



УДК 612.216.3

ОБЗОР И АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ НАРКОЗНО – ДЫХАТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

В.А. Лях, А.В. Реков

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
г. Новочеркасск

В данной статье составлен обзор аппаратов наркозно-дыхательной аппаратуры, включающих аппараты искусственной вентиляции легких, ингаляционного наркоза и сопутствующее оборудование. Описаны области применения такой аппаратуры, ее значимость и актуальность. Обозначены области развития оборудования такого типа, представлена их классификация. Рассмотрены схемы аппаратов искусственного дыхания с контурами закрытого и полузакрытого типов. Проанализированы отечественные аппараты искусственной вентиляции легких, показаны их структурные схемы, обозначены особенности их функционирования. Подведены итоги по анализу отечественных аппаратов, включающие их положительные качества и недостатки. Предложена возможность доработки такой аппаратуры с целью расширить диагностические возможности аппаратов и предоставить медицинским работникам более полную заблаговременную картину о состоянии пациента

Ключевые слова: наркозно-дыхательная аппаратура, искусственная вентиляция легких, ингаляционный наркоз

REVIEW AND ANALYSIS OF THE OPERATING PRINCIPLES OF ANNOSIS - RESPIRATORY EQUIPMENT

V.A. Lyakh, A.V. Rekov

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),
Novocherkassk

This article provides an overview of anesthesia and respiratory apparatus, including artificial lung ventilation, inhalation anesthesia, and related equipment. The areas of application of such equipment, its significance and relevance are described. The areas of development of equipment of this type are indicated, their classification is presented. The schemes of artificial respiration apparatus with circuits of closed and semi-closed types are considered. Domestic artificial lung ventilation devices are analyzed, their structural diagrams are shown, and the features of their functioning are indicated. The results of the analysis of domestic devices are summed up, including their positive qualities and disadvantages. The possibility of improving such equipment is proposed in order to expand the diagnostic capabilities of the devices and provide medical workers with a more complete early picture of the patient's condition

Keywords: anesthetic and respiratory equipment, mechanical ventilation, inhalation anesthesia

Наркозно-дыхательная аппаратура (НДА) включает аппараты искусственной вентиляции легких (ИВЛ), ингаляционного наркоза (ИН), применяемые совместно с этими аппаратами мониторы и специальные принадлежности. НДА занимает одно из первых мест по значимости для здравоохранения, поскольку обеспечивает хирургические методы лечения, интенсивную терапию и реанимацию. Поэтому рынок данного вида медтехники характеризуется широкой номенклатурой и достаточно высоким спросом. Оснащенность лечебных учреждений НДА в настоящее время все еще остается недостаточным.

Аппараты ИВЛ можно разделить на две группы:

1) клинические модели, предназначенные для использования в больницах, клиниках и других стационарных лечебных учреждениях. Эти аппараты имеют привод от электросети, широкие возможности и рассчитаны на длительный непрерывный режим работы;



2) простые модели, предназначенные для кратковременного применения в условиях скорой помощи, экстренной медицины, применения в полевых условиях и т.п. Привод вручную или от баллона со сжатым кислородом.

Стоимость одной клинической модели значительно превышает стоимость простой модели.

Если провести анализ поставок аппаратов ИВЛ отечественных и импортных производителей, то можно сделать следующие выводы.

1. Хотя отечественных аппаратов поставляется гораздо больше, чем импортных, затраты на импорт превышают затраты на приобретение отечественной продукции в несколько раз.

2. Многообразие областей применения вызывает необходимость поставок широкой номенклатуры аппаратов ИВЛ (более 18 видов отечественных аппаратов). Тем не менее, номенклатура импортируемых аппаратов ИВЛ (около 70 моделей) явно завышена, что вызывает трудности с ее эксплуатацией, ремонтом, техобслуживанием. Даже процедура закупки аппаратов у 33 фирм 9 стран связана с рядом проблем.

Для планирования разработки новых изделий необходимо, кроме маркетинга, оценить перспективы и тенденции развития аппаратов ИВЛ. К основным тенденциям развития можно отнести:

- реализация ряда новых методик, которые снижают остроту и риск лечебного воздействия и увеличивают роль дыхательной активности пациента;
- расширение применения опорного потока для реализации ряда методик вентиляции, в том числе для идентификации дыхательных усилий пациента;
- расширение применения аппаратов с более набором возможностей генераторов вдоха переменного потока в виде меха или поршня, приводимого программно- управляемым электродвигателем;
- применение в аппаратах с более широким набором возможностей генераторов вдоха постоянного потока с использованием компрессоров новых типов;
- активная реализация менее инвазивных методик и режимов ИВЛ;
- интеграция аппаратов ИВЛ с мониторингом и средствами измерения;
- автоматизированное и интуитивно понятное оператору управление, обеспечивающее стабильное поддержание заданных показателей, несмотря на ряд возмущающих воздействий;
- обеспечение аварийного электропитания и пневмопитания;
- выполнение требований новых стандартов к функциональным качествам, безопасности, электросовместимости, анализу риска и т.п.;
- расширение использования электронно-управляемых и в том числе программно-управляемых компонентов, а также программируемых логических моделей;
- улучшение безопасности, надежности и дизайна;
- расширение возрастного назначения аппаратов.

Единая классификация респираторов до настоящего времени не разработана. На практике принято осуществлять их группировку по ряду характерных признаков: способу действия, виду энергии, используемой при работе аппарата, способу переключения фаз дыхательного цикла.

По способу действия различают несколько типов аппаратов.



Респираторы наружного действия, как на все тело, так и на грудную клетку. В настоящее время они полностью вышли из практического применения в силу их громоздкости, дороговизны и низкой эффективности.

Респираторы внутреннего действия, респираторы, функционирующие по принципу вдвигания газа в легкие, позволяют обеспечить адекватную вентиляцию легких у любых больных с преодолением как эластического, так и аэродинамического сопротивления дыхания.

По виду энергии, используемой при работе респиратора, также различают несколько типов аппаратов ИВЛ.

Работа аппаратов с ручным приводом, представляющих собой мех или саморасправляющийся эластичный резервуар с нереверсивным клапаном, основана на использовании мускульной энергии.

Респираторы с механическим приводом подразделяются на следующие типы:

1. Аппараты с электроприводом, функционирующие от внешнего источника электроэнергии или встроенного аккумулятора.
2. Аппараты с пневматическим приводом, приводимые в действие энергией сжатого газа.
3. Аппараты с комбинированным приводом, в которых управление осуществляется за счет электроэнергии, а вместо генератора вдоха используется сжатый газ из внешней пневмосети или автономного компрессора.

Использование электропривода позволяет эффективно осуществлять управление современными многофункциональными респираторами на основе микропроцессорной техники, обеспечивает получение, анализ, отображение различной информации о режимах и параметрах работы респиратора.

Респираторы с пневмоприводом технически более просты, компактны, что делает их предпочтительными для применения в экстренных ситуациях и при транспортировке больных.

Устройство аппарата искусственного дыхания с положительным давлением представлена на рисунке 1. За счет повышения давления в трахее воздух нагнетается в легкие, которые расправляются, как только положительное давление будет устранено.

Контур пациента отделен от силового контура дыхательным мешком.

Для подачи дыхательной смеси используются два типа контуров – закрытый и полузакрытый.

Закрытый контур полностью изолирован от окружающей среды. Теоретически в закрытых системах анестетик должен сохраняться полностью, т.е. исключается его утечка в атмосферу. Закрытый контур разделяется на: прямоточную схему вентиляции (рис. 1.а) и обратно-поступательную (рис. 1.б).

Прямоточная система вентиляции используется в аппаратах с односторонним направлением потока. Выдыхаемый воздух проходит через поглотитель углекислого газа и смешивается с новой порцией кислорода и анестетика. После прохождения через дыхательный мешок смесь поступает к больному. В связи с тем, что мертвое пространство в системе мало, сопротивление дыханию будет существенно.

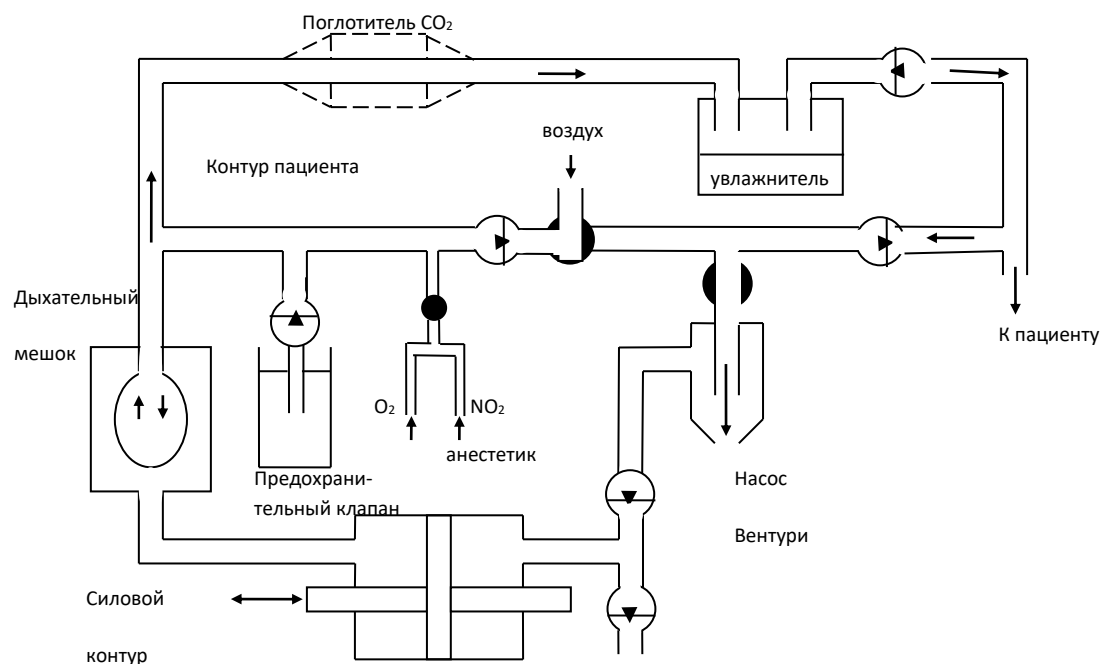


Рис. 1 – Упрощенная схема аппарата искусственного дыхания

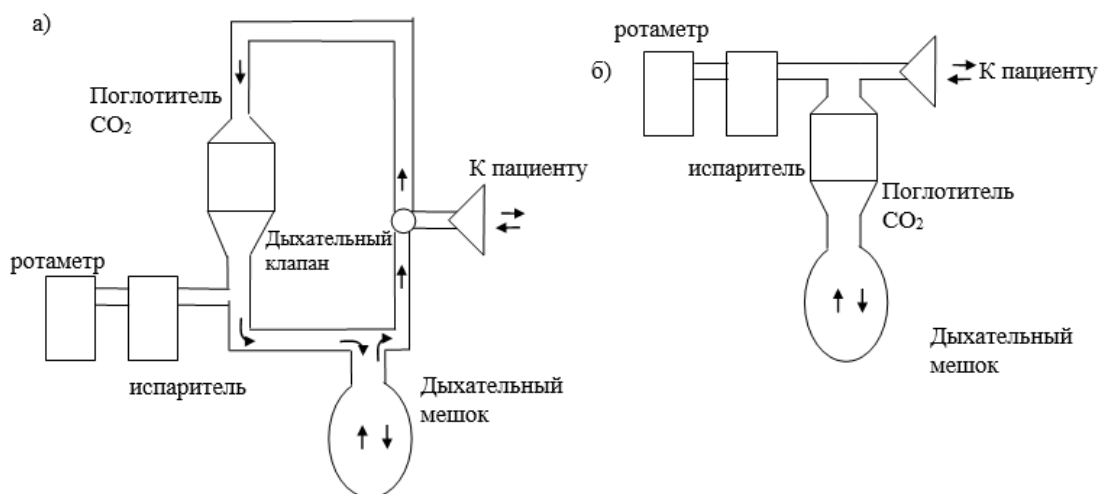


Рис. 1 – Дыхательный контур закрытого типа

Возвратно – поступательная система дыхания в отличие от прямоточной обладает небольшим сопротивлением вентиляции. Выдыхаемый воздух через поглотитель углекислого газа поступает в дыхательный мешок. При вдохе направление воздуха меняется на обратное, в результате чего он проходит через поглотитель дважды. Такая схема требует более частой замены патрона поглотителя, так как увеличение абсорбируемого углекислого газа сопровождается увеличением мертвого пространства схемы.

Полузакрытый контур (рис. 2) отличается тем, что при каждом дыхательном движении часть выдыхаемого воздуха выделяется в атмосферу. Потерянный объем возмещается свежей смесью кислорода с анестетиком. Поскольку анестетик попадает в окружающую атмосферу необходимо учитывать его воздействие на персонал.

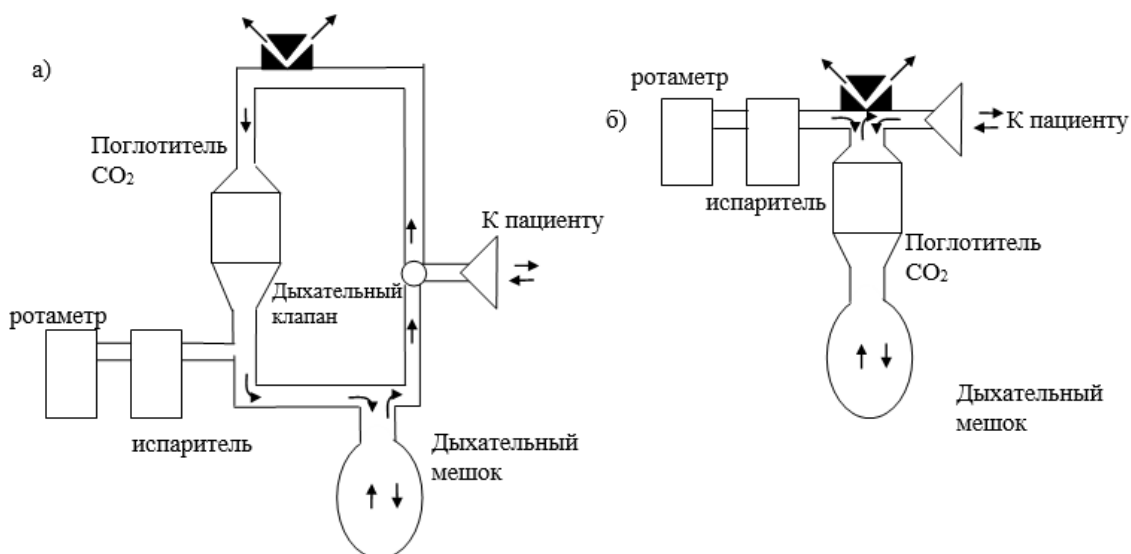


Рис. 2 – Дыхательный контур полузакрытого типа, а – прямоточная схема вентиляции, б – возвратно – поступательная схема вентиляции

Для каждого аппарата можно выделить основные структурные блоки: источник газа, подаваемого пациенту (генератор вдоха); распределительное устройство, задающее требуемое направление движения газа в различных фазах дыхательного цикла; механизм управления распределительным устройством.

В качестве простого аппарата можно представить «Пневмат-1» (рис. 3), в котором генератором вдоха является инжектор с питанием от сжатого кислорода. Распределительное устройство периодически прерывает поток газа, разделяя его на определенные порции. Перевод устройства из положения вдоха в положение выдоха и обратно осуществляет пневматический переключающий механизм, определяющий длительность вдоха и выдоха и, следовательно, частоту дыхания и отношение продолжительностей вдоха и выдоха.

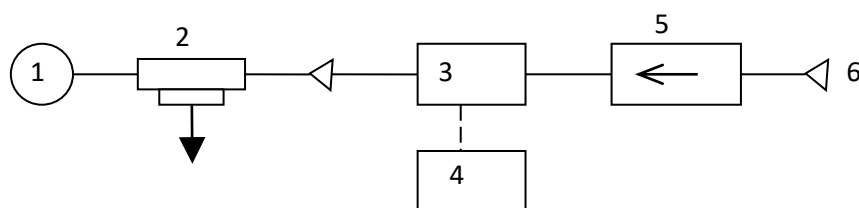
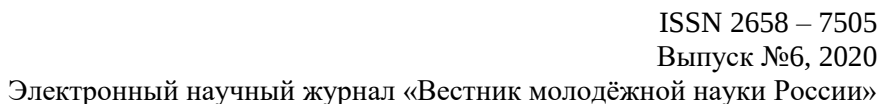


Рис. 3 – Структурная схема аппарата ИВЛ «Пневмат-1». 1 – пациент; 2 – нереверсивный клапан; 3 – распределительное устройство; 4 – переключающий механизм; 5 – генератор вдоха; 6 – ввод сжатого газа

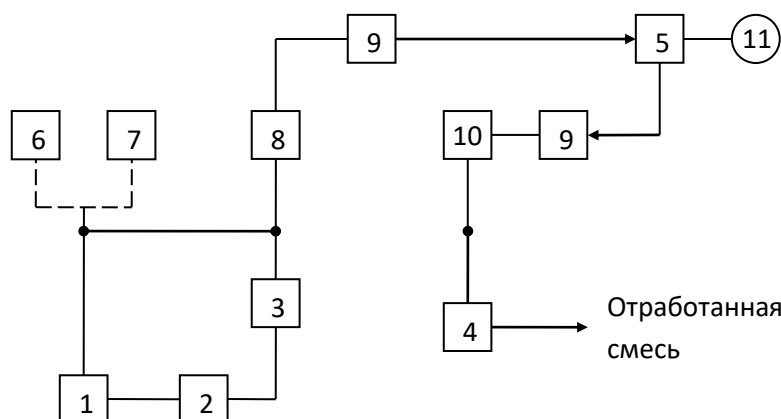
Среди стационарных респираторов отечественного производства, предназначенных для длительной ИВЛ, в течение долгих лет были наиболее распространены аппараты типа РО (объемные респираторы). Различные модификации этих респираторов (РО-1, РО-2, РО-3, РО-5, РО-6) по существу не имели принципиальных различий, по функциональным возможностям.

Структурная схема аппарата ИВЛ РО-6Н представлена на рисунке 4. Для получения реверсивного и нереверсивного дыхательных контуров в этой модели



The diagram illustrates a Petri net with 10 places and 5 transitions. Places are represented by rectangles (3, 4, 7, 9, 10) and circles (1, 2, 6, 8). Transitions are represented by vertical bars with arrows (1, 3, 4, 5). Solid lines represent places with tokens, and dashed lines represent places without tokens. The diagram shows a complex flow of tokens and transitions.

Респиратор «Фаза-5» (структурная схема на рис. 5) предназначен для проведения искусственной и вспомогательной вентиляции легких в следующих режимах: традиционная ИВЛ, ИВЛ с респираторной паузой, ИВЛ с ПДКВ, высокочастотная вентиляция под положительным давлением (контролируемая по объему).



Работает по принципу переключения фаз дыхательного цикла по времени. Частота вентиляции в обычном режиме – от 10 до 40 циклов в минуту, в высокочастотном режиме – от 40 до 160 циклов в минуту. Отношение времени



вдох:выдох от 1:2,3 до 1,5:1. Аппарат снабжен паровым увлажнителем с регулируемым нагревом воды. Предусмотрена аварийная звуковая и световая сигнализация при разгерметизации дыхательного контура, превышении уровня заданного давления на вдохе, перегреве газовой смеси в увлажнителе. Особенность респиратора «Фаза-5» состоит в возможности многократной стерилизации дыхательного контура без его разборки перегретым паром с помощью увлажнителя.

Рассматриваемые аппараты надежны и не представляют электрической опасности для пациента. Они могут работать в основных режимах вентиляции. Гораздо дешевле зарубежных аналогов и проще в управлении.

К минусам аппаратов семейства РО относится отсутствие режимов вспомогательной вентиляции. Существенным недостатком выше перечисленных аппаратов является отсутствие контроля за состоянием пациента.

Добавление блока пульсоксиметрии повысит безопасность пациента, при использовании аппарата искусственной вентиляции легких; обеспечивая раннюю диагностику осложнений, таким образом, давая врачу время для правильного понимания возникшей проблемы и проведения своевременных действий.