

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 612.21: 616-71

Ревинская  
Инна Ивановна

**МЕТОДИКА РЕГИСТРАЦИИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ  
ЧЕЛОВЕКА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-38 80 03 «Приборы, системы и изделия медицинского  
назначения»

Научный руководитель  
Камлач Павел Викторович  
кандидат технических наук, доцент

Минск 2020

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

По статистике Минздрава, в Беларуси ежегодно регистрируется от 25 до 40 случаев синдрома внезапной смерти младенцев из-за остановки дыхания во время сна (апноэ) [1]. В разные годы частота таких смертей колеблется от 0,07 до 0,48 на 1000 родившихся живыми детей. Данная проблема усложнена тем, что неизвестны причины, по которым наступает внезапная смерть.

Апноэ – это дыхательная пауза во время сна, определяемая как отсутствие или значительное (более чем на 70% от исходного) уменьшение воздушного потока на уровне рта и носа длительностью не менее 10 с [2].

Иногда может отмечаться до 400–500 остановок дыхания за ночь, общей продолжительностью до 3-4 часов, что ведёт как к острой, так и хронической ночной гипоксемии. Это в свою очередь существенно увеличивает риск развития артериальной гипертензии, нарушений ритма сердца, инфаркта миокарда, инсульта и внезапной смерти во сне [2].

Центральное ночное апноэ есть следствие нарушения центральной нервной системы и отличается от обструктивного апноэ зависимостью именно неврологического плана, а не физиологического, это значит, что нарушение дыхания во сне происходит с подачи мозга. Нарушения сна и дыхания происходят в том участке мозга, который отвечает за дыхание. При центральном апноэ сна дыхательные пути полностью свободны для поступления воздуха.

В последние годы опубликованы результаты ряда крупных исследований, которые показали увеличение сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности у пациентов с синдромом обструктивного апноэ сна [3]. Таким образом, своевременное диагностирование синдрома апноэ является актуальным и важным направлением в медицине.

Существует множество устройств, работающих на разных принципах, которые могут контролировать основные параметры внешнего дыхания. К ним относятся устройства с использованием ультразвуковых, газодинамических, тензометрических, анемометрических датчиков и др.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что правильная и оптимальная методика исследования дыхательных движений человека, и соответствующее диагностическое оборудование позволяет точно определить клиническое состояние пациента и позволит предотвратить нежелательные последствия.

Библиотека БГУИР

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью магистерской диссертации является разработка методики регистрации дыхательных движений человека.

Объектами исследования в магистерской диссертации являются методы и средства диагностики дыхательных движений человека.

Предметом исследования являются амплитудно-частотные характеристики пространственных движений тела человека при дыхании.

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие задачи исследования:

- разработать аппаратно–программное обеспечение, позволяющее регистрировать дыхательные движения человека;
- разработать методику наложения датчиков для регистрации дыхательных движений человека;
- провести исследования согласно разработанной методике.

Полученные результаты были апробированы на международных и республиканских научных конференциях:

- XI Международная научно-техническая конференция «Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии» («Медэлектроника – 2018»);
- Пятая международная научно-практическая конференция BIG DATA and Advanced Analytics (BIG DATA и анализ высокого уровня);
- Научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 85-летию д-ра пед. наук, проф., Заслуж. тренера БССР, отличника образования Республики Беларусь А. Г. Фурманова и 45-летию создания им научно-педагогической школы «Опыт и современные технологии в развитии оздоровительной физической культуры, спортивных игр и туризма».
- Шестая международная научно-практическая конференция BIG DATA and Advanced Analytics (BIG DATA и анализ высокого уровня);
- 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР.

Результаты работы внедрены в практическое занятие «Применение цифровой фильтрации при обработке биомедицинских сигналов» по дисциплине «Цифровая обработка биомедицинских сигналов и изображений» для студентов специальности 1-39 02 03 «Медицинская электроника» 2019-2020 учебном году.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность и практическая ценность темы исследования, описана степень разработанности проблемы.

В общей характеристике работы показана актуальность проводимых исследований, сформулированы цель и задачи диссертации, научная значимость исследований.

В первой главе описаны основные методы и устройства для исследования параметров внешнего дыхания человека, выделены преимущества и недостатки существующих устройств.

Вторая глава посвящена разработке аппаратно-программного обеспечения регистрации дыхательных движений человека. Выделены основные возможности комплекса и перспективы применения при длительном мониторинге параметров внешнего дыхания.

В третьей главе рассмотрены принципы биомеханики дыхания, основные параметры и типы дыхания, нарушения глубины и частоты дыхания; описана методика наложения датчиков для регистрации дыхательных движений человека с помощью разработанного аппаратно-программного комплекса; рассмотрены особенности наложения датчиков у мужчин и женщин; отмечены преимущества предложенной методики.

Четвертая глава включает разработку методики и алгоритма проведения исследования; представлены результаты исследования параметров внешнего дыхания; описаны результаты обработки и анализа результатов научных исследований дыхательных движений в программе Matlab.

В заключении приведены полученные результаты, сделан вывод по всей проделанной работе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В магистерской диссертации были описаны инструментальные методы и средства для исследования параметров внешнего дыхания человека.

Рассмотрены приборы, применяемые для регистрации дыхательных движений человека, и основные датчики, входящие в конструкцию таких устройств. В сравнении с рассмотренными методами и средствами были выделены преимущества и недостатки существующих устройств.

Разработанный комплекс можно использовать для взрослых и детей. Предложенный способ регистрации дыхания отличается от ранее известных (таких как пневмография, спирометрия, пневмотахометрия и др.) тем, что в качестве датчика дыхания предлагается использовать трехосевой акселерометр.

В перспективе данная разработка может быть применена при длительном мониторинге параметров внешнего дыхания в лечебных и исследовательских медицинских центрах.

Для передачи данных с устройства на компьютер предусмотрена беспроводная сеть Wi-Fi, что позволит удаленно врачу или медсестре следить за основными параметрами и состоянием дыхания испытуемого.

Возможности аппаратно-программного комплекса:

- регистрация данных с акселерометра с частотой 200 Гц;
- экспорт данных с акселерометра в CSV файл;
- импорт данных из CSV файла в приложение и просмотр графика;
- ведение базы данных пациентов;
- визуализация данных в виде графиков;
- обработка данных;
- отправка данных на компьютер в режиме реального времени по Wi-Fi;
- длительный мониторинг.

Предложенная методика исследования позволит легко и безболезненно проводить исследования для взрослых и детей без причинения дискомфорта. Предложенный способ предусматривает особенности наложения датчиков у мужчин и у женщин.

Данная методика позволяет определять частоту дыхания, тип дыхания, ритмичность, относительная глубина дыхания, возможные нарушения частоты и глубины дыхания.

Следует выделить основные преимущества данной методики:

- Простота в использовании;

- Не требуется предварительная подготовка испытуемого;
- Отсутствие дискомфорта у испытуемого по сравнению с другими методами;
- Простая дезинфекция оборудования.

Согласно описанной методике были проведены исследования дыхательных движений. По предложенной методике определили частоту дыхания, длительность вдоха и выдоха и соотношение вдох/выдох.

В сравнении с другими методами предложенный метод имеет такие преимущества, как

- простота в использовании;
- минимальное количество нужного оборудования;
- отсутствие необходимости в подготовке испытуемого к исследованиям;
- отсутствие дискомфорта у испытуемого по сравнению с другими методами.

Представлены результаты обработки и анализа результатов научных исследований дыхательных движений. Рассмотрена подготовка данных к математической обработке, включая графическое представление данных, составление сводных таблиц, проблемы импорта данных в Matlab. Для оценки качества фильтрации был смоделирован и отфильтрован зашумленный эталонный сигнал.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А] Ревинская И.И. Аппаратно-программный комплекс для мониторинга параметров дыхания пациента / И.И. Ревинская, П.В. Камлач, Д.В. Апанасик, В.О. Далидович // ИЗОБРЕТАТЕЛЬ Международный научно-практический журнал. – 2019. – № 7. – С. 40–43.

[2-А] Прибор для регистрации параметров внешнего дыхания / И. И. Ревинская и др. // Медэлектроника – 2018. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей XI Международная научно-техническая конференция, Минск, 5–6 декабря 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2018. – С. 206-208.

[3-А] Апанасик, Д. В. Программно-аппаратный комплекс для регистрации параметров дыхания с помощью акселерометра/ Апанасик Д.В., Далидович В.О., Ревинская И.И.// Электронные системы и технологии : 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 18-20 мая 2020 г. : сборник тезисов докладов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск : БГУИР, 2020. – С. 286.

[4-А] Далидович, В.О. Программно-аппаратный комплекс для регистрации параметров дыхания с помощью акселерометра/ Далидович В.О., Апанасик Д.В. Ревинская И.И. // Электронные системы и технологии : 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 18-20 мая 2020 г. : сборник тезисов докладов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск : БГУИР, 2020. – С. 313.

[5-А] Применение линейной фильтрации в оценке параметров дыхания / И. И. Ревинская [и др.] // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Минск, 13–14 марта 2019 г. В 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : В. А. Богущ [и др.]. – Минск, 2019. – С. 27 – 32.

[6-А] Оценка параметров дыхания при занятиях оздоровительной физкультурой / И. И. Ревинская // Опыт и современные технологии в развитии оздоровительной физической культуры, спортивных игр и туризма [Электронный ресурс] : материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию д-ра пед. наук, проф., Заслуж. тренера БССР, отличника образования Респ. Беларусь А. Г. Фурманова и 45-летию созд. им науч.-пед.

шк., Минск, 20 июня 2019 г. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол. : В. Н. Ананьева, А. А. Михеев, Г. А. Рымашевский. – Минск : БГУФК, 2019. – С. 48-50.

[7-А] Ревинская, И.И. Методика наложения датчиков для регистрации дыхательных движений человека / Ревинская И.И., Апанасик Д.В., Далидович В.О. // Электронные системы и технологии : 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 18-20 мая 2020 г. : сборник тезисов докладов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск : БГУИР, 2020. – С. 369.

[8-А] Информационные технологии для диагностики синдрома обструктивного апноэ сна/ И. И. Ревинская [и др.] // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Минск, 20-21 мая 2020 г. В 3 ч. Ч. 3 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2020. – С. 362 – 369.

[9-А] Ревинская, И.И. Обработка пневмограмм при длительном мониторинге дыхательных движений / Ревинская И.И. // Электронные системы и технологии : 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 18-20 мая 2020 г. : сборник тезисов докладов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск : БГУИР, 2020. – С. 370-371.