

*Л. Д. Рагунович*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭДЕМОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

*Научный руководитель: доц., канд. тех. наук В. А. Мансуров*

*Кафедра медицинской и биологической физики,*

*Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск*

*Резюме.* Данная работа описывает вариант автоматизации эдемометрических измерений.

*Ключевые слова:* Эдемометрия, автоматизация.

*Resume.* This article describes possible variant of automatization of the edemometrical measures.

*Keywords:* Edemometria, automatization.

**Актуальность:** Эдема (oedema), или отек - скопление жидкости, чаще воды, в полостях или тканях тела. Эдемометрические измерения - важная часть диагностического комплекса, основанного на измерении количества жидкости в области отека различными методами. Одним из таких методов является выдавливание части жидкости посредством местного избыточного давления.

Используя этот простой прием, А.В. Шоттом с коллегами был предложен метод оценки степени гидратации тканей [1]. Принцип его работы основан на выдавливании жидкости из ткани посредством цилиндрической упругой мембраны, под которую нагнетается воздух под давлением 100 мм. рт. ст. (13,3 КПа). Выдавливание жидкости из ткани сопровождается понижением давления под мембраной, которое измеряется манометром (рис 1). В этом случае процесс измерения можно автоматизировать и таким образом упростить и ускорить.

**Цель:** Разработка и апробация автоматизированной системы эдемометрических измерений с использованием микропроцессора "Ардуино", платформа Nano, построенная на микроконтроллере ATmega328 (Arduino Nano 3.0), компания Gravitech.

**Задача:** Разработка и сборка электронного устройства для автоматизации эдемометрических измерений и проведение предварительных измерений на здоровых людях для верификации проведенных эдемометрических измерений. В качестве объекта исследований был использован первый межпальцевый промежуток здоровых людей.

**Материал и методы.** В работе были использованы микропроцессор Ардуино, микроманометр и эдемометр, разработанный Шотт А.В. и соавторами, наряду с физико-биологическими и физиологическими методами измерения давления согласно следующей процедуре:

1. Датчик устанавливается на первый межпальцевый промежуток.
2. Давление доводится до 100 мм рт. ст.
3. Ведётся запись изменений показаний датчика давления с необходимой периодичностью, пока прикладываемое давление не станет постоянным.

Под действием внешнего давления, жидкость начинает постепенно выходить из сдавливаемых тканей в окружающее пространство, что снижает её объём, и как следствие, давление на неё.

**Результаты и их обсуждение.** Вероятно, степень гидратации тканей тесно связана с процессом микроциркуляции. Микроциркуляция – процесс направленного перемещения жидкости на уровне тканевых микросистем, и состоит из трёх звеньев.

- Артериол, прекапилляры, капилляры, постакапилляры, вены
- Периваскулярное пространство
- Лимфатические капилляры

В норме, за сутки у человека из капилляров в окружающее пространство выходит 20 литров жидкости, реабсорбируется 18 литров и 2 литра идёт в лимфатические капилляры. При патологиях этот баланс может нарушаться, что может приводить к появлению микроотёков, это можно обнаружить с помощью вдавливания:

Стоит отметить, что использование ранней версии эдемометра (рисунок 1) требует повышенного внимания медицинского персонала так как записи измерений проводятся вручную. Также этот способ не позволяет иметь высокую скорость измерений.



Рисунок 1 – ранняя версия эдемометра



Рисунок 2 – Автоматизированный эдемометр

В собранном нами автоматизированном эдемометре (рисунок 2) эти проблемы отсутствуют благодаря использованию микропроцессора ардуино. Алгоритм работы данного эдемометра при этом выглядит следующим образом:

Давление под эластичной мембраной нагнетается посредством задатчика и измерителя давления DELTA-CAL. Микроманометр передает значение давления в аналоговом виде (датчиком является подсистема DELTA-CAL) на микропроцессор, который преобразует это значение в единицы давления и затем побайтно отправляет его по USB на компьютер, записывающий присылаемые данные в удобной для восприятия и дальнейшей обработки форме.

Полученные данные легко обработать любой подходящей для этого программой (рисунок 3).

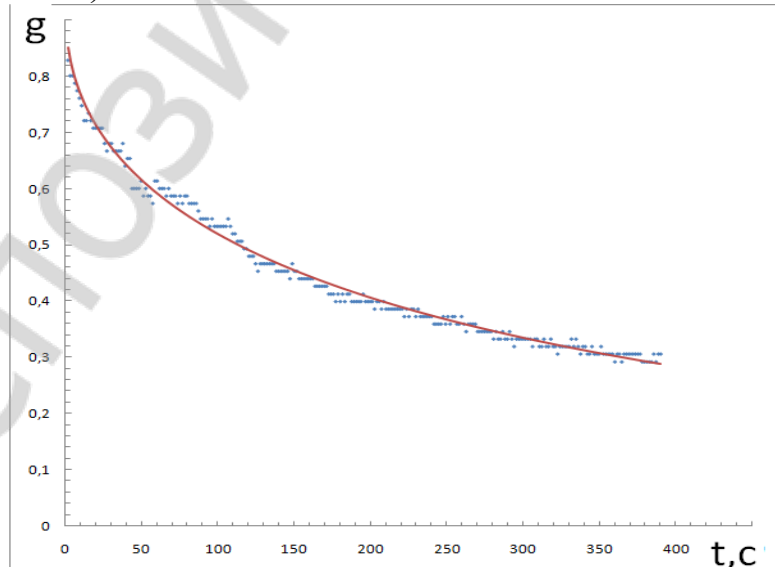


Рисунок 3 – График, построенный по результатам измерения, здесь  $g$  – нормированное падение давления. Точки – результаты измерений, линия – теоретическая кривая [2].

Кривая изменения давления является графиком, формулу которого возможно

найти при помощи методов математического моделирования. От значений давления легко перейти к значениям силы воздействия, так как площадь давления остаётся постоянной [2]. В среде происходит движение жидкости, вызванное механической нагрузкой. При этом градиент химического потенциала вызывает поток жидкости, согласно закону Дарси:  $J_i = -(k/\eta \cdot \Omega^2) \partial\mu/\partial x_i$ , здесь  $k$  - проницаемость среды,  $\eta$  - вязкость жидкости. Зная вязкость среды, можно количественно судить о её проницаемости – интегральном параметре микроциркуляции. Для данного графика проницаемость среды составила  $k = 1,8 \cdot 10^{-14} \text{ м}^2$  при средней вязкости жидкости  $\eta = 4 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ .

**Выводы:**

1. Данная методика автоматизации позволяет значительно упростить эдемометрические измерения.
2. Полученные данные легко обработать для получения диагностической информации.

*L.D. Ragnovich*

**AUTOMATIZATION OF THE EDEMOMETRICAL MEASURES**

*Tutors: associate professor V. A. Mansurov*

*Department Medical and Biological Physics,*

*Belarusian State Medical University, Minsk*

**Литература**

1. Шотт А. В. Основные итоги изучения микроциркуляции/ А. В. Шотт, А.И. Кубарко А.П. Василевич, А.И. Протасевич, В.Л. Казущик, Р.В. Фарин // Здоровоохранение 2012 № 12 с. 7 – 10
2. Y. Hu, X. Zhao, J.J. Vlassak, and Z. Suo Using indentation to characterize the poroelasticity of gels // APPLIED PHYSICS LETTERS 96, 121904 (2010)