

Московский государственный индустриальный университет

*Эксперименты, связанные с использованием сигнала
об электрокожном сопротивлении человека для
задачи управления биотехническими системами*

Архипов Максим Викторович

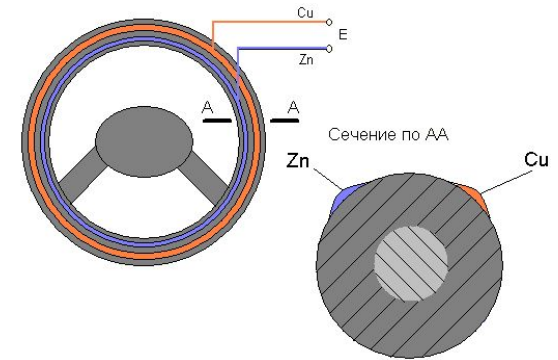
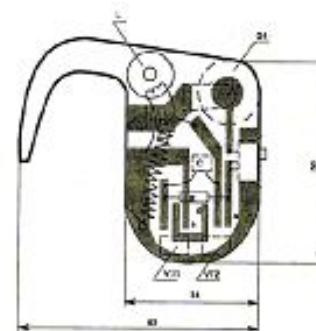
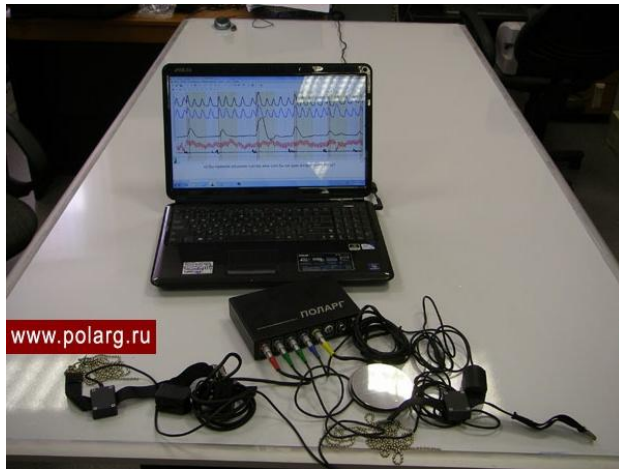
Москва, 2012

Цели и задачи

- Методы исследования сигнала электрокожного сопротивления (ЭКС) у человека
- Определить показатели переходных процессов ЭКС для оценки психофизиологического состояния человека (оператора)
- Возможность использования сигналов электрокожного сопротивления для задач управления биотехническими системами
- Эксперименты, связанные с использованием ЭКС в восстановительной медицине

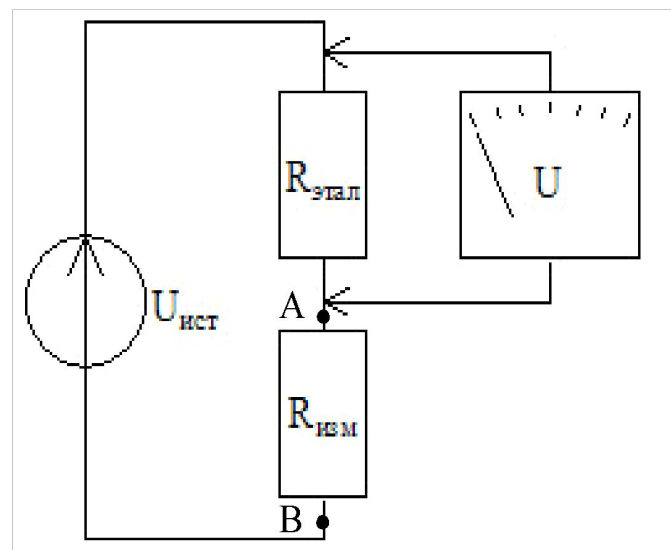
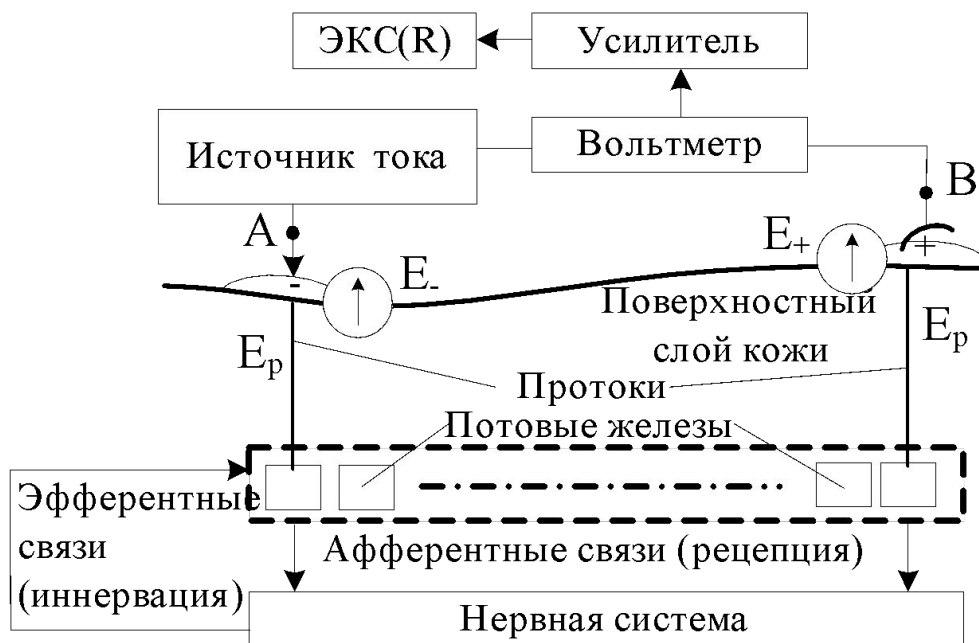
Практические задачи где может использоваться ЭКС

- Полиграфы
- Майнд машины (тренажер эмоций)
- Приборы с биологической обратной связью
- Приборы контроля усталости машиниста поезда
- Приборы контроля готовности спортсмена, космонавта
- Приборы автоматизированного контроля усталости водителя

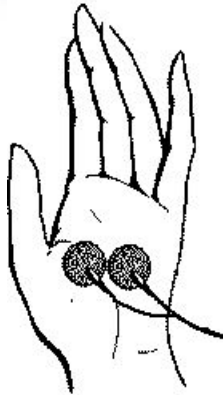


Модели измерения ЭКС

- Рефлекторная модель.
- Диффузионная модель.
- Ионная модель.



Система контроля ЭКС «Альфаритмика»



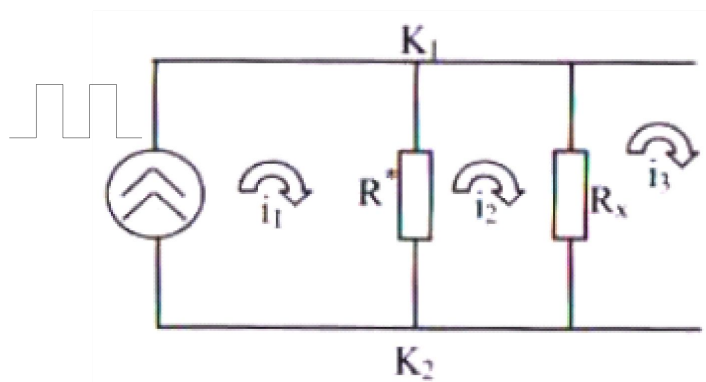
- Плотность тока не более $10 \text{ мкА} / \text{см}^2$;
- АЦП дискретность от 0,5сек. частота 5Гц до 0,005сек. частота 1кГц
- Electrodes диаметром 10-20 мм, толщиной 2-5 мм материал цинк;
- Напряжение питания 9 В;
- Диапазон измерения сопротивления: 20 Ом - 4 МОм;
- Постоянная погрешность измерения - 5%;
- Переменная погрешность измерения - 2%;
- Вывод результатов на компьютер, порты: USB, RS232

Значение физиологических сигналов при разных функциональных состояниях человека

Физиологический сигнал	Числовые значения данных		
	Норма, Bs	Пониженные, Bf	Повышенные, Br
Электрокожное сопротивление, МОм	$0,150 \pm 0,05$	$0,05 \pm 0,03$	$0,7 \pm 0,4$ 5

Высокочувствительный сенсор электрического сопротивления кожи человека (Скиномметр) ИПМ им. М.В. Келдыша

Эквивалентная схема



- Диапазон рабочих токов $0,1 \div 250$ мкА;
- Диапазон напряжений аналоговой части ± 12 В;
- Частота дискретизации АЦП 1,3 кГц;
- Электроды диаметром 10-20 мм, толщиной 2-5 мм материал медь;
- Напряжение питания 5 В;
- Потребляемый ток 30 мА;
- Диапазон измерения сопротивления: 20 Ом - 4 МОм;
- Погрешность при задании тока – 61 нА;
- Вывод результатов на компьютер, порты: USB.

i_1 - выбранное значение тока;
 K_1, K_2 – места приложения электродов;
 R^x – искомое сопротивление;
 i_1 – ток протекающий через участок K_1, K_2 ;
 i_3 – физиологический ток;
 R^x – нагрузочное сопротивление прибора.

Получение характеристик $I(R_x)$ для Альфаритмики и скиннометра ИПМ М.В. Келдыша

$U_{\text{меж}}$, В – напряжение между электродами регистрируемое в программе;

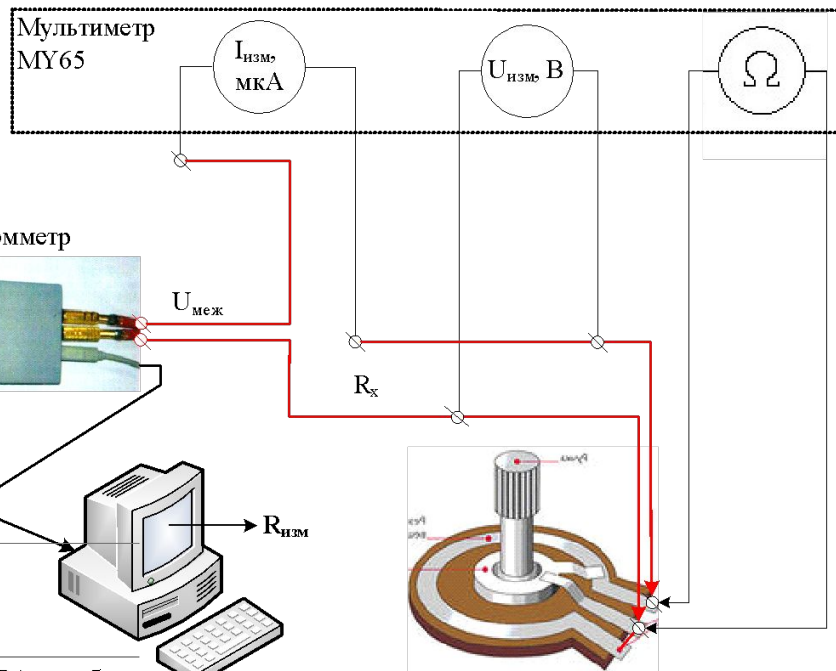
R_x , Ом – варьируемое сопротивление (аналог КГР(ЭКС)), задается потенциометром;

$R_{\text{изм}}$, Ом – сопротивление, регистрируемое в программе управления прибором;

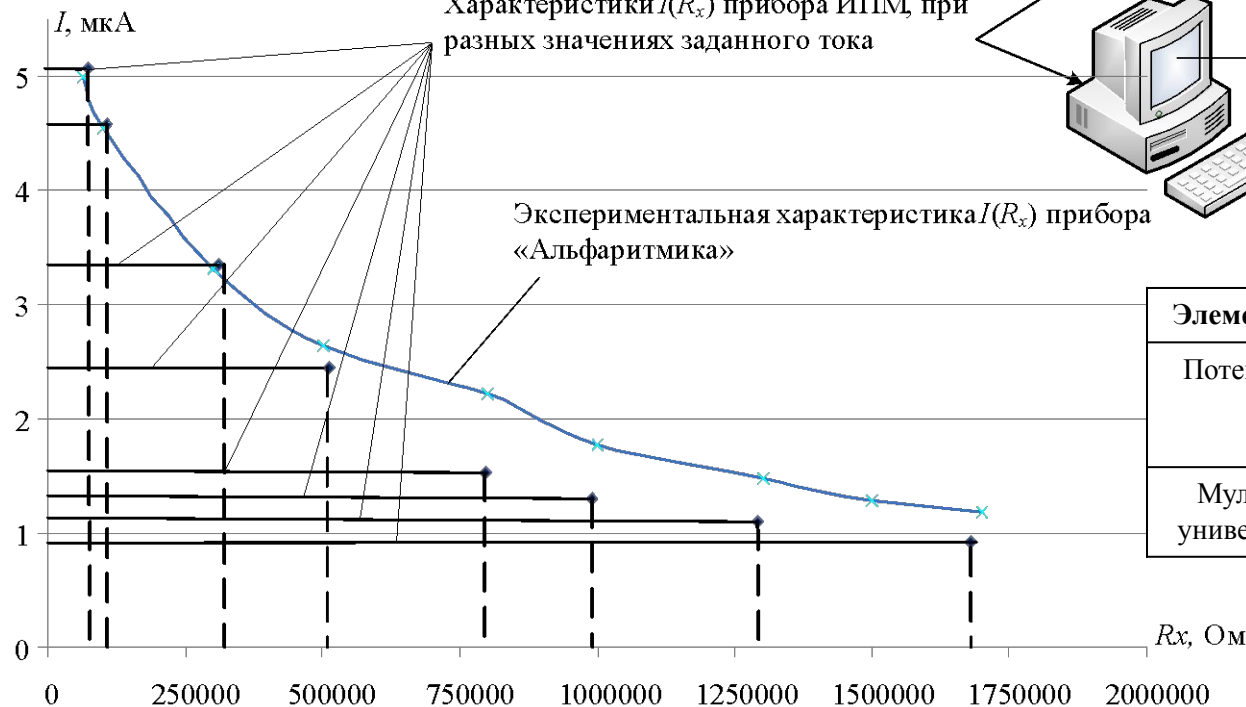
$I_{\text{теор}}$, мкА – теоретическое значение тока;

$I_{\text{изм}}$, мкА – экспериментальное значение тока которое совпадает с показаниями мультиметра;

ΔI , % - отклонение экспериментального значения тока от теоретического.

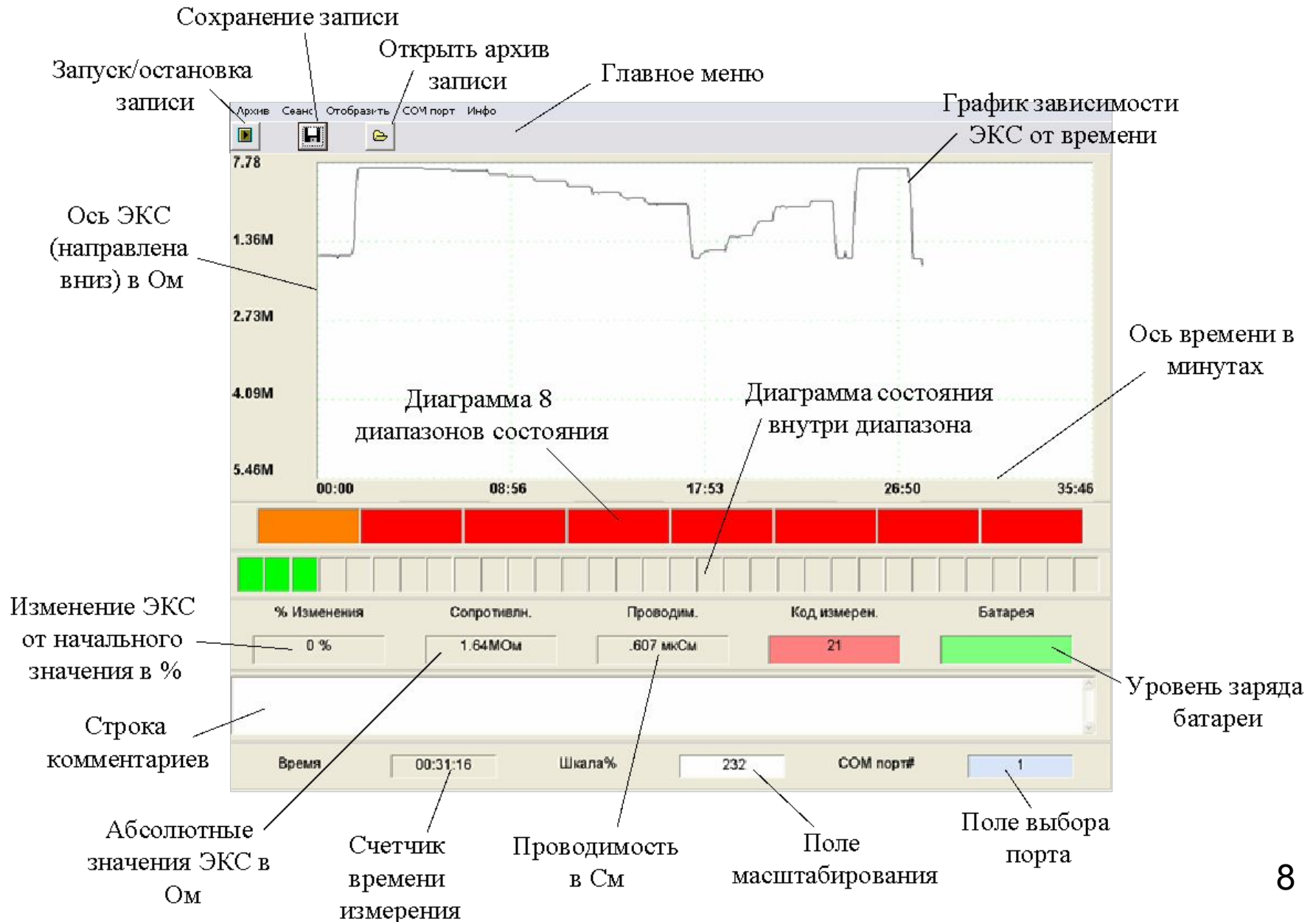


Характеристики $I(R_x)$ прибора ИПМ, при разных значениях заданного тока

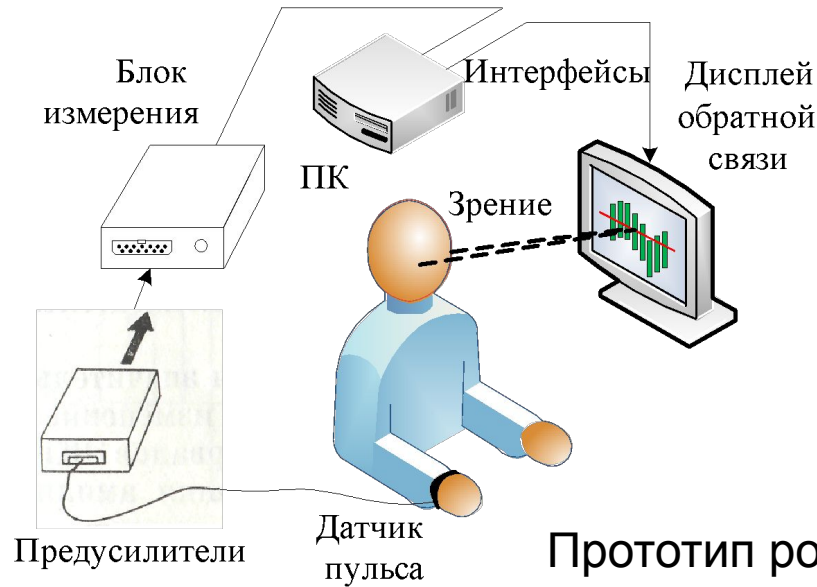


Элемент схемы	Тип (марка)	Обозначение
Потенциометр	СП-11 А-1Вт-11 1М5Ф	R_x
Мультиметр универсальный	Мультиметр, MY65	$I_{\text{изм}}$, $U_{\text{изм}}$, Ω

Интерфейс программы «Альфаритмика»



Организация обратной связи по ЭКС в биотехнических системах (БТС)



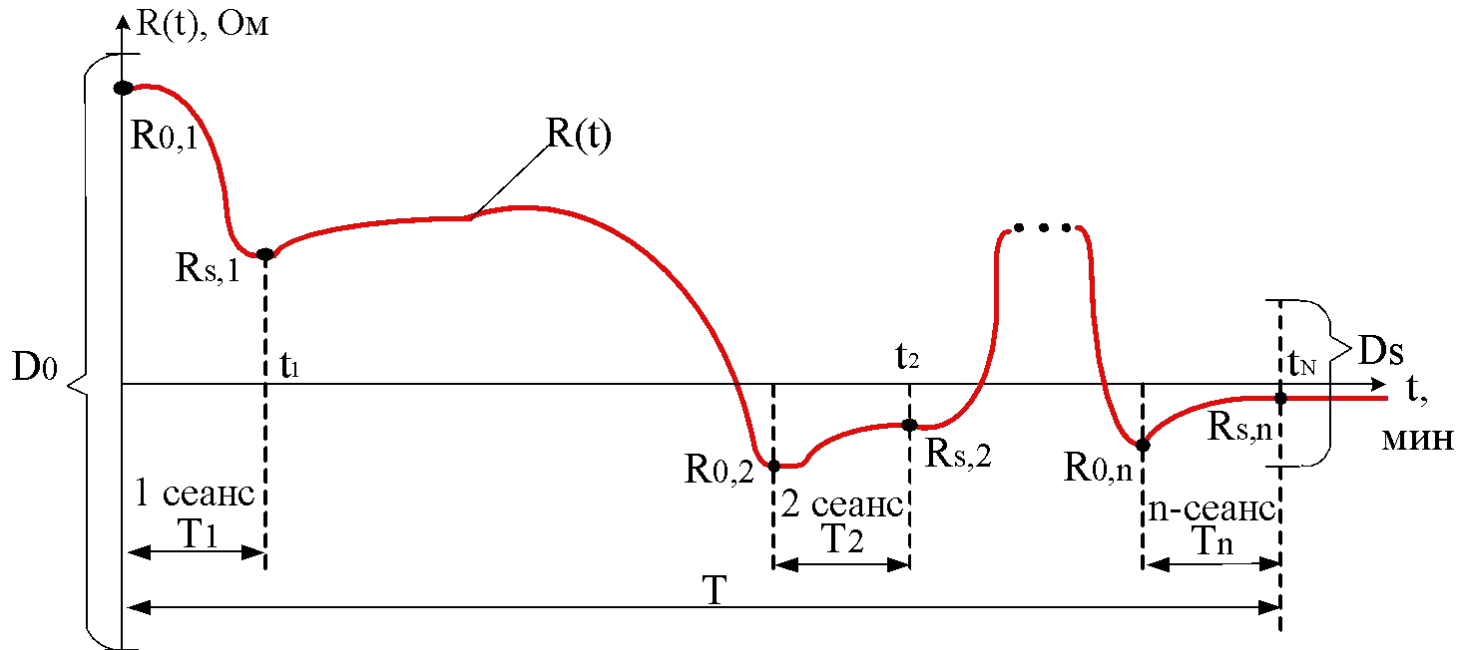
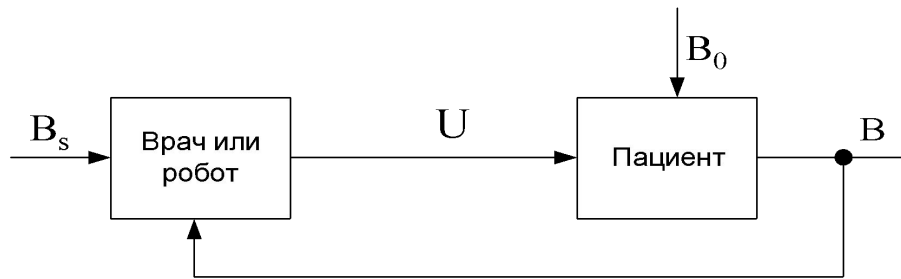
В число задач управления в БТС входят следующие:

- оцифровка и ввод сигнала ЭКС в компьютер;
- расчет основных показателей ЭКС;
- сравнение полученных показателей с нормативными и расчет рекомендуемой скорости выполнения приёма;
- ввод рассчитанной скорости в систему управления робота.

Прототип робота для восстановительной медицины



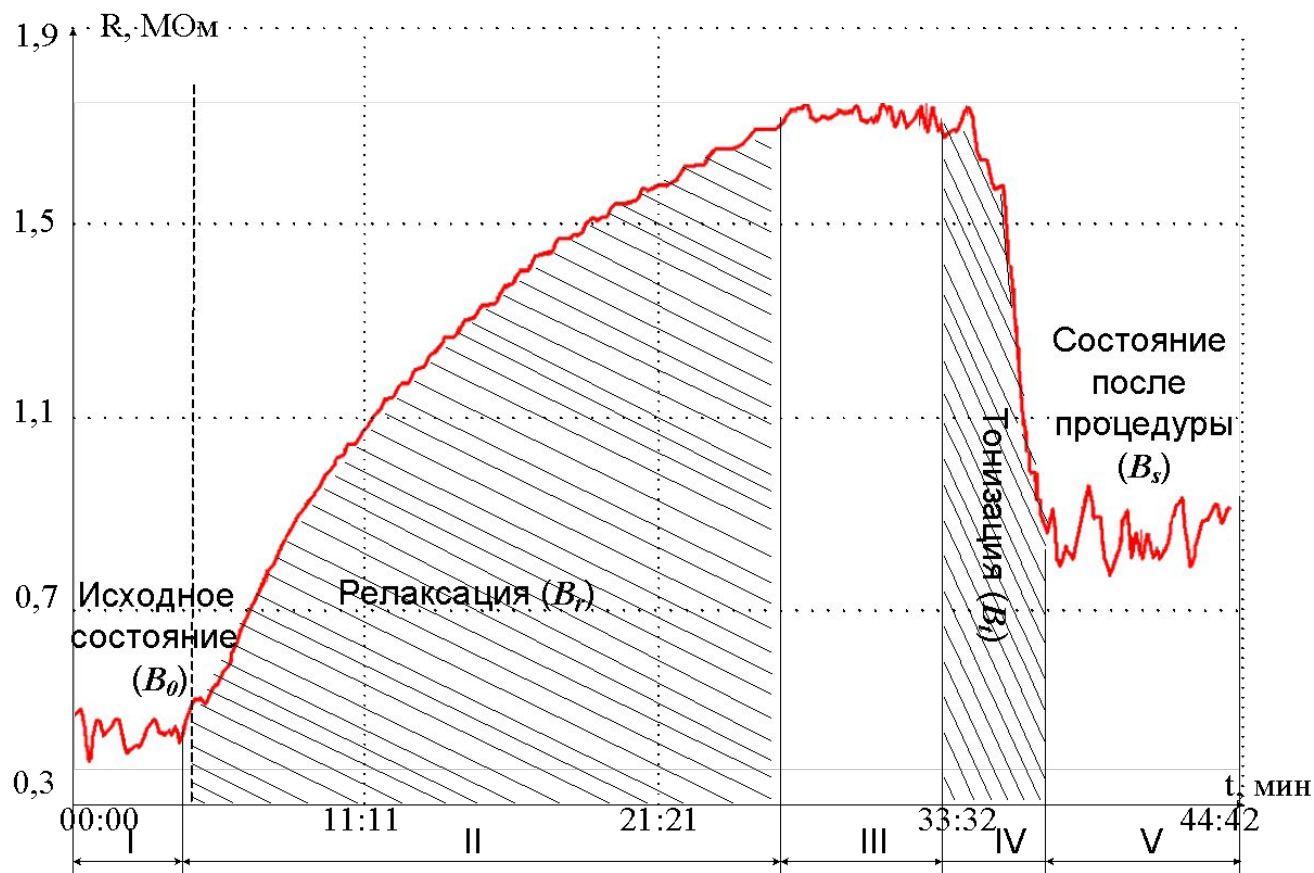
Цель биотехнического управления манипуляционным роботом для восстановительной медицины



$R(t)$ – ЭКС, компонент вектора $B(t)$.

D_0, D_s – область значений компонента $R(t)$ до и после проведения сеансов.

Исследование взаимодействия робота и пациента по сигналу электрокожного сопротивления (ЭКС)



Участки изменения ЭКС при массажном воздействии роботом:

- I – отсутствует (до процедуры);
- II, III – релаксирующее;
- IV – тонизирующее;
- V – отсутствует (после процедуры).

Методика измерения электрокожного сопротивления

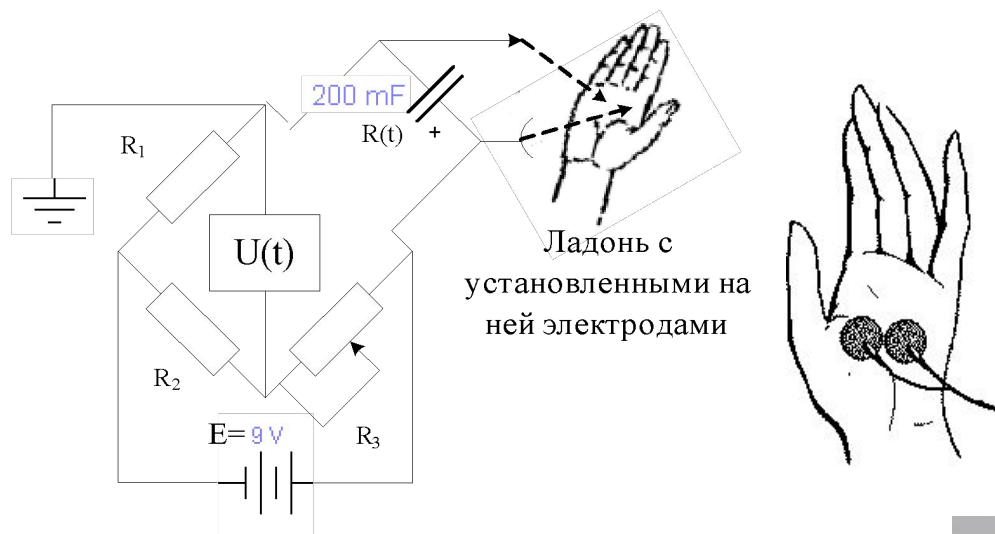
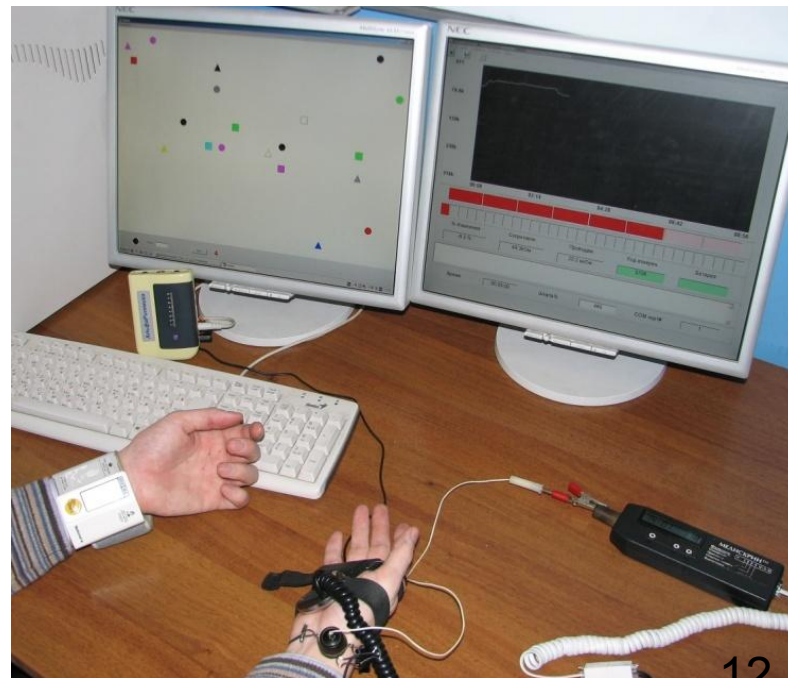
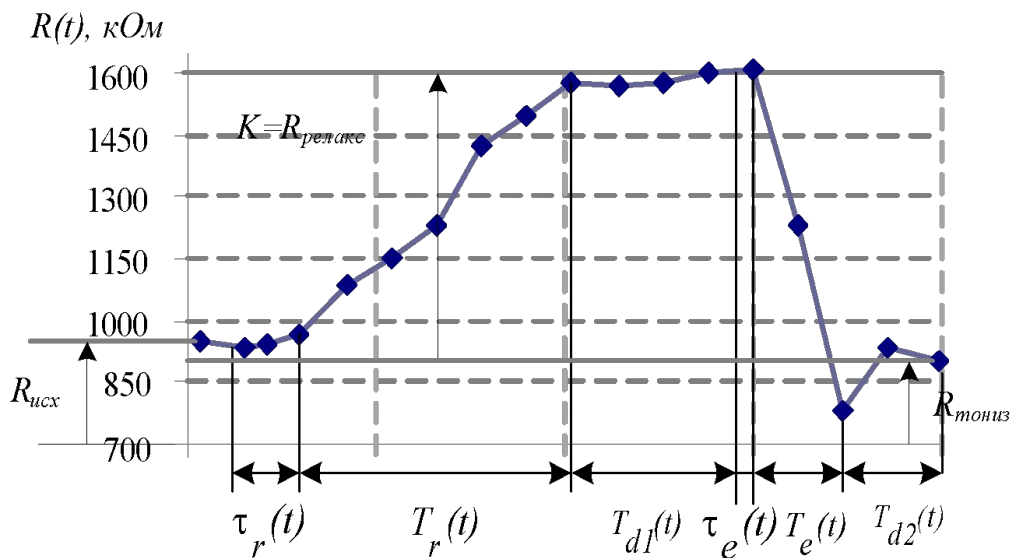
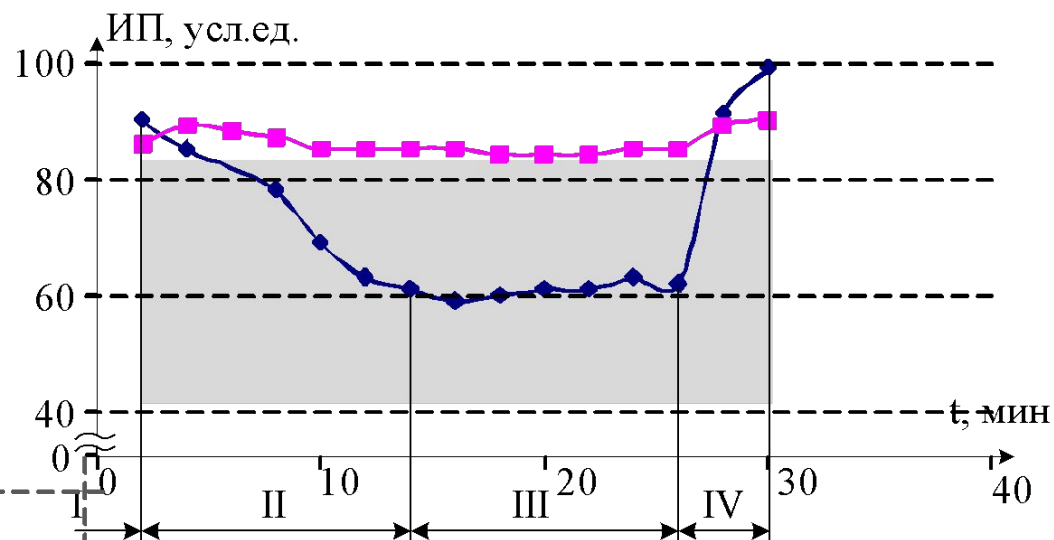
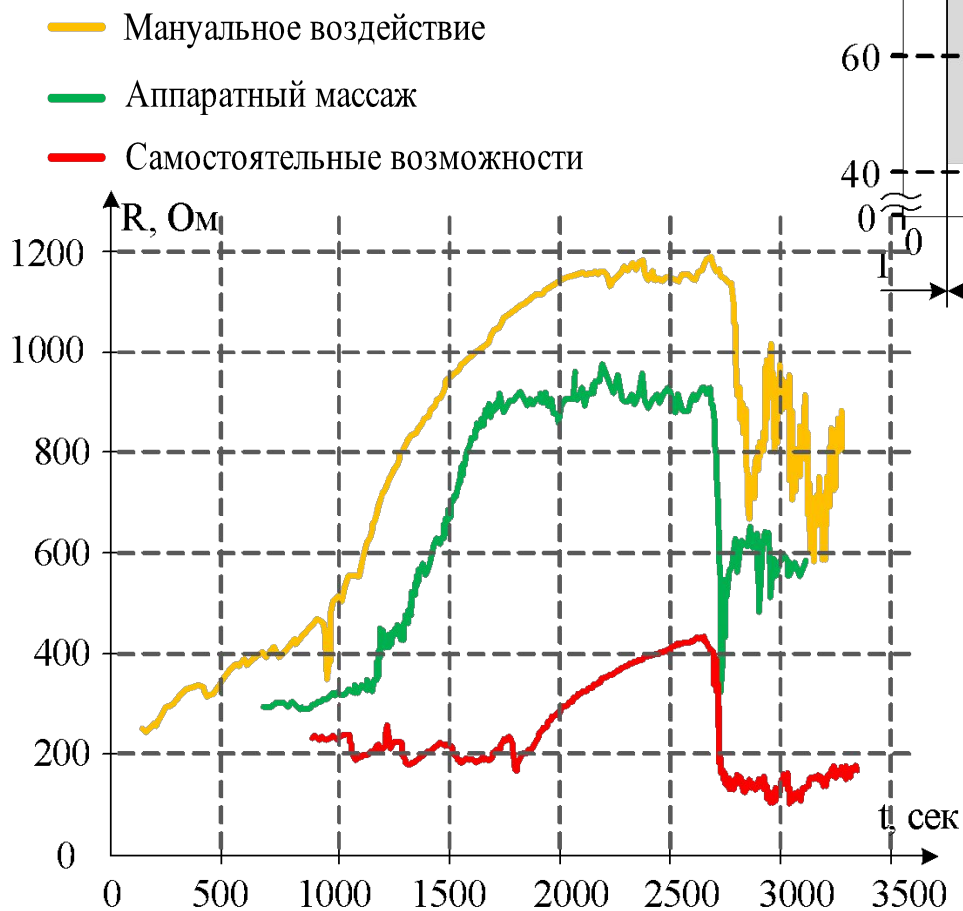


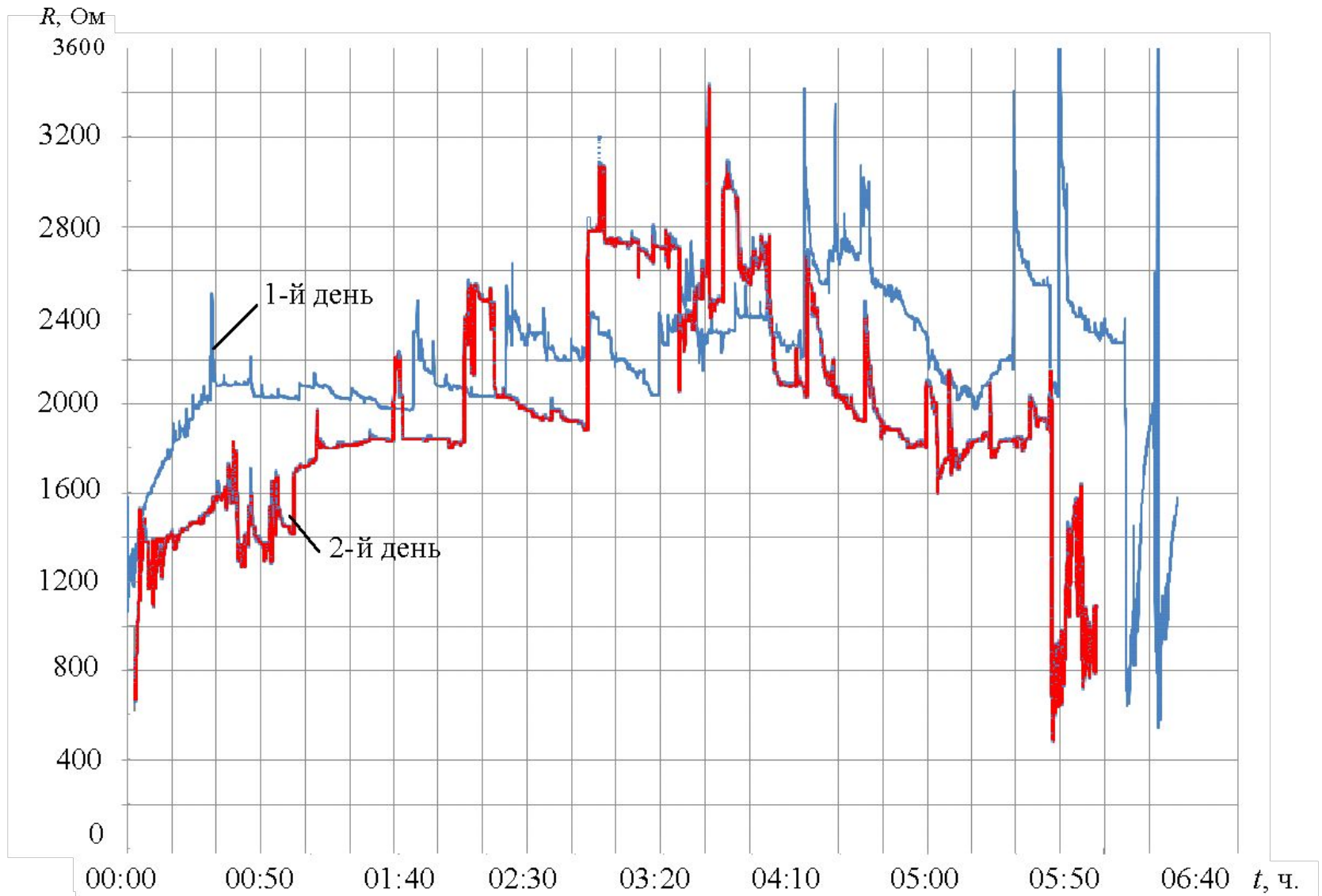
График и параметры динамики сигнала ЭКС при механотерапии



Результаты экспериментальных исследований



Исследования сигнала ЭКС человека во время сна



Выводы

- Рассматриваются методы объективизации состояния человека по ЭКС;
- Экспериментальные результаты показывают возможность использования ЭКС для управления массажем;
- Для повышения эффективности процессов тонизации и релаксации необходимы автоматизированные диагностические средства.

Спасибо за внимание.



**Российский центр медицинской
реабилитации и курортологии**

**Московский Государственный
Индустриальный Университет**

**medicalrobot.narod.ru
medicalrobot@mail.ru**

