

*Ю.Р. Агапова, С.Ю. Зацепина*

## ПРОЕКТ ПОРТАТИВНОГО АППАРАТА РЕГИСТРАЦИИ АПНОЭ

*Клиническая медсанчасть ОАО "НЛМК", г. Липецк*

**Резюме.** Разработан проект универсального компактного прибора регистрации эпизодов апноэ. Прибор не требует подключения к сети и может применяться в любых условиях, когда больной спит или находится без сознания. Устройство надежно в применении, безопасно и имеет относительно невысокую себестоимость.

**Ключевые слова:** компактный прибор, апноэ, насыщение кислородом.

**Актуальность.** Основными функциями жизнедеятельности организма являются дыхание и кровообращение. С прекращением дыхания и сердечной деятельности ассоциируется смерть человека.

Ночное апноэ (остановка дыхания во сне) обусловлено спадением дыхательных путей на уровне глотки при сохраняющихся дыхательных усилиях (обструктивный тип) или отсутствием дыхательных усилий (центральный тип); смешанное апноэ представляет собой комбинацию обструктивного и центрального апноэ. Наиболее распространенными и клинически значимыми являются обструктивное и смешанное апноэ.

Остановка дыхания может произойти в любых условиях и по различным причинам: во время сна, при отравлениях, приступе бронхиальной астмы, при передозировке наркотиками, поражении электрическим током, сотрясении мозга и др. Судьба пострадавшего в этом случае зависит, прежде всего, от того, насколько быстро начаты эффективные реанимационные мероприятия по оживлению.

Поэтому нужно обеспечить быструю и точную регистрацию эпизодов апноэ на догоспитальном этапе, в условиях домашнего стационара и при уходе за хроническими больными, склонными к апноэ.

В настоящее время наиболее ценным методом диагностики обструктивного апноэ является полисомнография - метод длительной регистрации различных функций человеческого организма в период ночного сна. Полисомнография проводится в лабораториях сна.

При полисомнографическом исследовании регистрируются следующие параметры: электроэнцефалограмма (ЭЭГ); электроокулограмма (движения глаз) (ЭОГ); электромиограмма (тонус подбородочных мышц) (ЭМГ); движения нижних конечностей; электрокардиограмма; храп; носо-ротовой поток воздуха; дыхательные движения грудной клетки и брюшной стенки; положение тела; степень насыщения крови кислородом. Метод полисомнографии во сне

трудоемкий, требует дорогостоящей аппаратуры и соответствующих условий для выполнения.

Исследователями уделяется большое внимание проблеме упрощения полисомнографии с учетом большой распространенности синдрома обструктивного апноэ, когда лечение бывает преимущественно домашним, и когда больные сами должны контролировать эффективность терапии и обезопасить себя от внезапной смерти во сне. Все большее распространение получают компактные мониторы. Эти приборы контролируют различные параметры во время сна.

Известные датчики дыхания (на пьезоэлектриках, термоэлементах) имеют следующие недостатки: датчики из-за их конструкции не могут использоваться длительное время, так как могут раздражать кожу, оставлять заметные следы на коже, мешать спящему; могут быть применимы только к приборам и аппаратам для лечения и обследования в стационаре.

Таким образом, устройства для измерения параметров дыхания, известные в настоящее время, имеют следующие основные недостатки: большие габариты; работа от сети; большая стоимость.

Исходя из этих статистических данных, можно прийти к выводу, что проблема регистрации апноэ на догоспитальном этапе, в условиях домашнего стационара и при уходе за хроническими больными, склонными к апноэ, в настоящее время весьма актуальна. Отсюда возникает необходимость разработки портативного аппарата регистрации апноэ, снабженного системой экстренной сигнализации.

**Целью** данного проекта являлась разработка портативного аппарата для регистрации апноэ.

Разрабатываемое устройство должно было обеспечивать быструю и точную регистрацию эпизодов остановки дыхания и отвечать следующим требованиям: универсальность, т.е. применимым и в стационаре, и дома, и при транспортировке больного в машине скорой медицинской помощи; малогабаритность; удобство и простота в использовании; надёжность, малая стоимость; удобство датчика, не мешающего спящему; отсутствие раздражения кож.

**Материал и методы исследования.** В качестве чувствительного элемента датчика был выбран термистор. Он должен иметь небольшие габариты и малую постоянную времени. Термистор включен в мостовую схему, реагирующий на изменение температуры вдыхаемого и выдыхаемого воздуха.

Терморезисторы - это резисторы, сопротивление которых сильно изменяется в зависимости от температуры. Терморезисторы изготавливаются на основе полупроводникового материала и имеют нелинейную вольт-амперную характеристику.

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) – отношение скорости изменения сопротивления при изменении температуры к значению сопротивления к значению сопротивления при нулевой мощности рассеяния. Сопротивление при нулевой мощности – сопротивление термистора при некоторой температуре, измеренной в условиях отсутствия самонагрева (рабочий ток меньше 100 мкА).

Термисторами называются изготовленные из керамических материалов полупроводниковые терморезисторы с большим отрицательным ТКС. Сопротивление термисторов при увеличении температуры падает, а при понижении температуры увеличивается.

В настоящее время существует большое разнообразие терморезисторов, выпускаемых отечественными и зарубежными производителями, имеющие разную форму, характеристики, параметры, и предназначенные для различных целей.

Критериями для выбора термисторов являются: температурный диапазон; диапазон сопротивлений; измерительная точность; окружающая среда; время отклика; малые габариты.

С учетом перечисленных факторов в качестве датчика разрабатываемого устройства был выбран остеклованный бусинковый терморезистор S861 фирмы SIEMENS&MATSUSHITA. Он применяется для прецизионных температурных измерений и медицинской техники, имеет изолированные фторопластом никелевые выводы. Были рассчитаны его основные параметры и построен график зависимости температуры от сопротивления. Для преобразования сопротивления термистора в напряжение, которое затем подаётся на АЦП контроллера, используется мостовая схема с терморезистором. Так как терморезистор удален от основного блока аппарата (от усилителя и источника питания), для устранения влияния соединительных проводов используется мостовая схема преобразователя, в которой компенсируется влияние сопротивления соединительных проводов и начальное сопротивление датчика. В качестве микроконтроллера был выбран AT90S8535 - AVR-микроконтроллер фирмы Атмел.

Основные причины выбора микроконтроллера AT90S8535 следующие: наличие встроенного 10-разрядного АЦП; наличие 3-х таймеров-счетчиков (два 8-ми разрядных; один 16-ти разрядный - с отдельным предварительным делителем частоты с режимами сравнения, захвата) - наличие встроенного аналогового компаратора.

Для контроля за эпизодами апноэ в аппарате предусмотрена система экстренной сигнализации. При остановке дыхания более чем на 10 секунд появляется звуковой сигнал, который предупреждает об опасности апноэ, и вызывает либо пробуждение спящего, либо экстренные меры медицинского персонала по восстановлению дыхания пациента.

В микроконтроллере AT90S8535 для генерации звукового сигнала при помощи Timer2 используется вывод OC2. При отсутствии входного сигнала более чем 10 секунд, таймер-счетчик (Timer2) генерирует сигнал на вывод OC2, и происходит срабатывание звукового сигнала динамика, подсоединенного к выводу микроконтроллера. Для индикации включенного состояния аппарата и зарядки аккумулятора предназначен светодиод.

#### ***Полученные результаты и их обсуждение.***

##### **КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ:**

Чувствительный элемент датчика представляет собой миниатюрный остеклованный бусиновый термистор, диаметр которого составляет 2,41 мм. Предлагается использовать сменную насадку датчика, которая представляет собой носовую канюлю с трубкой для поступления воздушного потока при выдохе/вдохе ртом и отверстием для поступления воздуха из окружающей среды. Датчик устанавливается над верхней губой пациента.

За основу для изготовления сменной насадки датчика можно взять носовую канюлю фирмы APXMED. Она предназначена для однократного применения, изготовлена из нетоксичного поливинилхлорида, имеет прямые термопластичные носовые зубцы, края канюли гладкой закругленной формы.

Термистор закреплен на конце гибкой полый трубки, идущего от основного блока аппарата. Провода термистора, соединяющие его с блоком преобразования, изолированы внутри этой трубки. Сменная насадка фиксируется с помощью зажима с трубкой, на конце которой закреплен термистор, измеряющий температуру вдыхаемого и выдыхаемого воздуха.

Основной блок аппарата для регистрации апноэ оформлен в пластиковом корпусе, размером 4х3х1 см. Он крепится на лбу пациента с помощью

резинового ремня, снабженного липучками для надежной фиксации вокруг головы.

Для аппарата можно использовать корпус для ручных приборов серии ERGO-CASE фирмы OKW. В корпусе имеется батарейный отсек. Плоская торцевая часть удобна для размещения индикатора. Материал – акрилонитрил-бутадиен-стирол (ABS). Элементы блока преобразования, сигнализации и микроконтроллер расположены на плате, которая помещается в пластиковом корпусе. От него идет гибкая трубка с соединительными проводами, на конце которой закреплен термистор. Сменная насадка крепится на трубке с термистором при помощи зажима.

Питание аппарата происходит от аккумулятора 15V. Время работы полностью заряженного аккумулятора – 10 часов. Зарядка аккумулятора происходит вне прибора в специальном зарядном устройстве.

#### ОПИСАНИЕ РАБОТЫ АППАРАТА:

Портативный аппарат для регистрации апноэ необходим для быстрого и точного определения эпизодов остановки дыхания.

Аппарат закрепляют на голове пациента, при этом датчик должен находиться над его верхней губой.

При вдохе наружный относительно холодный воздух поступает в датчик через специальное боковое отверстие в сменной насадке, и попадает в дыхательный тракт пациента. При выдохе происходит движение нагретого в дыхательном тракте воздуха в обратном направлении.

Выдыхаемый воздух нагревает терморезистор, который находится на пути потока воздуха. При этом происходит разбаланс моста, сигнал разбаланса которого усиливается операционным усилителем. Вдыхаемый воздух, наоборот, охлаждает терморезистор, его сопротивление увеличивается. Происходит смена полярности сигнала разбаланса моста. После усиления сигнал поступает на вход компаратора, встроенного в микроконтроллер. Компаратор сравнивает входной сигнал с пороговым, напряжение которого практически равно нулю. При напряжении входного сигнала меньше или равном пороговому значению, таймер-счетчик микроконтроллера отслеживает длительность отсутствия входного сигнала. Если входной сигнал не превышает пороговый в течении 10 секунд, таймер-счетчик генерирует сигнал на вывод микроконтроллера, отвечающий за срабатывание звукового сигнала, это свидетельствует о эпизоде апноэ.

При апноэ температура терморезистора остается постоянной, не происходит изменения температуры воздуха, окружающего термистор. При остановке дыхания более чем на 10 секунд происходит срабатывание звукового сигнала, который предупреждает об опасности апноэ, и вызывает либо пробуждение спящего, либо экстренные меры медицинского персонала по восстановлению дыхания пациента.

**Выводы.** В результате проведенной работы был впервые разработан проект универсального компактного прибора регистрации эпизодов апноэ. Прибор не требует подключения к сети и может применяться в любых условиях, когда больной спит или находится без сознания. Устройство надежно в применении, безопасно и имеет относительно невысокую себестоимость.

**Литература.**

1. Почивалов А.В., Платонова В.А., Земсков А.М. и др. Новые технологии реабилитации заболеваний органов дыхания у детей в условиях пульмонологического центра // Прикладные информационные аспекты медицины.- 1998.-Т.1.-№2.-С. 17-22.

2. Семенкова Г.Г., Провоторов В.М., Сычев В.В. и др. К вопросу о временно-частотном анализе звука кашля у больных бронхиальной астмой // Прикладные информационные аспекты медицины.- 2002.-Т.5.-№1-2.-С. 52-58.

3. Платонова В.А., Блинова А.С., Почивалов А.В. и др. Детская пульмонологическая служба воронежской области // Прикладные информационные аспекты медицины.- 1998.-Т.1.-№1.-С. 62-66.

**Abstract.**

**R. Y. Agapova, S. Y. Zatsepina**

**PROJECT PORTABLE APPARATUS REGISTRATION APNEA**

*The clinical medical unit of OJSC "NLMK", Lipetsk*

The project developed a universal compact device registration apnea episodes. The device does not require a network connection and can be used in all conditions when the patient is sleeping or is unconscious. The device is reliable in use, safe and has a relatively low cost.

Keywords: compact appliance, apnea, oxygen saturation.