

# Московский государственный индустриальный университет

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

Архипов Максим Викторович

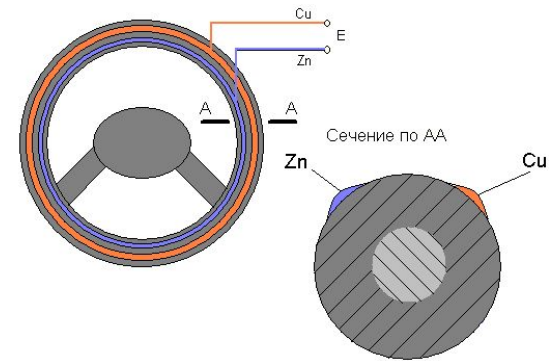
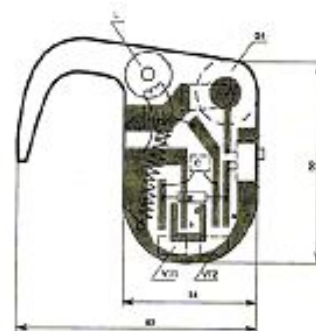
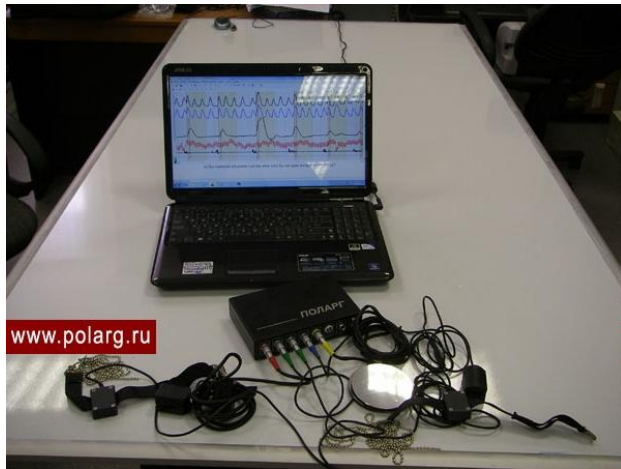
Москва, 2012

# 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

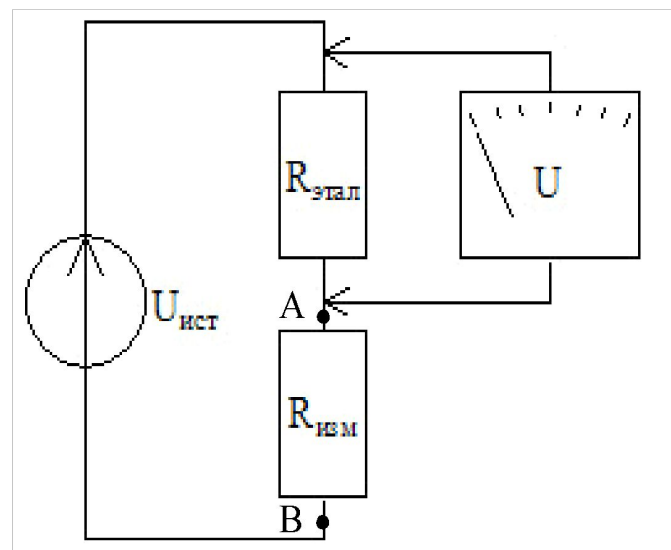
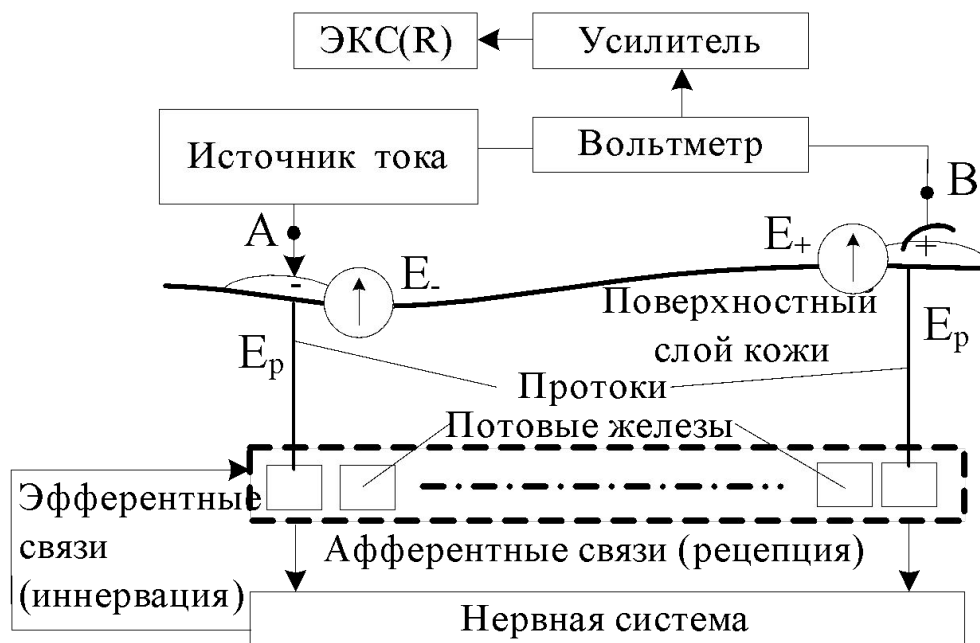
# Практические задачи где может использоваться ЭКС

- 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»



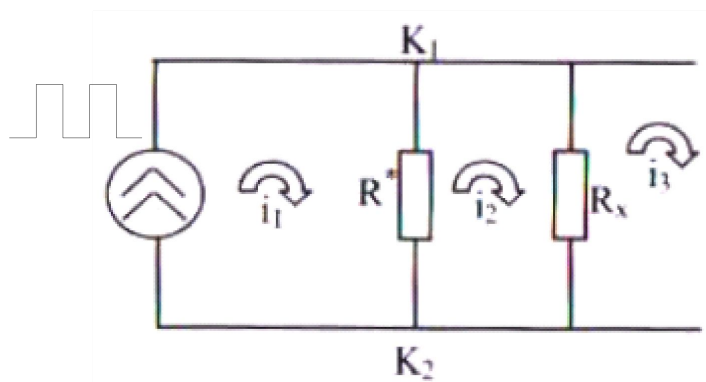
- Плотность тока не более  $10 \text{ мкА} / \text{см}^2$ ;
- АЦП дискретность от 0,5сек. частота 5Гц до 0,005сек. частота 1кГц
- Electrodes диаметром 10-20 мм, толщиной 2-5 мм материал цинк;
- Напряжение питания 9 В;
- Диапазон измерения сопротивления: 20 Ом - 4 МОм;
- Постоянная погрешность измерения - 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, <b>Bs</b>	Пониженные, <b>Bf</b>	Повышенные, <b>Br</b>
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

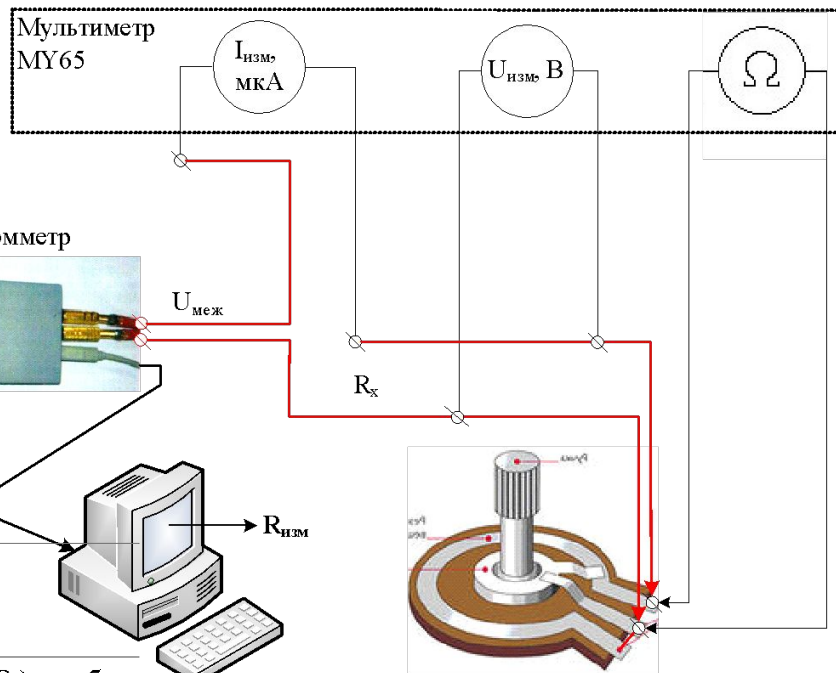


- Диапазон рабочих токов  $0,1 \div 250$  мкА;
- Диапазон напряжений аналоговой части  $\pm 12$  В;
- Частота дискретизации АЦП 1,3 кГц;
- Электроды диаметром 10-20 мм, толщиной 2-5 мм материал медь;
- Напряжение питания 5 В;
- Потребляемый ток 30 мА;
- Диапазон измерения сопротивления: 20 Ом - 4 МОм;
- 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.

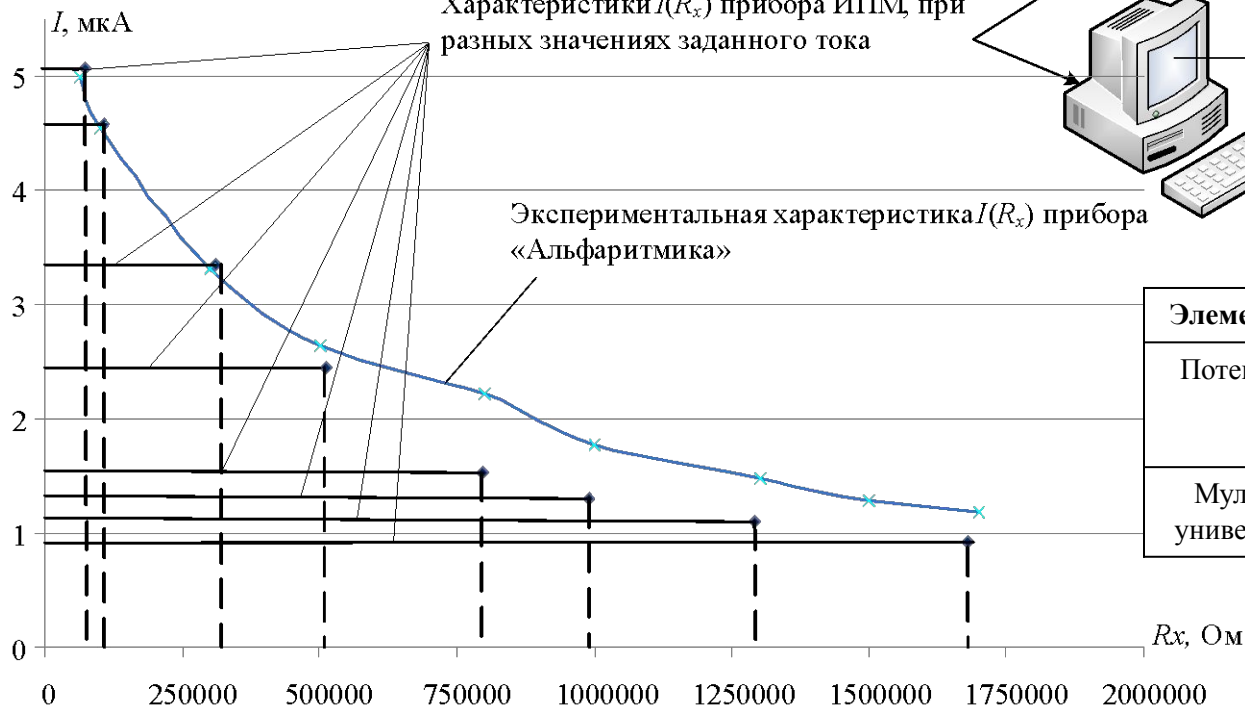
# Получение характеристик $I(R_x)$ для Альфаритмики и скиннометра ИПМ М.В. Келдыша

$U_{\text{меж}}$ , 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;  
 $\Delta I$ , % - отклонение экспериментального значения тока от теоретического.



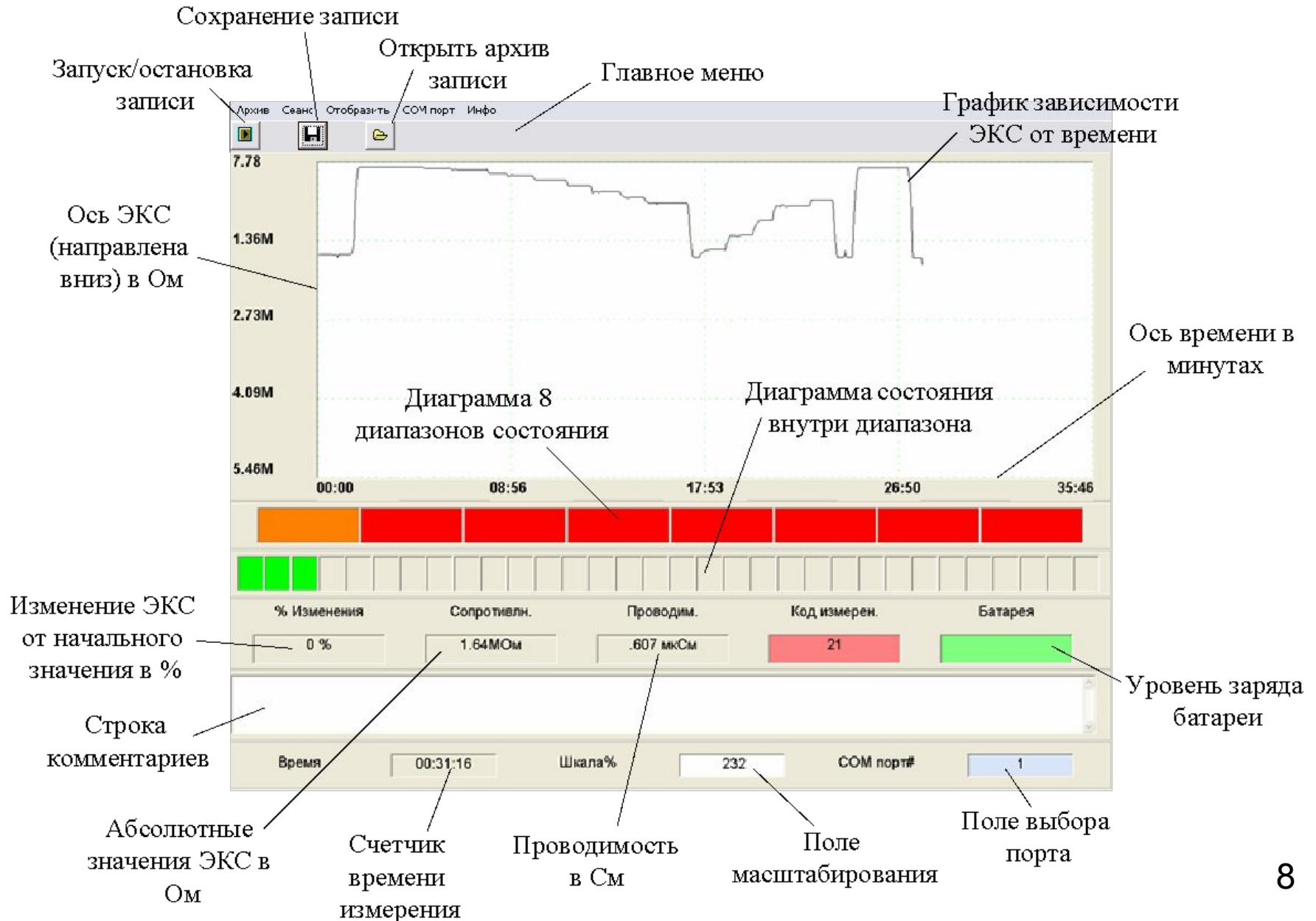
Характеристики  $I(R_x)$  прибора ИПМ, при разных значениях заданного тока

Экспериментальная характеристика  $I(R_x)$  прибора «Альфаритмика»



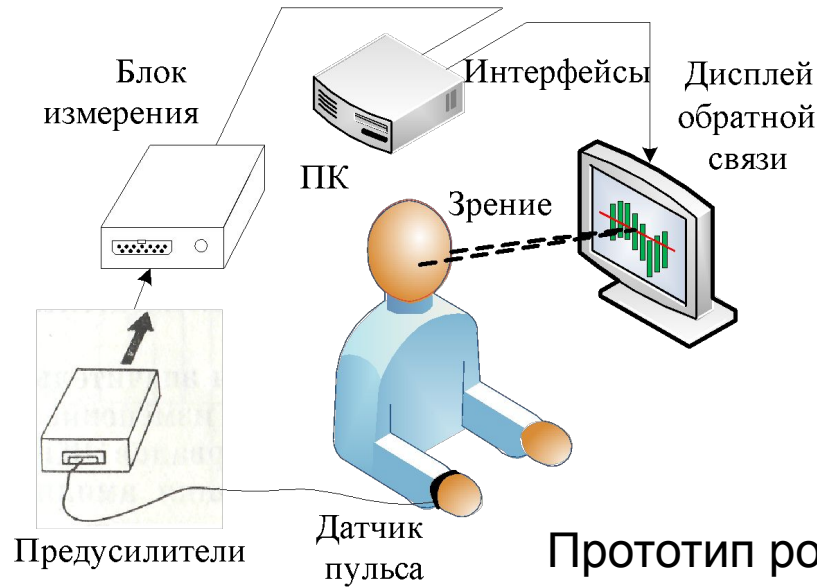
Элемент схемы	Тип (марка)	Обозначение
Потенциометр	СП-11 А-1Вт-11 1М5Ф	$R_x$
Мультиметр универсальный	Мультиметр, МУ65	$I_{\text{изм}}$ , $U_{\text{изм}}$ , $\Omega$

# Интерфейс программы «Альфаритмика»





# Организация обратной связи по ЭКС в биотехнических системах (БТС)



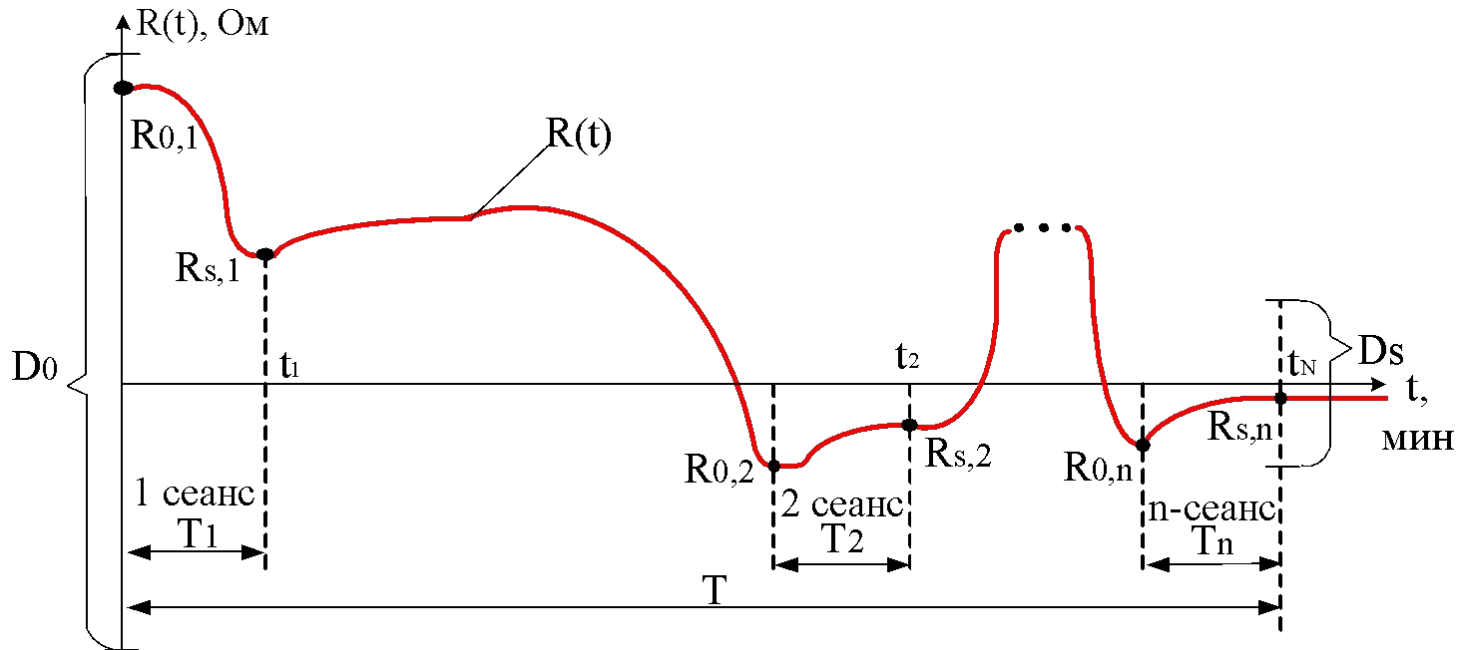
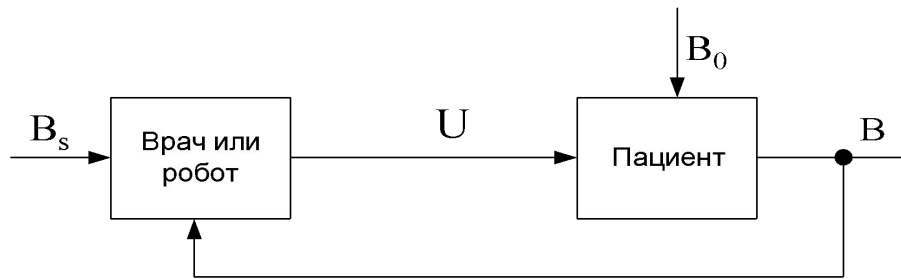
В число задач управления в БТС входят следующие:

- 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



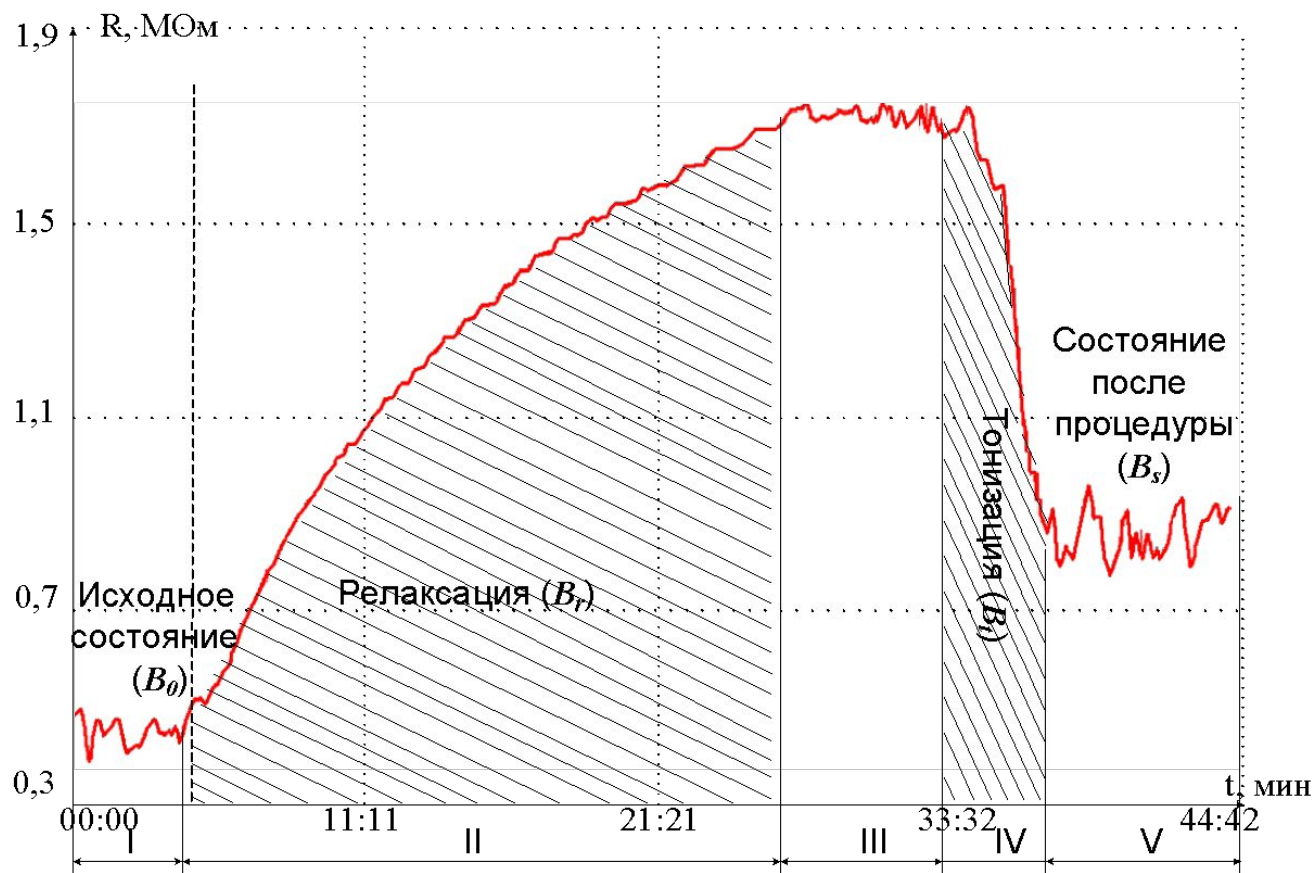
# Цель биотехнического управления манипуляционным роботом для восстановительной медицины



$R(t)$  – 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

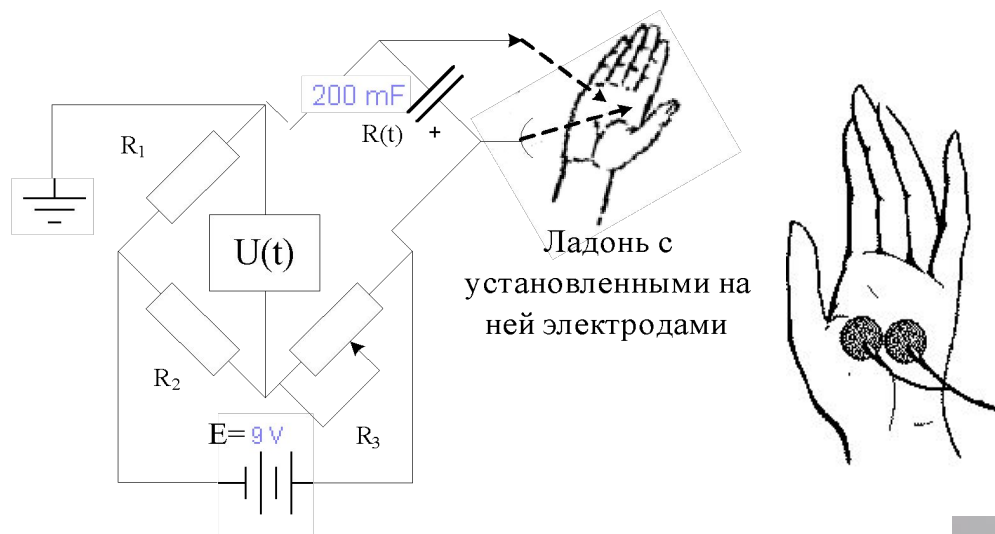
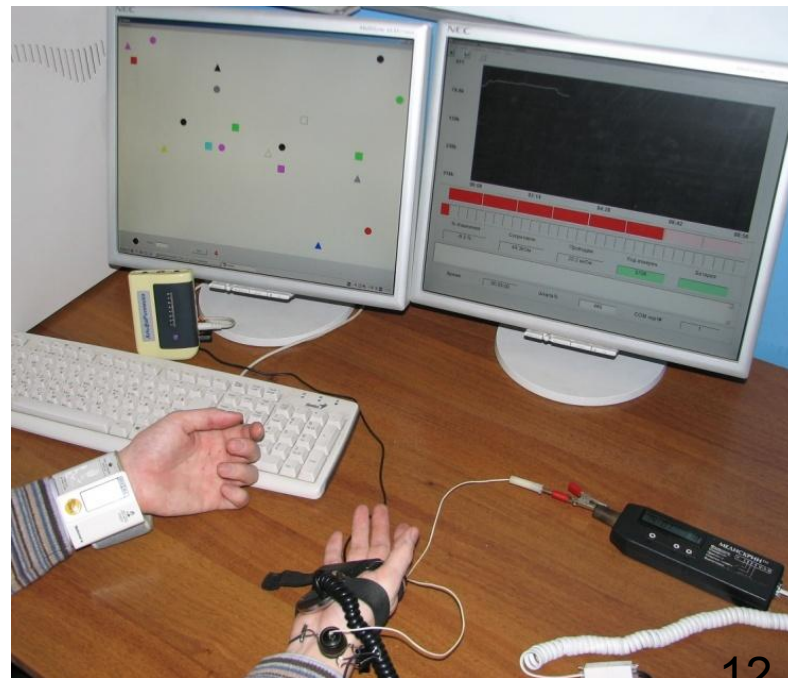
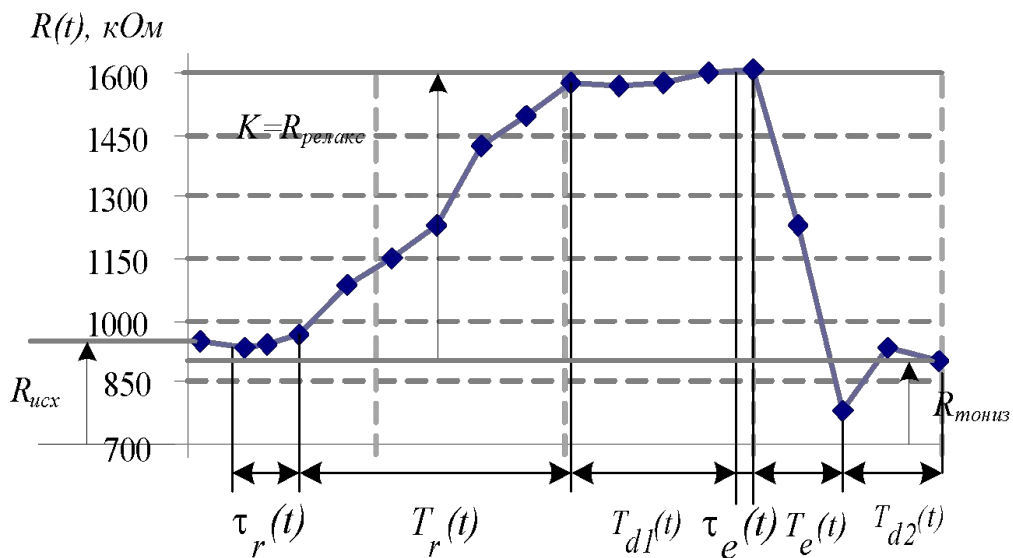
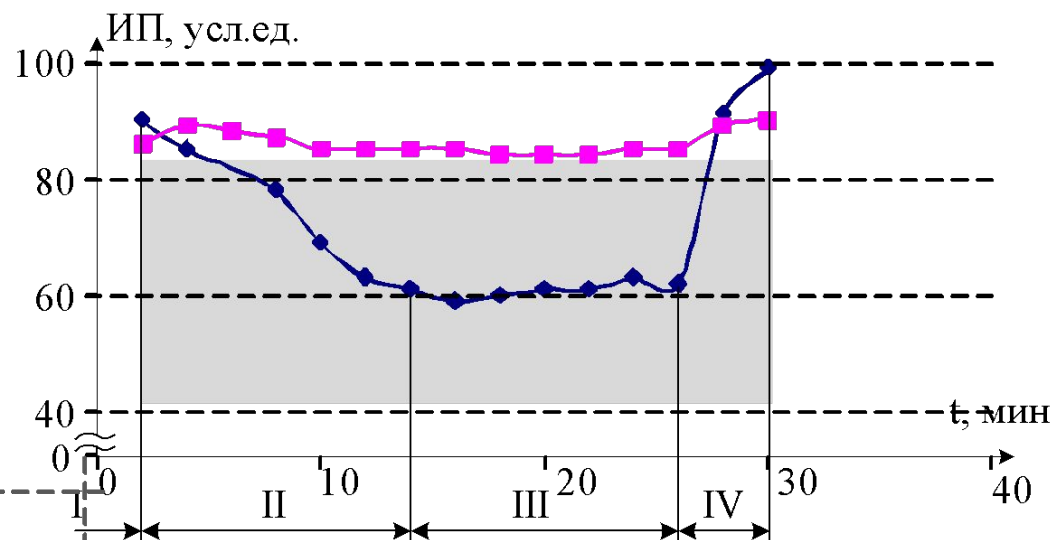
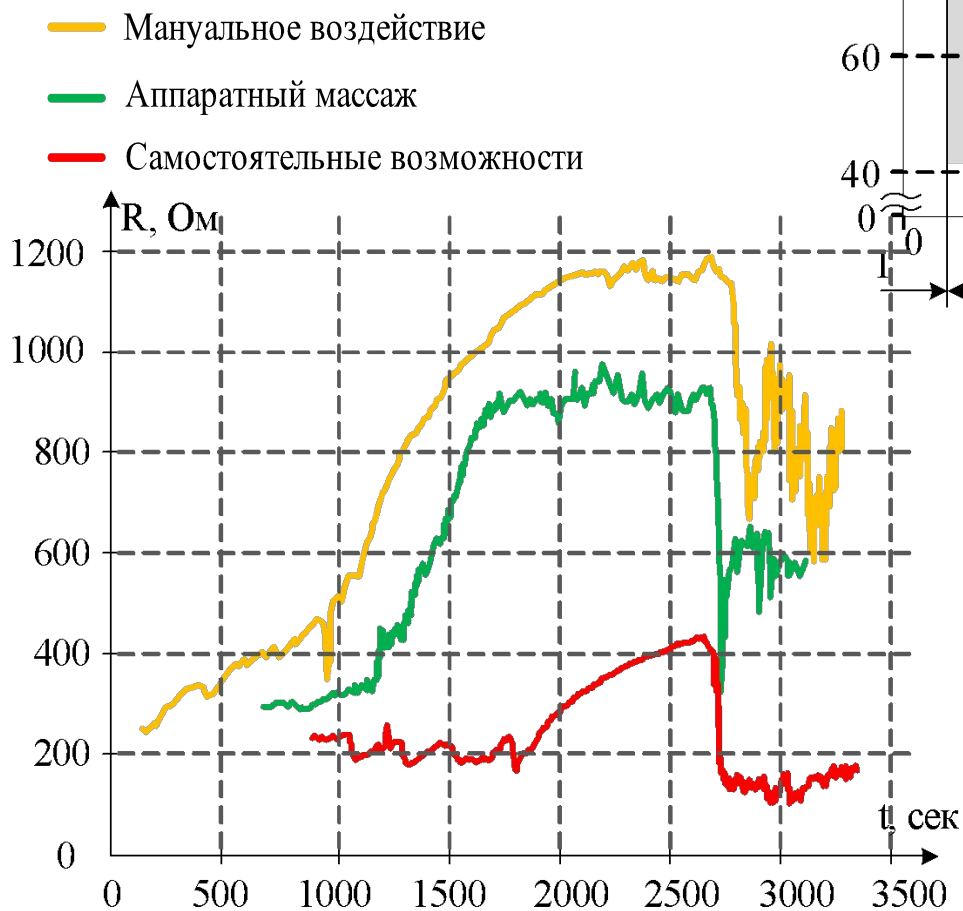


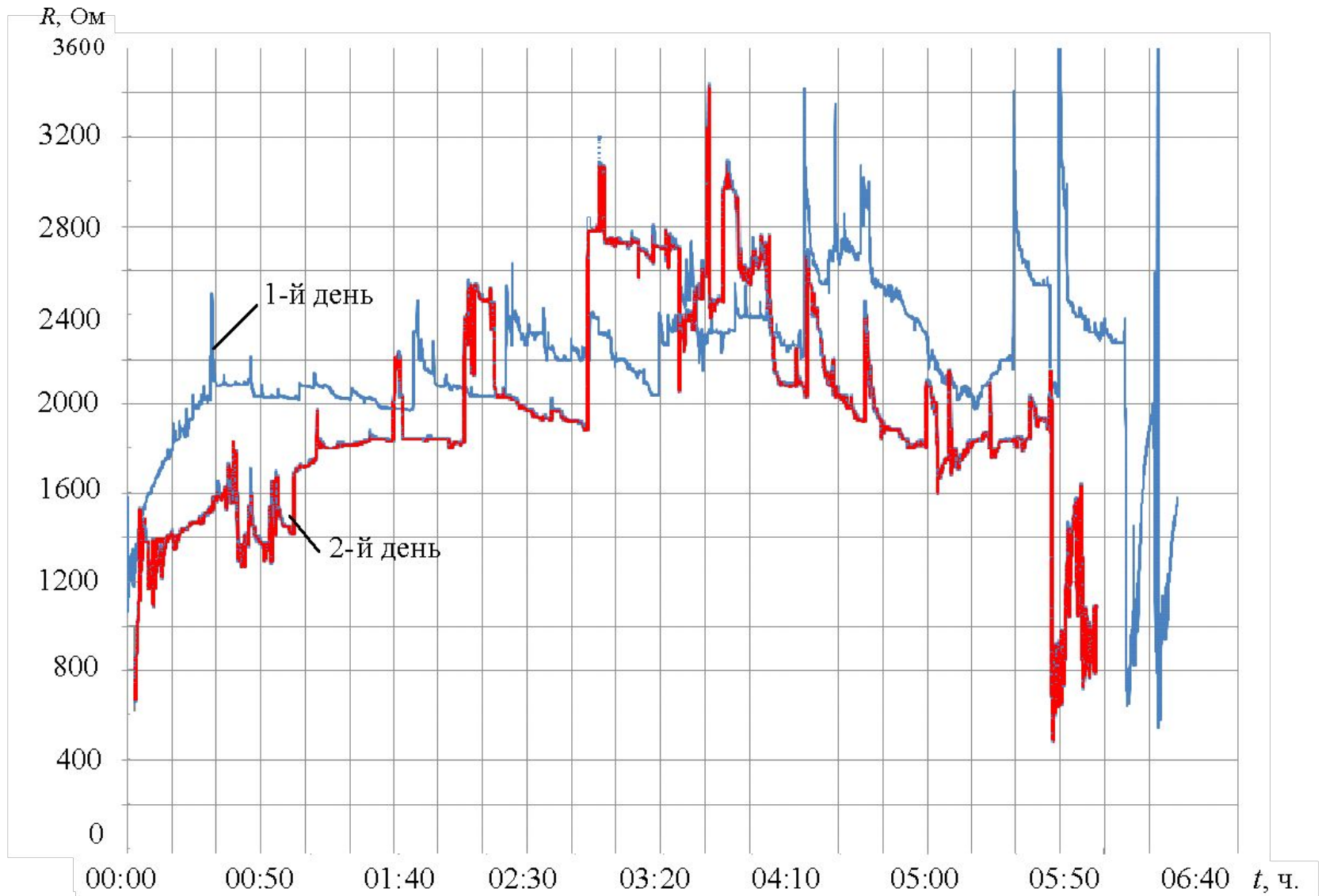
График и параметры динамики сигнала ЭКС при механотерапии



# 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](http://medicalrobot.narod.ru)  
[medicalrobot@mail.ru](mailto:medicalrobot@mail.ru)

