

УДК 004.3; 004.4

## КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ДЫХАНИЯ ПАЦИЕНТА РЕВИНСКАЯ И.И., КАМЛЯЧ П.В., ДАЛИДОВИЧ В.О., СИТНИК Г.Д., ТАВГЕНЬ И.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
(Республика Беларусь)*

**Аннотация.** Разработан комплекс «MobiPneg», который позволяет проводить дистанционный мониторинг дыхания у детей и взрослых и обрабатывать полученные данные в режиме реального времени. Данный комплекс предназначен регистрировать частоту дыхания, длительность вдоха и выдоха, ритм и тип дыхания.

**Ключевые слова:** пневмография, мониторинг дыхания, акселерометр, датчик дыхания.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## COMPLEX FOR MONITORING RESPIRATORY PARAMETERS OF THE PATIENT REVINSKAYA I.I., KAMLACH P.V., DALIDOVITCH V.O., SITNIK G.D., TAVGEN I.A.

**Abstract.** The developed complex «MobiPneg» allows remote monitoring of respiration in children and adults and process the received data in real time. This complex is designed to record the frequency of breathing, the duration of inhalation and exhalation, the rhythm and type of breathing.

**Keywords:** pneumography, respiration monitoring, accelerometer, respiration sensor.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflicts of interest.

### Введение

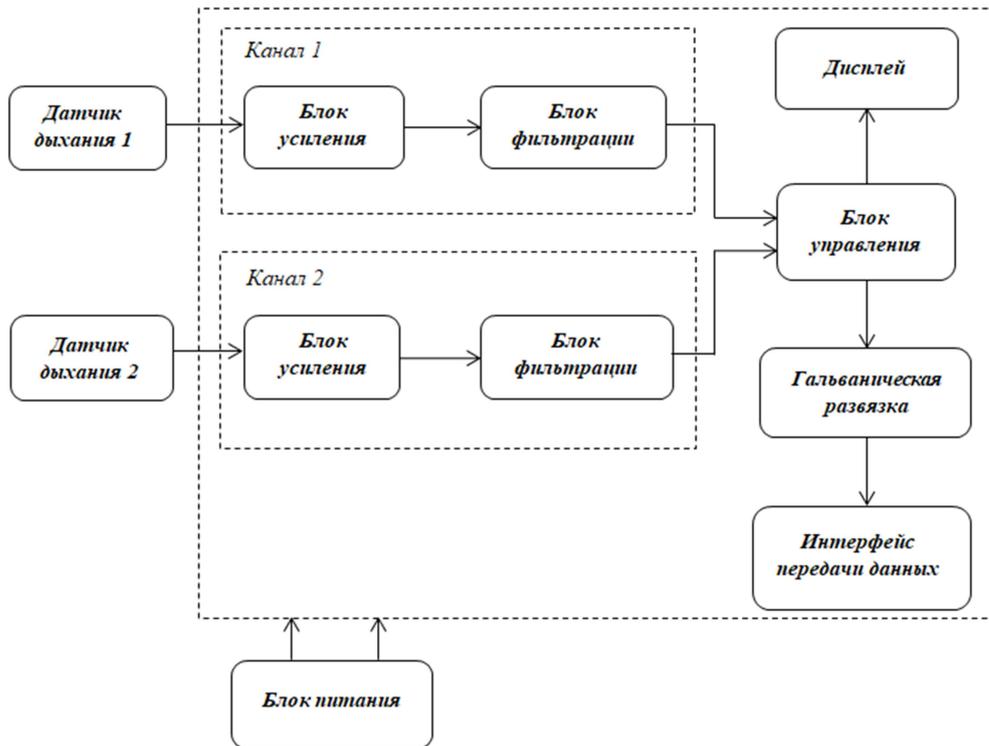
По статистике Минздрава, в Беларуси ежегодно регистрируется от 25 до 40 случаев синдрома внезапной смерти младенцев из-за остановки дыхания во время сна (апноэ) [1]. В разные годы частота таких смертей колеблется от 0,07 до 0,48 на 1000 родившихся живыми детей. Данная проблема усложнена тем, что неизвестны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

В последние годы опубликованы результаты ряда крупных исследований, которые показали увеличение сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности у пациентов с синдромом обструктивного апноэ сна. Таким образом, своевременное диагностирование синдрома апноэ является актуальным и важным направлением в медицине. Правильная и оптимальная методика исследования дыхательных движений человека, и соответствующее диагностическое оборудование позволяет точно определить клиническое состояние пациента и позволит предотвратить нежелательные последствия (остановка дыхания во время сна).

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.

### Аппаратная часть

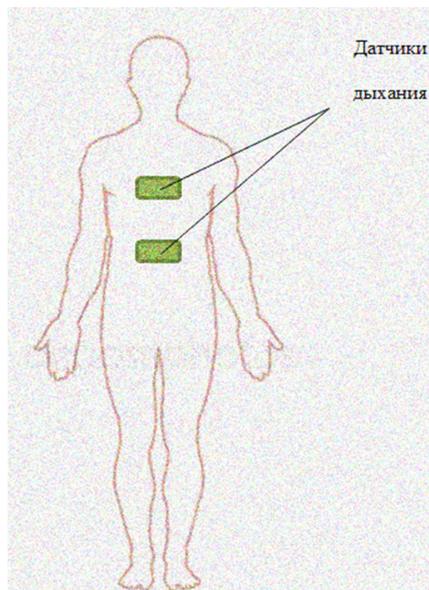
В комплекс «MobiPneg» входят два датчика дыхания, два канала блока усиления сигналов и фильтрации, блок управления (микроконтроллер), сенсорный дисплей, блок питания, гальваническая развязка и интерфейс передачи данных Wi-Fi (рисунок 1) [2].



**Рис. 1.** Структурная схема комплекса «MobiPneg»

**Fig. 1.** Structural diagram of the "MobiPneg" complex

Датчики дыхания размещаются с помощью ремешков на грудной клетке и животе обследуемого (рисунок 2).



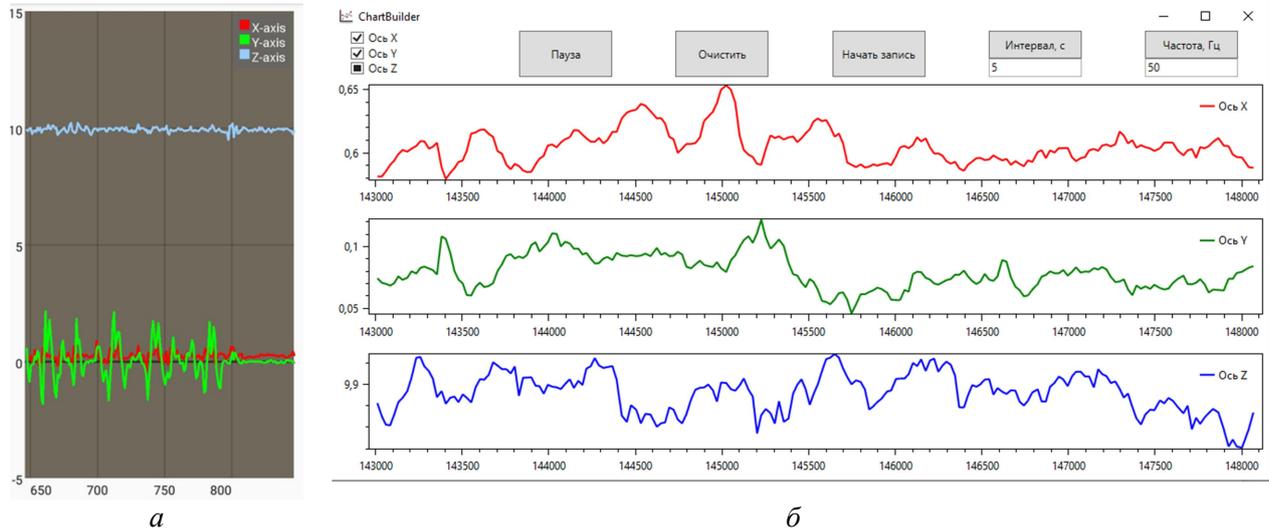
**Рис. 2.** Схема размещения датчиков дыхания

**Fig. 2.** Respiratory sensor layout

Датчики дыхания необходимы для регистрации грудного и абдоминального (брюшного) дыхания. В качестве датчика дыхания был выбран трехосевой MEMS-акселерометр, позволяющий регистрировать проекции суммы ускорения устройства на оси X, Y и Z. МЭМС-акселерометры находят широкое применение для исследования механической активности биообъектов, позволяющие с высокой точностью измерять такой параметр движения, как ускорение [3].

### Программная часть

Аппаратно-программный комплекс «MobiPneg» позволяет непрерывно передавать данные с датчика устройства на компьютер с помощью беспроводной сети (Wi-Fi) и отображать графики в режиме реального времени как на устройстве, так и на компьютере. Передача данных осуществляется по протоколу UDP [4]. На рисунке 3 отображены отрисовка графиков на дисплее устройства (рисунок 3, а) и в рабочем окне клиентского приложения комплекса «MobiPneg» (рисунок 3, б):



**Рис. 3.** Отображение графиков на дисплее устройства (а) и в рабочем окне клиентского приложения (б)  
**Fig. 3.** Displaying graphs on the device display (a) and in the working window of the client application (b)

При построении графиков на дисплее предусмотрены следующие функции:

- 1) Кнопки включения и отключения отдельных осей;
- 2) Кнопка остановки/возобновления отрисовки графиков;
- 3) Кнопка очистки графиков;
- 4) Кнопка Старт/Стоп записи. Файл *dava.csv* появляется в папке с проектом после того как

нажата кнопка остановить запись. если файл существует, то он будет перезаписан, поэтому для сохранности файл лучше переименовать или переместить;

5) В поле Интервал вводится значение для масштабирования графиков по оси X (время). то есть сколько точек одновременно показывается на экране;

6) В поле Частота вводится частота с которой рисуется график на ПК.

Возможности клиентского приложения Windows:

- получение данных, регистрируемых устройством «MobiPneg», в режиме реального времени с помощью Wi-Fi;
- визуализация данных об ускорении в виде графиков;
- обработка данных;
- ведение базы данных пациентов.

### Заключение

Разработанный комплекс «MobiPneg» позволяет проводить дистанционный мониторинг дыхания у детей и взрослых и обрабатывать полученные данные в режиме реального времени.

Возможности комплекса:

- регистрация данных с акселерометра с частотой 200 Гц;
- визуализация данных в виде графиков;
- обработка данных;
- отправка данных на компьютер в режиме реального времени по Wi-Fi;

- длительный мониторинг;
- ведение базы данных пациентов;
- экспорт данных с акселерометра в CSV файл;
- импорт данных из CSV файла в приложение и просмотр графика;

В перспективе данная разработка может быть применена в области функциональной диагностики для определения различных нарушений частоты и глубины дыхания, спортивной медицине.

### Список литературы

1. Нарушения дыхания во сне [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://centrsna.by/articles/treatment-of-sleep-disorders550/narusheniya-dyhaniya-vo-sne/>
2. 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.
3. Корневский, Н.А. Проектирование биотехнических систем медицинского назначения. Средства оценки состояния биообъектов: учебник/ Н.А. Корневский, З.М. Юлдашев. – Старый Оскол: ТНТ, 2018. – 456 с.
4. 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.

### References

1. Breathing disorders in sleep [Electronic resource]. - Access mode: <https://centrsna.by/articles/treatment-of-sleep-disorders550/narusheniya-dyhaniya-vo-sne/>
2. Revinskaya I.I. Hardware and software complex for monitoring the patient's breathing parameters / I.I. Revinskaya, P.V. Kamlach, D.V. Apanasik, V.O. Dalidovich // INVENTOR International scientific and practical journal. - 2019. - No. 7. - P. 40–43.
3. Korenevsky, N.A. Design of biotechnical systems for medical purposes. Means for assessing the state of biological objects: textbook / N.A. Korenevsky, Z. M. Yuldashev. – Stary Oskol: TNT, 2018. – 456 p.
4. Dalidovich, V.O. Hardware and software complex for recording breathing parameters using an accelerometer / Dalidovich V.O., Apanasik D.V. I. I. Revinskaya // Electronic systems and technologies: 56th scientific conference of graduate students, undergraduates and students, Minsk, May 18-20, 2020: collection of abstracts / Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. - Minsk: BSUIR, 2020. – P. 313

### Сведения об авторах

Ревинская И.И., аспирант кафедры электронной техники и технологий.

Камлач П.В., канд. тех. наук, доцент кафедры электронной техники и технологии.

Далидович В.О., магистрант кафедры электронной техники и технологии.

Ситник Г.Д., канд. мед. наук, доцент.

Тавгень Игорь Антонович, кандидат технических наук, доцент

### Information about the authors

Revinskaya I.I., graduate student of Department of Electronic Technology and Engineering.

Kamlach P.V., PhD, Associate Professor of the Department of Electronic Technology and Engineering.

Dalidovich V.O., Master student of the Electronic Technology and Engineering Department of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Sitnik G.D., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor.

Tavgen I.A., PhD, Associate Professor

### Address for correspondence

### Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,

г. Минск, ул. П. Бровки, 6,

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

тел. +375-17-293-84-14;

e-mail: [inna\\_revinskaya@bsuir.by](mailto:inna_revinskaya@bsuir.by)

Ревинская Инна Ивановна

220013, Republic of Belarus,

Minsk, P. Brovki st., 6,

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

tel.+375-17-293-84-14;

e-mail: [inna\\_revinskaya@bsuir.by](mailto:inna_revinskaya@bsuir.by)

Revinskaya Inna