

## ТЕНЗОСЕНСОРНА РУКАВИЦЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОРУШЕННЯМ МОВЛЕННЯ

У роботі розглянуто створення моделі штучної рукавички для людей, які страждають на проблеми з мовленням. Апаратна та програмна реалізація робочої моделі з використанням Arduino IDE, KiCad та Tinkercad. Штучні рукавички є важливим пристроєм в області біомедичної інженерії, оскільки вони можуть бути використані для багатьох різних медичних та промислових застосувань. Люди з обмеженим мовленням можуть стикатись з різними проблемами, залежно від причини обмеження. Люди з артикуляційними порушеннями можуть мати проблеми з правильним вимовлянням звуків, а люди з порушеннями слуху можуть мати проблеми з розумінням мови. Люди з порушеннями автістичного спектру можуть мати труднощі з комунікацією та соціальними взаємодіями. Нездатність висловлювати свої думки та потреби може призвести до незрозуміння, невірною тлумачення або недостатнього отримання допомоги. Крім того, люди з обмеженим мовленням можуть відчувати стигму та дискримінацію у суспільстві, де мова вважається основним засобом комунікації. Вони також можуть мати труднощі з отриманням доступу до освіти, здоров'я та інших соціальних послуг через обмежені можливості комунікації. Тому розробка технологій, які допомагають людям з обмеженим мовленням взаємодіяти зі світом, є важливим кроком до створення більш інклюзивного суспільства. Основними компонентами рукавички є сама рукавичка, плата Arduino, резистори на 80 кОм, тензометричний датчик та LCD дисплей. Рукавичка оснащена п'ятьма тензометричними датчиками для кожного пальця однієї руки. Програмна реалізація коду керування рукавичкою була здійснена за допомогою Arduino IDE. В даному проекті можлива реалізація декількох режимів роботи: базовий режим, коли згинається лише один палець однієї руки – в даному разі можливі лише 5 комбінацій; розширений режим, коли згинаються одночасно декілька пальців однієї руки – в даному випадку можливі до 16 комбінацій. Рукавичка дозволяє виводити «тривожні повідомлення» в залежності від комбінації зігнутих пальців однієї руки та комунікувати людині з порушенням або втраченим мовленням.

**Ключові слова.** Порушення мовлення, Ардуіно, тензометричний датчик, KiCad, аналоговий сигнал, LCD дисплей, резистор, C++.

**Постановка проблеми.** Штучні рукавички є важливим пристроєм в області біомедичної інженерії, оскільки вони можуть бути використані для багатьох різних медичних та промислових застосувань. Дослідження штучних рукавичок важливі з декількох причин [1]:

1. Покращення ефективності: дослідження штучних рукавичок можуть допомогти вдосконалити їх дизайн та функціональність, що дозволить покращити їх ефективність в різних сферах застосування.

2. Розвиток нових застосувань: дослідження можуть сприяти розвитку нових застосувань для штучних рукавичок, таких як використання їх у реабілітації після травми, допомога при здійсненні роботи в промислових умовах, або допомога людям з інвалідністю.

3. Поліпшення якості життя: використання штучних рукавичок може покращити якість життя людей, які мають проблеми зі здоров'ям. Дослідження можуть допомогти зрозуміти, як краще використовувати рукавички для максимальної користі для таких людей.

Дослідження штучних рукавичок на базі платформи Arduino широко проводяться в контексті розробки систем керування та зв'язку між рукавичкою та комп'ютером, роботом або іншими пристроями. Основними напрямками досліджень на сьогодні можна вважати

дослідження сенсорів: вивчення можливостей застосування різноманітних сенсорів для збору даних про стан рукавички, рухів та положення пальців; розробка програмного забезпечення: створення програмного забезпечення для збору, обробки та передачі даних з рукавички на комп'ютер або інший пристрій; дослідження взаємодії з роботами: вивчення можливостей використання рукавичок у сфері робототехніки; дослідження можливостей керування рухом роботів за допомогою рукавичок; розробка інтерфейсів: розробка інтерфейсів для взаємодії з рукавичкою, що можуть включати графічний інтерфейс користувача або голосові команди; дослідження застосування у медицині: вивчення можливостей застосування рукавичок для медичних досліджень та лікування різних захворювань. Таким чином, дослідження штучних рукавичок мають великий потенціал у покращенні здоров'я та якості життя людей, що робить їх важливою темою для досліджень в галузі біомедичної інженерії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Рукавички для людей з обмеженим мовленням є одним з прикладів застосування технології для поліпшення комунікації людей з обмеженими можливостями. На сьогодні розроблено деякі прототипи використання таких рукавичок.

Рукавичка для реабілітації представлена у дослідженні [1], де дослідники використовують штучну рукавичку на Arduino для реабілітації людей, які мають проблеми з рухом. Рукавичка може розпізнавати рухи пальців і допомагати пацієнтам виконувати різні вправи для відновлення моторних навичок. Дослідники створили рукавичку з датчиком згину та текстильними провідниками даних, які з'єднують датчик з контролером Arduino. Рукавичка має вбудований зворотний зв'язок за допомогою LED-FSDs™, які вмонтовані в тканину рукавички і вібрують для надання звукового та тактильного зворотного зв'язку користувачеві. Ця рукавичка може мати декілька застосувань, включаючи допомогу людям зі зниженою чутливістю до дотику, контроль за рухами та інші. Результати досліджень показали, що розроблена рукавичка з датчиком згину тканини та зворотним зв'язком за допомогою LED-FSDs™ та текстильних провідників даних є ефективним інструментом для контролю та зв'язку з рухом.

В інших дослідженнях [2,3,4,5] представлені рукавички для контролю робота: дослідники використовують штучну рукавичку на Arduino для контролю руху робота. Рукавичка може відправляти сигнали до робота, щоб контролювати його рухи і допомагати виконувати різні завдання. Автори статей досліджують різні методи та технології, які використовуються для керування аніматронними руками. Описуються різні види датчиків та актуаторів, які можуть бути використані для створення реалістичних рухів аніматронної руки, а також розглядають питання енергоефективності та ергономіки контролерів. Особлива увага приділяється застосуванню робототехніки та мікроконтролерів для керування аніматронними руками. Автори пропонують різні дизайни контролерів, які можуть бути використані для керування аніматронними руками, включаючи ті, що базуються на платформі Arduino.

Мікроконтролер Arduino — це простий у використанні, але потужний одноплатний комп'ютер, який отримав значну популярність на ринку хобі та професійних комп'ютерів і широко застосовуються в робототехніці [6,7,8]. Плата Uno оснащена мікроконтролером AtmelATmega328, що працює при напрузі 5 В, має 2 Кб оперативної пам'яті, 32 Кб флеш-пам'яті для зберігання програм і 1 Кб EEPROM для зберігання параметрів. Тактова частота становить 16 МГц, що означає виконання приблизно 300 000 рядків вихідного коду C++ за секунду. Плата має 14 цифрових контактів введення/виведення та 6 контактів аналогового входу. Існує USB-роз'єм для зв'язку з головним комп'ютером і роз'єм постійного струму для під'єднання зовнішнього джерела живлення 6–20 В, наприклад батареї 11,1 В, під час запуску програми без підключення до головного комп'ютера. Мова програмування Arduino Uno є спрощена версія C/C++ [9].

Люди з обмеженим мовленням можуть стикатись з різними проблемами, залежно від причини обмеження. Наприклад, люди з артикуляційними порушеннями можуть мати проблеми з правильним вимовлянням звуків, а люди з порушеннями слуху можуть мати проблеми з розумінням мови. Люди з порушеннями автістичного спектру можуть мати труднощі з комунікацією та соціальними взаємодіями. Нездатність висловлювати свої думки та потреби може призвести до незрозуміння, невірною тлумачення або недостатнього отримання допомоги [10].

Крім того, люди з обмеженим мовленням можуть відчувати стигму та дискримінацію у суспільстві, де мова вважається основним засобом комунікації. Вони також можуть мати труднощі з отриманням доступу до освіти, здоров'я та інших соціальних послуг через обмежені можливості комунікації [11].

Тому розробка технологій, які допомагають людям з обмеженим мовленням взаємодіяти зі світом, є важливим кроком до створення більш інклюзивного суспільства. Штучні рукавички на базі Ардуіно можуть бути одним з таких інструментів, що дозволяють людям з обмеженим мовленням взаємодіяти з комп'ютерами та іншими електронними пристроями, а також комунікувати з оточуючими.

**Мета дослідження.** Метою роботи є створення моделі штучної рукавички для людей, які страждають на проблеми з мовленням. Апаратна та програмна реалізація робочої моделі з використанням Arduino IDE, KiCad та Tinkercad.

**Основний матеріал дослідження.** Основними компонентами розробленої штучної рукавички є сама рукавичка, плата Arduino, резистори на 80 кОм, тензометричний датчик та LCD дисплей. Рукавичка оснащена п'ятьма тензометричними датчиками для кожного пальця однієї руки: фактично це змінні резистори, які змінюють своє значення при згині. Вони приєднані до одного боку дільника напруги з резисторами постійного значення, змонтованими з іншого боку. Arduino зчитує зміну напруги, коли датчики зігнуті, і виводить відповідний текст на LCD дисплеї.

Тензометричний датчик (Flex sensor) - це електронний датчик, який змінює свій опір при згинанні або ущільненні. Він складається з гнучкого матеріалу, який містить у собі дві електроди. При згинанні матеріалу змінюється його діаметр, що впливає на відстань між електродами. Це призводить до зміни опору датчика, що можна виміряти. Для підключення датчика згину до мікроконтролера використовують дільник напруги, який перетворює змінну опір датчика на змінну напругу, яку можна зчитати за допомогою аналогового входу мікроконтролера Arduino. Датчики згину використовуються в різних застосуваннях, включаючи розумні рукавички, вимірювання ступеня згину рухомих суглобів, віртуальну реальність та інші (рис.1).

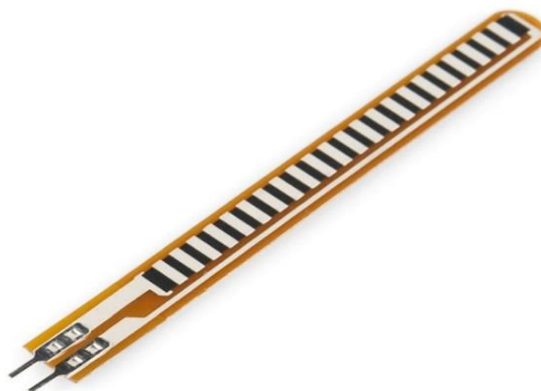


Рисунок 1 - Тензометричний датчик

Практичні експериментальні дослідження з тензометричним датчиком показали, що найширший діапазон сигналу можна отримати при використанні резисторів номіналом 80 кОм. Схема електрична принципова пристрою розроблена в середовищі KiCad 6.0 і представлена на рис. 2. Тензометричні датчики представлені як змінні резистори. Оскільки на Arduino Uno контакти протоколу I2C знаходяться на A4 та A5, і A4 зайнятий для отримання аналогового сигналу з одного з тензометричних датчиків, пропонується LCD дисплей під'єднати на додаткові контакти I2C, які знаходяться вище цифрового піну D13.

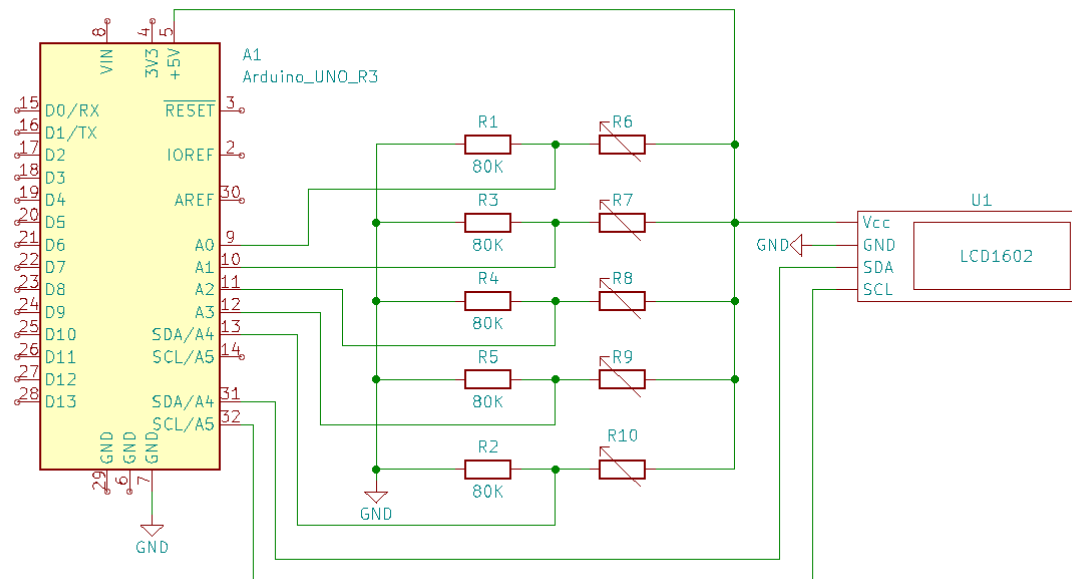


Рисунок 2 – Схема електрична принципова рукавички у середовищі KiCad

Робочий прототип системи було реалізовано у середовищі Tinkercad (рис.3). В якості LCD дисплею було обрано дисплей типу LCD1602 з вбудованим I2C модулем. Для програмування та роботи з екраном, в проєкті використовується бібліотека LiquidCrystal\_I2C [12].

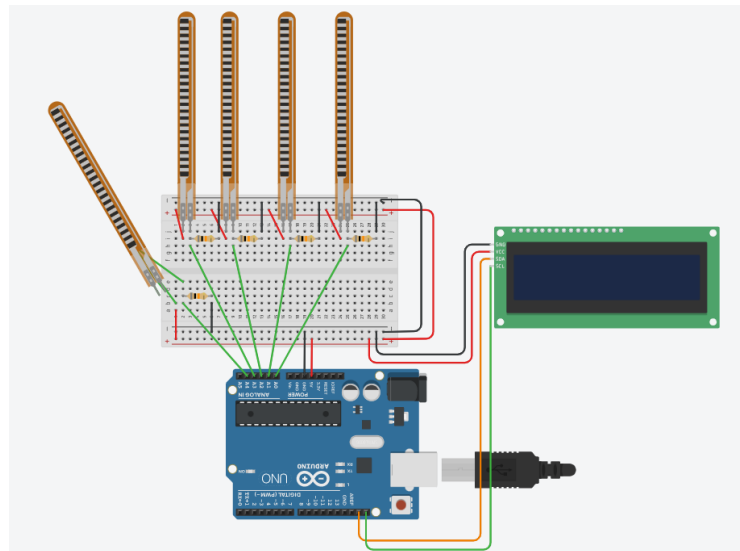


Рисунок 3 – Дослідження прототипу моделі у середовищі Tinkercad

Програмна реалізація коду керування рукавичкою була здійснена за допомогою Arduino IDE. В даному проекті можлива реалізація декількох режимів роботи:

- базовий режим, коли згинається лише один палець однієї руки – в даному разі можливі лише 5 комбінацій;
- розширений режим, коли згинаються одночасно декілька пальців однієї руки – в даному випадку можливі до 16 комбінацій.

Для спрощення та оптимізації коду було застосовано ряд методів, які можливо реалізувати на мові C++:

- для роботи з LCD дисплеєм використати готову бібліотеку;
- для ряду повторюваних операцій пропонується використати цикл типу for;
- відладка коду та вивід необхідної інформації для коригування роботи приладу здійснюється через монітор порта за допомогою метода Serial.print;
- швидкість обміну даних через монітор порта прийнята на рівні 9600 біт/сек;
- для кращого наочного відображення даних в моніторі порта рекомендується використати табуляцію.

Приклад коду з поясненнями та коментарями наведений нижче. «Тривожне повідомлення» обмежене в кількості символі і складає 16 одиниць на одну з двох строк. Попередні тести роботи рукавички показали, що згин пальця і тензOMETричного датчика відповідає значенню аналогового сигналу більше ніж 350 одиниць.

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // підключаємо бібліотеку для роботи з LCD1602
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // створюємо об'єкту класу LiquidCrystal_I2C з назвою
lcd

int thumb, first_finger, second_finger, third_finger, fourth_finger; // цілочисельні змінні для
збереження аналогового сигналу з кожного з пальців однієї руки

//далі створюємо змінні для «тривожних повідомлень» для кожної комбінації типу
даних String

String message_thumb = «ХОЧУ ВОДИ»; // зігнуто лише великий палець, базовий режим
роботи
String message_first= «Я НЕ ХОЧУ»; // зігнуто лише вказівний палець і т.д.
String message_second= «ТУАЛЕТ»;
String message_third = «ХОЧУ НА ВУЛИЦЮ»;
String message_fourth = «СПАТИ»;
String message_thumb_first = «ПРИЙНЯТИ ДУШ»; // зігнуто два пальці одночасно:
великий та вказівний, розширений режим роботи
String message_thumb_second= «ХОЧИ ЇСТИ»; // зігнуто два пальці одночасно: великий
та середній, розширений режим роботи

// схожим чином можливо прописати повідомлення для інших комбінацій

void setup() {
  Serial.begin(9600); // запускаємо монітор порта
  lcd.init(); // запускаємо дисплей
  lcd.backlight(); // вмикаємо підсвітку дисплею
}
```

```
void loop() {
  thumb=analogRead (0); // зчитуємо аналоговий сигнал з кожного пальця
  first_finger=analogRead (A1);
  second_finger=analogRead (A2);
  third_finger=analogRead (A3);
  fourth_finger=analogRead (A4);
  Serial.print(thumb); // виводимо дані аналогового сигналу для відладки
  Serial.print("\t"); // табуляція між виводом даних
  Serial.print(first_finger);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(second_finger);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(third_finger);
  Serial.print("\t");
  Serial.println(fourth_finger);
  Serial.print("\t");
  if(thumb >=350 ){ // якщо великий палець зігнуто, виводимо повідомлення, що
зберігається в змінній message_thumb
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print(message_thumb);
    delay(500);
  }
  else if(first_finger >=350){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print(message_first);
    delay(500);
  }
  else if(second_finger >=350){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print(message_second);
    delay(500);
  }
  else if(third_finger >=350){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print(message_third);
    delay(500);
  }
  else if(fourth_finger >=350){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print(message_fourth);
    delay(500);
  }
  else{
```

## Екологічна безпека

```
lcd.clear(); // якщо жоден палець не зігнуто – нічого не виводимо
}
// схожим чином прописуємо умови для всіх комбінацій розширеного режиму
}
```

## ВИСНОВКИ

Застосування штучної рукавиці на Arduino має потенціал для вирішення багатьох проблем у різних галузях. Зокрема, вона може бути використана для контролю роботів, віртуальної реальності, медичних досліджень і терапії, а також для допомоги людям з інвалідністю. Штучні рукавички на Arduino можуть бути виготовлені з різних матеріалів і датчиків, включаючи тензOMETричні датчики, акселерометри, гіроскопи та інші. Це дозволяє збирати різноманітні дані про рухи рук та пальців. Однак, існують деякі виклики, пов'язані з розробкою штучної рукавиці на Arduino, такі як обмежені можливості датчиків, складність програмування та обробки даних.

В даній роботі представлено апаратну та програмну реалізацію моделі рукавички для людей з порушенням мовлення. Розроблена готова модель, яка може бути реалізована при наявності необхідних елементів та засобів. Прототип рукавички складається з плати Ардуіно, тензOMETричних датчиків та LCD дисплею. Розроблено оптимізований код для роботи рукавички з максимальним спрощенням, який підтримує два режими роботи: базовий та розширений. Рукавичка дозволяє виводити «тривожні повідомлення» в залежності від комбінації зігнутих пальців однієї руки та комунікувати людині з порушенням або втраченим мовленням. Розроблена технологія, допомагає людям з обмеженим мовленням взаємодіяти зі світом, і є важливим кроком до створення більш інклюзивного суспільства.

### Список використаних джерел:

1. *Nolden, R.* Smart Glove with an Arduino-Controlled Textile Bending Sensor, Textile Data Conductors and Feedback Using LED-FSDs™ and Embroidery Technology. / Nolden, R.; Zöll, K.; Schwarz-Pfeiffer, A. // *Proceedings 2021*, 68, 4. <https://doi.org/10.3390/proceedings2021068004>.
2. *Dash L.* Investigation of Animatronic Hand Controller Designs based on Robotic Technology //2022 International Conference on Advances in Computing, Communication and Applied Informatics (ACCAI). – IEEE, 2022. – С. 1-5.
3. *Soja Rani S.* OTP Based Authentication Model for Autonomous Delivery Systems Using Raspberry Pi / S. Soja Rani, Shreya Pradeep, Rahul Musaliyath Dinesh, Shivanand G. Prabhu // 2022 International Conference on Intelligent Controller and Computing for Smart Power (ICICCSP), pp.1-5, 2022.
4. *Jhang L. H.* Multi-sensor based glove control of an industrial mobile robot arm / Jhang L. H., Santiago C., Chiu C. S. //2017 International Automatic Control Conference (CACCS). – IEEE, 2017. – С. 1-6.
5. *Oza V.* Arduino robotic hand: survey paper / Oza V., Mehta P. //2018 International Conference on Smart City and Emerging Technology (ICSCET). – IEEE, 2018. – С. 1-5.
6. *Irawan Y.* Automatic floor cleaning robot using arduino and ultrasonic sensor //Journal of Robotics and Control (JRC). – 2021. – Т. 2. – №. 4. – С. 240-243.
7. *Сілі І.І.* Фетальний пульсометр з мікропроцесорним управлінням. / Сілі І. І., Азархов О. Ю., Федюшко Ю. М., Головаха Р. В. - Наука та виробництво: міжвуз. темат. зб. наук. пр. Вип. 23 / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, ПДТУ, 2020. – 173 – 181 с. DOI: <https://doi.org/10.31498/2522-9990232020240827>.

8. Сілі І.І. Дезінфікуючий UV-C мобільний робот / О. Ю. Азархов, І. І. Сілі // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. – Мелітополь: ТДАТУ, 2022. – Вип. 12, том 3, с. 304 - 311. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-29.

9. Сілі І.І. Дослідження роботи цифрового пульсоксиметру на базі датчика MAX30100 / О. Ю. Азархов, І. І. Сілі // ІХ Всеукраїнська науково-технічна конференція здобувачів вищої освіти ТДАТУ. Факультет енергетики і комп'ютерних технологій: матеріали ІХ Всеукр. наук.-техн. конф., 10-25 листопада 2021 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2021, с. 118-120.

10. Kbar G. Assistive technologies for hearing, and speaking impaired people: a survey //Disability and Rehabilitation: Assistive Technology. – 2017. – Т. 12. – №. 1. – С. 3-20.

11. Ferrigon P. Person-First Language vs. Identity-First Language: An examination of the gains and drawbacks of Disability Language in society / Ferrigon P., Tucker K. //Journal of Teaching Disability Studies. – 2019. – Т. 1.

12. LiquidCrystal Arduino library for I2C LCD displays. Режим доступу: URL:[https://github.com/johnrickman/LiquidCrystal\\_I2C](https://github.com/johnrickman/LiquidCrystal_I2C). Дата звернення (11.04.2023).

**Сили І.І., Азархов А.Ю., Ефременко Б.В.**

### ТЕНЗОСЕНСОРНАЯ ПЕРЧАТКА ДЛЯ ЛЮДЕЙ С НАРУШЕНИЕМ РЕЧИ

*В работе рассмотрено создание модели искусственной перчатки для людей, страдающих проблемами речи. Аппаратная и программная реализация рабочей модели с Arduino IDE, KiCad и Tinkercad. Искусственные перчатки являются важным устройством в области биомедицинской инженерии, поскольку они могут использоваться для многих различных медицинских и промышленных применений. Люди с ограниченной речью могут сталкиваться с различными проблемами в зависимости от причины ограничения. Люди с нарушениями артикуляции могут иметь проблемы с правильным произношением звуков, а люди с нарушениями слуха могут иметь проблемы с пониманием языка. Люди с нарушениями аутистического спектра могут испытывать трудности с коммуникацией и социальными взаимодействиями. Неспособность выразить свои мысли и потребности может привести к непониманию, неверному толкованию или недостаточному получению помощи. Кроме того, люди с ограниченной речью могут чувствовать стигму и дискриминацию в обществе, где речь считается основным средством коммуникации. Они также могут иметь трудности с получением доступа к образованию, здоровью и другим социальным услугам из-за ограниченных возможностей коммуникации. Поэтому разработка технологий, помогающих людям с ограниченной речью взаимодействовать с миром, является важным шагом в создании более инклюзивного общества. Основными компонентами перчатки являются - сама перчатка, плата Arduino, резисторы на 80 кОм, тензометрический датчик и LCD дисплей. Перчатка оснащена пятью тензометрическими датчиками для каждого пальца одной руки. Программная реализация кода управления перчаткой была осуществлена с помощью Arduino IDE. В данном проекте возможна реализация нескольких режимов работы: - базовый режим, когда сгибается только один палец одной руки – в данном случае возможны только 5 комбинаций; расширенный режим, когда сгибаются одновременно несколько пальцев одной руки – в данном случае возможны до 16 комбинаций. Перчатка позволяет выводить «тревожные сообщения» в зависимости от комбинации изогнутых пальцев одной руки и коммуницировать человеку с нарушенной или утраченной речью.*

**Ключевые слова.** Нарушение речи, Ардуино, тензометрический датчик, KiCad, аналоговый сигнал, LCD дисплей, резистор, C++.



Sili I.I., Azarkhov O.Yu., Efremenko B.V.

## TENSOSENSORY GLOVE FOR THE SPEECH IMPAIRED PEOPLE

*The work considers the creation of an artificial glove model for people who suffer from speech problems. Hardware and software implementation of the working model using Arduino IDE, KiCad and Tinkercad. Artificial gloves are an important device in the field of biomedical engineering because they can be used for many different medical and industrial applications. People with a speech impediment may face a variety of challenges, depending on the cause of the impairment. People with articulation disorders may have trouble pronouncing sounds correctly, and people with hearing impairments may have trouble understanding speech. People with autism spectrum disorders may have difficulties with communication and social interactions. Failure to express one's thoughts and needs can lead to misunderstanding, misinterpretation, or insufficient help. In addition, people with limited speech may experience stigma and discrimination in a society where language is considered the primary means of communication. They may also have difficulty accessing education, health and other social services due to limited communication capabilities. Therefore, developing technologies that help people with speech disabilities interact with the world is an important step towards creating a more inclusive society. The main components of the glove are the glove itself, an Arduino board, 80 k $\Omega$  resistors, a strain gauge and an LCD display. The glove is equipped with five strain gauges for each finger of one hand. The software implementation of the glove control code was done using the Arduino IDE. In this project, it is possible to implement several modes of operation: the basic mode, when only one finger of one hand is bent - in this case, only 5 combinations are possible; advanced mode, when several fingers of one hand are bent at the same time - in this case, up to 16 combinations are possible. The glove allows you to output "alarm messages" depending on the combination of bent fingers of one hand and communicate to a person with impaired or lost speech.*

**Keywords.** *Speech disorder, Arduino, strain gauge, KiCad, analog signal, LCD display, resistor, C++.*

*Стаття надійшла 15.04.2023 р.*