

УО «Брестский государственный технический университет»  
УО «Брестский государственный медицинский колледж»

# Электромиографическое распознавание движений пальцев руки человека на базе ARDUINO

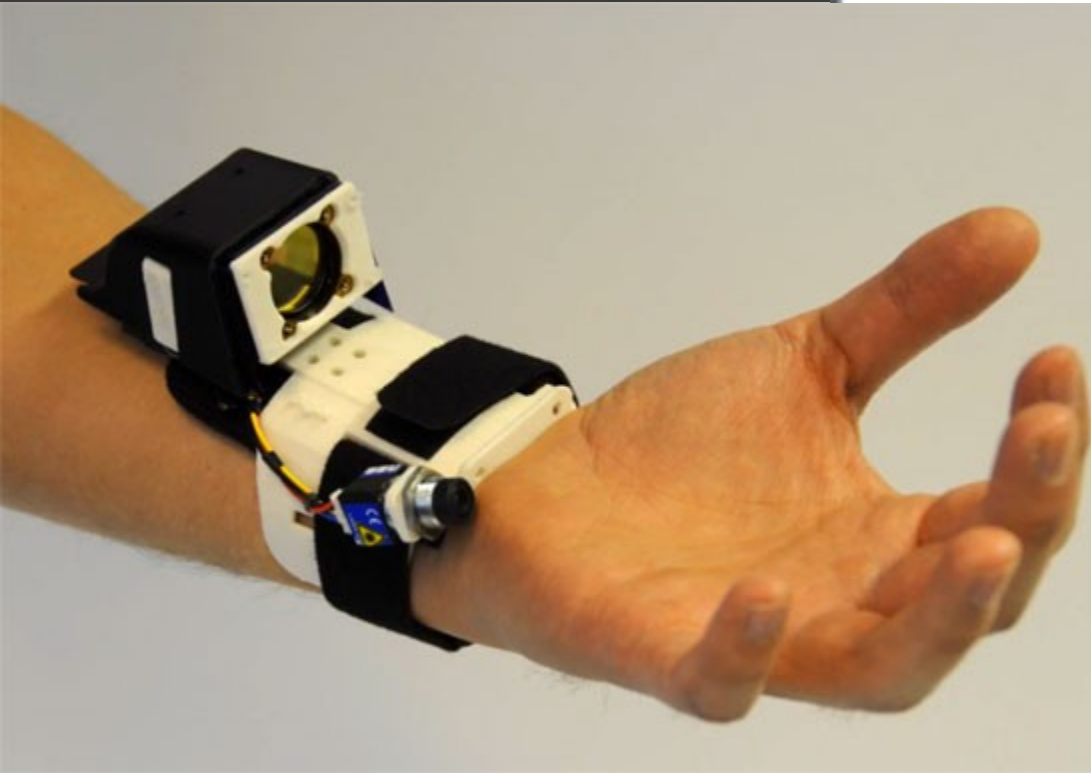
Вадим Шамонин

# Антропоморфный роботизированный манипулятор



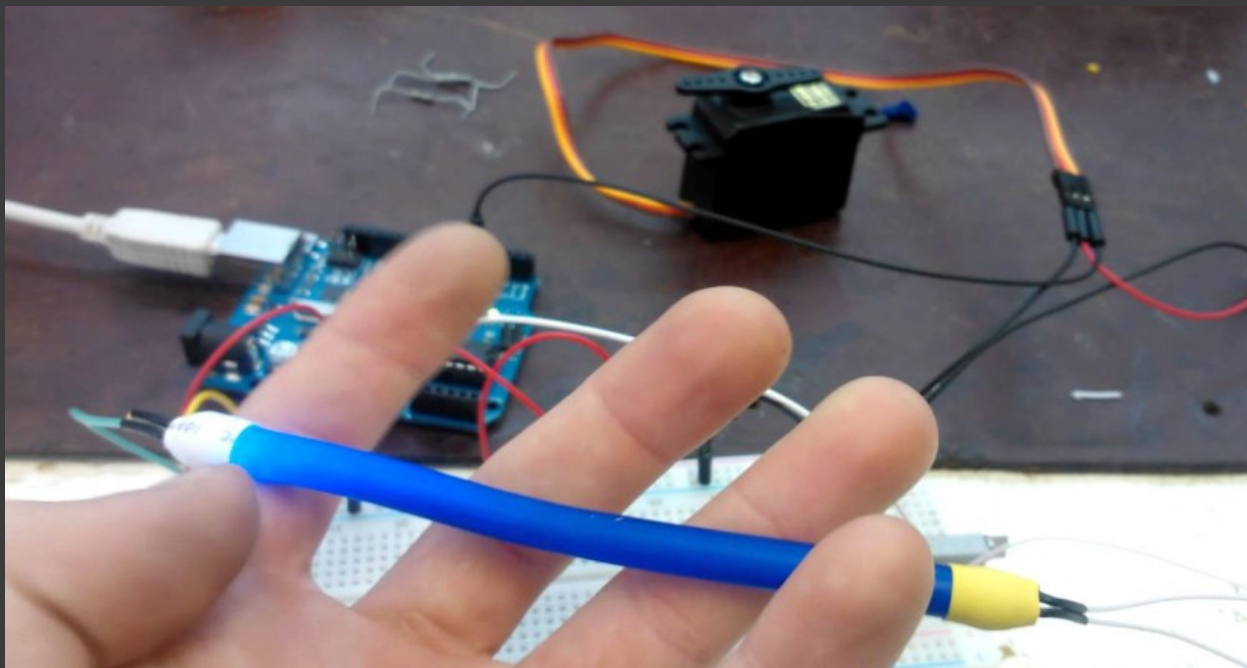
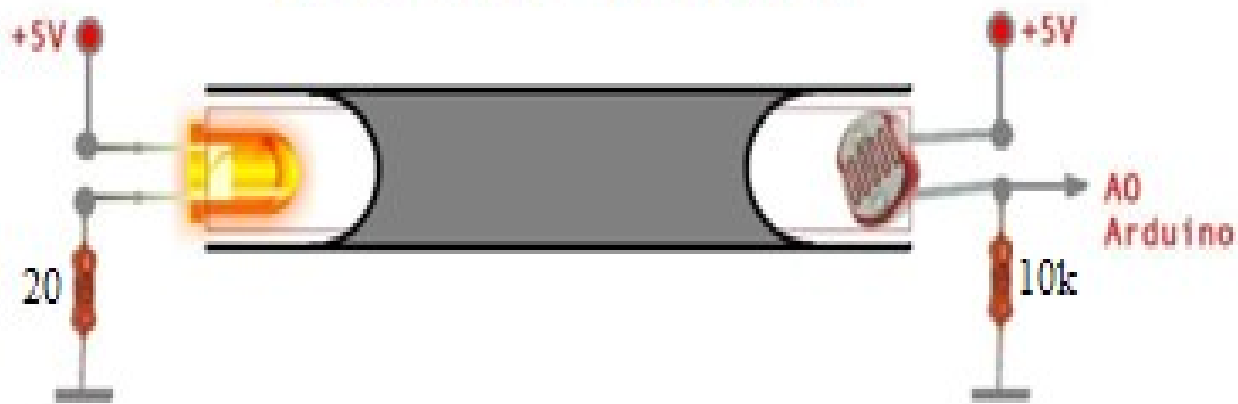
Сервопривод SG90

Перчатка Essential Glove

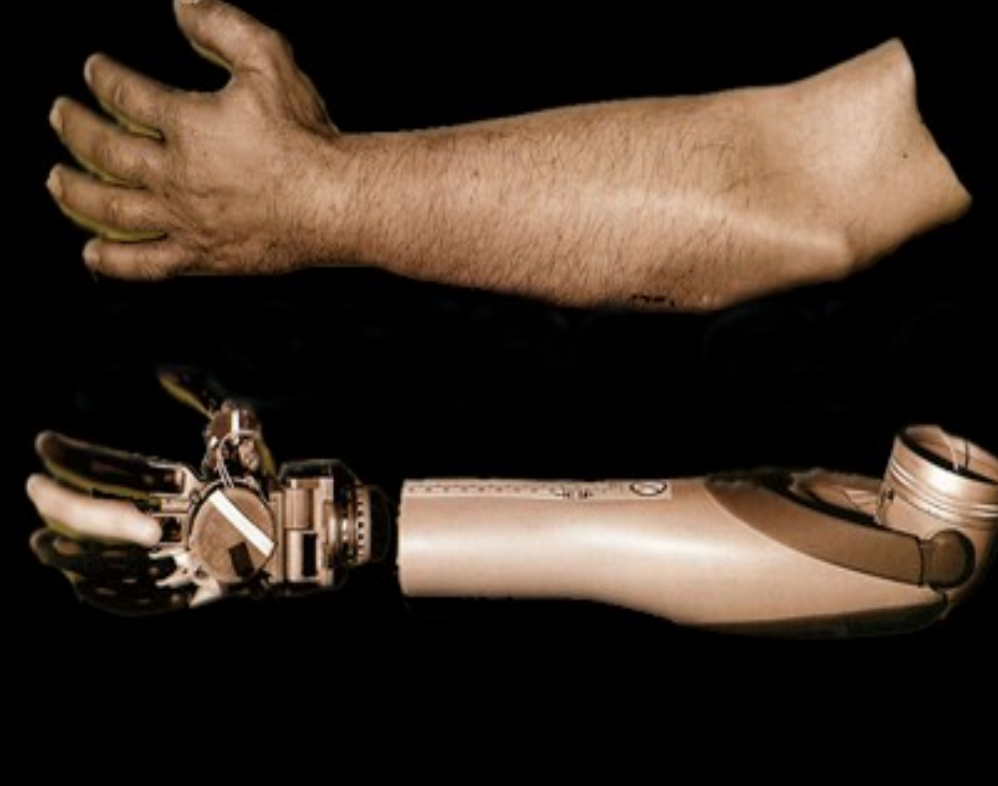
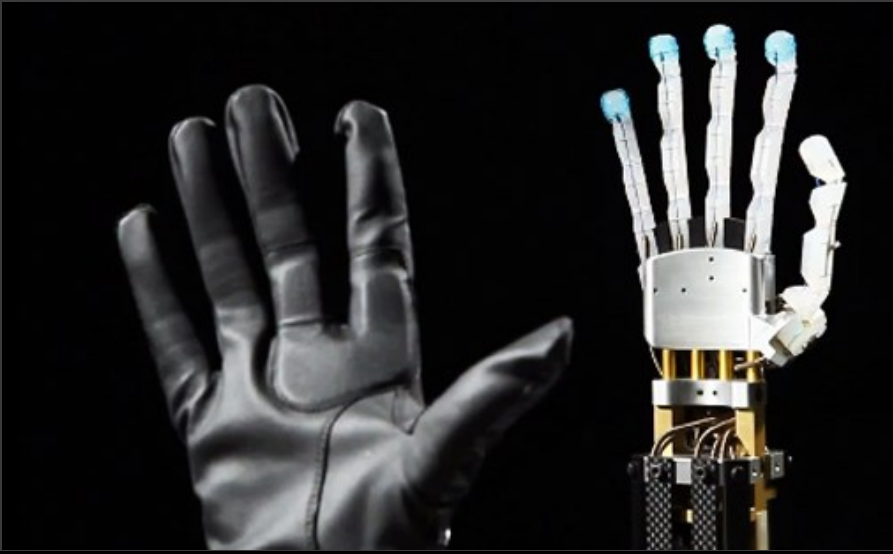


Устройство Microsoft Digits,  
установленное на запястье

# Датчик изгиба







**Электромиография** — метод исследования потенциалов, возникающих в скелетных мышцах человека при возбуждении мышечных волокон, а так же регистрация электрической активности мышц.

Различают три основных метода ЭМГ:

- 1) неинвазивный
- 2) Инвазивный



Процесс проведения неинвазивной поверхностной ЭМГ



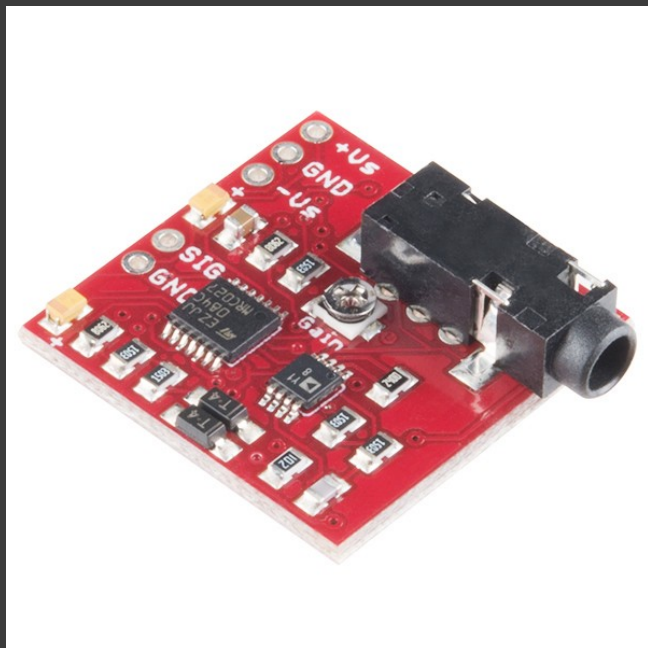
Введение иглы при инвазивной электромиографии

Цель: решение задачи распознавания движения отдельного пальца с помощью ЭМГ мышц предплечья.

Задачи:

1. Разработать методики регистрации электромиограммы мышц предплечья.
2. Разработать алгоритмы распознавания сигналов электромиограммы. В качестве распознаваемых действий выбраны следующие движения:
  - сгибание мизинца;
  - сгибание безымянного пальца;
  - сгибание среднего пальца;
  - сгибание указательного пальца;
  - сгибание большого пальца в плоскости, параллельной ладони руки.
3. Выбрать, используя в качестве критерия процент верного распознавания сигнала, наиболее удовлетворительную методику регистрации электромиограммы и алгоритм распознавания сигнала и провести более полное его тестирование.

# Методика регистрации электромиограммы мышц предплечья



Аналого-цифровое преобразование	24 бит, дельта-сигма модуляция 6-го порядка с 64 кратной переоцифровкой, индивидуальный преобразователь на канал
Нижняя частота пропускания	0 Гц (связь по постоянному току)
Динамический диапазон	не менее $\pm 400$ мВ
Входное сопротивление	более 100 Мом на постоянном токе
Частота выдачи данных	125, 250, 500, 1000, 2000 Гц для всех каналов
Верхняя частота пропускания (по уровню -3дБ)	50, 100, 200, 300, 500, 2000, 5000, 25000 Гц, в зависимости от частоты выдачи данных
Шум каналов	менее 0.9 мкВ пик-пик в полосе частот 0,1-30 Гц
Измерение межэлектродного импеданса	1 – 120 кОм ( $\pm 10\%$ ) на частоте 30 Гц

Цифровой усилитель биопотенциалов muscle sensor v3

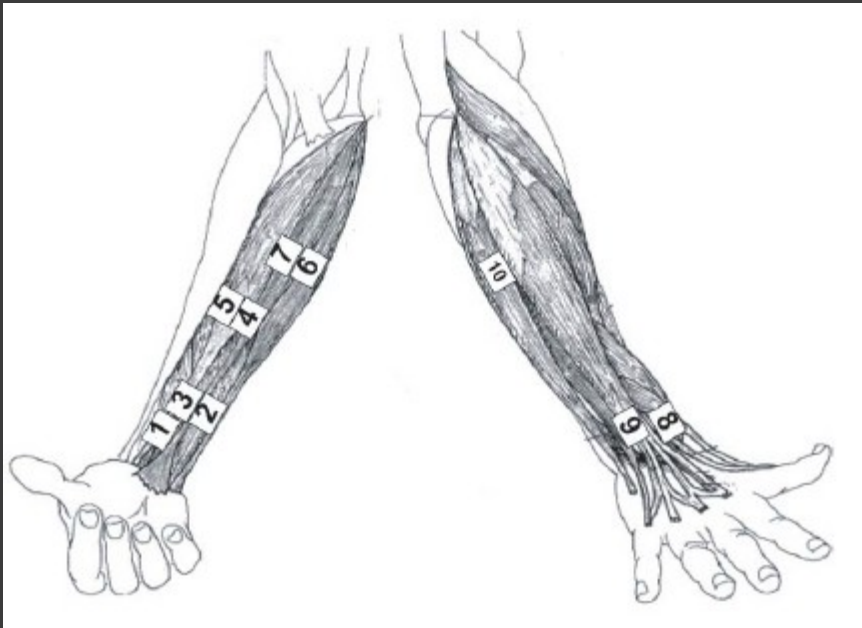


рис. 2. Накожные Ag/AgCl электроды



# Методика 1

Положения №4 и №5, также как и №6 и №7 регистрировались одним электродом. Сигналы записывались относительно канала “Reference”, положение которого выбиралось на участке выше локтя, на котором отсутствуют сокращения мышц при движении пальцами. Электрод канала “Ground” располагался в районе плечевого сустава.



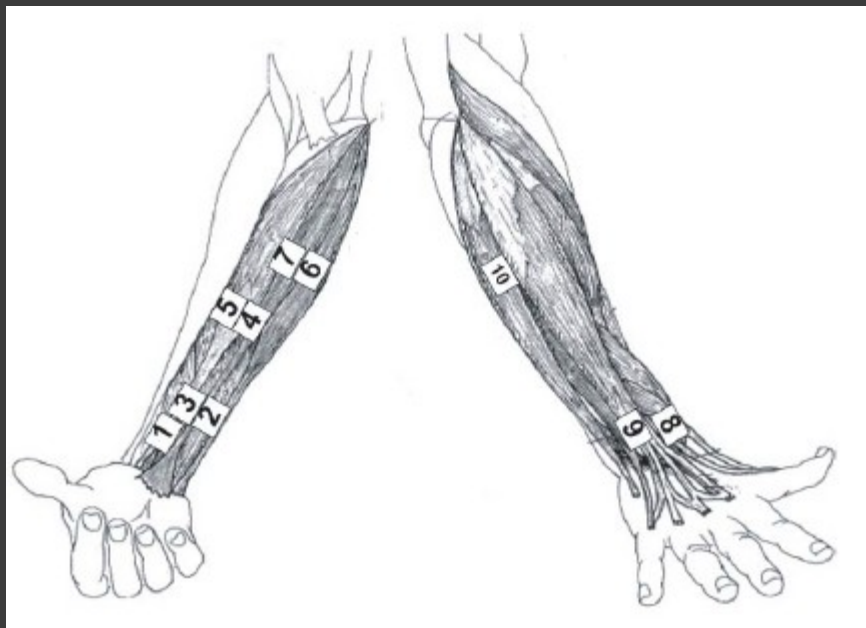
Названия электродов,  
соответствующих номеру  
позиции:

- 1-CP4;
- 2-FT8;
- 3-F8;
- 4,5-T4;
- 6,7-TP8;
- 8-C4;
- 9-FC4;
- 10-F4.

Положение электродов при регистрации ЭМГ

## Методика 2

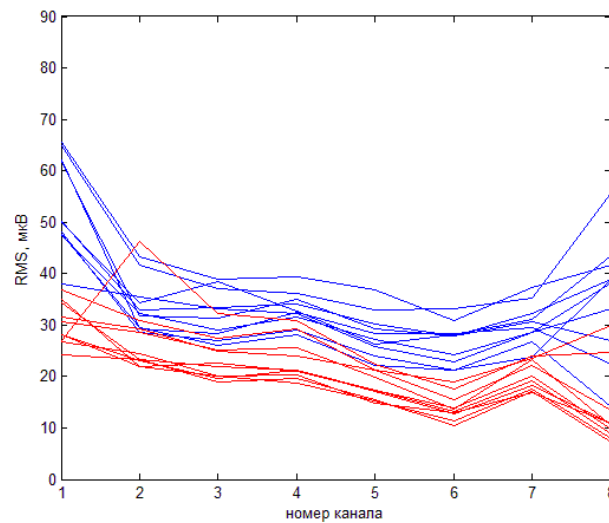
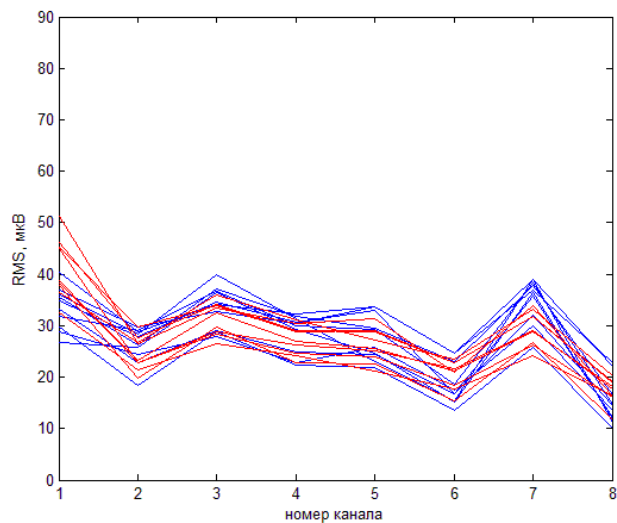
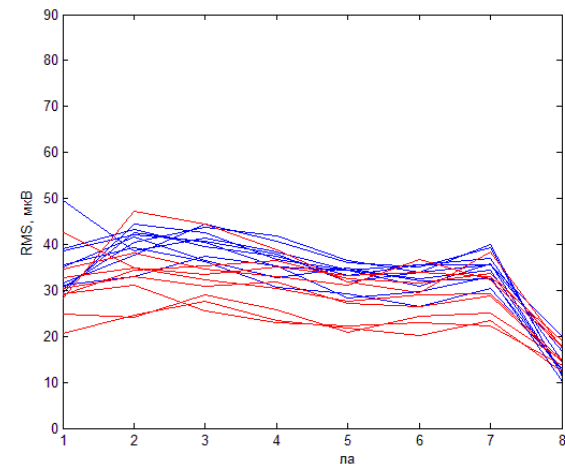
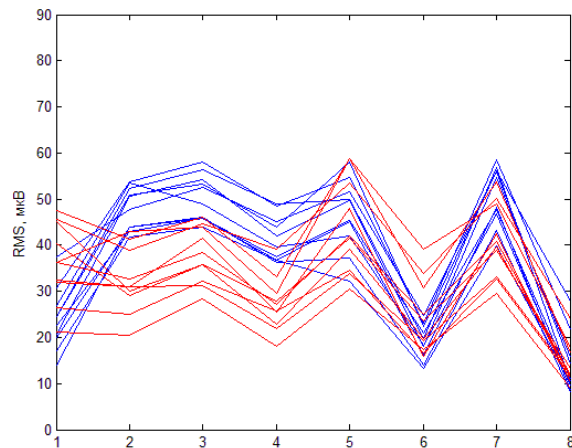
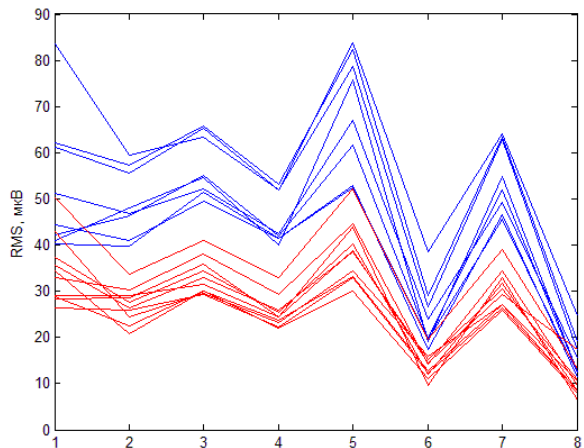
Положения №4 и №5, также как и №6 и №7 регистрировались отдельными электродами. Сигналы записывались относительно канала “Reference”, положение которого выбиралось на участке выше локтя, на котором отсутствуют сокращения мышц при движении пальцами. Электрод канала “Ground” располагался в районе плечевого сустава. Кроме того, снималось также 5 дифференциальных каналов между положениями 1 и 2; 3 и 4; 5 и 6; 7 и 8; 9 и 10.



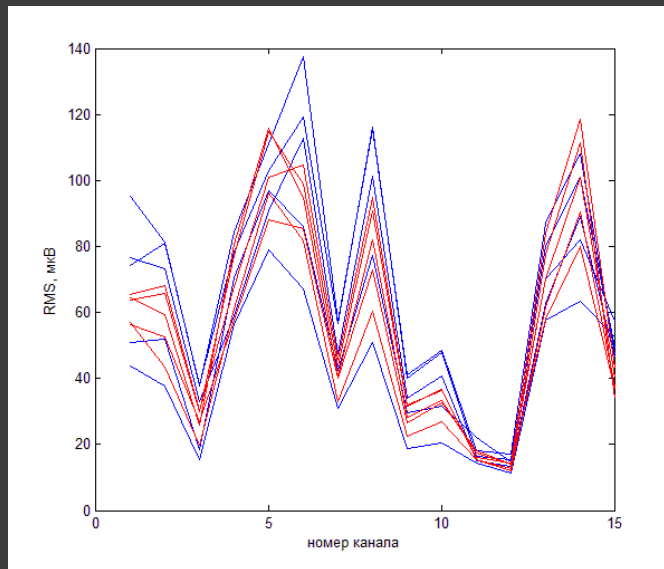
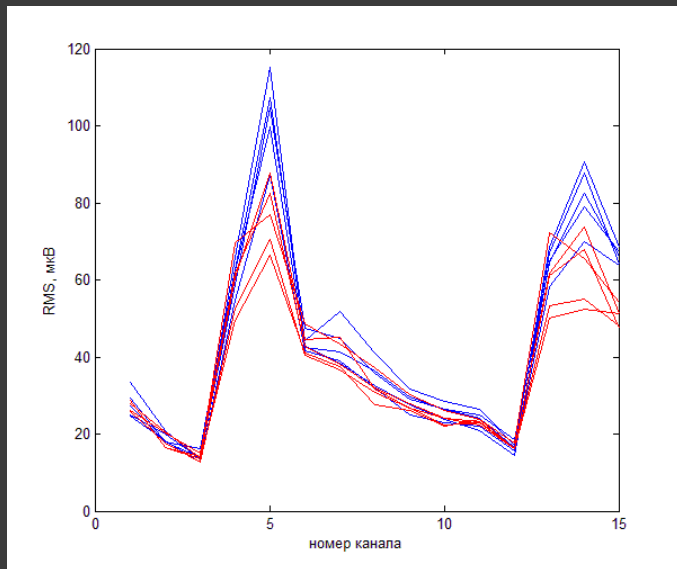
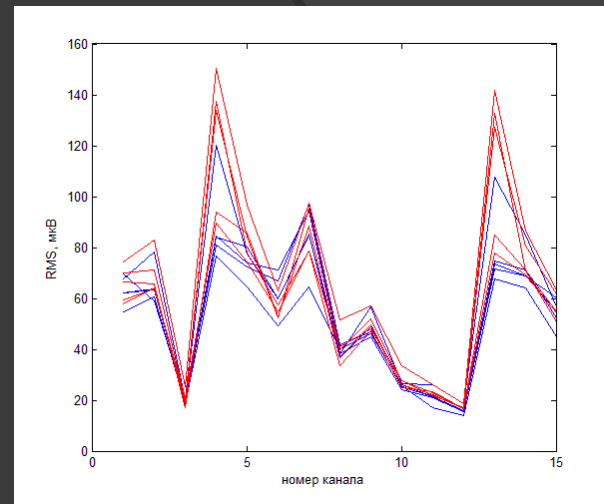
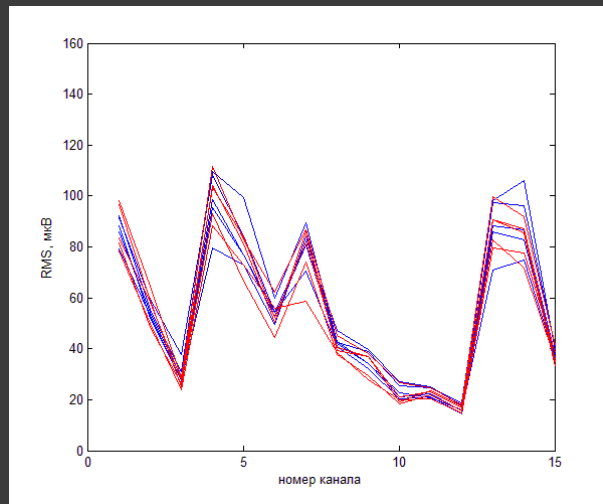
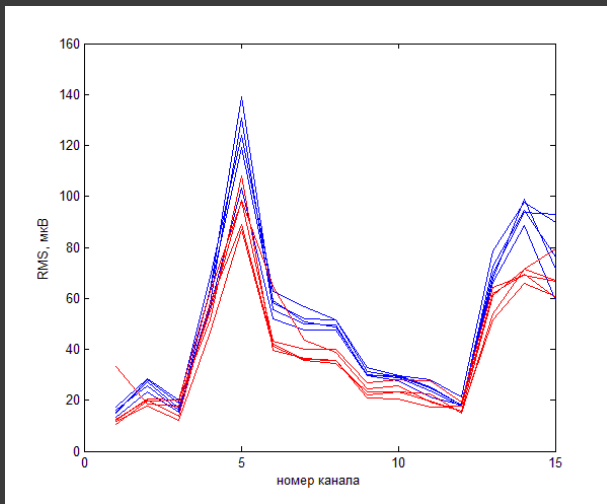
Названия электродов, соответствующих номеру позиции:

- 1-F4;
- 2-F8;
- 3-Fc4;
- 4-Ft;
- 5-C4;
- 6-T4;
- 7-Cp4;
- 8-Tr8;
- 9-P4;
- 10-T6.

Положение электродов при регистрации ЭМГ



Значения RMS кривых ЭМГ для методики 1  
(слева направо: мизинец, безымянный палец, средний,  
указательный, большой)



Значения RMS кривых ЭМГ для методики 2  
(слева направо: мизинец, безымянный палец, средний,  
указательный, большой)

# Тестирование алгоритмов распознавания движений пальцами

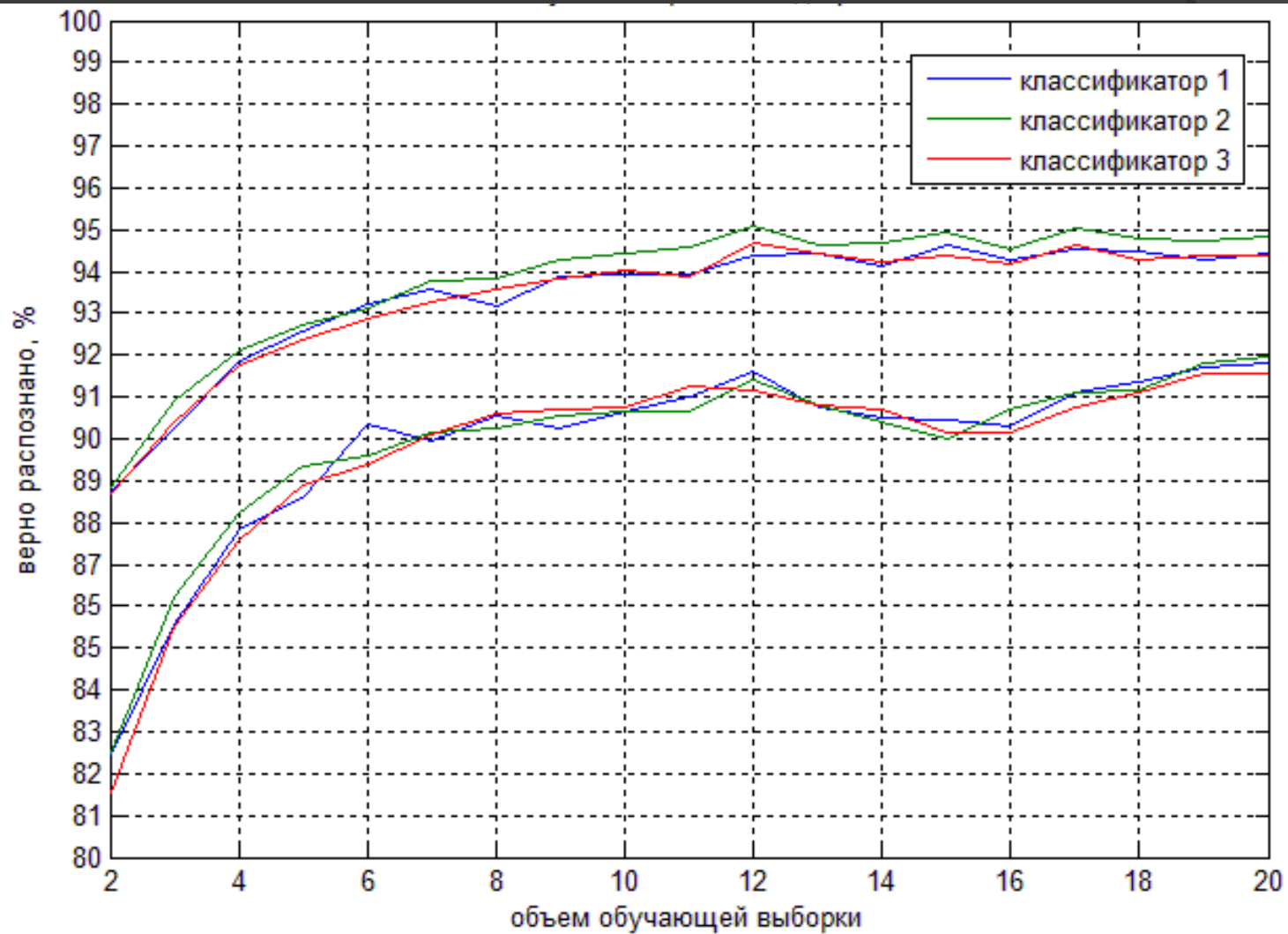
Результаты тестирования алгоритмов распознавания для различных методик съема ЭМГ, используемых характеристик ЭМГ и классификаторов:

Используемая методика, характеристика	Классификатор		
	1	2	3
	Движений верно распознано, %		
<b>Методика 1, RMS</b>	64,0	66,0	64,0
<b>Методика 1, FD</b>	54,0	56,0	56,0
<b>Методика 2, RMS</b>	98,0	96,0	96,0
<b>Методика 2, FD</b>	90,0	90,0	92,0

Результаты тестирования алгоритмов распознавания для методики 2 при дополненной тестовой выборке:

Используемая методика, параметр	Классификатор		
	1	2	3
	Движений верно распознано, %		
<b>Методика 2, RMS</b>	94,5	95,0	94,2
<b>Методика 2, FD</b>	90,2	90,5	90,2

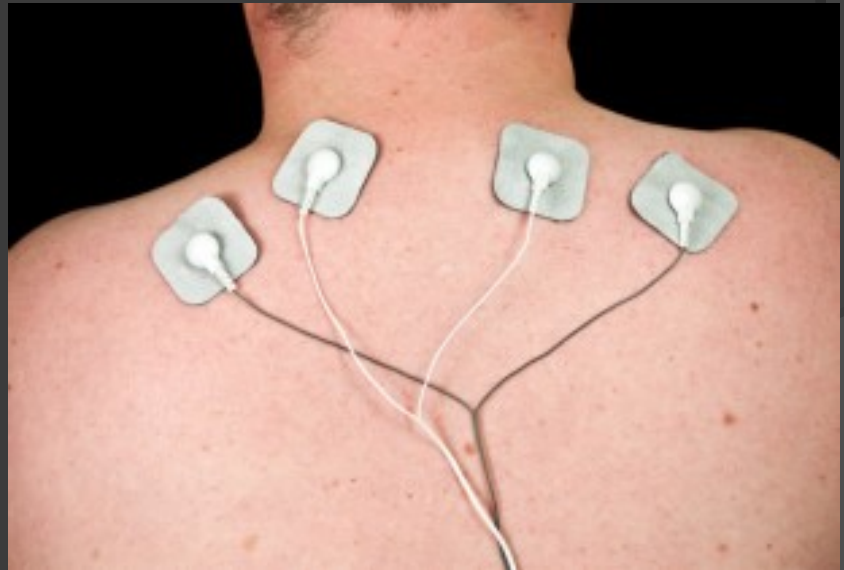


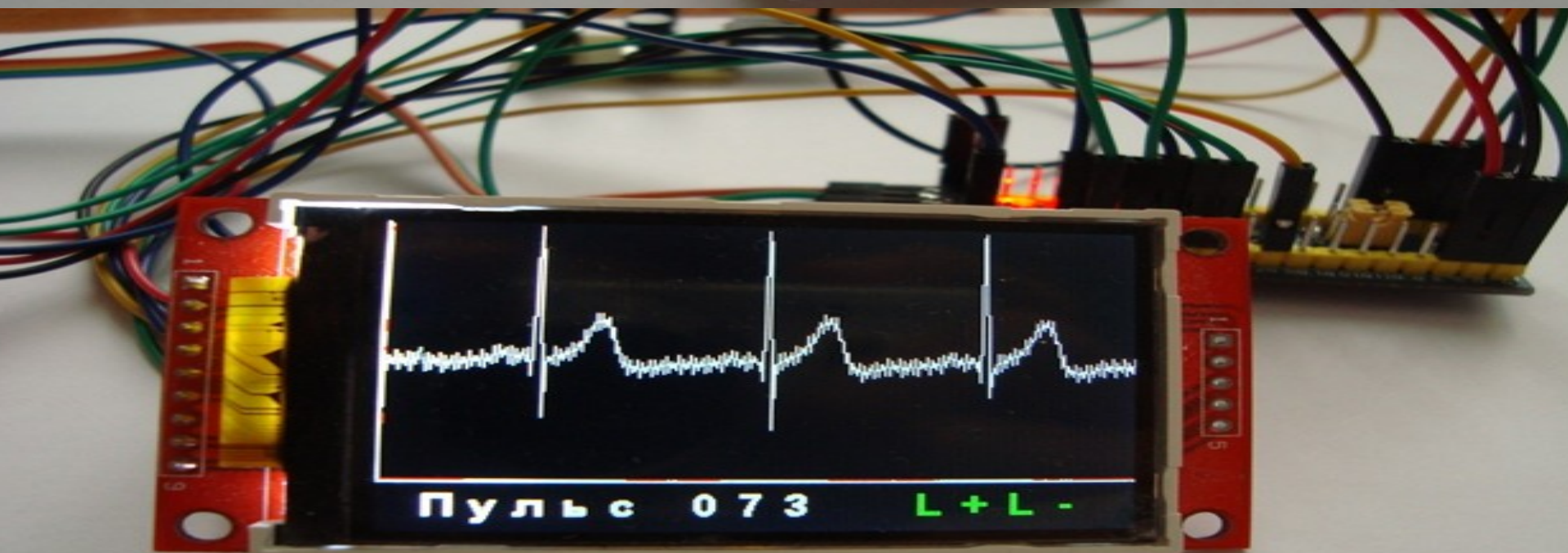
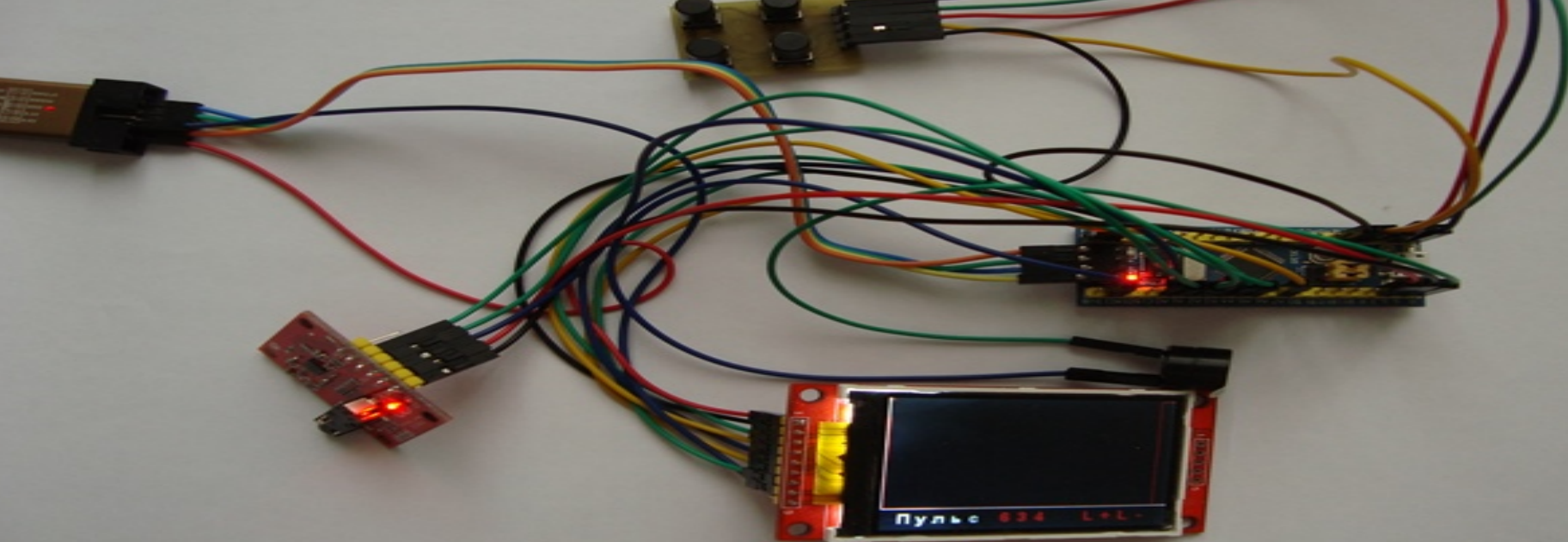


Результаты при различных объемах обучающей выборки

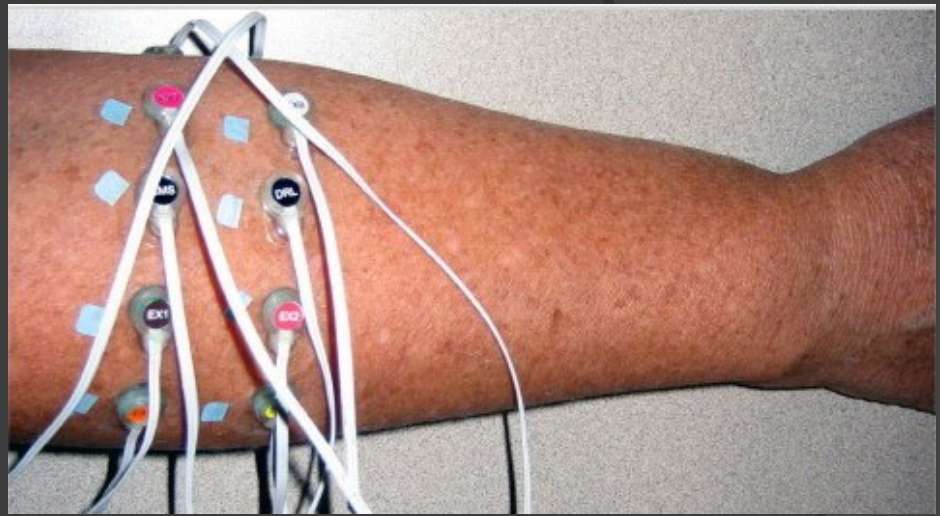
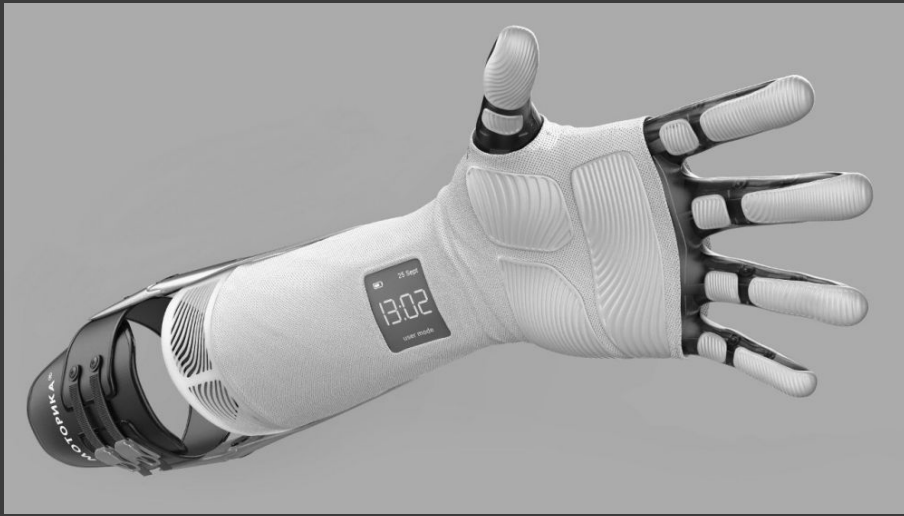
## Выводы:

- При использовании неинвазивной ЭМГ для решения задачи распознавания движений пальцами важную роль играет методика регистрации ЭМГ. Лучшей оказалась методика с использованием дифференциальных каналов, позволяющая улучшить отношение сигнал/шум.
- Использование некоторых каналов не улучшает работу классификатора. Для приведенной методики 2 достаточно использовать 5 дифференциальных и 2 отдельных канала.
- Время работы наиболее удовлетворительного алгоритма классификации составляет 0,5 мс, что позволяет применять его в режиме реального времени.











**Спасибо за внимание!**