

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 616.216.2

Сатишур Олег
Олегович

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЦЕЛЕВЫХ
ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И ОКСИГЕНАЦИИ В
НАРКОЗНО-ДЫХАТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-39 80 03 – Электронные системы и технологии

Научный руководитель

Чураков А.В.

Канд. мед. наук, доцент

Минск 2021

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в медицине все большее распространение получают автоматизированные системы. Такого рода технология важна как с точки зрения более оперативного решения задач и облегчения работы медперсонала, так и с целью более точной диагностики и принятия решений по лечебной тактике. Тем не менее в некоторых областях медицины данные системы либо отсутствуют, либо находятся на начальной стадии развития. В частности, это касается наркозно-дыхательных аппаратов – необходимого устройства для выполнения общей анестезии во время хирургических вмешательств. Практически все регулировки выполняются врачом вручную. При этом врач должен самостоятельно постоянно оценивать довольно большой объем информации, поступающий как при наблюдении за самим пациентом, так и с монитора аппарата. Одними из наиболее важных регулировок на наркозно-дыхательном аппарате являются те, которые касаются поддержания внешней вентиляции и оксигенации пациента. Поэтому представляется очень важным и целесообразным разработать систему, которая способна автоматически оценивать и регулировать параметры, влияющие на внешнюю вентиляцию и оксигенацию с целью обеспечения большей безопасности.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью данной работы является разработка системы, обеспечивающей по принципу обратной связи автоматическую регулировку параметров наркозно-дыхательного аппарата, влияющих на внешнюю вентиляцию и оксигенацию пациента.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Разработать алгоритм обратной связи для регулировки минутного объема дыхания в зависимости от уровня выдыхаемого углекислого газа.
- Разработать алгоритм обратной связи для регулировки концентрации кислорода в зависимости от пульсоксиметрии.
- Создать симуляционную модель для демонстрации предлагаемого принципа автоматической регулировки параметров.
- Обосновать преимущества данной технологии перед существующими методиками ручных регулировок параметров внешней вентиляции и оксигенации.

Актуальность данного направления обусловлена развитием автоматизированных и интеллектуальных систем в медицинской технике с целью более безопасного и индивидуализированного подхода к лечению

тяжелых пациентов. В частности более широкое применение микропроцессорных систем управления в наркозно-дыхательных аппаратах позволяет в значительной степени автоматизировать регулировки параметров, влияющих на внешнее дыхание и оксигенацию пациентов. Представляется важным разработка системы автоматической регулировки данных параметров, основанной по принципу обратной связи от данных, поступающих с ряда датчиков на микроконтроллер наркозного аппарата. Данная система позволит обеспечить своевременную автоматическую регулировку целевых параметров внешнего дыхания и оксигенации, что что позволит увеличить безопасность общей анестезии.

Научная новизна полученных результатов работы заключается в предложенной технологии автоматизации регулировки целевых параметров внешнего вентилирования и оксигенации, которая в настоящее время еще не представлена в производимых наркозно-дыхательных аппаратах.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Анализ имеющихся наркозно-дыхательных аппаратов показал, что их работа в плане обеспечения общей анестезии и жизненно важных функций пациента практически полностью зависит от ручных регулировок, выполняемых врачом. Учитывая все большее количество информации (визуальной, мониторной, лабораторной), которую персонал должен обрабатывать самостоятельно, может возникнуть ситуация, когда ручные регулировки окажутся несвоевременными либо не совсем корректными. Это еще раз доказывает необходимость разработки автоматизированного управления внешней вентилиацией (через минутный объем дыхания) и оксигенации (через концентрацию кислорода).

Проанализированы текущие принципы расчета минутного объема дыхания (через дыхательный объем и частоту дыхания), с учетом идеального веса пациента и уровня углекислого газа в конце выдоха ($PetCO_2$) как косвенного показателя содержания углекислоты в крови. Изучены текущие принципы поддержания оксигенации пациента через регулировку концентрации кислорода на вдохе (FiO_2) в зависимости от пульсоксиметрического показателя степени насыщения гемоглобина крови кислородом (SpO_2). Описаны принципы микроконтроллерного управления с современных наркозно-дыхательных аппаратах с точки зрения их применения для реализации обратных связей по управлению теми или иными параметрами.

Предложен алгоритм автоматизированного расчета и регулировки МОД в зависимости от данных с капнографического датчика по мониторингу $PetCO_2$ (рисунок 1). При этом устанавливаются приемлемые границы $PetCO_2$ в начале работы.

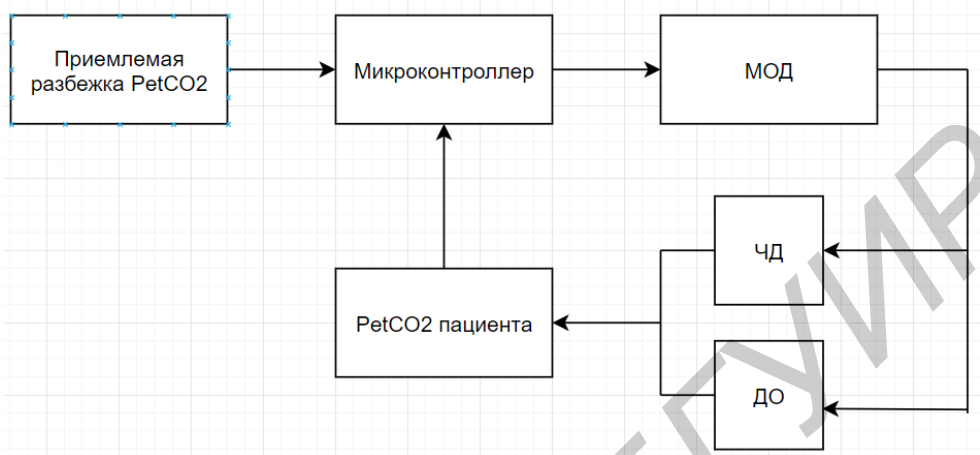


Рисунок 1 – Алгоритм автоматической регулировки МОД по $PetCO_2$

Если текущая величина $PetCO_2$ находится в пределах допустимых границ, то МОД не изменяется. В случае выхода величины $PetCO_2$ за границы приемлемых значений МОД будет соответственно автоматически изменяться (уменьшаться в случае снижения $PetCO_2$ и увеличиваться в случае повышения). Расчет изменения величины МОД ведется по формуле взаимосвязи между МОД и капнографией. С точки зрения безопасности предусмотрены определенные тревоги и сообщения врачу в случае нестабильного или отсутствующего сигнала с капнографического датчика.

Представлен алгоритм автоматизированной регулировки FiO_2 по данным от пульсоксиметрического датчика по мониторингу SpO_2 , отражающего оксигенацию пациента (рисунок 2). При этом устанавливаются приемлемые границы SpO_2 в начале работы.

Если текущая величина SpO_2 находится в пределах допустимых границ, то FiO_2 не изменяется. В случае выхода величины SpO_2 за границы приемлемых значений FiO_2 будет соответственно автоматически изменяться (увеличиваться в случае снижения SpO_2 и уменьшаться в случае избыточного повышения). Расчет изменения величины FiO_2 ведется по формуле взаимосвязи между FiO_2 и оксигенацией. С точки зрения безопасности предусмотрены определенные тревоги и сообщения врачу в случае нестабильного или отсутствующего сигнала с пульсоксиметрического датчика.

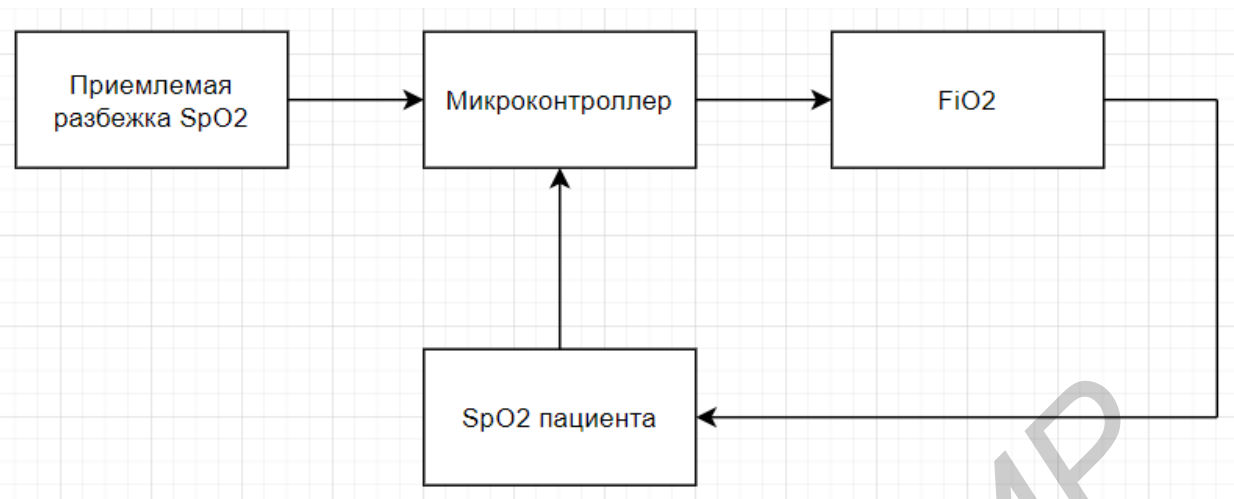


Рисунок 2 – Алгоритм автоматической регуляции FiO_2 по SpO_2

Проведен анализ преимуществ автоматизированной системы в сравнении с ручными регуляциями. Показано, что автоматическая регуляция минутного объема и концентрации кислорода способна удерживать гомеостатические показатели внешней вентиляции ($PetCO_2$) и оксигенации (SpO_2) в необходимых физиологических пределах без их резких колебаний в ту или иную сторону, что способствует более стабильному состоянию пациента с точки зрения основных жизнеобеспечивающих показателей.

Разработана симуляционно-учебная программа по демонстрации основных принципов деятельности системы по автоматической регуляции параметров внешней вентиляции (МОД) и оксигенации по принципу обратной связи. В данной программе в режиме реального времени можно симулировать различные клинические ситуации, связанные с выходом мониторируемых параметров ($PetCO_2$, SpO_2) за установленные приемлемые границы и наблюдать соответствующую реакцию системы на это путем автоматических регуляций МОД и FiO_2 .

Даны практические рекомендации по использованию определенных видов капнографических и пульсоксиметрических датчиков, наиболее оптимально подходящих для функционирования такого рода автоматизированной системы с точки зрения надежности поступающего от них сигнала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Необходимо внедрение в современные наркозно-дыхательные аппараты технологий, осуществляющих в значительной степени

автоматическую регулировку параметров, влияющих на внешнюю вентиляцию и оксигенацию пациента во время общей анестезии.

2. Имеющаяся технология капнографического мониторинга позволяет создать на ее базе систему автоматической регулировки минутного объема дыхания по обратной связи от парциального давления углекислого газа в конце выдоха.

3. Широко применяющаяся технология пульсоксиметрического мониторинга может использоваться для создания системы автоматической регулировки концентрации кислорода на вдохе по обратной связи от степени насыщения гемоглобина крови кислородом.

4. Для демонстрации и обучения работе с автоматизированной системой можно использовать разработанное программное обеспечение для стационарных и мобильных устройств.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Сатишур, О.О. Метод автоматизированной регулировки минутного объема дыхания пациента на основе капнографии // 56-я Научная Конференция Аспирантов, Магистрантов и Студентов БГУИР : сборник тезисов докладов. – Минск : БГУИР, 2020. – С. 385.

2. Сатишур, О.О. Метод автоматизированной регулировки подаваемой концентрации кислорода пациенту на основе пульсоксиметрии // 56-я Научная Конференция Аспирантов, Магистрантов и Студентов БГУИР : сборник тезисов докладов. – Минск : БГУИР, 2020. – С. 387.

3. Сатишур, О.О. Система управления целевыми параметрами внешнего дыхания и оксигенации в наркозно-дыхательном аппарате / О. О. Сатишур, А. В. Чураков // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 3 / редкол.: В. А. Богущ [и др.]. – Минск: Бестпринт, 2020. – С. 355 – 357.

4. Сатишур О.О. Способ автоматизации регулировки и контролируемое поддержание уровней хирургической стадии анестезии в современных наркозно-дыхательных аппаратах. Доклады БГУИР. 2020;18(8):77-82. DOI: <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2020-18-8-77-82>

5. «Адресная доставка аэрозольных лекарственных препаратов в мелкие дыхательные пути посредством электронного небулайзера» (57-я Научная Конференция Аспирантов, Магистрантов и Студентов БГУИР)