

## БІОЛОГІЧНІ ТА МЕДИЧНІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

УДК 616.24-085.816 (045)

Л.О.КОШЕВА, І.В.ФЕДОРЕНКО

Національний авіаційний університет, Київ

### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ШТУЧНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ЛЕГЕНІВ

**Анотація.** Запропоновано підхід до реалізації режиму штучної вентиляції легень, що полягає у досягненні оптимальних показників дихання. Наведено структурну схему апарату штучної вентиляції легень з реалізацією запропонованого режиму та описано алгоритм його роботи.

**Ключові слова:** штучна вентиляція легень, адаптивний режим, респіратор, контрольована та допоміжна вентиляція, хвилинна вентиляція, оптимальні показники.

**Аннотация.** Предложен подход к реализации режима искусственной вентиляции легких, которая заключается в достижении оптимальных показателей дыхания. Приведена структурная схема аппарата искусственной вентиляции легких с реализацией предложенного режима и описаны алгоритм его работы.

**Ключевые слова:** искусственная вентиляция легких, адаптивный режим, респиратор, контролируемая и вспомогательная вентиляция, минутная вентиляция, оптимальные показатели.

**Abstract.** An approach to the implementation mode of mechanical ventilation, which is to achieve the optimal performance of breathing. Shows the block diagram of the ventilator with the implementation of the proposed regime and describes the algorithm of its work.

**Key words:** ventilator adaptive mode, respirator, controlled and auxiliary ventilation, trigger, supporting pressure, minute ventilation.

#### Вступ

Штучна вентиляція легень (ШВЛ) здійснюється за допомогою спеціального апарату – респіратора, який призначено для індивідуального захисту органів дихання та контролю дотримання заданих лікарем параметрів. Режим ШВЛ – це алгоритм управління потоком киснево-повітряної суміші у дихальному контурі. Запорукою раціональної респіраторної підтримки є уважне спостереження за хворим, врахування особливостей патологічного процесу і чітке розуміння технічних деталей реалізації режимів і алгоритмів ШВЛ.

У теперішній час лікувальні установи різного рангу мають на оснащенні відділень інтенсивної терапії апарати ШВЛ, парк яких невпинно збільшується. Сучасний апарат ШВЛ є складним пристроєм, що потребує спеціальних знань лікарів та обслуговуючого персоналу і пропонує лікарю не альтернативні варіанти проведення ШВЛ, а безперервну гамму режимів. Мета використання різних режимів і алгоритмів ШВЛ – здійснення індивідуального підходу до конкретної клінічної ситуації. Різноманіття режимів та контрольованих параметрів ускладнює роботу лікаря, коли необхідно швидко визначити оптимальний режим дихання на поточний момент стану та потреби пацієнта. У зв'язку з цим виникає необхідність у реалізації такого режиму, який забезпечить оптимальні показники штучної вентиляції легень з урахуванням поточного стану пацієнта. Для проведення раціональної респіраторної підтримки необхідне розуміння не лише фізіологічних особливостей хворого, але і деталей реалізації режимів ШВЛ в апаратах різних класів і моделей.

#### Сучасний стан питання

В даний час спостерігається принципова зміна поглядів на респіраторну підтримку [1]. Так, спостерігається тенденція до повної відмови від нетригерованої вентиляції з максимальною увагою до збереження спонтанного дихання пацієнта; особлива увага приділяється попередженню пошкодження легень через нераціональний вибір параметрів ШВЛ; відмова від прагнення до нормалізації газообміну та інших показників гомеостазу на користь так званих стрес-норм. Сучасні апарати штучної вентиляції легень відрізняються орієнтацією на допоміжні режими вентиляції, наявністю мікропроцесорного управління всіма параметрами вентилятора, розширеними можливостями моніторингу параметрів респіраторної механіки пацієнта, а також розвинутою системою тривоги для відстеження небезпечних відхилень. Таким чином, сучасні апарати забезпечують підтримку дихальної функції пацієнта протягом довгого часу [1,2].

#### Постановка проблеми

Метою ШВЛ, як відомо, є забезпечення нормальної вентиляції легень і оксигенації артеріальної крові, що досягається шляхом вдування газових сумішей з високим вмістом кисню. Звичним підходом до режимів ШВЛ є поділ вентиляції легень на контрольовану та допоміжну. Допоміжна вентиляція передбачає включення тригера і подачу механічних вдихів з урахуванням самостійного дихання пацієнта [3]. При контрольованій вентиляції відсутня можливість аналізу респіратором дихальних спроб хворого. Якщо поставлено завдання подати в легені певний дихальний об'єм газів (киснево-повітряної суміші), то вентиляція є контрольованою за об'ємом. Якщо респіратор створює тиск в дихальних шляхах, то вентиляція є контрольованою за тиском. Очевидно, що в обох випадках в дихальні шляхи подається потік киснево-повітряної суміші, що має певний об'єм, і створює в легенях тиск залежно від механічних влас-

тивостей легень. Сучасні респіратори можуть забезпечувати суміщення контрольованих вентиляцій як за тиском, так і за об'ємом [4,5].

При формуванні вдиху з контролем за об'ємом респіратор подає потік в легені пацієнта і перемикається на видих при досягненні заданого лікарем об'єму вдиху (дихального об'єму). Недоліками такого режиму є небезпека баротравми (пошкодження органів, що містять повітря або вуглекислий газ, викликані різкими змінами атмосферного тиску); нерівномірність вентиляції різних відділів легень; неможливість адекватної вентиляції без частого контролю заданих показників. При формуванні вдиху з контролем за тиском респіратор подає потік в легені пацієнта і перемикається на видих при досягненні заданого лікарем тиску. Недоліками такого режиму є відсутність гарантованого дихального об'єму, необхідність повного моніторингу вентиляції та частого контролю заданих показників. Запропонований режим надасть можливість зменшення цих недоліків шляхом контролю необхідних та достатніх для цього параметрів: маси тіла пацієнта ( $M_t$ ), відсоток обов'язкової (примусової) хвилинної вентиляції ( $V_{min}, \%$ ), максимально допустимий тиск в легенях ( $P_{max}$ ).

### Опис структурної схеми

Вибір режиму ШВЛ залежить від цілей (ШВЛ при анестезії, при патології легень або механічного апарату дихання тощо), від стану хворого та можливостей лікарні. Контрольована та допоміжна вентиляції реалізуються за класичною схемою апарату ШВЛ. Для впровадження адаптивного режиму штучної вентиляції легень пропонується ввести до класичної структурної схеми апарату ШВЛ блок автоматичної адаптації (БАА) до пацієнта, що наведено на рисунку 1.

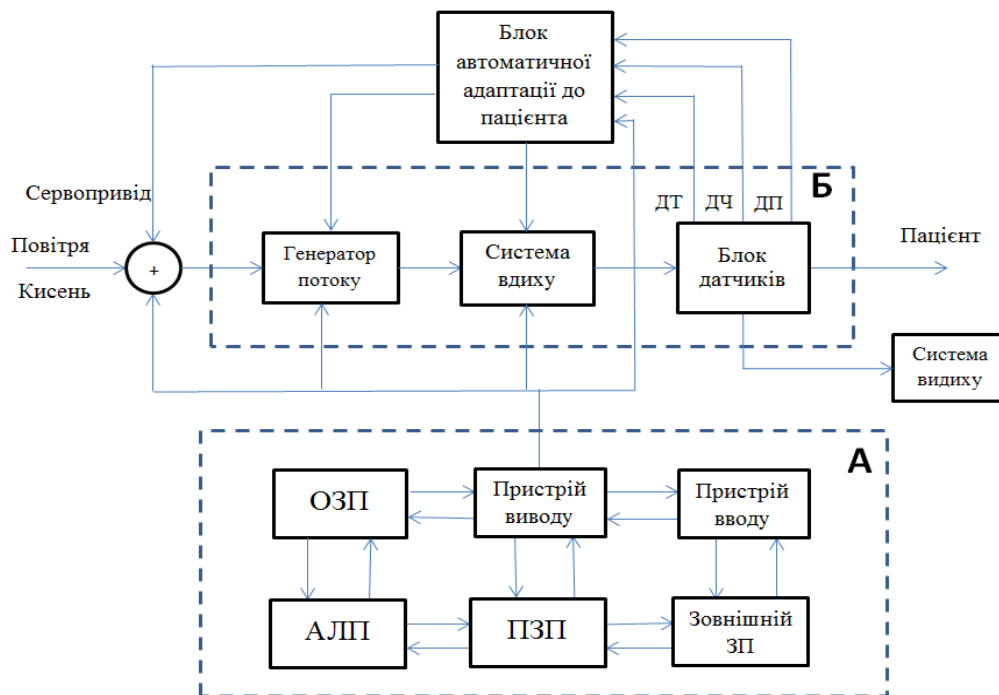


Рисунок 1– Спрощена структурна схема апарату ШВЛ, що забезпечує адаптивний режим

Вхідні сигнали до БАА поступають від датчиків об'єму потоку, тиску та частоти дихання, порівнюються з вхідними параметрами, які задаються лікарем і виробляють керуючі сигнали, що подаються на відповідні вузли приладу. На відміну від традиційних режимів ШВЛ запропонований режим працює тільки з задаванням трьох параметрів:  $M_t$  (за 100% приймається «фізіологічна» хвилинна вентиляція, рівна 100 мл / кг / хв у дорослих і 200 мл / кг / хв у дітей);  $V_{min}, \%$ ;  $P_{max}$ . Після цього апарат автоматично вибирає тип вентиляції (контрольована або допоміжна) і розраховує необхідні оптимальні параметри ШВЛ.

Особливістю адаптивного режиму вентиляції є постійна інтерактивна взаємодія в системі «режими ШВЛ- апарат-хворий» з автоматичним регулюванням трьох параметрів вентиляції для досягнення тієї чи

іншої заданої мети (наприклад, заданого дихального або хвилинного об'єму дихання). Режим може бути реалізований у сучасних апаратах ШВЛ, що дасть змогу з мінімальним втручанням лікаря контролювати та покращувати стан пацієнта [6]. У такий спосіб блок автоматичної адаптації надасть змогу:

- оцінити легеневу механіку пацієнта;
- оптимізувати співвідношення дихальний об'єм / частота дихання з урахуванням легеневої механіки;
- забезпечити оптимальне поєднання дихального об'єму / частоти дихання за рахунок автоматичної підтримки цільового обсягу хвилинної вентиляції при дотриманні правил захисту легенів;
- автоматично контролювати стан, і корегувати показники дихання в залежності від стану пацієнта.

#### Алгоритм адаптивного режиму

Алгоритм, реалізація якого забезпечує автоматичний розрахунок обов'язкової апаратної хвилинної вентиляції, самостійне визначення найбільш оптимальних показників: інспіраторного тиску (керованого або підтримуючого) та частоти дихання для досягнення заданої мети, наведено на рисунку 2.

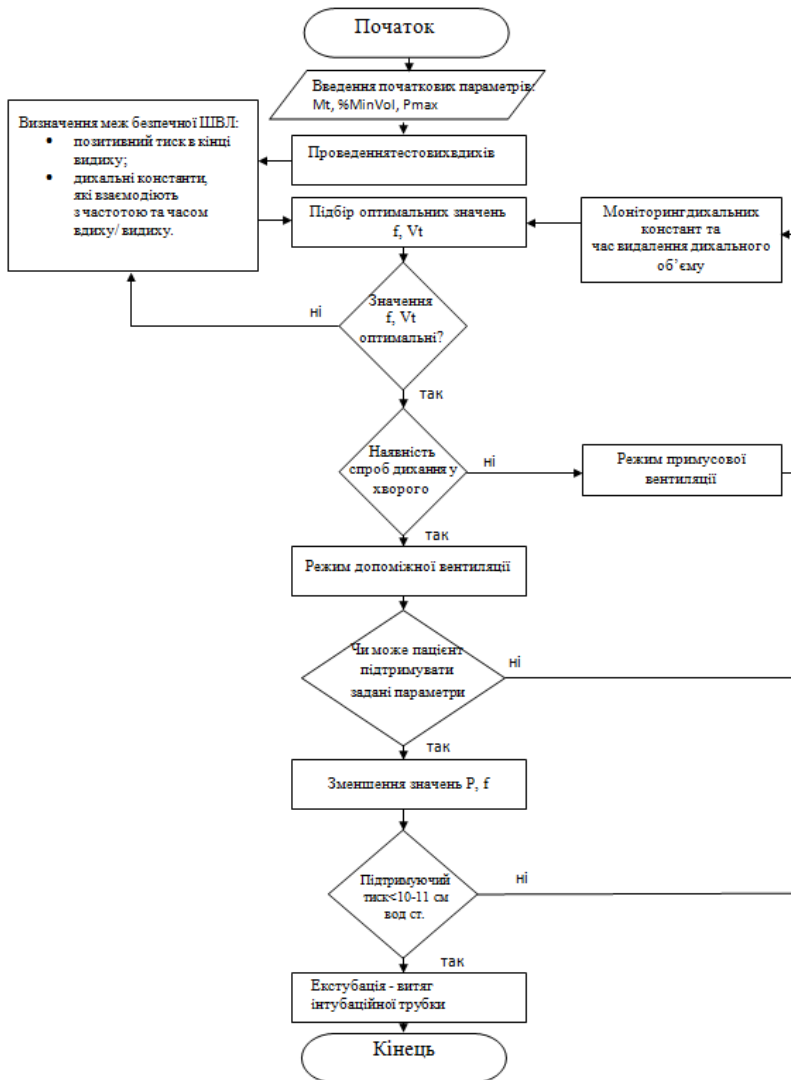


Рисунок 2 –Алгоритм адаптивного режиму

Даний алгоритм працює із заданням наведених показників:  $M$ ,  $V_{\min}$ ,  $\%$ ,  $P_{\max}$  у блоці автоматизації. На початку роботи апарат, підключений до хворого, реалізує програму тестових вдихів, за якими визначаються такі межі безпечної вентиляції як позитивний тиск в кінці видиху та дихальні константи, які пов'язані з частотою та часом вдиху/ видиху. За результатами тестових вдихів визначається стан пацієнта, відповідно до якого підбираються оптимальні значення частоти та об'єму дихання. Якщо показники частоти та об'єму дихання не набули оптимальних значень, то БАА, що постійно проводить моніторинг дихальних констант, повертається до підбору оптимальних значень, коригуючи їх, і знову визначаються межі безпечної вентиляції. При досягненні оптимальних значень встановлених показників, апарат підтримує наявні спроби дихання у хворого. Якщо відсутні спроби хворого самостійно дихати, або вони недостатні, то вмикається режим примусової вентиляції і проводиться моніторинг додаткового параметру – часу, протягом якого з легких видаляється дихальний об'єм. Всі параметри, які підлягають моніторингу, перевіряються на відповідність оптимальним значенням, і у разі їх невідповідності БАА повертається до підбору оптимальних значень. Якщо показники відповідають оптимальним значенням, тобто присутні спроби хворого самостійно дихати, тоді включається режим допоміжної вентиляції легень, який стимулює дихання хворого. Якщо пацієнт підтримує задані параметри, то апарат зменшує тиск в легенях та частоту вдихів. Підтримуючий тиск має бути меншим за 10-11 см.вод.ст [7]. Якщо ці показники задовольняються, то відбувається витяг респіраторної трубки лікарем. У разі, перевищення оптимального значення тиску, то БАА, проводячи постійний моніторинг дихальних констант, повертається до підбору оптимальних значень.

У такий спосіб запропонований алгоритм дозволяє постійно проводити моніторинг (контролювати та проводити оцінку) стану пацієнта, розраховуючи та підтримуючи оптимальні показники вентиляції легень для досягнення розрахункових (оптимальних) параметрів, та в максимально можливий короткий термін переводити пацієнта на самостійне дихання та відключати від апарату ШВЛ.

#### Висновки

Запропонований адаптивний режим штучної вентиляції легень забезпечує мінімальне втручання лікаря при здійсненні штучної вентиляції легень, автоматично підтримуючи оптимальні значення найважливіших показників дихання, що полегшує роботу лікаря з апаратом ШВЛ та забезпечує потреби дихання пацієнта шляхом постійного моніторингу поточних показників дихання.

#### Список використаної літератури

1. Clinical Application of Mechanical Ventilation by David W Chang D. W. Edition 2006. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.amazon.com>.
2. Mechanical Ventilation. MacIntyre N. & Branson R. by Neil R. MacIntyre and Richard D. Branson 2nd Edition, 2008. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.amazon.com/Mechanical-Ventilation-Neil-R>.
3. Сатишур О.Е. Механическая вентиляция легких / О.Е. Сатишур.- М.: Мед. лит., 2006.- 352 с.
4. Респіраторна підтримка: Керівництво по штучної та допоміжної вентиляції легень в анестезіології та інтенсивній терапії / [Кассиль В. Л., Лескінен Г. С., Вижігіна М. А. ] - М.: Медицина, 1997. – 324 с.
5. Горячев А.С. Основы ШВЛ. Часть третья [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://anest.ugansk.ru>.
6. Царенко С. В. Практичний курс штучної вентиляції легень/С. В.Царенко.- М., 2007.- 97 с.
7. Оценка местных принципов искусственной вентиляции легких [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.euroanaesthesia.org>.

Стаття надійшла: 22.02.2013.

#### Відомості про авторів

**Кошева Лариса Олександрівна** – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри біокібернетики та аерокосмічної медицини, Національний авіаційний університет, т.4067442, [amis@ukrpost.net](mailto:amis@ukrpost.net), Космонавта Комарова, 1, Київ 03058.

**Федоренко Іванна Володимирівна** – магістр, Національний авіаційний університет, т.4067442, [fedorenko\\_ivanna@ukr.net](mailto:fedorenko_ivanna@ukr.net), Космонавта Комарова, 1, Київ 03058.