

## СЕНСОР ШВИДКОСТІ РУХУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИМІРЮВАННЯ БІОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БОКСЕРІВ

*С. П. Сергієнко, Б. О. Кабачій*

Прогрес ніколи не стоїть на місці, а останні 40 років він рухається з особливо великою швидкістю, всі здавалось ідеально спроектовані, та не потребуючі оновлення речі модернізуються, та максимально спрощують життя людям: дистанційне управління, автоматизовані заводи, автомобілі без керманичів, тощо.

Прогрес дійшов і до спорту: активно використовуються різноманітні «розумні» пристрої, що допомагають як професійним спортсменам, так і звичайним людям слідкувати за своїм фізичним станом (ведення статистики фізичних навантажень і реакцію тіла на них), режимом харчування і сном, заохочують до спортивної діяльності, тощо

Конкретно розглядається тема боксу, в якій технології також використовуються на благо спортсменів.

Метою та задачею роботи є аналіз існуючих варіантів вирішення проблеми вимірювання біометричних параметрів спортсмена, літературний пошук по тематиці сенсорів для такого вимірювання, та обрання найоптимальнішого з варіантів.

Кінцевим результатом роботи має стати обґрунтований вибір оптимального для виміру біометричних показників в спорті сенсору.

Говорячи вже про готові варіанти вирішення питання можна виділити датчики «Striketec», що відстежують кожен рух, який виконують руки боксера, при цьому заміряють швидкість і силу нанесених ударів.

BotBoxer [1] – комплекс, що в першу чергу містить грушу, обладнану інфрачервоними датчиками для виміру тиску на неї і рухів спортсмена. Навколо груші розташовані стовпчики, що імітують боксерський ринг. У них знаходяться датчики розпізнавання рухів.

Існує статистика CompuBox [2], що застосовуються для доповнення телетрансляцій, показуючи в реальному часі активність обох боксерів. Основним мінусом статистики є те, що комп'юбокс не враховує силу ударів, нокдаун, не враховує збитки, яких завдає той чи інший удар. Все це можуть відстежити бічні судді, але не може відстежити статистика комп'юбокс.

Крім того, виділити можна компанію “Welltec”, що створила рукавиці та шорти, які вимірюють рівень підготовки бійця, а також деталі їх переміщень, ударів, включаючи кут, швидкість і вплив.

Боксерові важливо контролювати рух не тільки рук, але і всього тіла. Сенсорами обвішати тіло буде проблематично, та не зручно. Крім того, це порушує концепцію створення максимально реалістичних умов. Існує багато датчиків, для виміру руху, такі як наприклад, лазерні, але вони в нашому випадку не ефективні, адже лазери заважатимуть спортсменові, а повністю всю потрібну область майже не можливо охопити. Виділити можна також інфрачервоні датчики. Проблематика таких датчиків в їх дороговизні, та тяжкості встановлення. Тому, провівши літературне порівняння датчиків було обрано для роботи антени [3]. Їх основні переваги:

- Простота в конструюванні
- Конструкція дає можливість на легку перестановку
- Можливість створення діаграми різного напрямку
- Антена більш підходить для використання на сантиметрових довжинах

Для того щоб отримувати більше інформації про рухи людини можна скористатись антенним сенсором що працює за ефектом Доплера [4].

Ефект Доплера полягає у швидкості руху, що призводить до зміни частоти випромінювання на тіло людини. Руки рухаються з більшою швидкістю, а тіло з меншою, тому в спектрі відбитої від людини хвилі будуть складові, що пов'язані окремо з рухом руки, та тіла.

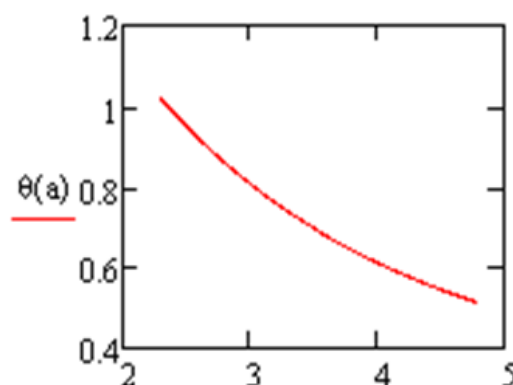
Радіочастотні антенні сенсори дозволяють розділити частини тіла, та вимірювати їх рух. Для розділення потрібно всього лиш пропустити сигнал через фільтр та окремо аналізувати складові сигналу, і один датчик зможе відслідковувати динаміку руху кулака, відстань удару, та швидкість відштовхування від землі. Це зручно, так як на кожну дію не потрібно нового датчика, тим паче, він може порушити ідею проекту. Приміром, для виміру швидкості руху кулака можна встановити датчики в рукавиці, але тоді боксер звикне до них з її габаритами, що може завадити під час реального бою, адже такі рукавиці він не зможе використовувати.

Проблемою при розробці радіочастотного сенсора є те, що для ефективної роботи сенсору потрібно щоб він мав кругову діаграму спрямованості. Для сантиметрового діапазону таких антен не існує. Для того щоб похибка вимірювання не залежала від напрямку руху руки боксера потрібно зробити комбіновану антену [5]. Були зроблені розрахунки залежності діаграми спрямованості від розміру рупорної антени. Діаграма спрямованості в напрямку широкої стінки має вид:

$$F(\theta) = \frac{\cos(\frac{\pi \times a}{\lambda} \times \sin(\theta))}{1 - (\frac{2 \times a}{\lambda} \times \sin(\theta))^2} \times \frac{(1 + \cos(\theta))}{2}$$

Розрахунки проводились у програмі Маткад. Із формули для діаграми спрямованості знаходились кути відносно осі симетрії під якими рівень амплітуди зменшувався в двічі

$$0.5 = \frac{\cos(\frac{\pi \times a}{\lambda} \times \sin(\theta))}{1 - (\frac{2 \times a}{\lambda} \times \sin(\theta))^2} \times \frac{(1 + \cos(\theta))}{2}$$



На графіку представлена залежність кута в радіанах від розміру рупора під яким амплітуда випромінювання буде в двічі меншою від амплітуди в напрямку осі рупора. Збільшення розміру рупору призводить до звуження діаграми спрямованої дії. Це призведе до того, що з'являться мертві зони біля боксерської груши або виникне необхідність великої кількості рупорів для забезпечення кругового охоплення положення боксера навколо груши в  $360^{\circ}$ .

Висновок: Для забезпечення кута для одної антени рівного  $90^{\circ}$  розрахований оптимальний розмір рупора  $a=3,5$  см  $L=1,4$  см для прямокутного хвильоводу розміром  $2,3$  см на  $0,8$  см для хвилі  $H_{10}$ . Не дивлячись на те, що мікрохвильовий сенсор руху для кругового обзору потребує декілька сенсорів, мінімум з чотирьох антенами, така побудова сенсору дозволяє отримувати додатково інформацію про напрямок удару.

#### Література

1. Иртгач К. Розумна боксерська груша BotBoxer. *ITC UA*. URL: <https://itc.ua/blogs/skytechsport-predstavila-umnuyu-bokserskuyu-grushu/> (дата звернення 26.04.2021)
2. Система слідування за боєм CompuBox. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Compubox> (дата звернення 26.04.2021)
3. Ротхаммель К., Кришке А. Антенны. Минск: ОМО Наш город, 2001. 416с.
4. Кологривов В. Н. Эффект Доплера в классической физике; Москва: МФТИ, 2012. 32 с.
5. Воловик П. М. Фізика для університетів. Київ: Перун, 2011. 864с.