

УДК 612.2

## **Разработка аппарата вспомогательной вентиляции (дыхательной поддержки) с блоком УЗ терапии**

*Косова Ю.Л., магистр*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Медико-технический менеджмент»*

*Научный руководитель: Аполлонова И.А., к.т.н., доцент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Медико-технический менеджмент»*

*[apollonova-i@bmstu.ru](mailto:apollonova-i@bmstu.ru)*

Поданным ВОЗ респираторные заболевания в целом являются одной из наиболее распространенных причин заболеваемости и смертности во всех группах населения.

В структуре общей заболеваемости населения России болезни органов дыхания традиционно занимают лидирующую позицию, на их долю приходится до 27,8% всей зарегистрированной и 42,7% выявленной впервые в жизни патологии. [1].

В настоящее время одним из самых эффективных методов лечения респираторных заболеваний является вентиляция легких, которая осуществляется при помощи «Наркозно-дыхательной аппаратуры». Понятие «Наркозно - дыхательная аппаратура», сокращенно НДА, распространяется на медицинскую аппаратуру, предназначенную для обеспечения наркоза и дыхания. Однако в более конкретном понимании речь здесь идет о технических средствах, обеспечивающих проведение ингаляционного наркоза (ИН) и искусственной вентиляции легких (ИВЛ). Также можно включить в состав НДА средства для контроля параметров работы этой техники – т.н. мониторы и устройства, обычно применяемые как принадлежности к аппаратам ИН и аппаратам ИВЛ, в первую очередь увлажнители-подогреватели вдыхаемого газа и аспираторы (отсасыватели), используемые для удаления из верхних дыхательных путей нежелательного содержимого. [2].

Следует обратить внимание на то, что респираторные заболевания резко, а иногда и смертельно нарушают жизнедеятельность, поэтому аппараты ИВЛ относятся к аппаратуре жизнеобеспечения. [3]. При этом важной задачей аппарата является возможность реализации терапевтического эффекта при осложнениях, вызванных основными заболеваниями. Поэтому разработка аппарата совмещающего терапевтический и

поддерживающий методы лечения респираторных заболеваний является востребованной и актуальной.

Рассмотрим более подробно физиологию вентиляции.

Вентиляция легких — это смена воздуха в легких, совершаемая циклически при вдохе и выдохе. Легочную вентиляцию характеризуют прежде всего четыре основных легочных объема:

1. Дыхательный объем-количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает при спокойном дыхании,
2. Резервный объем вдоха-количество воздуха, которое человек может дополнительно вдохнуть после нормального вдоха,
3. Резервный объем выдоха-количество воздуха, которое человек может дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха,
4. Остаточный объем-количество воздуха, остающееся в легких после максимального выдоха.

Перейдем к более подробному рассмотрению вспомогательной вентиляции.

Аппарат вспомогательной вентиляции (ВВЛ) — аппарат для дыхательной поддержки. Метод, при котором респиратор помогает осуществить легочную вентиляцию, а не заменяет ее.

Выделяют следующие показания для использования вспомогательной вентиляции:

а) Наличие клинических симптомов (усталость, нарушение сна, диспноэ, одышка, утренняя головная боль и др.)

б) Физиологические нарушения (один или более критериев):

- $P_{aCO_2} \geq 55$  мм рт. ст. в дневное время
- $P_{aCO_2}$  от 50 до 54 мм рт. ст. в дневное время и снижение насыщения крови кислородом в ночное время (сатурация по данным пульсоксиметрии  $\leq 88\%$  в течение любых 5 последовательных минут при проведении кислородотерапии с объемом  $\geq 2$  л/мин)
- $P_{aCO_2}$  от 50 до 54 мм рт. ст. в дневное время и повторные госпитализации (2 или более в течение 12-месячного периода), связанные с эпизодами острой гиперкапнической дыхательной недостаточности. [6].

К положительным эффектам вспомогательной вентиляции врачи обычно относят:

1. Использование ВВЛ снижает потребность в интубации трахеи на 66% по сравнению со стандартной терапией (антибиотики);

2. Использование НВЛ снижает летальность больных по сравнению со стандартной терапией (8–9% против 29–31%)

3. НВЛ снижает длительность пребывания больных в отделении интенсивной терапии (13 против 32 дней)

4. НВЛ снижает длительность пребывания больных в стационаре (23–26 против 34–35 дней). [4].

Для усиления терапевтического эффекта целесообразно использовать ВВЛ совмещенный с ультразвуковым ингалятором. Рассмотрим встраиваемый блок УЗ ингалятора, на примере УЗ ингалятора. Его свойства и назначение.

Ингаляционная (небулайзерная) терапия является одним из главных видов лечения воспалительных заболеваний дыхательных путей.

Ингаляции имеют целый ряд преимуществ перед другими способами доставки лекарственных препаратов:

1. возможность непосредственного и быстрого воздействия на зону воспаления в слизистых оболочках;
2. ингалируемое вещество практически не всасывается в кровь и не оказывает побочных действий на другие органы и системы, как это бывает при приеме таблеток или инъекциях;
3. это более дешевый способ добиться быстрого смягчения симптомов и выздоровления;
4. ингаляции через небулайзер — единственно возможный метод аэрозольной терапии у детей до 5 лет, а также у многих пожилых пациентов;
5. небулайзер производит аэрозоль, 70% частиц которого имеют размер менее 5 мкм (до 0,8 мкм);
6. в небулайзерной терапии не используется фреон;
7. есть возможность комбинирования лекарственных препаратов;
8. возможна одновременная ингаляция кислорода.

Ультразвуковые небулайзеры распыляют раствор за счет энергии ультразвуковых колебаний. Такой способ распыления жидкостей обеспечивает монодисперсность аэрозоля, высокую плотность и однородность аэрозольных частиц размером 100 - 5 мкм, обеспечивая стабильность глубокой инспирации при меньшем объеме расходуемого лекарственного раствора.

Ультразвуковые ингаляторы компактны, бесшумны и надежны, но ряд препаратов (такие как антибиотики и средства, разжижающие мокроту) разрушаются в ультразвуковой среде и не могут применяться в данном типе ингаляторов. [4].

Ингалятор состоит из распылительной камеры, на дне которой находится пьезоэлемент, высокочастотного генератора и загубника, присоединяемого сверху к камере. На пьезоэлемент от высокочастотного генератора подается непрерывное синусоидальное напряжение с фиксированной частотой, выбранной в пределах от 1 до 3 МГц. Переменное напряжение возбуждает пьезоэлемент, вынуждая его совершать механические колебания по толщине с той же частотой. Вследствие того, что верхняя поверхность пьезоэлемента контактирует с жидким раствором лекарственного препарата, в растворе распространяются ультразвуковые волны, движущиеся от поверхности пьезоэлемента вверх до границы раствора с воздухом.

Вследствие резко отличных друг от друга физических характеристик жидкого раствора и воздуха на границе их раздела выделяется энергия ультразвуковых волн. В результате в месте концентрации ультразвукового пучка возникает фонтанчик, вокруг которого образуется большое количество мелких частичек раствора, отрывающихся от поверхности фонтанчика и создающих облако аэрозоля. Отдельные частицы облака аэрозоля хаотически перемещаются внутри распылительной камеры, и малая часть их может выходить через отверстия в камере, однако, большая часть оседает на стенках камеры или постепенно опускается под действием силы тяжести вниз, возвращаясь обратно в раствор. [5].

Вариант ультразвукового ингалятора, показанного на рис. 1, имеет то достоинство, что позволяет сократить потери аэрозоля лекарственного препарата во время фазы вдоха, если пациент на это время отрывается от загубника и совершает выдох в окружающий воздух.

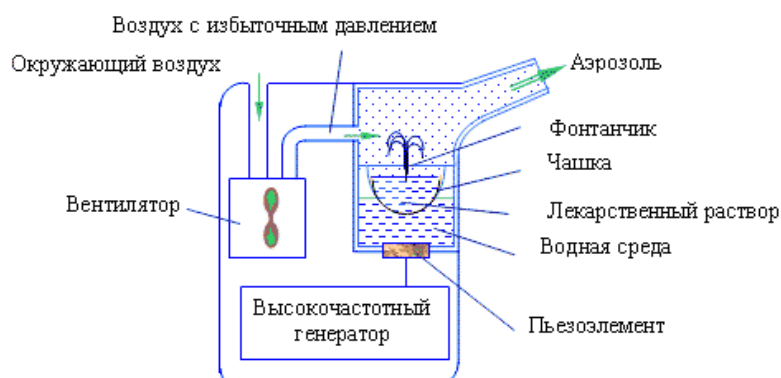


Рис.1. Ультразвуковой ингалятор с вентилятором

Ультразвуковой ингалятор с вентилятором имеет следующие достоинства:

1. Меньший вес и габариты по сравнению с компрессорными ингаляторами.
2. Большой объем лекарственного препарата, заливаемого в распылительную камеру.
3. Более высокая производительность, чем у компрессорных ингаляторов.
4. Более просто реализуемая возможность подогрева аэрозоля.
5. Просто реализуемая возможность регулировки производительности.
6. Отсутствие шума при работе. [5].

Следовательно, можно сделать вывод, что использование блока УЗ ингалятора в позволит пациенту принимать лекарственные препараты в необходимых для терапии объемах. При этом, значительным плюсом использования, является снижение массогабаритных параметров аппарата, что влияет на его портативность. При анализе существующих аппаратов ВЛ и в соответствии с ГОСТ 18856- разрабатываемый аппарате должен соответствовать следующим требованиям:

1. дыхательный объем 0,1 ... 2,5 л;
2. минутная вентиляция 1 ... 50 л/мин;
3. частота дыхания 10 ... 99 л/мин;
4. отношение длительности вдоха и выдоха 1:4 ... 4:1.
5. остаточный (нераспыливаемый) объем лекарственных препаратов, налитых в распылительную камеру, должен быть не более 0.5 мл.
6. однопроцедурный объем распыления лекарственных препаратов должен быть не менее 2 мл.

Перечисленные требования позволили разработать структурную схему аппарата ВВЛ и отдельные характеристики составных элементов аппарата. Структурная схема аппарата представлена на рис.2.

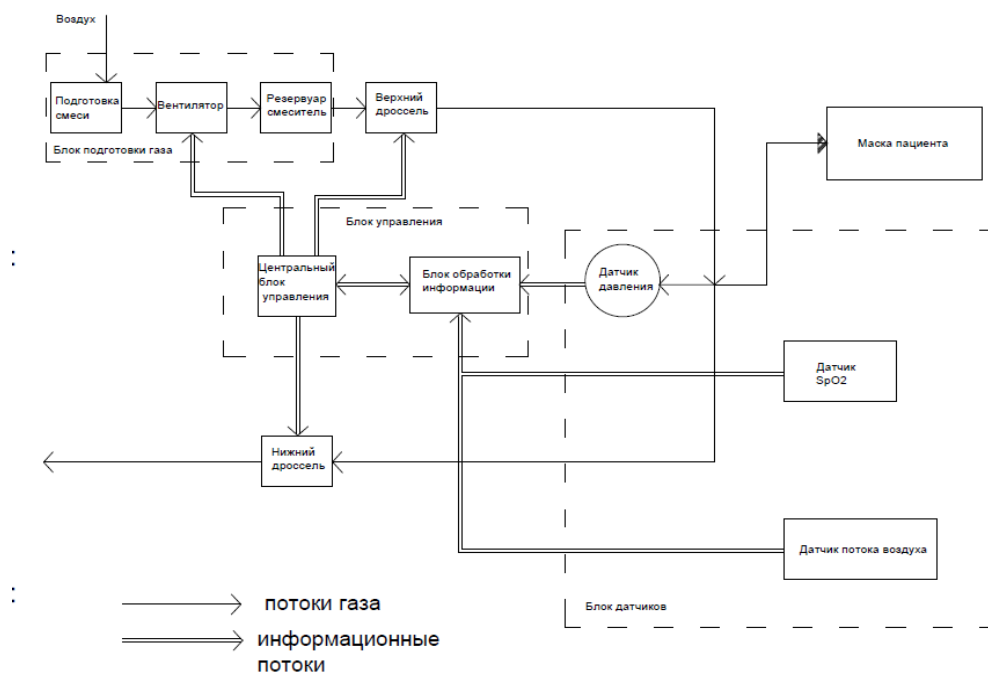


Рис. 2. Структурная схема аппарата ВВЛ с блоком УЗ терапии

Элементы, входящие в блок режимов вспомогательной вентиляции и УЗ ингалятора:

1. Блок подготовки смеси.
2. Вентилятор - обеспечивает подачу воздуха в распылительную камеру под давлением.
3. Распылительная камера (резервуар смеситель) и пьезоэлемент
4. Верхний, нижний дроссели - реализует коммутацию потоков газа и изменяет их характеристики, вкл и выкл направления потоков газа.
5. Блок обработки информации (микроконтроллера, АЦП) - осуществляет обработку информации, поступающей с датчиков.
6. Центральный блок управления - задает частоту работы пьезоэлемента, вентилятора, управляет дросселями, датчиками
7. Датчик давления - осуществляет контроль давление пациента, для управления дросселями, контролем состояния.
8. Датчик SpO<sub>2</sub> – задает требуемые режимы работы аппарата.
9. Датчик потока воздуха - осуществляет контроль эффективности работы аппарата.

#### Выводы:

1. Исследована и доказана необходимость и возможность сочетания аппарата вспомогательной вентиляции с блоком УЗ ингаляции для обеспечения терапевтического и поддерживающего лечения респираторных заболеваний.

2. Составлены медицинские требования для аппарата ВВЛ с блоком УЗ ингаляции, и разработана структурная схема, позволяющая на практике наблюдать возможность реализации сборки данного аппарата.

#### Список литературы

1. Бондарева Н.С. Международный контроль за возбудителями инфекций нижних дыхательных путей // Антибиотики и химиотерапия. 2001. № 1. С. 46 - 48.
2. Бурлаков Р.И., Гальперин Ю.С. Наркозно-дыхательная аппаратура / под ред. Р.И. Бурлакова. М.: МГТУ им. Баумана, 2002. 200 с.
3. Воробьева О.Д., Денисенко М.Б., Елизаров В.В. Смертность // Демографический ежегодник России: статистический сб. 2013. М. 2013. С. 180-186.
4. Авдеев С.Н. Порошковые ингаляторы // Атмосфера. Пульмонология и аллергология . 2004. N4 . С. 36-42 .
5. Вашкевич Д.Л. Актуальные вопросы применения ультразвука в терапии, неврологии и артрологии // Ультразвуковая медицинская аппаратура: Сб. науч. тр.. М.: ВНИИМП,1988. С.71-76.
6. Боголюбов В.М., Васильева М.Ф., Воробьев М.Г. Техника и методики физиотерапевтических процедур: справочник / под ред. В.М. Боголюбова. Тверь.: Губернская медицина, 2001. 408 с.