

**Аксамит Николай Сергеевич**

магистр, инженер

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский

университет «Московский институт

электронной техники»

г. Москва

DOI 10.21661/r-471067

## **РАЗРАБОТКА ДЕТЕКТОРА УДАРА НА ОСНОВЕ МЭМС СЕНСОРА ДЛЯ САБЕЛЬНОГО ОРУЖИЯ**

***Аннотация:** цель работы – разработать систему детектирования удара для фехтовальных сабель с возможностью определять силу и вид нанесенного удара в реальном времени. В процессе работы проводились экспериментальные исследования МЭМС датчиков для системы. Для решения данной задачи был выбран в качестве датчика движения MPU-9250. Диапазон измерения акселерометра  $\pm 16g$ , гироскопа  $\pm 2000$  (градусов в секунду). В результате исследования был создан лабораторный образец системы детектирования сабельного удара. Устройство крепится к двойнику на гарде сабли таким образом, что «режущая поверхность» сонаправлена с направлением оси X, отрицательное направление оси Z акселерометра с острием сабли.*

***Ключевые слова:** фехтование, сабля, детектирование, МЭМС, сенсор, исследования.*

В повседневной жизни нас со всех сторон окружают МЭМС устройства. Самыми популярными из МЭМС сенсоров – датчики движения. В последнее время их внедряют в большое количество аппаратуры.

Нынешняя проблема сабельного фехтования – это дисбаланс между эффективностью атакующих и защитных действий. Атака гораздо сильнее и эффективнее обороны. Это заставляет спортсменов бороться за инициативу атаки и создает огромное количество одновременных атак, затрудняет судейство и сокращает время сабельных поединков.

Необходимо сбалансировать результативность наступательных и оборонительных действий, прежде всего за счет усовершенствования инвентаря и оборудования.

Разрабатываемая в рамках программы «УМНИК» система детектирования сабельного удара позволит определить был ли удар, а также вид удара. На данный момент спортсмен не сможет сжульничать, так как мы снимаем показания с датчиков и анализируем полученную информацию, которая передается на сумматор. После чего, полученная информация отображается на табло.

На данный момент существует только проводной метод передачи данных удара. Провода, катушки – являются основным недостатком данной системы, они ограничивают движения спортсменов. Во время тренировок так же происходит дискомфорт в плане того, что спортсмену необходимо использовать токопроводящую дорожку, которая имеет достаточно большие габариты.

Спортивная сабля имеет большую гарду, которая защищает руку от ударов сбоку и слева от рукояти имеет двойник для крепления электрошнура, рис. 1.

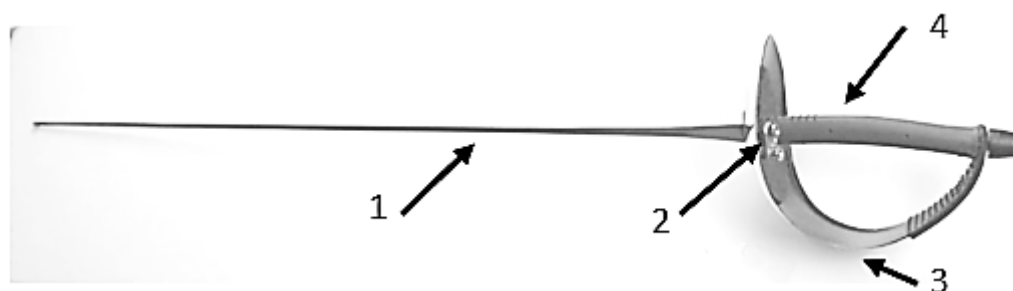


Рис. 1. Общий вид сабли (1 – клинок; 2 – двойник; 3 – гарда; 4 – рукоятка)

Средняя длина клинка – 87 см (не более 88), длина всей сабли – 104 см (не более 105) и вес 400–500 гр.

При разработке первой версии датчика силы сабельного удара, вопрос о том, чтобы спортсмены было комфортно использовать устройство в условиях реального поединка не стоял, поэтому было принято решение об размещении на конце гарды. МЭМС сенсор был жестко закреплен на ручке сабли таким образом, что отрицательное направление оси Z акселерометра сонаправлено с острием, а «режущая поверхность» с отрицательным направлением оси X, рис. 2.



Рис. 2. Расположение на конце гарды, вид сбоку

Приступая к разработке второй версии датчика силы сабельного удара, большое внимание уделялось массогабаритным параметрам. Грамотное расположение поможет избежать дискомфорта во время реального боя.

После нескольких вариаций конструкций, был выбран вариант замены стандартного сабельного двойника. Новая конструкция датчика представлена на рис. 3.

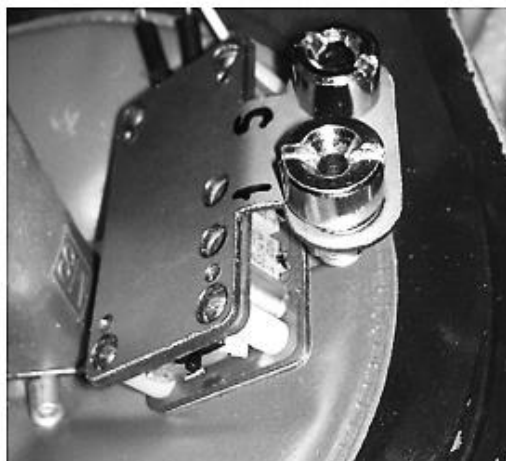


Рис. 3. Общий вид установленного датчика на сабле

Главная цель всей работы, это разработка датчика силы сабельного удара, который должен определять вид и силу удара. Для этого надо понять, как же осуществляется размах сабли и какие воздействия оказывает спортсмен в момент удара. А воздействия следующие:

1. На ручку сабли, вызывая вращательное движение вокруг центра масс сабли.
2. Вращательное движение относительно локтя.
3. Вращательное движение относительно плеча.

Результирующее движение, представляет собой комбинацию из этих трех воздействий, рис. 4.



Рис. 4. Общий вид установленного датчика на сабле

Удар, который был совершен спортсменом, можно рассмотреть, как последовательность следующих событий:

1. Замах.
2. Удар (остановка о цель).
3. Свободные колебания.

Зная эту информацию, её необходимо подтвердить. Для этого был проведен эксперимент, в котором только учитывались данные, полученные с акселерометра. Удар был произведен в спинку стула и представлен на рис. 5.

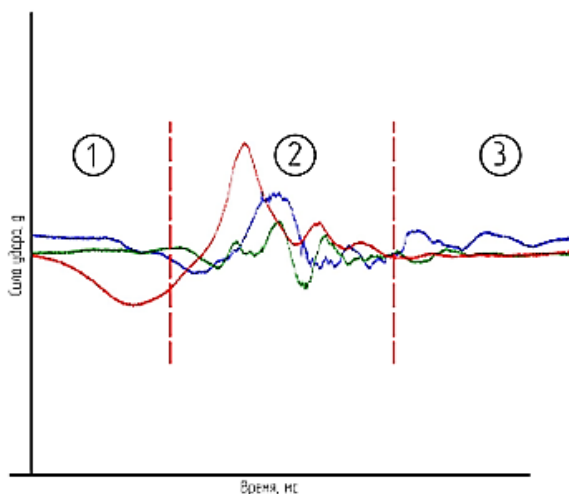


Рис. 5. Удар в мягкую поверхность (1 – замах; 2 – удар;  
3 – свободные колебания оружия)

После того, как определены основные характеристики ударов, можно приступить к созданию алгоритма, который автоматически будет определять с какой силой и какой вид удара был произведен. Для этого, разобьём алгоритм детектирования на пять стадий:

1. Первичное детектирование удара.
2. Проверка на достаточность силы удара.
3. Уточнение момента удара (по неотфильтрованному сигналу).
4. Определение типа удара (по сигналу после нулевой точки).
5. Определение типа удара (по замаху).

#### *Первичное детектирование*

Значения, полученные с МЭМС сенсора, а точнее ДУС (датчик угловой скорости), поступают на обработку в ФНЧ (фильтр низкой частоты), а после уже обрабатываются ФВЧ (фильтр верхних частот), рис. 6.

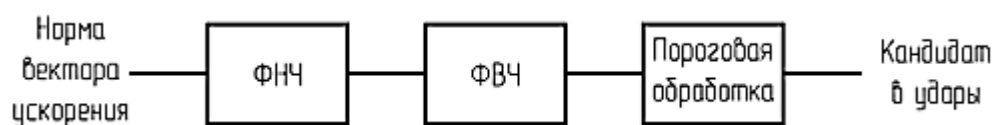


Рис.6. Первичное детектирование удара

Пороговая обработка позволяет отсечь максимальный пик и вложить заданное количество колебаний, за определенный промежуток времени.

#### *Проверка на достаточность силы удара*

Значения с МЭМС сенсора (ДУС) поступают в ФВЧ, после этого блока происходит ещё отсечение, но уже ФНЧ, рис. 7.

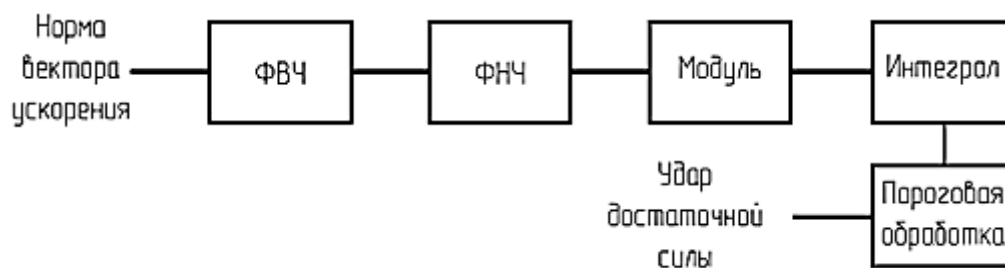


Рис. 7. Проверка на достаточность силы удара

Обработанные значения поступают в блок «модуль», где мы избегаем получения отрицательных значений, которые впоследствии интегрируются и

происходит пороговая обработка для отсеечения не нужных пиков. Также можно установить порог по силе или длительности воздействия.

### *Уточнение момента удара*

После того, как мы осуществили проверку, достаточной ли силы был удар, то нам на данном этапе необходимо уточнить сам момент удара, был он или же просто осуществили взмах саблей, схема представлена на рис. 8.



Рис. 8. Уточнение момента удара

### *Определение типа удара по сигналу после нулевой точки*

Определив момент удара, необходимо определить какой же вид удара был произведен, рис. 9. Для этого, необходимо правильно выбрать телесный угол.



Рис. 9. Определение типа удара

Выбрав некоторый телесный угол, куда может попасть на клинок, а также на основе информации обработанного норма вектора и последующего логического умножения, можно сказать, какой вид удара был произведен.

### *Определение типа удара по замаху*

Аналогично предыдущему этапу, только анализируется период с  $-t_{\text{замаха}}$  до 0.

Основы данного алгоритма были перенесены в программный продукт, который как раз связал разработанный лабораторный образец и персональный компьютер.

В данной статье отображен цикл разработки датчика силы для фехтовальных сабель, который был разработан в рамках программы «УМНИК», с возможностью определять силу и вид нанесенного удара.