

УДК 615.4

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ ДЫХАНИЯ



И.И. Ревинская
Магистрант БГУИР, ассистент кафедры электронной техники и технологии БГУИР



П.В. Камлач
Доцент кафедры электронной техники и технологии БГУИР, кандидат технических наук, доцент



С.И. Мадвейко
Заведующий кафедрой электронной техники и технологии БГУИР, кандидат технических наук, доцент



А.А. Косарева
Магистрант кафедры электронной техники и технологии



В.М. Бондарик
Декан факультета доуниверситетской подготовки и профессиональной ориентации, кандидат технических наук

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Email: irewinskaya.bsuir@gmail.com, kamlachpv@bsuir.by

И.И. Ревинская

Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Магистрант и ассистент кафедры электронной техники и технологии. Область научного интереса – обработка данных пневмограмм.

П.В. Камлач

Окончил Белорусский государственный университет. Доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры электронной техники и технологии БГУИР.

С.И. Мадвейко

Окончил Полоцкий государственный университет. Заведующий кафедрой электронной техники и технологии БГУИР. Доцент, кандидат технических наук.

А.А. Косарева

Окончила Самарский национальный исследовательский университет им С.П. Королёва. Магистрант БГУИР. Работает в «Лигомедикал групп» в должности инженера. Область научного интереса – обработка данных КТ-ангиографии.

В.М. Бондарик

Образование: 1983-1988 - Минский радиотехнический институт, специальность «Конструирование и производство радиоаппаратуры», квалификация - инженер-конструктор-технолог

Аннотация. Разработано устройство для регистрации внешнего дыхания человека, позволяющее использовать его как для взрослых пациентов, так и для детей и тяжелобольных.

Ключевые слова: внешнее дыхание, пневмография, тензодатчик, акселерометр, скользящий усредняющий фильтр.

Функциональное исследование лёгких является важной частью клинической медицины и выполняет ряд задач: диагностика заболевания лёгких и оценка его тяжести; оценка эффективности терапии различных легочных расстройств (например, реакции больных бронхиальной астмой на бронходилататоры); обучение больных приемам правильного дыхания и убеждение их в необходимости ведения здорового образа жизни (например, убедить курильщика прекратить курение, показав ему результаты теста, свидетельствующие о нарушении функции легких).

Пневмография представляет собой метод исследования внешнего дыхания, основанный на регистрации дыхательных движений грудной клетки и живота [1]. Во многих исследованиях кроме дыхания одновременно снимают и другие биомедицинские сигналы (например, электрокардиограмму, фотоплетизмограмму, реограмму и др.) для получения более обширной и точной картины состояния пациента. Метод пневмографии позволяет регистрировать данные в различных условиях: как в покое, так и при нагрузках.

Существующие устройства, предназначенные для диагностики дыхания (спирометры, пневмотахометры и др.), в основном противопоказано либо нежелательно использовать для детей, тяжелобольных пациентов, эпилептиков, пациентов недавно перенесших операцию или инфаркт. Нами предлагается использовать разработанное устройство, что позволит просто и безопасно регистрировать внешнее дыхание без причинения дискомфорта.

Различают: грудное, брюшное (диафрагмальное) и смешанное дыхание. Типы дыхания закрепляются по признаку условного рефлекса. Обычно у людей имеет место смешанный тип дыхания.

Дыхательный цикл включает фазы вдоха и выдоха (рисунок 1).

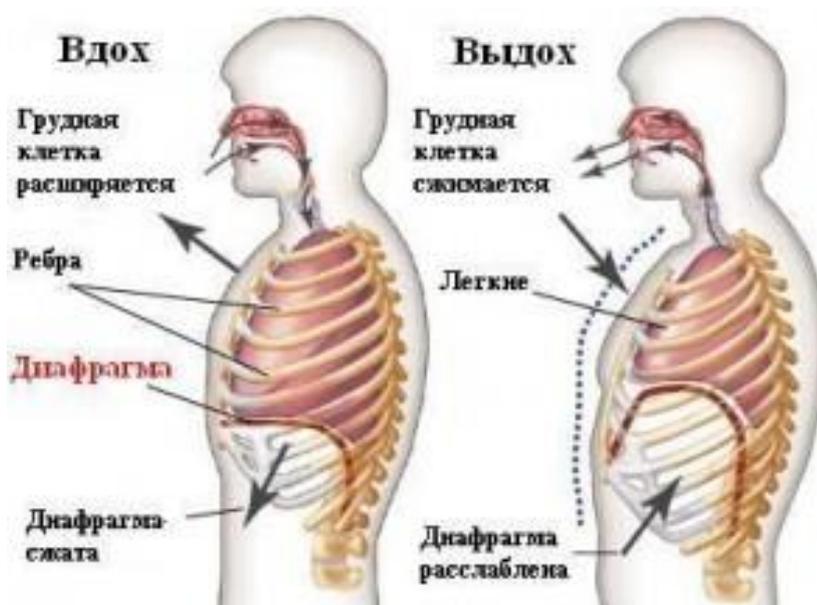


Рисунок 1. Биомеханика дыхательного акта

Вдох (инспирация) – это активный процесс, который начинается с сокращения дыхательных мышц и заканчивается поступлением воздуха в легкие. В обычном вдохе принимают участие главные дыхательные мышцы: диафрагма и наружные косые межреберные межхрящевые мышцы. При сокращении диафрагмальных волокон купол диафрагмы уплощается, объем грудной клетки увеличивается в горизонтальном, фронтальном и сагитальном направлениях.

Выдох (экспирация) – это выход воздуха из легких. При пассивном выдохе не участвуют дыхательные мышцы, а тратится энергия, накопленная во время вдоха. В результате расслабления мышц объем грудной клетки уменьшается.

Разработано портативное устройство «MobiPneg», позволяющее регистрировать пневмограммы в режиме реального времени. Работа прибора основана на датчике дыхания, блоке питания, блоке усиления сигналов и фильтрации, блоке управления, гальваническая развязка и интерфейс передачи данных (рисунок 2).

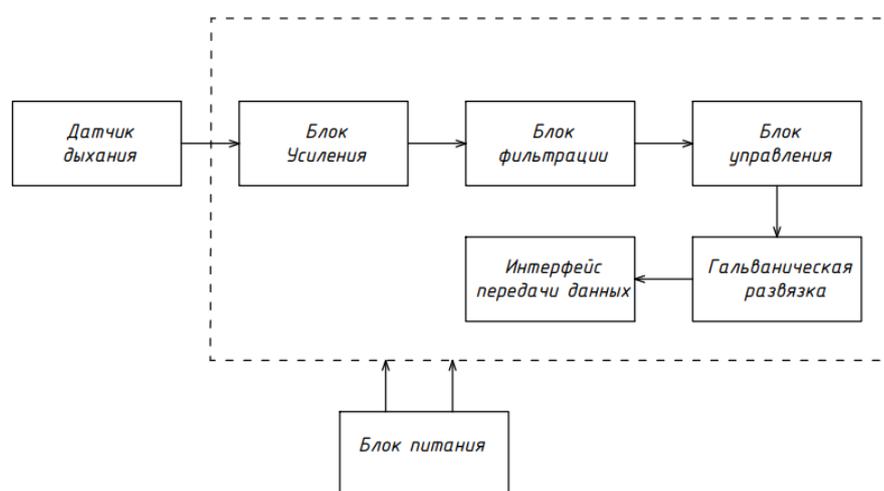


Рисунок 2. Структурная схема «MobiPneg»

В качестве датчика используется трехосевой акселерометр. Акселерометр регистрирует проекции суммы ускорения устройства и силы тяготения на трех осях: X, Y и Z. Во время дыхания грудная клетка человека с некоторым ускорением меняется в объеме. При вдохе межреберные мышцы поднимают ребра, купол диафрагмы опускается – в результате объем грудной клетки увеличивается, в то время как при выдохе межреберные мышцы и диафрагма расслабляются, ребра опускаются – объем грудной клетки уменьшается [2].

Прибор крепится ремешками в области грудной клетки обследуемого, регистрируемые данные передаются на персональный компьютер по WiFi. Специальное программное обеспечение (ПО) фиксирует изменения положения датчика по трем плоскостям.

На рисунке 3 представлена структурная схема исследования. Запись пневмограмм производилась с помощью многоканального, многофункционального электроэнцефалографа-регистратора «Энцефалан-ЭЭГР-19/26», позволяющего регистрировать грудное и абдоминальное дыхание пациента с помощью датчиков рекурсии дыхания (РД) – тензодатчики, которые крепятся на область груди и живота с помощью специальных ремешков. Полученные данные поступают на компьютер и отображаются на экране в режиме реального времени. Параллельно проводилась запись пневмограмм с помощью разработанного устройства «MobiPneg».

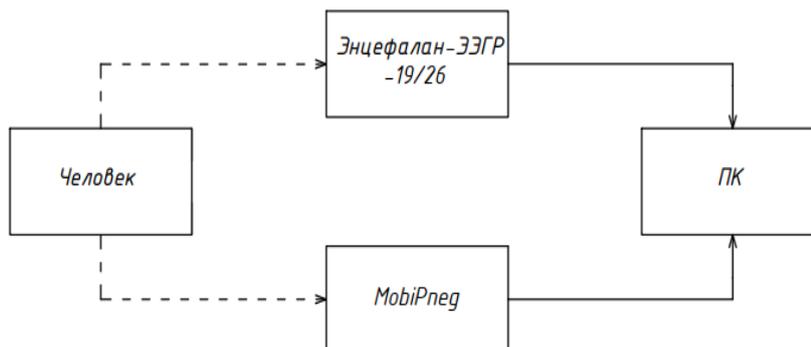


Рисунок 3. Структурная схема исследования

Полученные данные с устройства «MobiPneg» сохраняются в формате *csv*. и представлены в программе Excel (рисунок 4). Параметры: Time – время проводимого исследования, gFx, gFy, gFz – проекции ускорения устройства по оси X, Y и Z соответственно.

	A	B	C	D
1	time	gFx	gFy	gFz
2	19:35:50:937	-0,02801	0,01628	1,00025
3	19:35:50:956	-0,03143	0,00669	1,02273
4	19:35:50:976	-0,02832	0,00473	1,02743
5	19:35:50:996	-0,0205	0,00785	1,01912
6	19:35:51:021	-0,02032	0,01115	1,00734
7	19:35:51:036	-0,02337	0,01225	0,99897
8	19:35:51:056	-0,02294	0,01157	0,99475
9	19:35:51:076	-0,0183	0,00956	0,99823
10	19:35:51:096	-0,01665	0,0076	1,00666
11	19:35:51:123	-0,01867	0,0062	1,01326
12	19:35:51:139	-0,02093	0,00834	1,01552
13	19:35:51:156	-0,01909	0,00974	1,01589
14	19:35:51:176	-0,01879	0,01084	1,01204

Рисунок 4. Параметры, регистрируемые прибором «MobiPneg»

Фильтрация данных производилась с помощью скользящего усредняющего фильтра. Он осуществляет усреднение некоторого числа точек из входного сигнала для вычисления каждой точки в выходном сигнале [3]. Формула (1) представляет уравнение однородного нерекурсивного фильтра:

$$y[i] = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} x[i + j], \quad [1]$$

где $x[]$ – входной сигнал,
 $y[]$ – выходной сигнал,
 M – число усредняемых точек.

Программное выполнение скользящего усредняющего фильтра приведено ниже:

```

function out = AvrFilt(Sign, n)
    % Sign - фильтруемый сигнал
    % h - импульсная характеристика фильтра
  
```

```
Numb_Sign = length(Sign);  
out = [];  
for i = 1:Numb_Sign-n  
    % выделение части сигнала  
    Sign_cut = Sign(i:i+n);  
    % нахождение выходного отсчета  
    Filt = (1/n)*sum(Sign_cut);  
    % добавление в выходной сигнал out  
    = [out Filt];  
end  
out = out;
```

Скользящий усредняющий фильтр оптимален для уменьшения случайного белого шума при одновременном сохранении резкости ступенчатого отклика.

Из всех возможных фильтров скользящий усредняющий обеспечивает самый низкий шум для данного уменьшения резкости краев. Суммарное уменьшение шумов равно корню квадратному из числа точек усреднения.

На рисунке 5 представлен пример работы скользящего усредняющего фильтра:

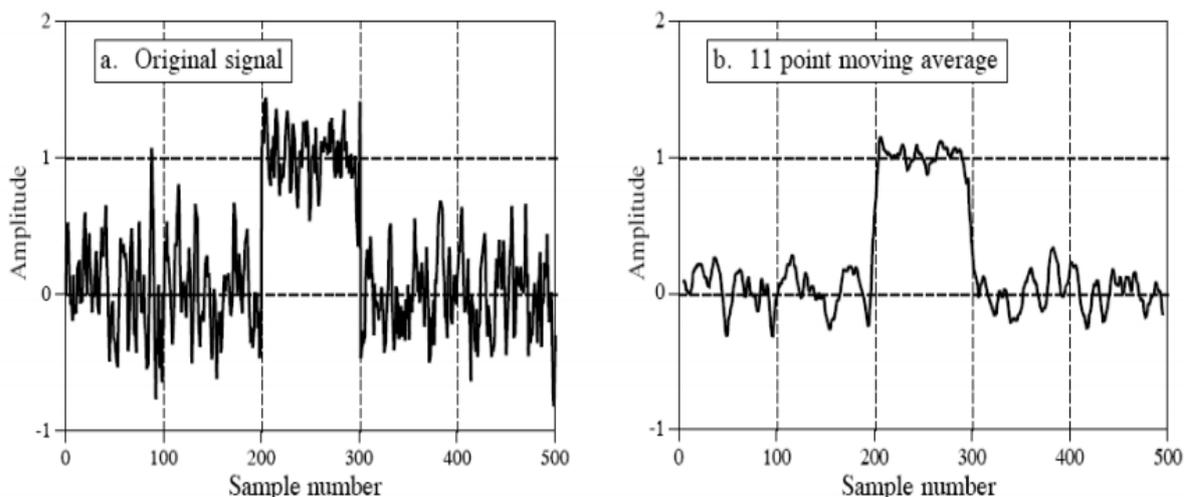


Рисунок 5. Пример скользящего усредняющего фильтра.

На рисунке а) представлен исходный импульс со случайным шумом. На рисунке б) сигнал, профильтрованный с 11 точками усреднения. С увеличением числа точек усреднения шум становится ниже.

На рисунке 6,б показан результат сглаживающего действия скользящего усредняющего фильтра, где можно заметить уменьшение амплитуды случайного шума и уменьшение резкости краев. В нашем случае при 70 точках усреднения шум уменьшится примерно в 8 раз.

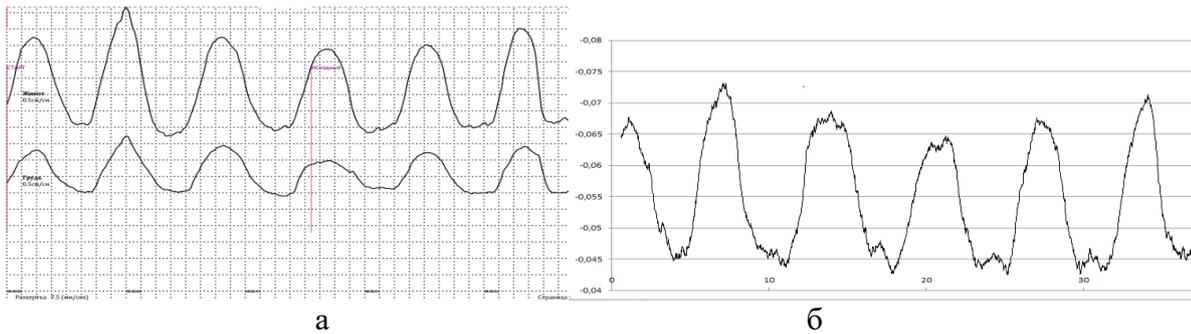


Рисунок 6. Полученные пневмограммы:
а – «Энцефалан-ЭЭГР-19/26»; б – «MobiPneg»

Амплитудно-частотные характеристики пневмограмм расходятся не более чем на 5%. По фрагментам полученных графиков можно отметить, что пики максимума и спада амплитуд пневмограмм, регистрируемых с помощью «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» и «MobiPneg» совпадают. Это даёт возможность использовать разработанное устройство для регистрации основных параметров внешнего дыхания.

Полученные данные свидетельствуют о том, что разработанное устройство может использоваться в качестве пневмографа. Обработка полученных сигналов с помощью скользящего усредняющего фильтра позволяет уменьшать амплитуду случайного шума.

Литература

- [1]. Физиология дыхания: учебно-методическое пособие /И.В. Городецкая. - Витебск: ВГМУ. 2012.- 153 с.
- [2]. Физиология дыхания: учебное пособие / А.Г. Зарифьян, Т.Н. Наумова, А.К. Нартаева, И.Е. Кононец. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2013. 146 с.
- [3]. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников / С. Смит; пер. с англ. А.Ю. Линовича, С.В. Витязева, И.С. Гусинского. – М.: Додэка-XXI, 2008. -720с.

APPLICATION OF LINEAR FILTRATION IN THE EVALUATION OF RESPIRATORY PARAMETERS

I.I. REVINSKAYA
Master student of
Electronic Technology
and Engineering

P.V. KAMLACH PhD,
Associate Professor of the Elec-
tronic Technology and Engineer-
ing.

S.I. MADVEIKO
PhD, Associate Professor, Head of
department of Electronic Technol-
ogy and Engineering.

A.A. KOSAREVA
Master student of Electronic Technology
and Engineering

V. M. BONDARIK
Dean of the faculty of pre-University training
and vocational guidance, candidate of tech-
nical Sciences

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
Email: irewinskaya.bsuir@gmail.com, kamlachpv@bsuir.by

Abstract. Developed a technical device for registering external respiration, a device that allows you to use it for both adults and children, and seriously ill patients.

Keywords: external respiration, pneumography, strain sensor, accelerometer, moving average filter.