

## АППАРАТ БИОИМПЕДАНСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАРКОЗА И ОЖОГА НА БИОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ

### BIOIMPEDANCE DIAGNOSTICS DEVICE TO STUDY THE EFFECTS OF ANESTHESIA AND BURNS ON A BIOLOGICAL OBJECT

**S. Yampilov  
B. Galsanov  
T. Potyomkina**

*Summary.* In East-Siberia State University of Technology and management developed device for bioimpedance diagnostic, which determines for given frequencies electricity, resistance of biological tissues. That device allows to assess the state of organs and systems of biological objects under various external influences (burn, anesthesia, frostbite and others). Device difference from all other present devices in that it allows simultaneously obtain impedance data at different frequencies of the probing current.

The aim of the study was to study external factors (anesthesia and burns) on a biological object using the bioimpedance diagnostic apparatus.

The effect of external factors (anesthesia and burns) on the biological object (rat) was studied using the apparatus of bioimpedance diagnostics. Analysis of rat data under the influence of anesthesia and a burn with an increase in the exposure time of the impedance decreases, and as the frequency of the probing current increases, the impedance decreases.

*Keywords:* the device, electric current, the resistance of biological tissue, the frequency of the probe current, bioimpedance diagnostics, generator power supply.

**Ямпилев Сэнгэ Самбуевич**

*Д.т.н., профессор, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ*  
yampilovss@mail.ru

**Галсанов Буда Рэгзэнович**

*Магистр, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ*  
budagalsanov@mail.ru

**Потемкина Татьяна Федоровна**

*Магистрант, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ*  
tatyana-ustino2014@mail.ru

*Аннотация.* в ВСГУТУ разработан аппарат биоимпедансной диагностики, который определяет для заданных частот электрического тока, сопротивление биологических тканей. Данный аппарат позволяет оценить состояние органов и систем биологических объектов при различных внешних воздействиях (ожог, наркоз, обморожение, и др.). Отличается от всех существующих аппаратов тем, что позволяет одновременно получить данные импеданса при разных частотах зондирующего тока.

Цель исследования — изучения внешних факторов (наркоза и ожога) на биологический объект с помощью аппарата биоимпедансной диагностики.

Было изучено воздействие внешних факторов (наркоза и ожога) на биологический объект (крыса) с помощью аппарата биоимпедансной диагностики. Анализ данных крысы под действием наркоза и ожога с увеличением времени воздействия импеданс уменьшается, а также с увеличением частоты зондирующего тока импеданс падает.

*Ключевые слова:* аппарат, электрический ток, сопротивление биологических тканей, частота зондирующего тока, биоимпедансная диагностика, генератор, блок питания.

### Введение

**И**звестны устройства биоимпедансной диагностики, которые определяют для заданной частоты зондирующего тока — сопротивление биологических тканей. При этом данные аппараты позволяют получить информацию о состоянии биологических тканей и о водном балансе организма человека. Основными блоками данных устройств являются источник переменного тока, блок коммутации, токовые и потенциальные электроды и блок обработки результатов в виде АЦП [1, 2, 3].

Недостатками указанных устройств являются использование одной частоты зондирующего тока, раз-

деление электродов на токовые и потенциальные, их малое количество, которые ограничивают количество информационных показателей, снимаемых с биологического объекта, обеспечивают невысокую точность измерений и не позволяют широко использовать данные устройства для проведения биоимпедансной диагностики.

Аппараты биоимпедансной диагностики используют для количественной оценки состояния органов и систем организма при различных заболеваниях [4,5,6], а также для выявления изменений в биологических тканях, вызываемыми различными внешними воздействиями (ожог, обморожение и другими лекарственными препаратами).

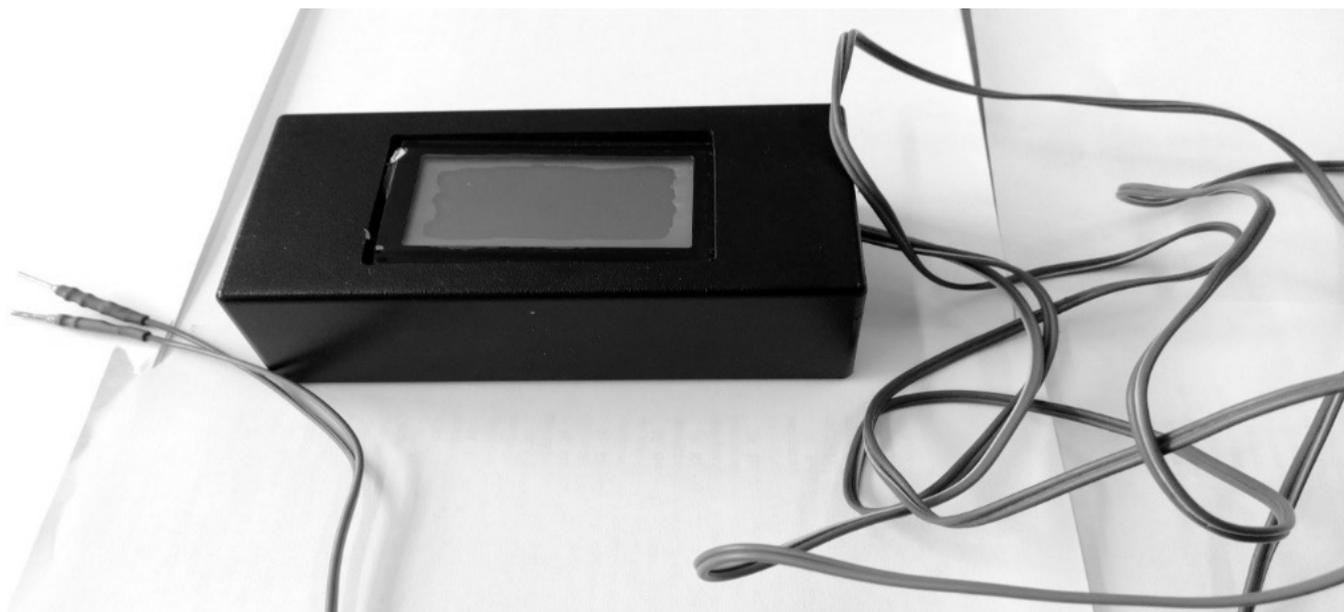


Рис. 1. Общий вид аппарата биоимпедансной диагностики

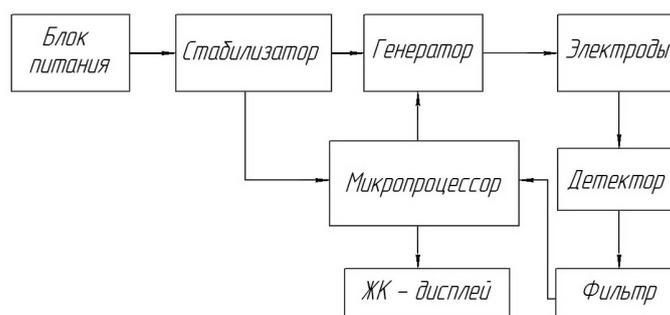


Рис. 2. Структурная схема аппарата биоимпедансной диагностики

Суммарное сопротивление переменному электрическому току биологической ткани называется полным импедансом  $Z$ . Его активная составляющая  $R$  связана в первую очередь с проводимостью внутренних жидких сред, являющихся электролитами. Различные процессы в биологических тканях, сопровождающиеся необратимыми потерями энергии, также дают вклад в величину активной составляющей импеданса. Реактивная компонента  $X$  определяется емкостными свойствами биологической ткани, в частности, емкостью биологических мембран. Т.е. биологические ткани способны накапливать электрические заряды при прохождении через них электрического тока. Кроме того, в емкостную составляющую дает вклад и область контакта электродов с биологическими тканями.

Величина полного импеданса определяется выражением:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (1)$$

### Основная часть

В ВСГУТУ разработан аппарат для проведения биоимпедансной диагностики который состоит из следующих блоков — блока питания, стабилизатора, генератора, микроконтроллера, детектора, фильтра, электродов и ЖК-дисплея, который отличается от всех существующих тем, что позволяет одновременно получить данные импеданса при трех разных частотах зондирующего тока.

На рисунке 1 представлен общий вид аппарата биоимпедансной диагностики.

Блок питания выносной, обеспечивает питание схемы постоянным нестабилизированным напряжением 12 В. Мощность блока 6 Вт. Питающее напряжение поступает на стабилизатора, собранный на двух аналоговых микросхем LM3175 и LM7805. Первая представляет собой регулируемый стабилизатор, построенный на вы-

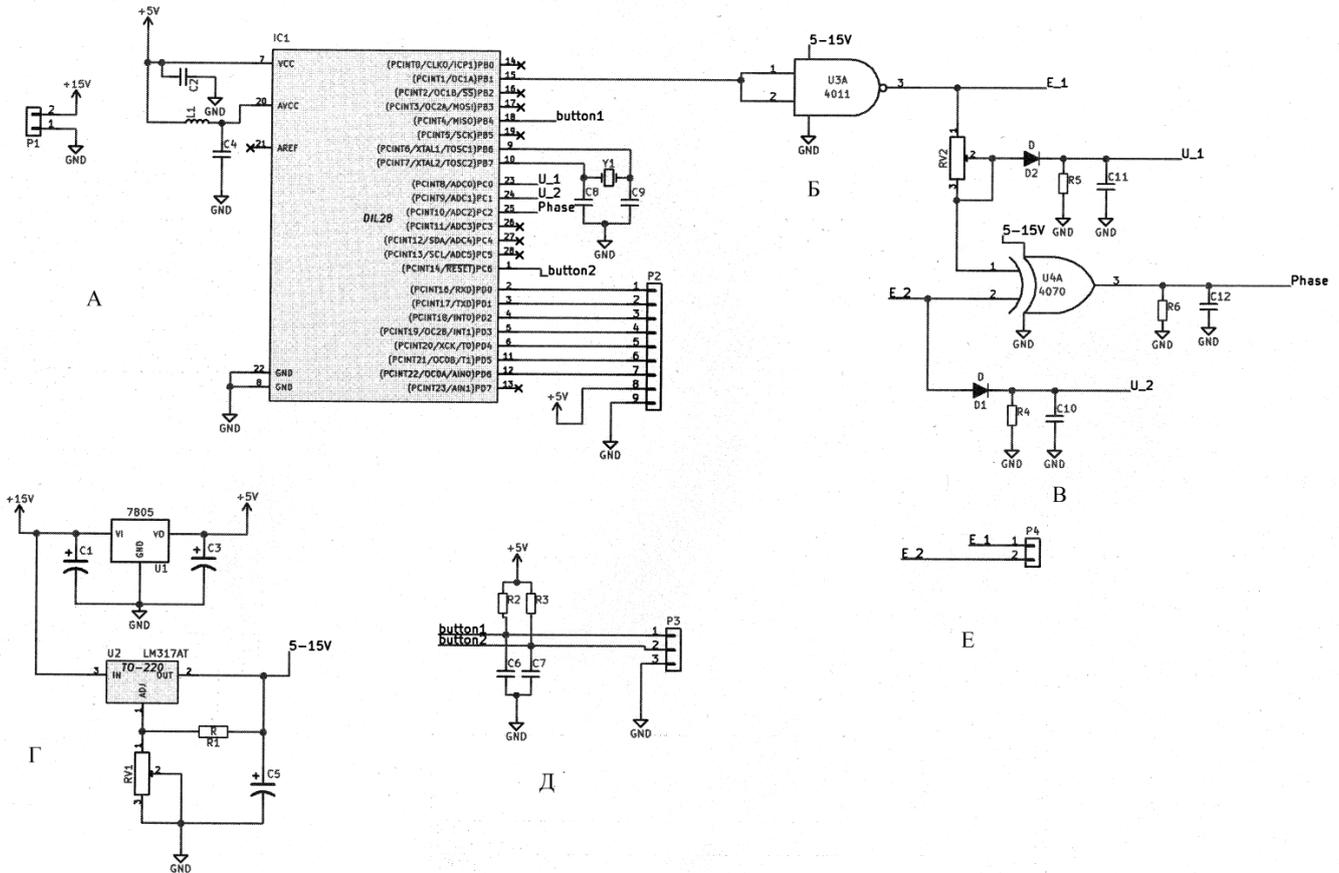


Рис. 3. Электрическая принципиальная схема аппарата для проведения биоимпедансной диагностики. А — микроконтроллер; Б — усилитель; В — блок обработки информации; Г — стабилизатор напряжения; Д — фильтр; Е — электроды

ходном напряжении 10В. Вторая — это нерегулируемый стабилизатор с выходным напряжением 5 В. Стабилизированное напряжение 10 В. питает повторитель генератора, а все остальные блоки используют напряжение 5В.

На рисунке 2 представлена структурная схема аппарата биоимпедансной диагностики.

Генератор состоит из задающего генератора, функции которого выполняет микроконтроллер и усилители, собранного на микросхеме 4011. Объединив входы элемента получим инвертор, усиливающий входной меандр до уровня 10В. Выходное напряжение генератора поступает на активный электрод и на измерительную схему (D2, R5, C11), преобразует импульсное напряжение в постоянное и позволяет микроконтроллеру оценивать уровень выдаваемого на электроды сигнала.

Электрод прикладывают к биологическому объекту, через него протекает электрический ток и на измерительном электроде появляется потенциал.

Напряжение измерительного электрода поступает на схему измерения сдвига фаз и детектор (D1, R4, C10). Детектор вместе с фильтром преобразуют импульсное напряжение в постоянное для оценки его микроконтроллером.

Схема измерения сдвига фаз выполнена на микросхеме 4070, который, выдает импульсы шириной равной величине сдвига фаз. Далее импульсы преобразуются в постоянное напряжение (R6, C12).

На рисунке 3 представлена электрическая принципиальная схема аппарата для проведения биоимпедансной диагностики.

Микроконтроллер выполняет несколько функций. Во — первых, генерирует последовательности импульсов частотой 50, 100 и 200 кГц со скважностью 50%. Во — вторых, используя встроенный аналого-цифровой преобразователь, оцифровывает значения напряжения на активном, измерительном электроде ми со схем из-



Рис. 4. Крыса с ожогом и под наркозом

Таблица 1. Крыса под наркозом

	50 кГц	100 кГц	200 кГц
5 мин	246 <sup>(+9)</sup>	233 <sup>(+7)</sup>	170 <sup>(+8)</sup>
10 мин	181 <sup>(+0)</sup>	233 <sup>(+0)</sup>	165 <sup>(+8)</sup>
15 мин	181 <sup>(+0)</sup>	233 <sup>(+0)</sup>	161 <sup>(+5)</sup>
20 мин	181 <sup>(+0)</sup>	223 <sup>(+10)</sup>	156 <sup>(+8)</sup>

Таблица 2. Крыса под наркозом и ожогом

	50	100	200
5 мин	132 <sup>(+0)</sup>	215 <sup>(+6)</sup>	145 <sup>(+7)</sup>
10 мин	132 <sup>(+0)</sup>	209 <sup>(+9)</sup>	149 <sup>(+4)</sup>
15 мин	132 <sup>(+0)</sup>	205 <sup>(+7)</sup>	145 <sup>(+5)</sup>
20 мин	94 <sup>(+0)</sup>	187 <sup>(+7)</sup>	136 <sup>(+4)</sup>

мерения сдвига фаз. В — третьих, на основе полученных данных вычисляет значение импеданса в условных единицах и выводит на ЖК-дисплей.

Для изучения внешних факторов (наркоза и ожога) на биологический объект с помощью аппарата биоимпедансной диагностики были проведены опыты на биологическом объекте (лабораторная крыса рода «Вистар»). Последовательность проведения опытов: взвесили мышь — 150 гр; с помощью шприца ввести в мышечную ткань крысы общий наркоз (ти-

опентал натрия (**Thiopentalum natrium**)) 45 мг/кг; после того как крыса погрузилась в сон закрепляем ее на деревянной доске с помощью марлевых бинтов; в области сердца выстригаем небольшой участок шерсти; включаем аппарат и проверяем его готовность к работе; по истечению 5 минут на очищенные участки кожи мыши накладываем два электрода; через 15 секунд снимаем показания аппарата в омах; затем процедуру повторили через 10, 15, 20 минут в пяти повторностях. Аппарат биоимпедансной диагностики измеряет полное сопротивление объекта

(импеданс объекта) который зависит как от свойств самого объекта (электрического сопротивления  $R$ , емкости  $C$  и индуктивности  $L$  объекта), так и от частоты переменного тока. Аппарат измеряет величину электрического импеданса  $Z$  биоткани (формула 2) на участке исследования между активным электродом и пассивным электродом в диапазоне подаваемых на исследуемый участок биологического объекта частот от 50 кГц до 200 кГц.

Так, при воздействии наркоза на биологический объект, анализ данных показал, что с увеличением времени воздействия наркоза на биологический объект импеданс уменьшается.

После того, как все данные были сняты на кожу мыши с помощью ватки наносится 20% уксусный раствор и держим 1 минуту для образования ожога.

Подключаем прибор и прикладываем электроды к ожогу и также как и в первом случае снимаем показания через 5, 10, 15, 20 минут (рис. 4).

### Заключение

Разработан аппарат для проведения биоимпедансной диагностики биологических объектов, который позволяет одновременно получить данные импеданса при разных частотах зондирующего тока. Были проведены опыты на биологическом объекте (крыса) при воздействии наркоза и ожога и определены биоимпедансы. Анализ данных крысы под наркозом показал, что с увеличением частоты зондирующего тока и увеличении времени воздействия на биологический объект импеданс уменьшается. А под действием наркоза и ожога с увеличением времени воздействия импеданс уменьшается, т.е. наблюдается некоторое отмирание клеток биологической ткани.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев Д.В., Похис К. А., Цветков А. А., Смирнов А. В. Способ региональной биоимпедансометрии. Патент РФ № 2204938. 27.05.2003 г.
2. Капитанов Е.Н., Николаев Д. В. и др. Устройство для измерения электрического импеданса в частях тела. Патент РФ № 2242165. 20.12. 2004 г.
3. Устюжанин В.А., Епифанцев В. В., Ишков А. А. Устройство для проведения импедансной спектрометрии биологических объектов Патент на полезную модель РФ. № 100894. 20.06. 2010 г.
4. Ямпиллов С.С., Галсанов Б. Р., Потемкина Т. Ф. Разработка устройства биоимпедансной диагностики. Материалы международной научно-практической конференции. «Проблемы динамики и прочности современных машин». -Вып.1. Улан-Удэ.—2016. С.—140–145.
5. Московец О. Н. Оценка состояния тканей падонта методом биоимпедансной спектрометрии / О. Н. Московец, Д. В. Николаев //Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы: сб.тр. седьмой научн-практ.конф., 23 марта 2005 г. М.,—2005.-С.67–69.
6. Кузнецов В. В. Биоимпедансная поличастотная спектрометрия в диагностике нейродерматологических патологий. / В. В. Кузнецов, А. А. Новиков // Омский научный вестник. № 3(113).-2012. — С. 263–267.

© Ямпиллов Сэнгэ Самбуевич (yampilovss@mail.ru),

Галсанов Буда Рэгзэнович (budagalsanov@mail.ru), Потемкина Татьяна Федоровна (tatyana-ustino2014@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

