

ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ТИСКУ ДЛЯ ТИЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ СТОПИ

Лецишин М.М., аспірант, *marfiichuk@gmail.com*

Стаценко Д.В., к.т.н., *statsd@ukr.net*

Злотенко Б.М., д.т.н., професор, *zlotenco@ukr.net*

Київський національний університет технологій та дизайну

В роботі представлено дослідний зразок комп'ютерної системи для визначення комфортних параметрів на основі індивідуальних відчуттів тиску на стопу замовника.

Необхідність носіння комфортного взуття завжди було актуальним питанням для споживача, проте в умовах масового фабричного виробництва не завжди вдається задовольнити критерії комфорту взуття для кожного користувача у зв'язку з індивідуальними особливостями будови та біомеханічних характеристик його стопи.

Метою роботи є калібрування резистивного датчика сили та вимірювання тиску внутрішньої поверхні взуття на стопу з урахуванням її основних анатомічних параметрів.

The paper presents a prototype of a computer system for determining comfortable parameters based on individual sensations of pressure on the customer's foot.

The need to wear comfortable shoes has always been a topical issue for the consumer, but in mass factory production it is not always possible to meet the criteria of shoe comfort for each user due to the individual structure and biomechanical characteristics of his foot.

The aim of the work is to calibrate the resistive force sensor and measure the pressure of the inner surface of the shoe on the foot, taking into account its basic anatomical parameters.

Наукова школа проектування внутрішньої форми взуття розпочала свої традиції ще в 19 столітті, а починаючи з середини 20 століття стали використовувати аналітичні методи розрахунку параметрів взуттєвої колодки по вихідній цифровій моделі стопи, використовуючи критерії раціональності внутрішньої форми взуття. Даний напрям розроблено в працях Зибіна Ю.П., Фукіна В.А., Фарнієвої О.В., Либи В.П., Кисельова С.Ю., Коновала В.П., та їх послідовників [1-3].

Основна вимога до взуття полягає в його раціональності, воно повинне бути таким, щоб його основні розміри й внутрішня форма відповідали розмірам і антропометричним особливостям стопи споживача [4].

В роботі представлена комп'ютерна система (рис.1.а), яка складається з наступних елементів: DD1 – мікроконтролер Arduino UNO, R1 – резистор 3.3 кОм, FSR1 – резистивний датчик сили FSR402. Резистивний датчик сили та подільник напруги під'єднані до виводу A0 мікроконтролера Arduino Uno. Напруга живлення складає 5В.

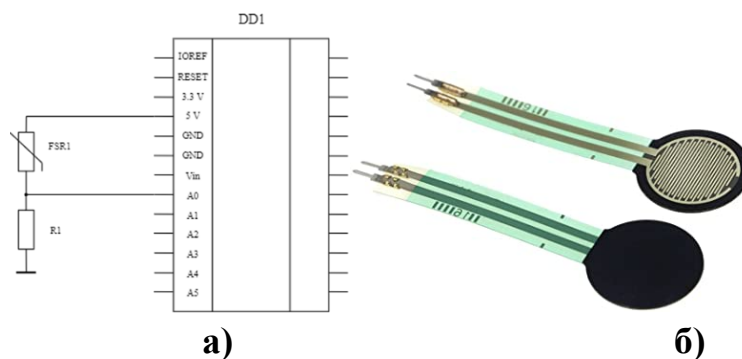


Рисунок 1. а) - Електрична схема дослідного зразка; б) - Резистивний датчик сили FSR402

Резистивні датчики сили FSR402 - це датчики, які дозволяють оцінити рівень тиску, силу натискання і вагу (рис. 1.б).

Резистивні датчики сили по суті є резисторами, які змінюють значення свого опору (в Ом) в залежності від сили натискання на чутливий елемент.

Принцип роботи приладу полягає в наступному. Коли сила, прикладена до датчика, дорівнює нулю, його опір буде майже нескінченний, відповідно сигнал з датчика дорівнює нулю.

Коли на резистивний датчик сили буде прикладене навантаження на виводі A0 з'явиться аналоговий сигнал. АЦП перетворює цей сигнал на цифрове значення сили, прикладеної до датчика та виводить його на дисплей монітора.

Для калібрування приладу використовувались вантажі масою 0,1 кг; 0,2 кг; 0,3 кг; 0,4 кг і 0,5 кг, які встановлювались на датчик тиску через перехідний диск (рис. 2).

Тиск на датчик визначався для кожного вантажу за формулою:

$$P_i = \frac{(m_i+m)g}{S}, \quad (1)$$

де P_i – тиск i -го вантажа, Па; m_i – маса i -го вантажа, кг; $m = 0,01$ кг маса перехідного диска; g – прискорення вільного падіння, кг/м²; S – площа перехідного диска, на яку тисне вантаж, м².

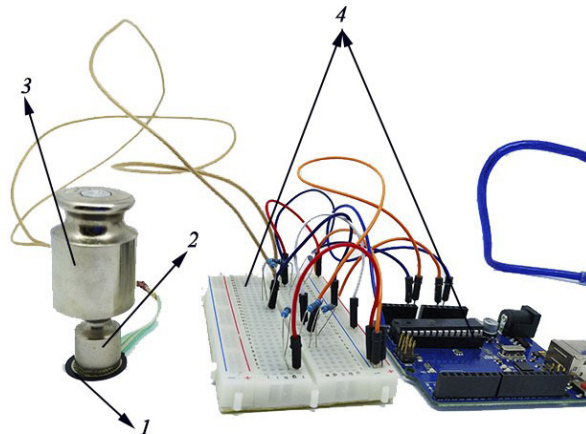


Рисунок 2 - Калібрування приладу: 1 – резистивний датчик сили; 2 – перехідний диск; 3 – вантаж; 4 – комп'ютерна система

Площа, на яку тисне вантаж:

$$S = \pi r^2, \quad (2)$$

де $r = 0,005$ м – радіус перехідного диска.

Підставляючи (2) в (1), отримуємо:

$$P_i = \frac{(m_i+m)g}{\pi r^2}. \quad (3)$$

За результатами проведених експериментальних досліджень, отримані дані необхідні для калібрування датчика сили в діапазоні ваги 100-500г. Результати даних наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Результати калібрування приладу для вимірювання тиску

$m, \text{ кг}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$P_i, \text{ Па}$	13746,5	26243,3	38740,1	51236,9	63733,7
Показання приладу	231	67	736	786	1 054

На рис. 3 наведено результати апроксимації калібрувальної залежності, відповідно до даних табл. 1.

Апроксимуюча функція (рис.3) має вигляд:

$$Y = 0,0353 \cdot P^{0,9341}, \quad (4)$$

де Y – показник приладу; P – тиск на датчик, Па.

З виразу (4) отримуємо формулу для визначення тиску на датчик в залежності від показання приладу:

$$P = \left(\frac{Y}{0,0353}\right)^{\left(\frac{1}{0,9341}\right)} (\text{Па}). \quad (5)$$

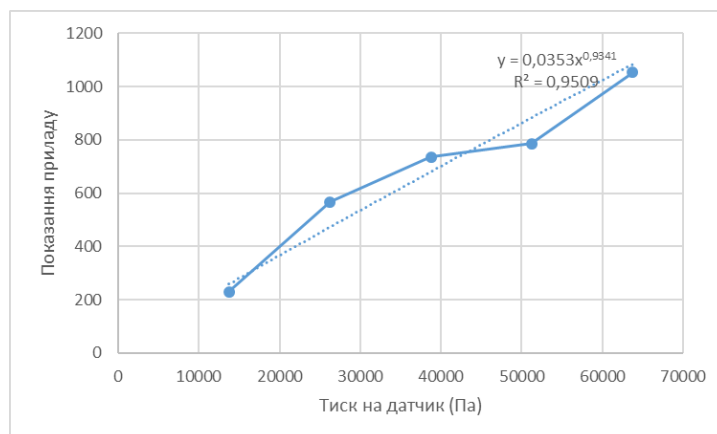


Рисунок 3 - Апроксимація калібрувальної залежності показників приладу від тиску на датчик

Запропонований в роботі спосіб вимірювання тиску внутрішньої поверхні взуття на стопу з урахуванням її основних анатомічних параметрів за допомогою структурної схеми дослідного зразка дозволяє спроектувати та виготовити комфортне індивідуальне взуття для замовника.

Висновок. На основі комп'ютерної системи з мікроконтролером Arduino Uno і резистивними датчиками сили FSR402 розроблено прилад для визначення тиску між стопою і внутрішньою поверхнею взуття.

В результаті проведеного калібрування приладу встановлено однозначну залежність між показаннями приладу і величиною вимірюваного тиску, що дозволяє визначити тиск внутрішньої поверхні взуття на стопу як в процесі стояння, так і в процесі ходьби.

Список використаних джерел:

1. Фукин В.А. Развитие теории и методологии проектирования внутренней формы обуви / Фукин В.А., Буй В.Х. Москва, 2015. – 410 с.
2. Кернеш В.П. Удосконалення гармонійності внутрішньої форми і конструкцій юнацького і дівочого взуття: дис. ... канд. тех. наук, 05.19.06.-К., 2007. - 218с.
3. Чертенко Л.П. Особенности проектирования рациональной формы обувной колодки с применением САПР /Чертенко Л.П., Коновал В.П.// Международный сборник научных трудов «Метрология, стандартизация и сертификация изделий сервиса: теория и практика»: Шахты – 2007, с. 97-107.
4. Бегняк В. І. Основи конструювання і проектування виробів із шкіри: Навч. посібник. – Хмельницький, 2002. – 260 с.
УДК 681.5; 004.934:681.391