

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ АЭРОЗОЛЬНОГО ПОТОКА

Я.В. Мишланов, В.Б. Поляков

Пермский государственный национальный исследовательский университет

Болезни органов дыхания занимают первое место (24,7%) в структуре общей заболеваемости населения России в 2013 году [1], а также пятое место (3,8%) в структуре причин смерти. В связи с этим важной задачей является ранняя диагностика бронхообструктивных состояний. При диагностике бронхообструктивных состояний учитываются скоростные и объёмные показатели внешнего дыхания. Для их определения используются портативные спирометры и пробы с форсированным дыханием.

В качестве альтернативы предложен способ определения скоростных показателей, основанный на спонтанном дыхании, при заполнении дыхательных путей человека аэрозолем раствора хлорида натрия в процессе ингаляции [2].

Аэрозольная система состоит из жидких или твёрдых частиц, распределённых в газовой фазе. При ультразвуковом методе формирования аэрозоля его параметры зависят от частоты ультразвуковых колебаний, которая влияет на размер аэрозольных частиц, амплитуды колебаний (по данным экспериментов [3, 4] отражается в счётной концентрации аэрозольных частиц) и воздушный поток над поверхностью жидкости.

Как показано в работе [5], аэрозольные частицы, производимые медицинскими ингаляторами, могут иметь электрический заряд. Для исследования проводящих сред используется электрический импеданс – отношение специально сформированного сигнала, прошедшего через объект к исходному сигналу.

Для реализации указанного способа была проведена работа в рамках гранта Правительства Пермского края С 26/631 «Разработка высокоточного программно-аппаратного комплекса и информационной системы для диагностики заболеваний человека на основе анализа электрофизических процессов в биологических средах». В том числе был разработан программно-аппаратный комплекс, технические возможности которого удовлетворяют условиям задачи [6]. А именно, гальваническая развязка, омический и частотный диапазон, а также предусмотрена возможность синхронизации с другими биомедицинскими устройствами, что позволит изучать совместную работу систем организма.

Проведены модельные эксперименты в прямоточной ячейке с продольным расположением электродов и медицинским ультразвуковым ингалятором, создававшим поток аэрозоля при разной интенсивности распыления и скорости потока.

Одним из современных и перспективных методов диагностики заболеваний дыхательной системы человека является метод вынужденных (форсированных) осцилляций (forced oscillation technique – FOT). Суть метода заключается в модуляции потока воздуха, поступающего в дыхательную систему человека. Измеряя отклик на этот сигнал, можно определить механический (респираторный) импеданс дыхательной системы как отношение давления P к расходу Q воздуха. Для его определения используются (рис. 1а) пневмотахограф (для измерения Q) и датчик давления [7]. На основе данных, полученных в работе, для реализации метода представляется возможным рассмотреть схему, показанную на рис. 1б.

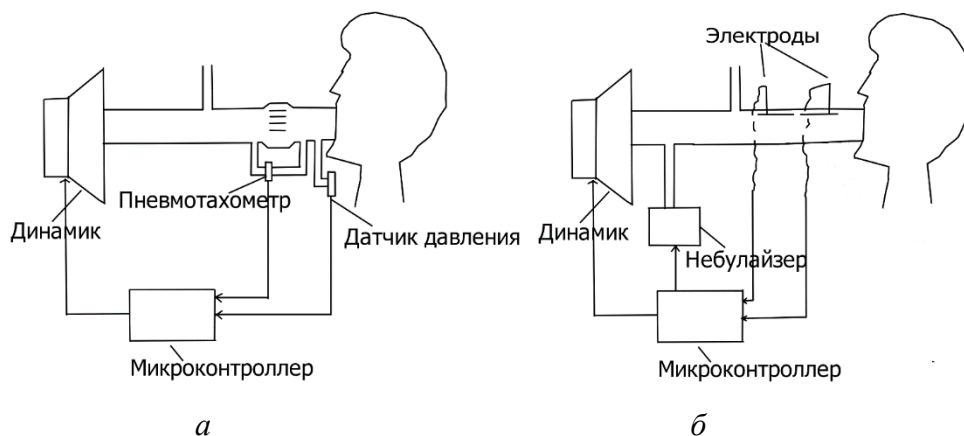


Рис.1. Пневмотахограф:

a – возможная схема реализации метода вынужденных осцилляций по [7]; *б* – модификация схемы с применением электроимпедансных измерений

Предлагается на время измерений заполнить дыхательные пути человека аэрозолем раствора хлорида натрия, поступающим из медицинского небулайзера, а внутри воздуховода установить электроимпедансную измерительную ячейку, что позволит определить расход $Q = NV$. В качестве измерителя электрического импеданс, а вместо лабораторного RLC-метра GW-Instek LCR-8105G возможно использовать компактный прибор, построенный на микросхеме AD5933 (Analog Devices Inc.), а небулайзер может быть заменён простым специализированным генератором аэрозоля.

Таким образом, разработка устройства на основе электроимпедансных измерений аэрозольного потока позволяет решать задачи исследования вентиляционной функции дыхательной системы человека.

Список использованных источников

1. Доклад о состоянии здоровья населения и организации здравоохранения по итогам деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации за 2013 год // Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2014. – https://www.rosminzdrav.ru/ministry/61/22/stranitsa-979/doklad_2013.
2. Мишланов В.Ю., Зуев А.Л., Устьянцева Т.Л. и др. Исследование функции внешнего дыхания методом электроимпедансной спирометрии: экспериментально-клинические параллели // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2013. Т. 99, № 12. С. 1425–1434.
3. Flament M.P., Leterme P., Gayot A. Study of Technological Parameters of Ultrasonic Nebulization // Drug Development and Industrial Pharmacy // Sept. 2001. 27 (7). pp. 643 – 649.
4. Barreras F., Amaveda H., Lozano A. Transient High-Frequency Ultrasonic Water Atomization // Experiments in Fluids. 2002. 33. pp. 405 – 413.
5. Simones M.P., Loyalka S.K., Duffy C. Measurement of size and charge distribution of sodium chloride particles generated by Aeroneb Pro pharmaceutical nebulizer // Eur. J. Nanomed. 2014. V. 6, № 1. P. 29–36.
6. Марценюк М.А., Мишланов В.Ю., Мишланов Я.В. и др. Измерительно-обрабатывающий блок устройства биоимпедансных измерений: Пат. на полезн. мод. 151629 РФ, МПКА61В 5/0402 / Заявл. 30.09.2014, опубл. 10.04.2015. Бюл. 10.
7. Ionescu K.M. The Human Respiratory System: An Analysis of Interplay between Anatomy, Structure, Breathing and Fractal Dynamics. London: Springer-Verlag. 2013. 233 p.