

УДК 536.6

## АЛГОРИТМ МОНИТОРИНГА ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И ВЫДЕЛЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ДЫХАТЕЛЬНОМ ЦИКЛЕ ЧЕЛОВЕКА

Молошнева В.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.т.н., старший научный сотрудник Коваленко А.Н.

(Физико-технический институт имени А. Ф. Иоффе)

**Аннотация.** В статье рассматривается алгоритм для газового анализа дыхательного цикла пациента, находящегося на аппарате ИВЛ. Результатами реализации алгоритма являются рассчитанные величины потребляемого кислорода и выделенного углекислого газа.

**Введение.** Общая анестезия и лечение повреждений легких при новой коронавирусной инфекции и других заболеваниях с помощью искусственной вентиляции легких, часто требуют строгого контроля доставки кислорода ( $DO_2$ ) и потребления ( $VO_2$ ), а также скорости выдоха  $CO_2$  ( $VCO_2$ ). Транспортный контроль  $O_2$  легко осуществляется в реальном времени средствами чрескожной пульсоксиметрии по уровню насыщения артериальной крови кислородом в пульсирующем потоке ( $SpO_2$ ). Метод основан на разнице длины волны света, поглощенной кровью в красной и инфракрасной частях спектра, в зависимости от количества молекул  $O_2$ , захваченных гемоглобином.

Контроль содержания  $O_2$  во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе и удаления  $CO_2$  через дыхательные пути может осуществляться с использованием парамагнитных датчиков, датчиков топливного элемента и инфракрасного поглощения соответственно. Акустические, термические, магнитные, ионизационные и другие типы газоанализаторов, основанные на изменении соответствующих свойств измеряемых газов в зависимости от их концентрации в смеси.

**Основная часть.** Для своевременной диагностики и предотвращения нежелательных последствий необходимо знать объем потребляемого пациентом кислорода и выделенного углекислого газа. Более адекватным к клиническим условиям интенсивной терапии и реанимационных отделений является оперативный анализ синхронных данных текущего мониторинга показателей скорости воздушных потоков в дыхательном цикле пациента и временной капнограммы измерения парциального давления выделяемого организмом  $CO_2$  в выдыхаемой воздушной смеси.

Алгоритм измерения  $VO_2$  и  $VCO_2$  в реальном времени включает численное интегрирование мгновенных значений  $dVO_2/dt$  и  $dVCO_2/dt$  во время дыхательного цикла, полученных из произведения мгновенных значений определенной концентрации газа и общего потока. В работе обсуждается такой подход, уделяя особое внимание точной концентрации газа и синхронизации сигналов потока, и также учету увлажнения воздуха в дыхательных путях.

Главной задачей представляемой работы является разработка алгоритма и написание кода на базе MATLAB для газового анализа дыхания пациента, результатами реализации которой должны быть: графики потоков углекислого газа и кислорода, рассчитанные объемы  $O_2$  и выработанного  $CO_2$ .

За исходные данные были взяты графики изменения скорости потока воздуха и изменения парциального давления  $CO_2$  за цикл вдох-выдох, значения давления атмосферного воздуха, величина парциального давления  $O_2$  на выдохе и также было учтено увлажнение воздуха в дыхательных путях. Изначальные данные были оцифрованы программой Мультискан, однако после оцифровки графики имели различия в точках для построения на оси времени. Для приведения двух графиков к одинаковым значениям, отложенным по оси времени была использована функция интерполяции Matlab, после этого данные были готовы к дальнейшей обработке.

Далее, с использованием закона Дальтона рассчитывается содержание в частях каждого из газов смеси.

Алгоритм измерения самих  $\dot{V}O_2$  и  $\dot{V}CO_2$  в реальном времени включает численное интегрирование мгновенных значений  $d\dot{V}O_2/dt$  и  $d\dot{V}CO_2/dt$  (также средствами Matlab) во время дыхательного цикла, полученных из произведения мгновенных значений определенной концентраций газа и скорости общего потока.

**Выводы.** Результатом реализации алгоритма являются графики скоростей потоков кислорода и углекислого газа и величины объемов потребляемого человеком кислорода и выделенного им в одном дыхательном цикле. Анализ полученных данных может служить инструментом для коррекции настроек аппарата ИВЛ под конкретного пациента.