рахунок їх інтелектуалізації, моніторингу, контролю і протоколювання параметрів.

Предмет дослідження (розробки): методи та засоби створення інтелектуалізованих компонент автоматизації відновлення, що

реалізуються шляхом тренувальних дій психомоторики та когнітивних здатностей пацієнта, технологічні режими автоматизованої системи пост-лікувального відновлення, які здатні забезпечувати навчання та контролюваний перебіг віддалених індивідуальних процедур в денних стаціонарах, військових шпиталях, медичних реабілітаційних центрах та домашніх умовах.

Найбільш бюджетним рішенням є використання для таких цілей платформи Arduino.

Для відправки даних моніторингу використання приладів віддаленої пост-інсультної реабілітації (надалі – ДТ-приладів серії «Reflex – Txx») до сервера розроблено програмно-апаратне забезпечення. Для реалізації зазначеного програмно-апаратного забезпечення можуть бути обрані такі складові апаратної частини:

- мікроконтролерна плата Arduino Mega ADK, побудована на мікросхемі ATmega2560;
- макетна плата;
- датчики різних типів;
- джерело живлення;
- LCD-дисплей;
- WiFi-модуль;
- RFID-модуль радіочастотної ідентифікації користувача;
- засоби з'єднання компонентів.

На схемі, яка наведена на рис. 1, зображена функціональна схема підключення всіх потрібних компонентів для зняття з датчиків даних щодо використання робочого місця і пересилання їх на сервер.

Для зняття даних було використано: датчики Холла, які знімають дані з ДТ-приладів, і модуль RFID, що ідентифікує пацієнта, який авторизувався на ДТ-приладі.

Розроблені пристрої за допомогою WiFi-модуля передають через глобальну мережу Інтернет отримані з датчиків дані до сервера для обробки.

Наявність USB-інтерфейсу дозволяє підключати контролер плати Arduino до різних пристроїв – ноутбуків, смартфонів, планшетів, тощо – на базі операційних систем Windows, Android та ін. для подальшого створення скетчів у середовищі розробки Arduino. Інтегроване середовище розробки Arduino IDE – це кросплатформний застосунок на мові програмування Processing, яка є надбудовою над Java, та включає в себе редактор коду, компілятор і модуль передачі прошивки в плату.

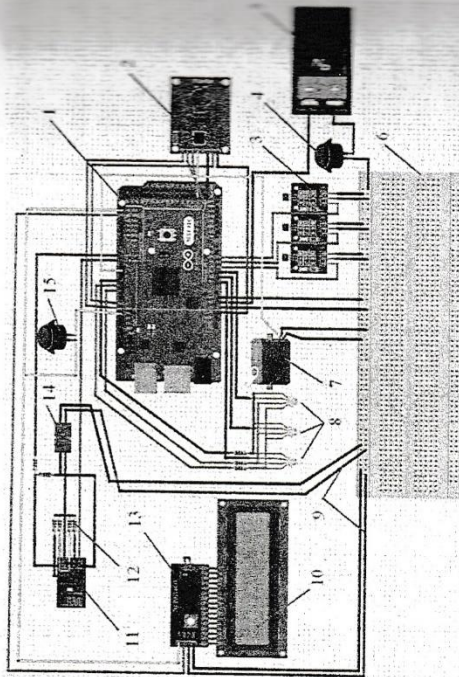


Рис. 1. Схема з'єднання модуль ДТ-приладів серії «Reflex – Txx»
 Умовні позначки:
 1 – МК плата Arduino; 2 – RFID модуль; 3 – датчики (Холла або дотичну) – кнопка живлення; 5 – Li-Po акумулятор 9 V; 6 – монтажна плата;
 7 – сервопривод; 8 – LED світлодіоди (RGB); 9 – перемички (Dipswitch)
 10 – LCD екран; 11 – Wi-Fi модуль; 12 – резистори; 13 – I2C модуль;
 14 – DC конвертер 3V/5V; 15 – кнопка «Старт»

Розроблений макет зразків модулів автоматизації процесу відновлення пост-інсультних пацієнтів для лікування та реабілітації. В результаті проектної та наукової розробки відпрацьовувано методика та технологічні режими спільної роботи модулів та бездротових приладів лікувально-реабілітаційного відновлення м'язів пацієнтів, що забезпечуватимуть автоматизацію процедур в індивідуальних умовах реабілітації.

Застосовані інноваційні характеристики модулів та інтелектуально зовані властивості розроблених алгоритмів і інтерфейсів щодо деталізованого моніторингу функціонування мобільних автоматизованих систем, які дозволяють будувати мережі з можливістю передачі інформації відкритими каналами зв'язку. Отримані прикладні результати плануються адаптувати під особливості їх використання в сучасних методиках реабілітаційного відновлення пост-інсультних пацієнтів в індивідуальних умовах, на віддаленні від медичних закладів.

ДОДАТОК Г
Акт впровадження диплому
у держбюджетній науково-дослідній роботі ЧНУ ім. Петра Могили

АКТ

впровадження результатів магістерської кваліфікаційної роботи
студента групи 605м Полянчикіна В. Г. на тему: «**Автоматизована система на платформі Arduino для відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів**» при виконанні держбюджетної НДР «**РОЗРОБКА МОДУЛІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ БЕЗДРОТОВИХ ПРИЛАДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПОСТ-ІНФАРКТНИХ, ПОСТ-ІНСУЛЬТНИХ ПАЦІЄНТІВ В ІНДИВІДУАЛЬНИХ УМОВАХ ВІДДАЛЕНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ**»;

№ держ. реєстрації 0121U109898;
керівник НДР д-р техн. наук, проф. Трунов О. М.,
термін виконання роботи 01.01.2021–31.12.2022

Держбюджетна НДР № держ. реєстрації 0121U109898 виконується в Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили. При виконанні першого етапу НДР в період з 01.01.2021 по 31.12.2021, а також при підготовці проміжного звіту з виконання НДР пройшли випробування діагностично-тренувальних приладів (ДТ-прилади) «Reflex-Txx» на основі датчиків Холла та сенсорів, а також використані такі наукові й практичні результати розробленої автоматизованої системи:

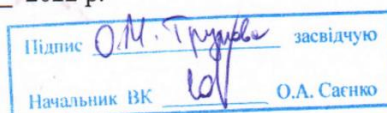
- доведено ефективність використання розроблених ДТ-приладів для відновлення моторики кистей пацієнтів при активній реабілітації пост-інсультних пацієнтів;
- запропоновані апаратно-змінювані режими тренувань в залежності від результатів пацієнтів;
- запропоновано використовувати для оцінювання ефективності тренувань модифіковану шкалу Ешворта – Modified Ashworth Scale (MAS) – на основі вимірювання спастичності.

Магістрант Полянчикін В. Г. виконував роботу під керівництвом відповідального виконавця НДР, д-ра техн. наук, проф. Журавської І. М.

Керівник НДР,
професор кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій,
д-р техн. наук, проф.

О. М. Трунов

«02» 02 2022 р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра комп'ютерної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА НА ПЛАТФОРМІ ARDUINO ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ РУХОВИХ ФУНКЦІЙ ПОСТ- ІНСУЛЬТНИХ ПАЦІЄНТІВ

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА З ОХОРОНИ ПРАЦІ
ТА БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Спеціальність «Комп'ютерна інженерія»

123 – КРМ.1 – 605.21610815

Студент

_____ В. Г. Полянчикін
підпис
«__» _____ 20__ р.

Консультант

_____ Ю. Г. Щербак
підпис
«__» _____ 20__ р.

Миколаїв – 2022

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 УМОВИ ПРАЦІ ПЕРСОНАЛУ СЕРВЕРНОГО ПРИМІЩЕННЯ.....	4
<i>1.1. Опис приміщення.....</i>	4
<i>1.2. Аналіз факторів виробничого середовища та трудового процесу.....</i>	6
<i>1.3. Фізично шкідливі і небезпечні фактори.....</i>	7
<i>1.4. Освітлення виробничого приміщення.....</i>	8
<i>1.5. Оцінка еквівалентного рівня шуму в серверному приміщенні.....</i>	9
<i>1.6. Рекомендації щодо поліпшення умов праці.....</i>	11
2 ЗАХОДИ ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ПОРУШЕННЯМ ВИМОГ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ	12
<i>2.1. Пожежна безпека.....</i>	12
<i>2.2. Електробезпека.....</i>	13
ВИСНОВКИ.....	15
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	16

ВСТУП

Метою розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» є аналіз факторів виробничого середовища та трудового процесу на робочих місцях для певної сфери виробничої діяльності та порівняння їх з існуючими санітарно-гігієнічними вимогами. Тобто йдеться про створення безпечних і здорових умов праці на робочих місцях, в робочих зонах, у виробничих приміщеннях та забезпечення безпеки людини в умовах надзвичайних ситуаціях.

Охорона праці є невід'ємним складником умов трудової діяльності. Основні положення закріплено в Законі «Про охорону праці», в якому дано її визначення – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Комфортні та безпечні умови для працівника значно підвищують рівень його ефективності. Крім того, іноді вони виступають важливим фактором при виборі робочого місця, тому роботодавець має бути зацікавлений в створенні сприятливих умов та застосуванні сучасних засобів безпеки для своїх підлеглих. Працівник має право відмовитись від роботи, поєднаної з небезпекою для життя або в умовах, що не відповідають нормам законодавства.

У межах даної частини кваліфікаційної роботи проаналізовано умови праці у робочому приміщенні – серверній, у якому розташовано два робочих місця для персоналу. Значна частина кваліфікаційної роботи виконувалась саме у даному виробничому просторі.

Також в роботі розглянути питання забезпечення безпеки персоналу серверної та працівників суміжних приміщень в умовах надзвичайних ситуацій, у тому числі й внаслідок порушень вимог пожежної безпеки.

УМОВИ ПРАЦІ ПЕРСОНАЛУ СЕРВЕРНОГО ПРИМІЩЕННЯ

Опис приміщення

Робоче приміщення – це серверна з двома робочими місцями для персоналу. План приміщення наведений на рис. 1.1.

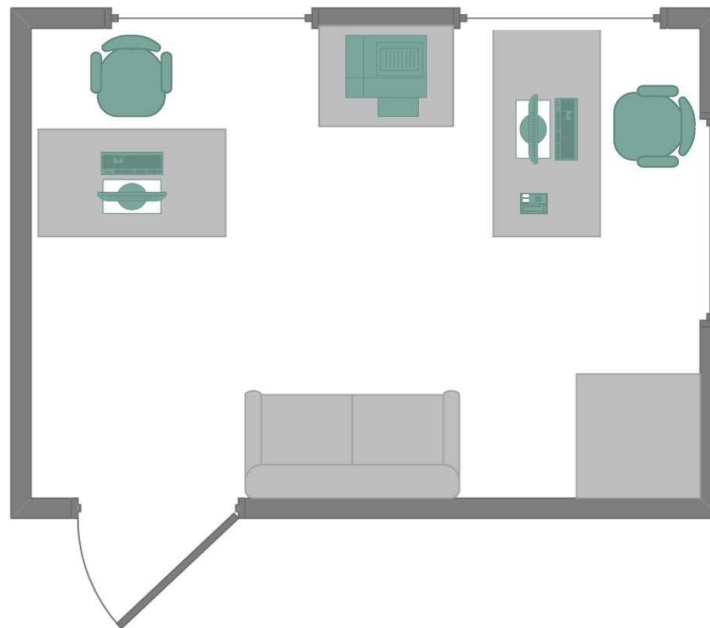


Рисунок 1.1 – План робочого приміщення

Характеристики приміщення:

- довжина – $a = 5$ м;
- ширина – $b = 3.5$ м;
- висота стелі – $h = 3.2$ м;
- площа – $S = a * b = 5 * 3.5 = 17.5$ м²;
- об'єм – $V = S * h = 17.5 * 3.2 = 56$ куб.м;
- Кількість робочих місць – $N = 2$;

Відповідно до норм, площа повинна складати не менше 6 кв. м на людину, а об'єм – 20 куб.м [5].

Розрахуємо ці показники для нашого приміщення:

$$S^* = \frac{S}{N} = \frac{17.5}{2} = 8.75 \left(\frac{\text{м}^2}{\text{люд.}} \right) \quad (1.1)$$

$$V^* = \frac{V}{N} = \frac{56}{2} = 28 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{люд.}} \right) \quad (1.2)$$

Отже, приміщення відповідає нормам з площі і об'єму.

Тепер розглянемо робоче місце на відповідність нормативам. Для цього побудуємо (табл. 1.1) з фактичними і нормативними значеннями та порівняємо їх.

Таблиця 1.1 – Характеристика робочого місця

Найменування параметра	Значення	
	Дійсне	Нормативне
Висота робочої поверхні, мм	720	680 ÷ 800
Висота простору для ніг, мм	700	не менше 600
Ширина простору для ніг, мм	800	не менше 500
Глибина простору для ніг, мм	650	не менше 650
Висота поверхні сидіння, мм	470	400 ÷ 500
Ширина сидіння, мм	450	не менше 400
Глибина сидіння, мм	450	не менше 400
Висота поверхні спинки, мм	600	не менше 300
Ширина опорної поверхні спинки, мм	450	не менше 380
Радіус кривини спинки в горизонтальній площині, мм	400	400
Відстань від очей до екрану дисплея, мм	800	700 ÷ 800

Неправильна організація робочого місця сприяє загальній і локальній напрузі м'язів шиї, тулуба, верхніх кінцівок, скривленню хребта й розвитку остеохондрозу.

Відстань між бічними поверхнями комп'ютерів має бути не меншою за 1,2 м. Відстань між тильною поверхнею одного комп'ютера та екраном іншого не повинна бути меншою 2,5 м для. Дані нормативні значення приведено для дисплеїв на основі електронно-променевої трубки, для плоских дискретних дисплеїв (LCD, LED-монітори) в українських нормативних документах не передбачено окремих нормативів, однак плоскі дискретні монітори дають менш потужне електромагнітне поле. Прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м. Приміщення розташування робочих місць цілком задовольняє всім нормам [6].

Аналіз факторів виробничого середовища та трудового процесу

Мікроклімат. Мікроклімат має значний вплив на працездатність. Мікроклімат робочих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючої на організм людини з'єднанням температури, вологості, швидкості переміщення повітря.

Параметри, за якими оцінюється мікроклімат, встановлюється відповідно до пори року і категорії роботи. У табл. 1.2 наведені оптимальні значення параметрів мікроклімату для категорії робіт Ia, а також фактичні значення цих параметрів у досліджуваному приміщенні [4].

Таблиця 1.2 – Параметри мікроклімату на робочому місці

Період року	Параметр	Оптимальний	Фактичний
Теплий	Температура	23 - 25 °С	24-26 °С
	Вологість	40 - 60 %	40 %
	Швидкість повітря	≤ 0.1 м/с	
Холодний	Температура	22 - 24 °С	21-23 °С
	Вологість	40 - 60 %	50 %
	Швидкість повітря	≤ 0.1 м/с	

Всі показники задовольняють вимогам для робіт категорії легка Ia і є задовільними для здоров'я людини.

Отже, фактичне значення освітленості потрапляє в допустимі 10% відхилення від нормативного показника, тобто – відповідає нормам.

Фізично шкідливі і небезпечні фактори

Підвищені рівні електромагнітного, рентгенівського, ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання відносяться до фізичних шкідливих і небезпечних факторів. Монітори персональних комп'ютерів, які виготовлені із застосуванням електронно-променевих трубок, є потенційними джерелами зазначених вище випромінювань. Крім електронно-променевої трубки, джерелом електромагнітного поля може бути перетворювач напруги живлення (при роботі від мережі), схеми управління і формування інформації на дискретних кристалічних екранах.

Підвищений рівень статичної електрики і запиленості повітря робочої зони; підвищений рівень осліпленості; нерівномірність розподілу яскравості в полі зору; підвищена яскравість світлового зображення; підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини.

Зображення на дисплеї дуже сильно відрізняється від звичних для ока об'єктів спостереження - воно світиться, мерехтить, складається з дискретних точок, а кольорове комп'ютерне зображення не відповідає природним квітам [5]. Але не тільки особливості зображення на екрані викликають зорове стомлення. Велике навантаження орган зору відчуває при наборі буквеної інформації, так як користувач змушений часто переводити погляд з екрану на текст і клавіатуру, що знаходяться на різному відстані і по-різному освітлені. Зорове стомлення і перенапруження можуть проявлятися скаргами на затуманення зору, труднощі при перенесенні погляду з ближніх предметів на дальні і з далеких на ближні, що здаються зміни забарвлення предметів, їх двоїння, відчуття печіння, «піску» в очах, почервоніння повік, болі при русі очей. Тривала і інтенсивна робота за комп'ютером може з'явитися причиною важких професійних захворювань, таких, як травма повторюваних навантажень (ТВП), що представляє собою поступово накопичуються нездужання, що переходять в захворювання нервів, м'язів і сухожилів руки [4].

Робота з ПК пов'язана з надмірним зоровим навантаженням, що вимагає забезпечення достатнього рівня освітленості приміщення. Рівні природного та штучного освітлення є достатніми.

Освітлення виробничого приміщення

Для приміщень, в яких робочі місця обладнано ПЕОМ, важливо організувати правильні умови освітлення. Нормування умов освітлення здійснюється згідно будівельних норм [7].

Освітлення приміщення здійснюється за допомогою штучного та природного освітлення. Згідно плану приміщення рис. .1, кабінет, який ми аналізуємо, має 3 вікна з лінійними розмірами: ширина - 1,6 м, висота - 1,8 м, відповідно площа кожного вікна - 2,88 м². Вікна мають регульовані пристрої для відкривання та обладнані жалюзіями з можливістю захисту працюючих від прямого попадання сонячних променів і регулювання рівня освітленості в приміщенні.

Стіни обклеєні світлими шпалерами, стеля білого кольору, у якості підлогового покриття використаний матовий ламінат з коефіцієнтом відбиття 0,3...0,4. Відблискування поверхонь обмежується за рахунок правильного вибору світильників та розташування робочих місць відносно джерел освітлення. Яскравість відблисків на сучасних моніторах не перевищує 35 кд/м²

В досліджуваному приміщенні використовується система загального рівномірного штучного освітлення. Мається два ряди світильників Л201Б 2x40-0.3, у кожному з яких знаходиться по чотири лампи типу ЛБ-40. Їх технічні характеристики:

- потужність – 40 Вт;
- напруга на лампі – 103 В;
- світловий потік: номінальний – 3120 лм, мінімальний – 2810 лм;
- довжина лампи: без штирків – 1199.4 мм, із штирками – 1213.6 мм;
- діаметр – 40 мм.

План освітлення наведений на рис. 1.2.

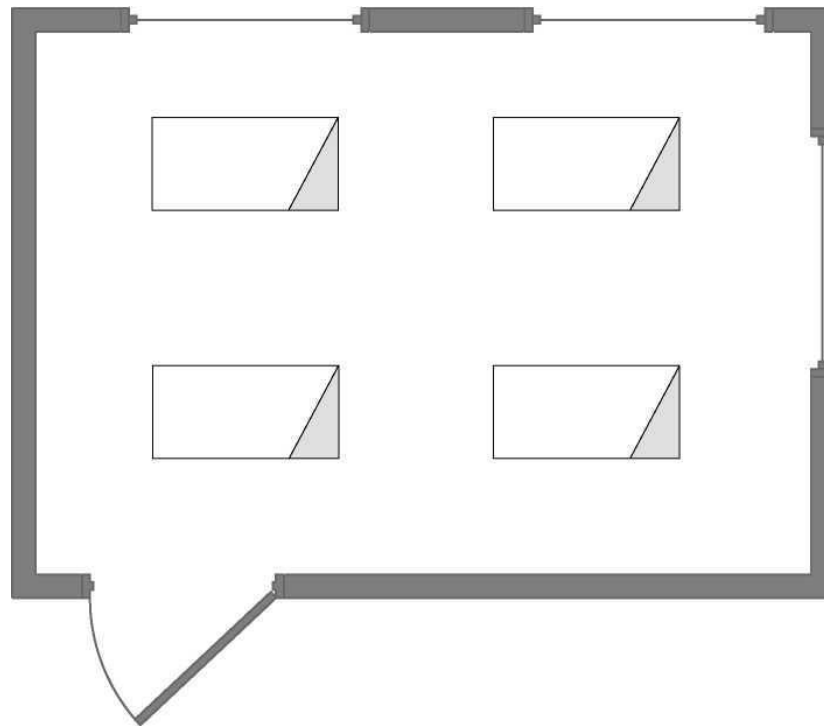


Рисунок 1.2 – План освітлення

Освітлення достатньо рівномірно розподілено в приміщенні, завдяки комбінації штучного та природного освітлення, виникаю різкі тіні, а системи його регулювання забезпечують такий стан протягом усього дня.

По основним факторам виробничого середовища серверне приміщення відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

Слід відзначити, що такий фактор, як шумове навантаження, має прихований вплив на функціональний стан організму людини і може нею оцінено дещо суб'єктивно. Тому є доцільним розглянути основні джерела шуму в обраному виробничому приміщенні та розрахувати так званий еквівалентний рівень шуму, що оцінює рівні шуму від кожного джерела з урахуванням тривалості його дії протягом робочої зміни.

Оцінка еквівалентного рівня шуму в серверному приміщенні

Шум в робочому приміщенні негативно впливає на працездатність працюючих. Основними фізичними параметрами звуку, що нормуються є інтенсивність, звуковий тиск і частота коливань. Нормування шумів, ультра- та

інфразвуків здійснюється згідно ДСН 3.3.6.037-99. Відповідно до цих норм, рівень шуму не має перевищувати 50 дБ [6].

Можливий список джерел шуму список джерел шуму у нашому приміщенні:

- система охолодження ПЕОМ;
- принтер під час операцій друку;
- шум вуличного транспорту;
- кондиціонер;
- система охолодження серверу;

Сумарний рівень інтенсивності звуку можна розрахувати за формулою:

$$L = 10 * \lg \left(\frac{1}{T} * \sum_{i=1}^n t_i * 10^{0.1 * L_i} \right) \quad (1.3)$$

де:

- T – робочий час протягом дня;
- t_i – час надходження звуку від i -го джерела;
- L_i – рівень звукового тиску i -го джерела.

В (табл. 1.3) наведені джерела шуму, рівень звукового тиску та час дії протягом робочого дня

Таблиця 1.3 – Джерела шуму та тривалість їх дії

Джерело шуму	Рівень шуму La, дБА	Час дії шуму t, год	Кількість джерел шуму
Зовнішній шум	35	8	1
Кондиціонер	34	4	1
Струменний принтер	60	0.5	1
Система охолодження ПК	32	8	2
Система охолодження серверу	40	8	1

Визначимо $L_{\text{екв}}$. еквівалентний рівень шуму за 8 робочих годин:

$$L_{\text{екв.}} = 10 * \lg \frac{1}{T} \sum t_i * 10^{0.1 * La} \quad (1.4)$$

$$L_{\text{екв.}} = 10 * \lg \frac{1}{8} (10^{3.5} + 10^{3.4} + 10^6 + 2 * 10^{3.2} + 10^4) \approx 41 \text{ дБА} \quad (1.5)$$

Отже, максимально можливий рівень звукового тиску та рівень звуку на робочих місцях відповідає вимогам санітарно-гігієнічним вимогам (для приміщень з комп'ютеризованими робочими місцями допускається $L_{\text{екв}}$ до 50 дБА).

Рекомендації щодо поліпшення умов праці

У зв'язку зі специфікою робіт з ЕОМ можна порекомендувати виконання комплексів вправ для психічного та психологічного розвантаження.

При інтенсивній роботі з вхідними даними, редагуванні програм, читанні інформації з екрану монітора безперервна тривалість роботи не повинна перевищувати 4-х годин (при 8-годинному робочому дні). Задля зниження напруженості праці необхідно, якщо це можливо, рівномірно розподіляти навантаження і раціонально чергувати характер діяльності.

Варто щогодини робити перерву на 15 хвилин. Один або кілька разів у годину необхідно виконувати серію легких вправ на розтягування, що можуть зменшити напругу, накопичену в м'язах при тривалій роботі за комп'ютером.

Рекомендується робити вправи для м'яз очей, оскільки тривала робота за комп'ютером може значно погіршити його стан.

З інших рекомендацій щодо поліпшення умов праці відповідно до можна навести наступні:

- у приміщенні слід щоденно проводити вологе прибирання;
- у приміщенні повні бути медичні аптечки першої допомоги.

ЗАХОДИ ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ПОРУШЕННЯМ ВИМОГ
ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ

Пожежна безпека

Будівля II ступені вогнестійкості всі конструкції (стіни, перекриття, покриття, перегородки) виготовлені з негорючих матеріалів з межею вогнестійкості від 0,25 років до 4 років.

В приміщенні, що аналізується, наявні такі потенційні джерела пожежної небезпеки: ПЕОМ, світильники, принтер, кондиціонер, а також електрична проводка і розетки, що забезпечують постачання електроенергії. Також тут присутні меблі з горючих і легкозаймистих матеріалів (ДСП, дерево, пластмаса, синтетичні тканини), папір, ламінат. В робочому приміщенні відсутні горючі рідини.

Згідно з НАПБ Б.03.002-2007 дане приміщення можна віднести до категорії В – приміщення, що містить горючі тверді, волокнисті матеріали [8]. Сама будівля

Відповідно до списку потенційних джерел пожежної небезпеки, наведеного вище, пожежа може виникнути в результаті наступних ситуацій:

- несправність електромережі, коротке замикання, пошкодження захисних оболонок електромережі, перевантаження електричної мережі, несправності споживачів електроенергії;
- порушення правил пожежної безпеки з боку працівників: паління в кабінеті, використання побутових нагрівачів, тощо.

Для уникнення такої ситуації, кожен працівник має проходити первинний і повторні інструктажі з правил пожежної безпеки згідно чинних нормативних актів, а також в приміщенні потрібно розміщувати пам'ятку у вигляді витягу з правил пожежної безпеки для постійного нагадування останніх працівникам.

Крім того слід використовувати такий комплекс заходів:

- заборона використання відкритого вогню у приміщенні;

- наявність системи автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними оповіщувачами;
- ступінь вогнестійкості будівлі, у якій розташовано приміщення – II;
- наявність шляхів евакуації при виникненні пожежі;
- розміщення схеми евакуації людей при пожежі і ознайомлення з нею персоналу.

Згідно з ППБУ, в приміщенні, що аналізується, необхідна присутність наступного:

1. Переносні засоби пожежогасіння: по одному вуглекислотному вогнегаснику з величиною заряду вогнегасної речовини 3кг і більше на кожні 20 м площі приміщення, де використовується ПЕОМ. В нашому випадку, це має бути як мінімум 2 вогнегасники марки ВВ-5 (величина заряду вогнегасної речовини 3,5 кг).
2. План евакуації з приміщення.
3. Система протипожежних датчиків, пожежна сигналізація.

Приміщення має один вихід, оскільки в ньому працює менше 25 чоловік. Ширина проходу між робочими місцями у приміщенні перевищує 1 м. Сходові клітки мають природне освітлення в комбінації зі штучним. Сходи та приміщення обладнані системою евакуаційного освітлення. Співробітники ознайомлені з порядком і планом евакуації.

Отже, шляхи евакуації з приміщення повністю відповідають нормам.

Електробезпека

Проаналізуємо приміщення на можливість ураження персоналу електричним струмом. Визначимо групу електробезпечності даного приміщення. Ознаки підвищеної небезпеки ураження електрострумом:

- наявність вологості;
- наявність температури більш ніж 35 °С;
- наявність струмопровідного пилу;

- наявність струмопровідної підлоги;
- можливість одночасного дотику до корпусів чи струмопровідних елементів та до елементів, що мають зв'язок з землею.

Ознаки особливої небезпеки ураження електрострумом:

- наявність особливої вологості;
- наявність хімічно активного середовища.

Розглянуте серверне приміщення не має жодної ознаки особливої або підвищеної небезпеки ураження персоналу струмом. Тому за групою електробезпечності воно відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки ураження струмом.

Споживачі електроенергії: 2 ПЕОМ, 2 дисплеї, 1 принтер, 4 світильники, 1 кондиціонер та 1 сервер. Кожне робоче місце обладнане 4-ма розетками по 220 В, окремо існують розетки для кондиціонеру та серверу. Всі прилади використовують саме цю напругу. Усі кабелі ізольовані. Заземлені конструкції захищені діелектричними сітками від випадкового дотику. Усе електроустаткування має апаратуру захисту від струму короткого замикання.

Лінія електромережі для живлення ЕОМ та периферійних пристроїв ЕОМ виконується як окрема групова три-провідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників.

При виконанні робіт по ремонту і обслуговуванню ПЕОМ обслуговуючий персонал зобов'язаний керуватися "Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачами". До роботи не допускаються особи, які не пройшли навчання з техніки безпеки.

Даний виробничий об'єкт задовольняє вимоги щодо електробезпеки у приміщенні, в якому встановлені ЕОМ, відображені в НПАОП 0.00-1.28-10.

ВИСНОВКИ

У даному розділі були розглянуті умови праці для серверного приміщення, у якому операторами експлуатуються програмний продукт. Розміри приміщення та параметри робочих місць відповідають нормам чинного законодавства з охорони праці.

Приведені рекомендації щодо організації робочого місця на підприємстві дозволяють підвищити рівень безпеки праці, попередити виникнення надзвичайних ситуацій та надати першу медичну допомогу при виникненні надзвичайної ситуації. Служби охорони праці, а саме відповідні служби і структурні підрозділи підприємства повинні здійснювати постійний контроль за виконанням робіт у відповідності з вимогами з охорони праці, електро-та пожежобезпеки, не допускати до роботи осіб, які не пройшли інструктаж та не здали заліки по питаннях охорони праці.

Було проведено аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників, наявних у даному приміщенні. Значення параметрів мікроклімату, виробниче освітлення, шумове навантаження тощо, а також засоби та заходи пожежної безпеки та електробезпеки в приміщення відповідають нормативним вимогам.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Знакомство с нотацией IDEF0 и пример использования. [Електроний ресурс]. Режим доступу: <https://habr.com/company/trinion/blog/322832/>. - Загол.з екрану.
2. Джордж Шлоснейгл Профессиональное программирование на Yii2 / Джордж Шлоснейгл - Вильямс, 2006. - 624 с.
3. Линн Бейли, Майкл Моррисон. Изучаем PHP и MySQL. [Електроний ресурс]. Режим доступу: URL: <http://progbook.ru/bd/mysql> - Загол.з екрану.
4. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень : ДСН 3.3.6.042-99- К. : МОЗ України, 2000. - 42 с. - (Національні стандарти України).
5. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98 (затверджено Постановою Г оловного державного санітарного лікаря України від 10.12.1998 р. № 7).
6. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. НПАОП 0.00-1.28-10
7. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку : ДСН 3.3.6.037-99.- К. : МОЗ України, 2000. - 37 с. - (Національні стандарти України).
8. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28:2006 — К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. - 68 с.

ВІДГУК

на магістерську кваліфікаційну роботу
студента групи 605м

Полянчикіна Володимира Геннадійовича

«Автоматизована система на платформі Arduino для відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів»

У сучасній медичній галузі зростає кількість пацієнтів, що мають отримати медичні послуги віддалено, через відкриті канали зв'язку. Особливо актуальною задачею є забезпечення пост-інсультних пацієнтів технічними засобами на віддаленій реабілітації, в індивідуальних умовах. В такому випадку різко скорочуються експлуатаційні витрати у порівнянні з витратами на створення повномасштабних тренажерів для стаціонарних реабілітаційних центрів.

Результатом виконання магістерської роботи є розробка малогабаритних діагностично-тренувальних приладів (надалі ДТ-прилади) відновлення моторики пальців та кистей рук, засновані на датчиках різних типів (Холла та сенсорних), та програмного забезпечення («скетчів») ДТ-приладів на платформі Arduino.

Під час виконання магістерської роботи студент Полянчикін В. Г. проявив себе як самостійний, грамотний інженер та кваліфікований програміст, який володіє методами моделювання та технічного проектування сучасних програмно-апаратних систем, і може довести поставлену задачу до практичної реалізації.

Матеріали дипломної роботи пройшли апробацію під час XXIV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Могилянські читання–2021» та на Міжнародній конференції «ELNANO». Результати роботи опубліковані у двох тезах, одні з яких індексовані у наукометричній базі Scopus

Результати роботи впроваджені у держбюджетній науково-дослідній роботі (НДР) ЧНУ ім. Петра Могили ««Розробка модулів автоматизації бездротових приладів відновлення пост-інфарктних, пост-інсультних пацієнтів в індивідуальних умовах віддаленої реабілітації» (проміжний звіт, № держ. реєстр. 0121U109898, 2021–2022 рр., наук. керівник проф. Трунов О. М.), що підтверджене Актом впровадження.

Дипломна робота Полянчикіна В. Г. є самостійною, цілісною та завершеною працею, пояснювальна записка оформлена відповідно до існуючих вимог. Матеріал у магістерській роботі викладено грамотно та структуровано, з використанням достатньої кількості графічних та схематичних матеріалів.

Враховуючі вищенаведене, вважаю за можливе допустити до захисту дипломну роботу студента гр. 605м Полянчикіна В. Г. та присвоїти йому освітню кваліфікацію «Магістр з комп'ютерної інженерії» в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Керівник МКР
д-р техн. наук, професор,
проф. каф. комп'ютерної інженерії
ЧНУ ім. Петра Могили



I. М. Журавська

Рецензія

на магістерську кваліфікаційну роботу
студента групи 605м

Полянчикіна Володимира Геннадійовича

«Автоматизована система на платформі Arduino для відновлення рухових функцій пост-інсультних пацієнтів»

Дипломна робота Полянчикіна В. Г., яку подано на рецензію, виконана у відповідності до завдання, в повному обсязі у встановлений термін.

Актуальність теми магістерської кваліфікаційної роботи полягає у необхідності розробки малогабаритних діагностично-тренувальних приладів (надалі – ДТ-прилади) для відновлення функцій кистей та пальців рук у пост-інсультних пацієнтів. Такі ДТ-прилади використовуються у складі програм відновлення після інсульту пацієнтів, що знаходяться на віддаленій реабілітації. Розробка зазначених ДТ-приладів різко скорочує експлуатаційні витрати у порівнянні з повномасштабними тренажерами, встановленими у спеціалізованих реабілітаційних центрах.

Дипломна робота складається з фахової частини та спеціальної частини з охорони праці.

У роботі проаналізовано існуюче програмно-апаратного забезпечення для реабілітації хворих з порушенням і обмеженою моторикою кистей та пальців рук, виконано проектування та програмно-апаратну реалізацію серії малогабаритних ДТ-приладів на основі платформи Arduino; проведено експериментальні дослідження програмно-апаратного забезпечення розробленої серії ДТ приладів «Reflex–Тхх» на основі датчиків Холла та сенсорів; визначено критерії оцінювання ефективності використання ДТ-приладів у складі реабілітаційних програм пост-інсультних пацієнтів. За результатами роботи запропоновані апаратно-змінювані режими тренувань в залежності від результатів пацієнтів.

Робота пройшла апробацію на Всеукраїнській та на Міжнародній наукових конференціях, одна з двох публікацій проіндексована у базі Scopus.

Зауваження до дипломної роботи: знижено читабельність прикладів скетчів на мові С++ для роботи з різними електронними модулями ДТ-приладів через дрібний шрифт програмного коду. Відзначений недолік не зменшує в цілому позитивне враження від роботи, яку виконано на високому рівні.

Вважаю, що робота задовольняє вимогам, які пред'являються до дипломних робіт та може бути оцінена на «відмінно», а її автор, Полянчикін В. Г., заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації «Магістр з інженерії програмного забезпечення».

Рецензент,
канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедри інтелектуальних
інформаційних систем
ЧНУ імені Петра Могили



Г. В. Кондратенко