

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПОРТАТИВНОГО ПРИБОРА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Сокол Е.И., Кипенский А.В., Томашевский Р.С., Король Е.И.,
Крутько В.С.*, Потейко П.И.*, Сокол Т.В.*

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
кафедра «Промышленная и биомедицинская электроника»,
лаборатория биомедицинской электроники

НТУ «ХПИ», ул. Фрунзе 21, г. Харьков, 61002, Украина

Тел.: (057) 70-76-237, 70-76-937, E-mail: Derenko@kpi.kharkov.ua

* Харьковская медицинская академия последипломного образования
кафедра фтизиатрии и пульмонологии

пр. Московский, 197, г. Харьков, 61037, Украина Тел.: 738-71-87

In report the most prevailing disease of human respiratory system are given. The diagnostic disease methods of respiratory system such a spirometry are analyzed. Finally, the conclusions about development of a portable spirometr are made.

Дыханием называется комплекс процессов, обеспечивающих потребление кислорода тканями организма и выделение углекислого газа. Дыхание является обязательным условием жизнедеятельности человека, животных и растений. Дыхательная система человека объединяет органы, которые выполняют воздухоносную (полость рта, носоглотка, гортань, трахея, бронхи) и дыхательную или газообменную (легкие) функции. Основная задача органов дыхания – обеспечение газообмена между воздухом и кровью путем диффузии кислорода через стенки легочных альвеол в кровеносные капилляры и диффузии углекислого газа в обратном направлении.

Вентиляцией легких, или функцией внешнего дыхания (ФВД) называют процесс обновления газового состава альвеолярного воздуха, обеспечивающего поступление в них кислорода и выведение углекислого газа. Вентиляция легких происходит благодаря дыхательным движениям, которые обеспечивают механическое перемещение воздуха.

Для своевременного выявления нарушений ФВД, которые часто приводят к необратимым патологическим изменениям и различного рода заболеваниям, необходима периодическая диагностика органов дыхания. Наиболее простым, но при этом достаточно эффективным методом диагностики дыхательной системы является спирометрия. Однако сегодня значительная часть лечебно-профилактических учреждений Украины не имеют технической возможности для проведения таких исследований. Решение данной задачи авторы видят в оснащении системы здравоохранения недорогими портативными приборами, которые могут быть использованы не только в кабинетах функциональной диагностики, но и в палатах, фельдшерско-акушерских пунктах, а также на дому у пациентов.

Разработка такого прибора ведется в лаборатории биомедицинской электроники НТУ «ХПИ» по заказу фирмы «РАДМИР» ДП АО НИИ радиотехнических измерений (г. Харьков). Решение методических аспектов осуществляется в сотрудничестве с кафедрой фтизиатрии и пульмонологии Харьковской медицинской академии последипломного образования.

Цель данной работы состоит в анализе особенностей реализации портативного прибора для тестирования функции внешнего дыхания. К основным особенностям портативного прибора для тестирования ФВД могут быть отнесены: миниатюрность, автономность, функциональность и возможность подключения к персональному компьютеру (ПК).

Миниатюрность прибора обеспечивается, прежде всего, за счет использования в качестве первичного преобразователя турбины, где скорость движения воздушного потока (при вдохе или выдохе) преобразуется в частоту вращения пластины. Дополнительное улучшение массогабаритных показателей достигнуто путем обеспечения высокой степени интеграции схемных решений электронной части прибора.

Под автономностью принято понимать возможность работы прибора без подклю-

чения к электрической сети. Такая возможность реализуема только при условии крайне низкого энергопотребления электронной частью прибора. Электропитание прибора осуществляется от двух аккумуляторов или батареек типа АА. Стабильность напряжения питания в приборе обеспечивается импульсным преобразователем постоянного напряжения повышающего типа с высоким коэффициентом полезного действия (до 98 %). Для снижения энергопотребления в приборе была использована оптическая система съема информации в виде оптопары с открытым оптическим каналом. Для отображения информации был применен жидкокристаллический дисплей с низким потреблением энергии. Использование для электропитания двух аккумуляторов типа АА с емкостью 2700 мА/час обеспечивает непрерывную работу прибора не менее 8 часов.

Функциональность прибора обеспечивается несколькими техническими и программными решениями. Во-первых, все кнопки пульта управления имеют двойное назначение, что при меньшем их количестве позволяет выполнять больше операций. Во-вторых, использование турбины с двумя направляющими крыльчатками и двухканальной системы съема информации дает возможность производить измерения скорости потока и объема, как на вдохе, так и на выдохе. В-третьих, программное обеспечение прибора позволяет определять десять основных показателей ФВД, имеющих первоочередное диагностическое значение, сравнивать их с должными величинами, которые вычисляются с учетом пола, возраста и роста, вычислять отклонения по каждому показателю, сохранять результаты тестирования для последующего просмотра. В-четвертых, прибор может работать как пикфлоуметр, т.е. определять пиковые значения объемной скорости при форсированном выдохе и фиксировать моменты времени выдохов.

При необходимости дополнительной обработки информации и анализа результатов тестирования легких человека, в приборе предусмотрена возможность подключения к ПК. Подключение прибора к ПК производится через СОМ-порт. Для обеспечения электробезопасности пациентов и обслуживающего персонала в кабеле связи предусмотрена гальваническая развязка.

В память ПК записываются данные о должных величинах показателей ФВД, определенные с учетом различных стандартов в спирометрии:

- Клемент и соавторы (1986 г.) – стандарт, наиболее широко используемый в странах СНГ;
- ECCS (Европейское Сообщество Угля и Стали) – стандарт, используемый в Западной Европе;
- Knudson – стандарт, используемый в странах Северной Америки;
- ITS – стандарт (дополнительно учитывающий вес и расу пациента), используемый в странах Северной Америки.

Специально разработанная программа позволяет сравнивать результаты тестирования легких с должными величинами (по одному из выбранных стандартов), а также вычислять до тридцати дополнительных показателей, значения которых не нормируются, но динамика их изменения в процессе лечения имеет диагностическую ценность. Кроме того программой предусмотрена возможность построения графических зависимостей, сохранения результатов тестирования в памяти ПК, вывода их на печать и анализа динамики изменения состояния легких в процессе лечения.

В заключение можно добавить, что для исключения передачи инфекции от больного пациента к здоровому, в приборе используется бактерицидный фильтр, устанавливаемый в турбину. Легкая и быстрая дезинфекция прибора достигается за счет применения одноразовых мундштуков и турбин.

Экспериментальные исследования макетного образца прибора показали, что при измерении скорости потока вдыхаемого и выдыхаемого воздуха в диапазоне от 0,1 до 14 л/с погрешность измерения составила не более 5 %, а при измерении объема в диапазоне 0,1-8 л – не более 3 %.