

# ИВЛ

## Влияние ИВЛ на гемодинамику

Докладчик и тд

# Основные параметры ИВЛ

- Время
- Объем
- Поток
- Давление

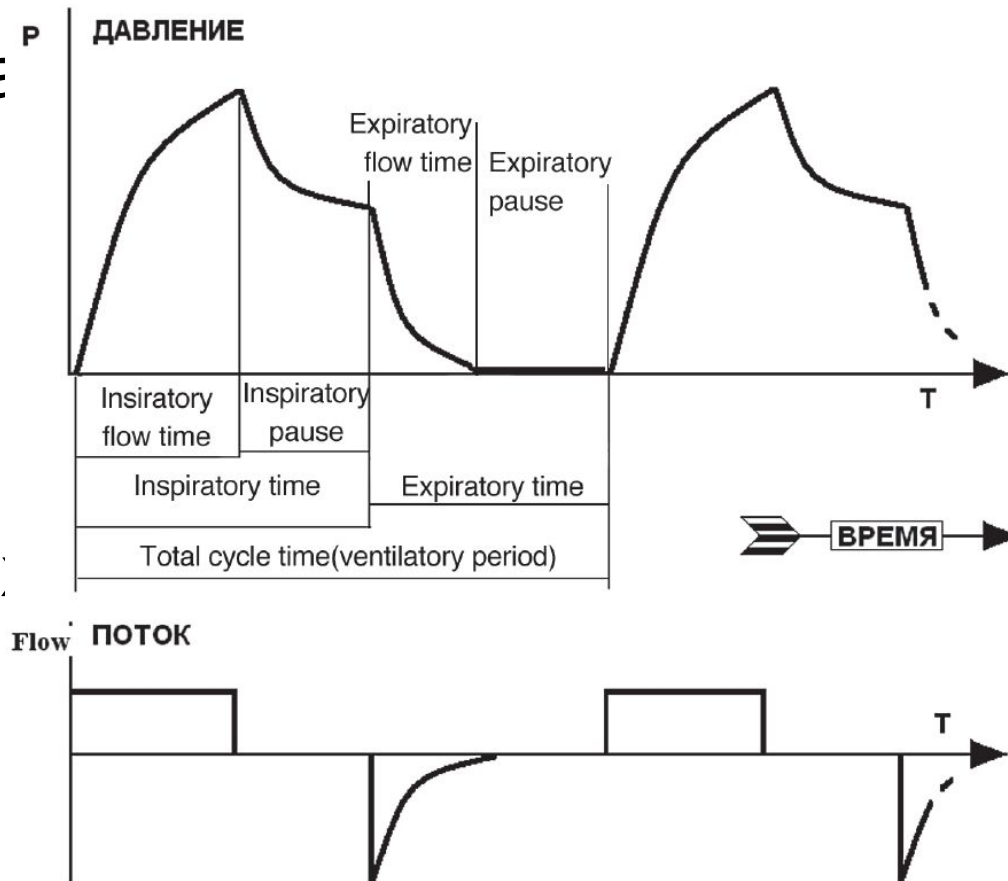


# Время (t)

Мера длительности и последовательности явлений

- Время вдоха =  
Потоковое время вдоха  
+  
(Инспираторная пауза)

- Время выдоха =  
Потоковое время выдоха  
+  
(Экспираторная пауза)



# I:E

Отношение времени вдоха к времени выдоха

В традиционной ИВЛ I:E = 1:2

На ранних стадиях ОРДС рекомендуется увеличивать данное соотношение до 1:1,5 – 1:1

На поздних стадиях ОРДС рекомендуется увеличивать данное соотношение до 2:1 и более совместно с уменьшением ДО и инспираторного давления

# Объем (V)

- Дыхательный объем ( $V_t$ ) – величина вдоха или выдоха
- Минутный объем (MV) – сумма  $V_t$  за минуту
- Объем мертвого пространства (DS)
- Объемы исследуемые в спирометрии

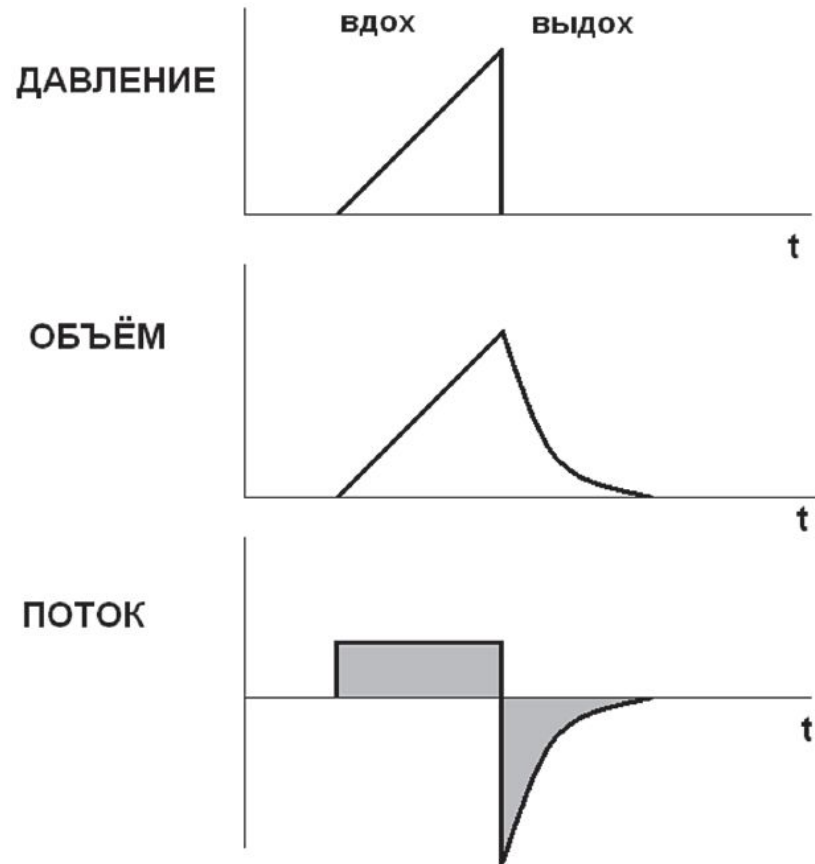
$V_t$ :

- 10-12 мл/кг предсказанной массы тела
- 6 мл/кг пмт (протективная ИВЛ)

# Поток ( $\dot{V}$ )

$\dot{V}$  Скорость изменения объема

Поток = Объем /  
Время



# Давление (P)

Движущей силой позволяющей сделать вдох является градиент давлений между входом в дыхательные пути и альвеолами.

Предельное давление в дыхательной системе составляет 30 – 40 см вод. ст.

В том случае, если аппарат ИВЛ осуществляет вдох синхронно с дыхательной попыткой пациента, давление, создаваемое аппаратом ИВЛ ( $P_{vent}$ ), суммируется с мышечным усилием пациента ( $P_{mus}$ ) (левая часть уравнения) для преодоления упругости легких и грудной клетки (elastance) и сопротивления (resistance) потоку воздуха в дыхательных путях (правая часть уравнения).

$$P_{mus} + P_{vent} = P_{elastic} + P_{resistive}$$

$$P_{elastic} = E \times V \text{ (произведение упругости на объём)}$$

$$P_{resistive} = R \times \dot{V} \text{ (произведение сопротивления на поток)}$$

$$\text{Следовательно: } P_{mus} + P_{vent} = E \times V + R \times \dot{V}$$

$$P_{mus}(\text{мбар}) + P_{vent}(\text{мбар}) = E(\text{мбар/мл}) \times V(\text{мл}) + R(\text{мбар/л/мин}) \times \dot{V}(\text{л/мин})$$

E - elastance (упругость) показывает на сколько миллибар возрастает давление в резервуаре на вводимую единицу объёма (мбар/мл);

R - resistance сопротивление потоку воздуха проходящему через дыхательные пути (мбар/л/мин).

# Главные расчётные параметры респираторной механики

Комплаинс статический (C) (податливость) =  
 $1/E$

$$C = V_t / (P_{\text{(плато вдоха)}} - PEEP)$$

Норма: 60 – 100 мл/мбар

Сопротивление дыхательных путей (R)

$$R = (P_{\text{(пиковое)}} - P_{\text{(плато вдоха)}}) / \dot{V}$$

Норма у интубированных пациентов на ИВЛ:  
3-10 см вод. ст./л/сек

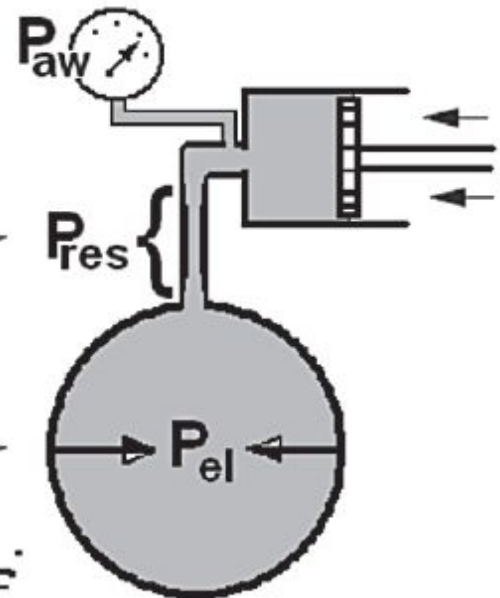
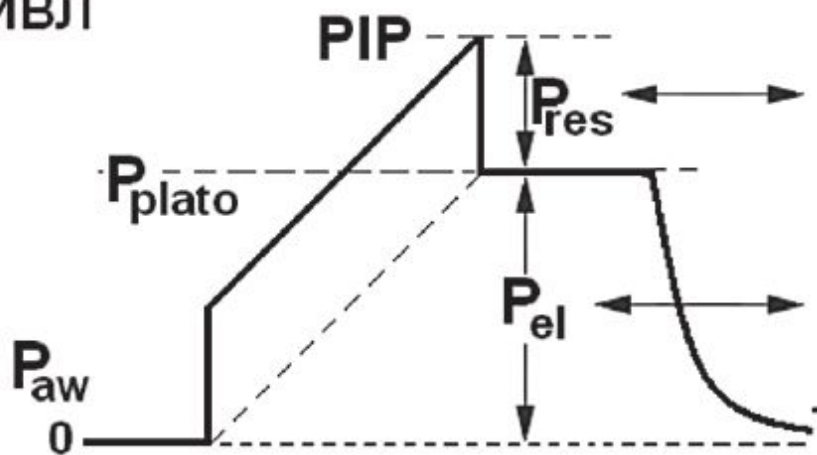
Динамический комплаинс (CD)

$$CD = V_t / (P_{\text{(пиковое)}} - (-PEEP))$$



ДАВЛЕНИЕ  
В КОНТУРЕ  
АППАРАТА  
ИВЛ

$$P_{aw} = P_{res} + P_{el}$$



ПОТОК

+

0

-

ОБЪЁМ

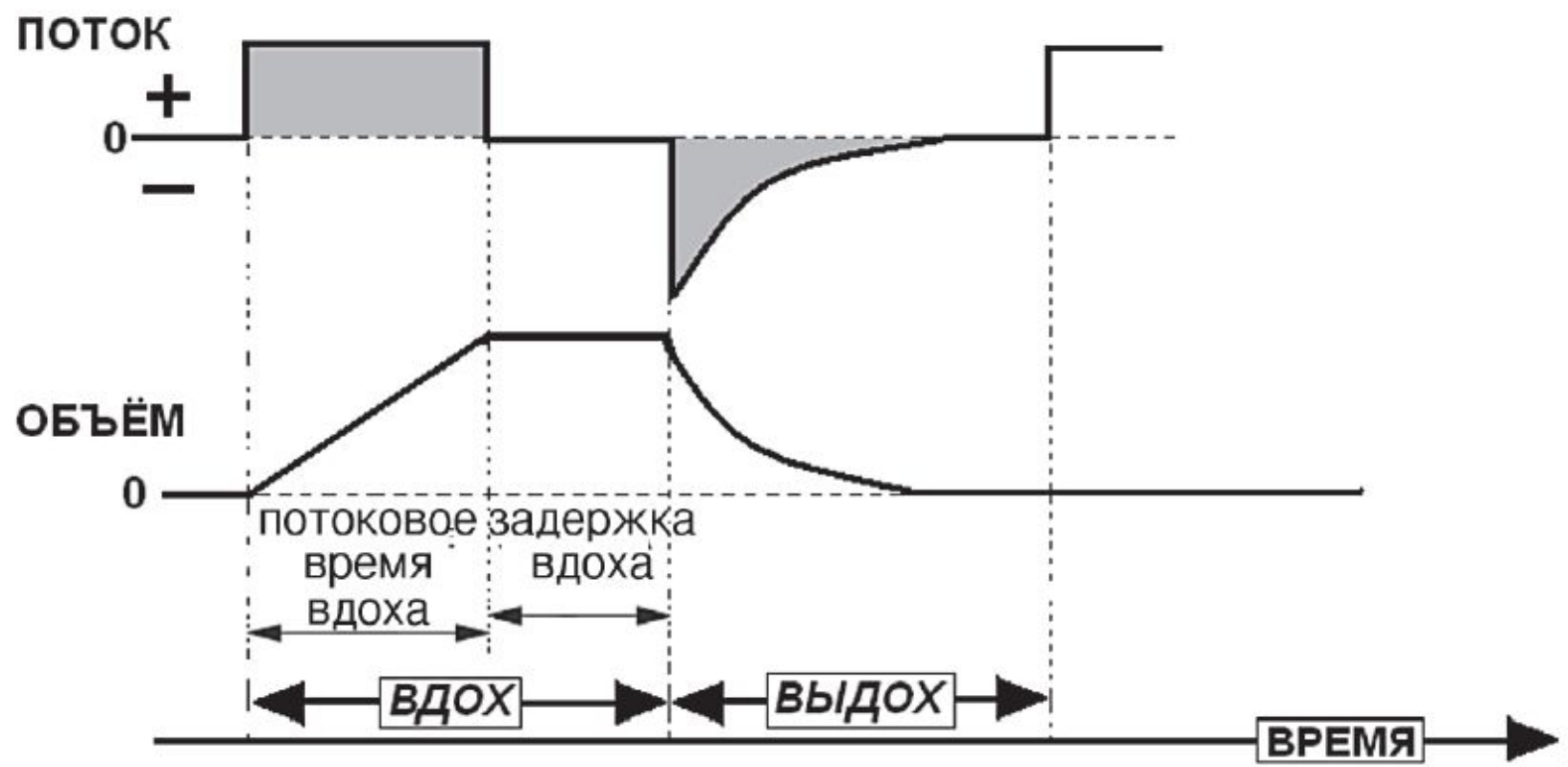
0

поток  
задержка  
время  
вдоха

ВДОХ

ВЫДОХ

ВРЕМЯ

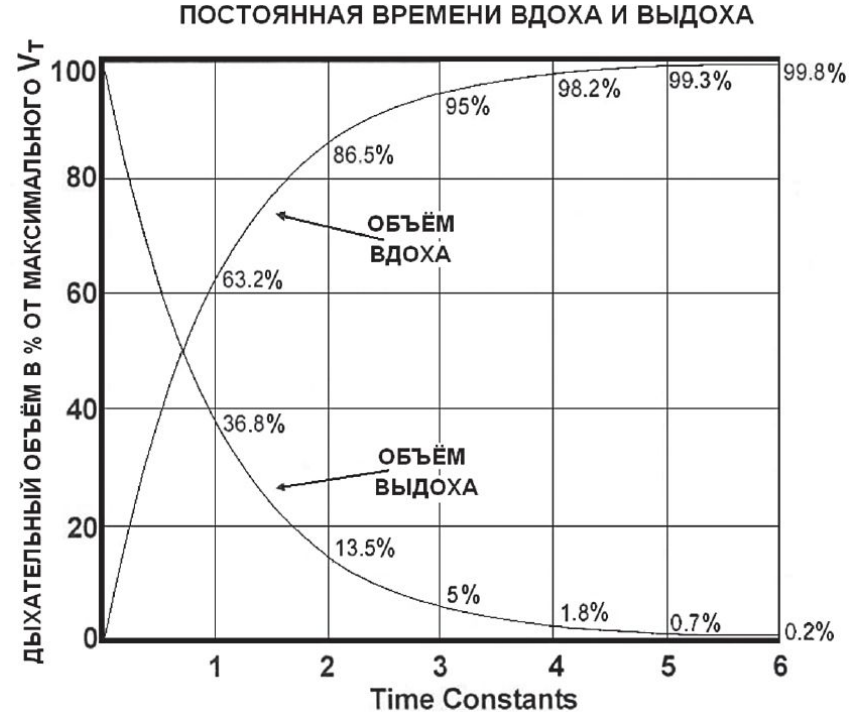


# Постоянная времени ( $\tau$ )

$$\tau = C \times R$$

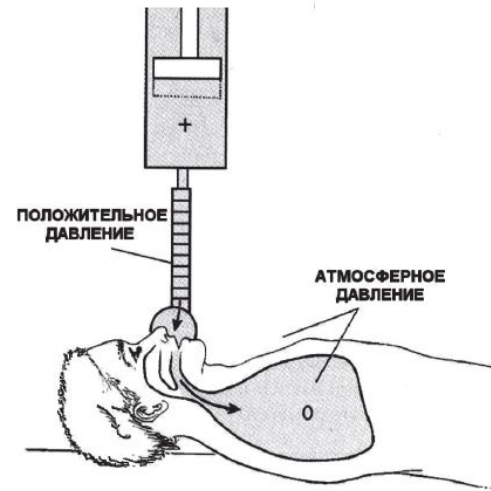
Отражает одновременно эластические свойства дыхательной системы и сопротивление дыхательных путей

Время вдоха или выдоха  $\approx 5\tau$



# Влияние ИВЛ на легкие

Современные аппараты ИВЛ работают по принципу вентиляции с положительным давлением (PPV)



Благоприятное влияние ИВЛ проявляется при патологии легких, ведущей к серьезному снижению вентиляционно перфузионного соотношения  $< 0,7$  (Норма:  $0,8-0,85$ ). В таких случаях увеличивается количество функционирующих альвеол, площадь газообмена и оксигенация.

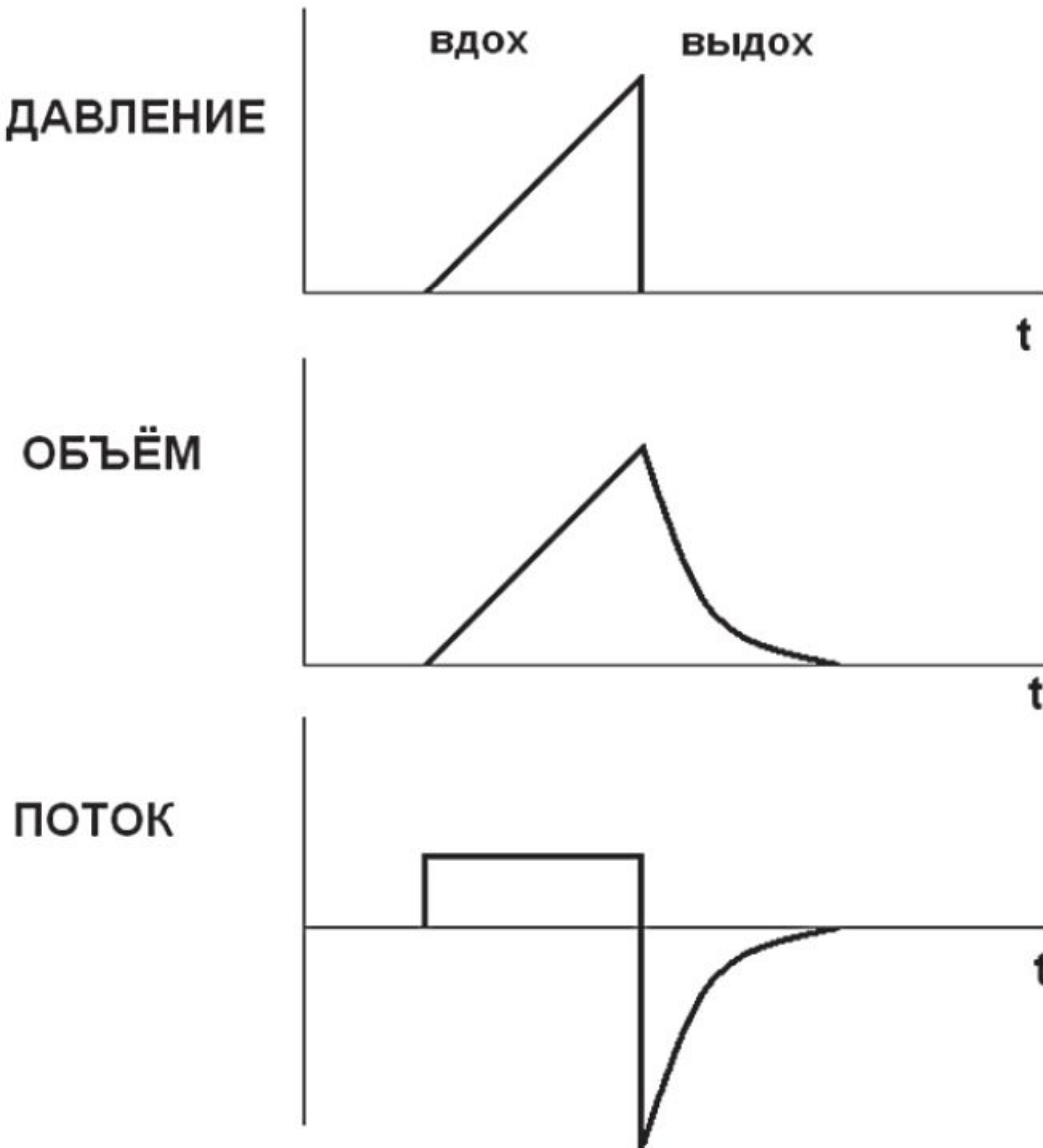
- При **высоком альвеолярном давлении** во время принудительного аппаратного вдоха может наступить сдавление легочных капилляров, что усиливает проникновение жидкости из капилляров в интерстиций легких (усугубляется гиперкапнией)
- Вентиляция **избыточными объемами** приводит к вымыванию сурфактанта
- **Увеличение пикового давления** более 40-45 см вод. ст. приводят к разрушению структуры альвеол
- **Концентрация кислорода** более 55-60% способствует разрушению сурфактанта (вентиляция больше часа значительно повышает риск развития ОПП)

# Экран

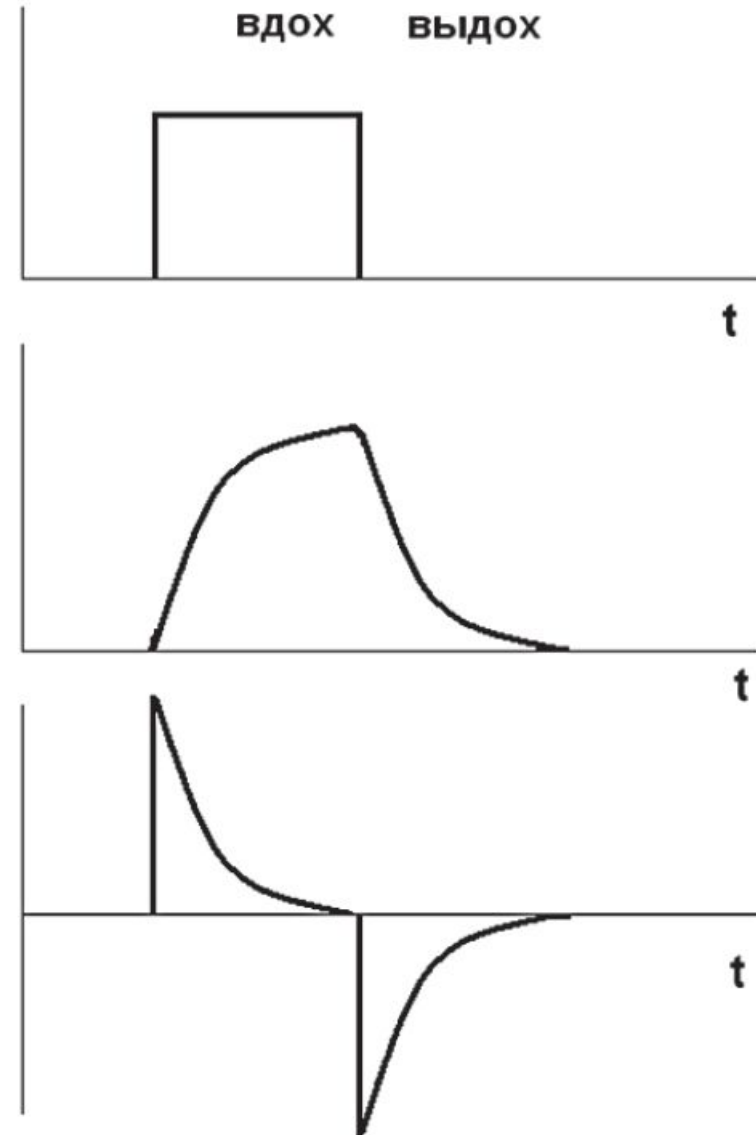


# Управление (Control)

## Volume/Flow Control



## Pressure Control



# Программы дыхательного цикла

Программа «Trigger»



включает программу «Control»



Программа «Control»



управляет вдохом.

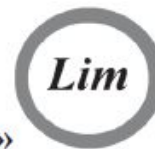
## Управляемые переменные:

- Объем/поток
- Давление

## Фазовые переменные:

- Время
- Объем
- Поток
- Давление

Программа «Limit»



устанавливает границы.

Программа «Cycle»

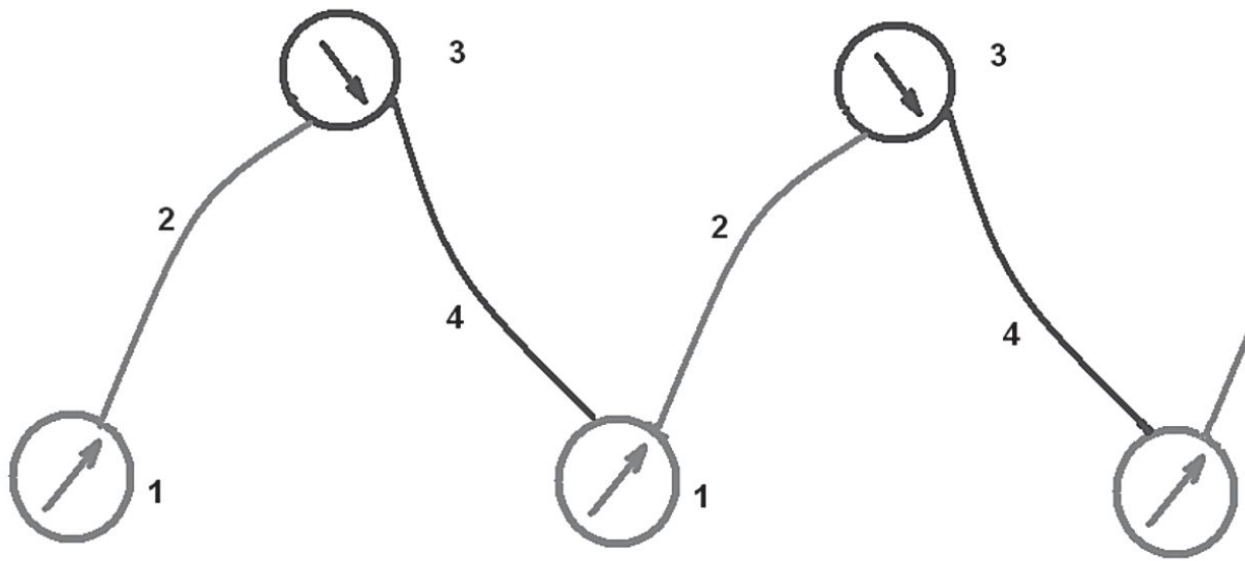


завершает вдох и начинает выдох.

Программа «Baseline»



поддерживает нижний уровень давления на выдохе.



1 – Trigger (запускает вдох)

2 – Limit (определяет максимальное значение потока, давления или объема)

3 – Cycle (переключает на выдох)

4 – Baseline (управляет параметрами выдоха)



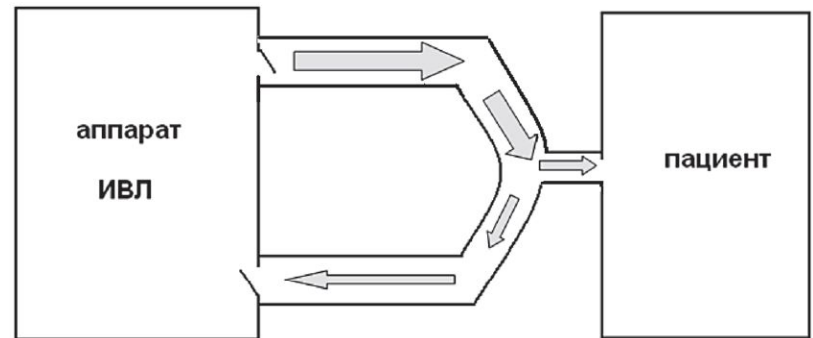
# Триггер

Пусковая схема, включающая вдох.

Аппаратный триггер – **ВРЕМЯ**

Триггеры пациента:

- Давление
- Поток
- Объем
- Сигнал внутрипищеводного датчика
- Электрический импульс проходящий по диафрагмальному нерву
- Сигнал получаемы за счет изменения импеданса грудной клетки при попытке вдоха



# Предельные параметры вдоха (Limit)

Этими параметрами могут быть:

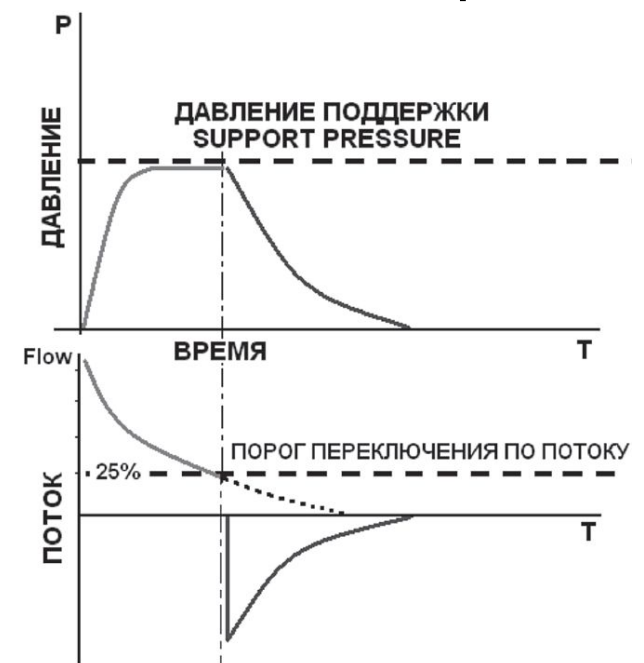
- Давление
- Поток
- Объем

После достижения предельно установленных значений вдох продолжается до тех пор пока не сработает программа `Cycle1`



# Переключение с вдоха на выдох (Cycle)

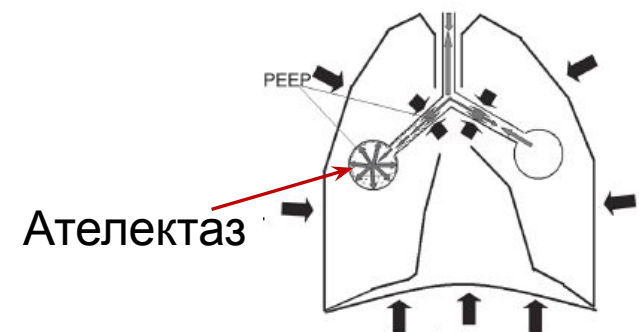
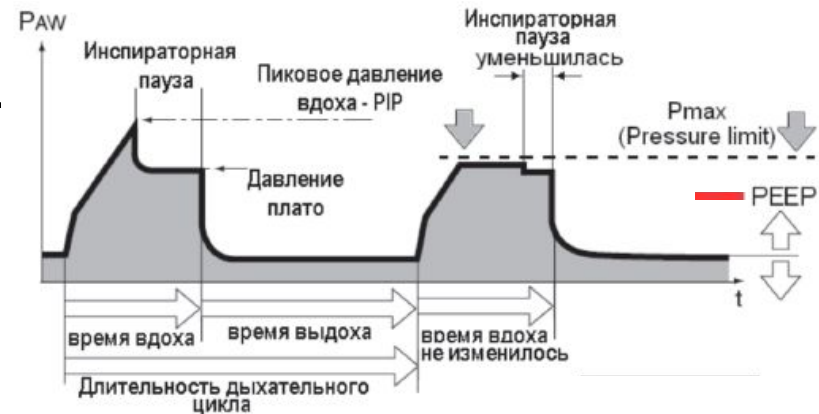
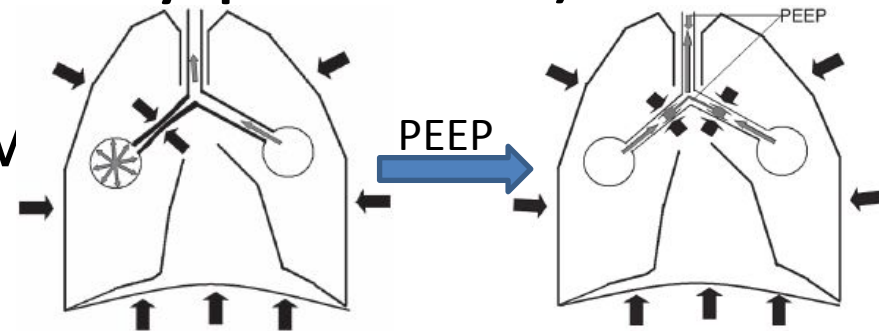
- По **Времени**:  $\text{Время вдоха} = \text{Потоковое время вдоха} + (\text{Инспираторная пауза})$
- По **Объему** – вдох прекращается как только доставлен заданный объем
- По **Давлению** – вдох будет продолжаться до тех пор пока давление не достигнет порогового значения (Если пациент участвует в дыхании то он может увеличить или сократить время вдоха)
- По **Потоку** – вдох продолжается до тех пор пока поток не снизится до установленного порогового значения (используется в режиме контроля по давлению). Обычно по умолчанию установлен порог переключения на выдох 25% от пикового значения потока  
(Если пациент участвует в дыхании то он может увеличить или сократить время вдоха)



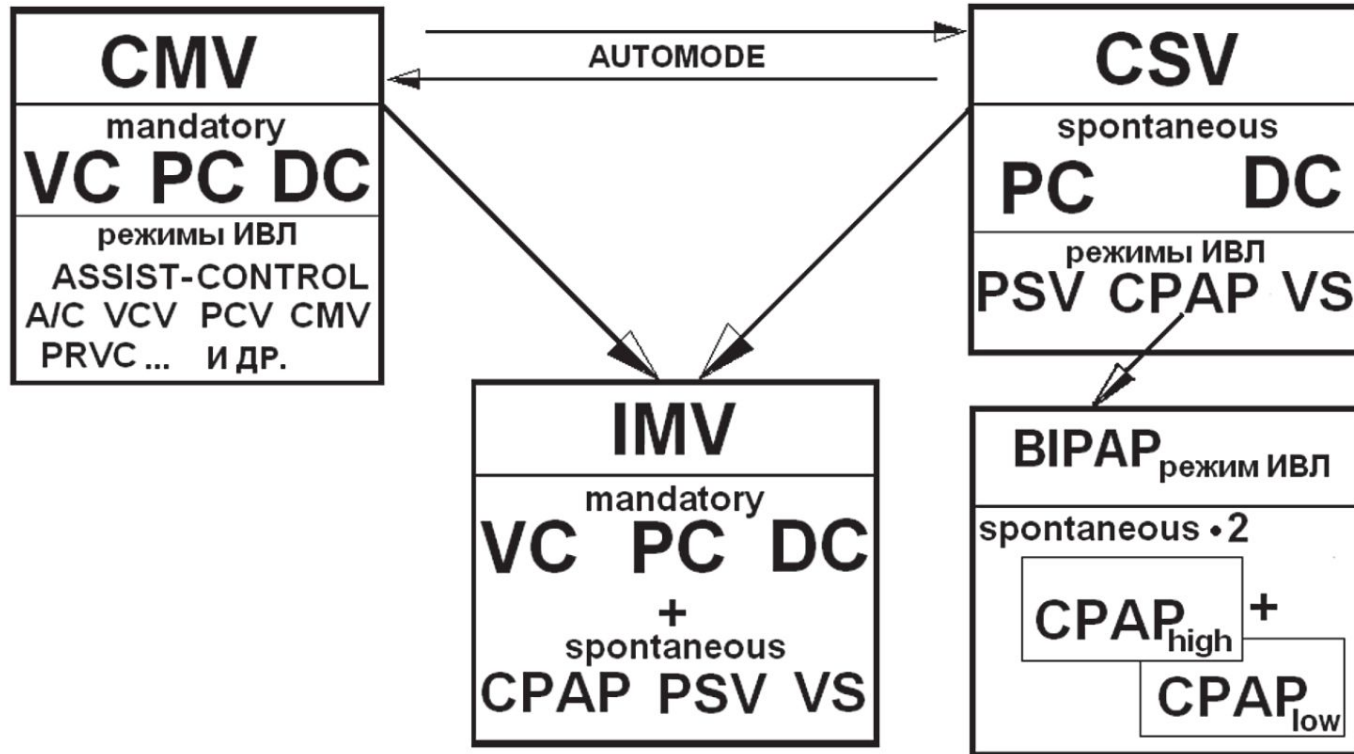
# ПДКВ (PEEP)

## Положительное давление конца выдоха (positive end expiratory pressure)

- Используется для борьбы с экспираторным закрытием дыхательных путей у пациентов с ХОБЛ.
- Мобилизует спавшиеся альвеолы и предотвращает ателектаз.  
(Стандартные значение 3 – 5 см вод. ст.).
- При ОРДС параметр PEEP можно установить более 10 см вод. ст.



# Типы вдоха и способы управления

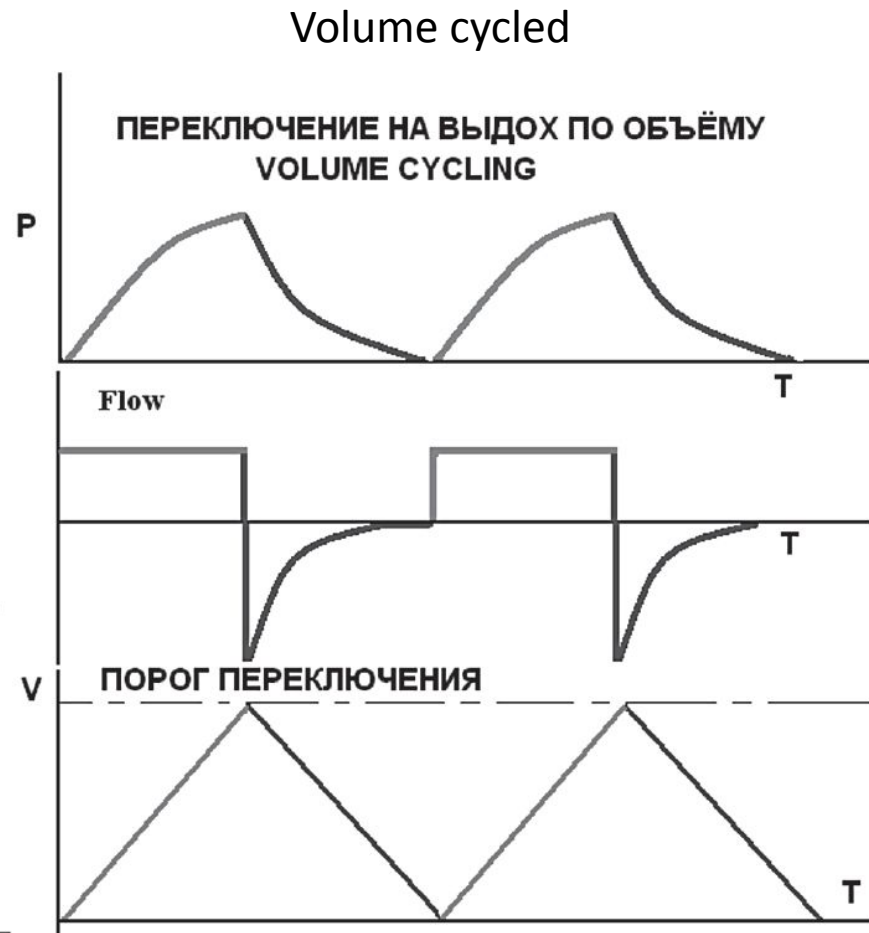
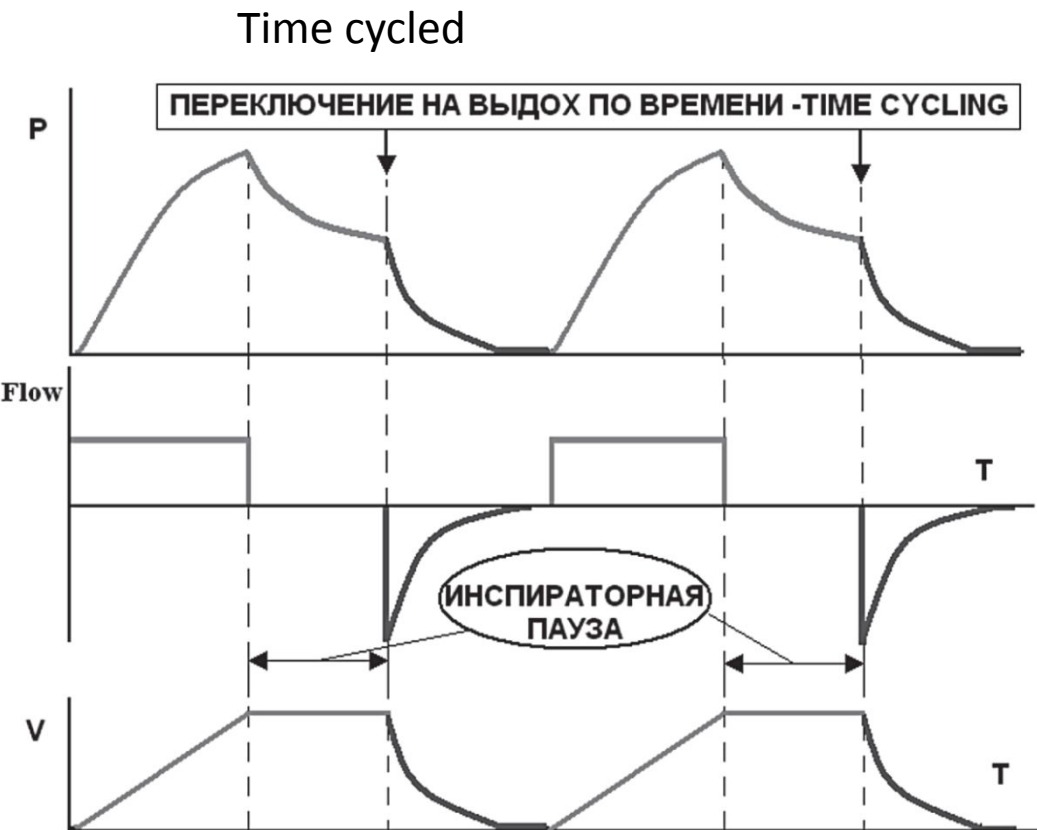


## Типы согласования вдохов

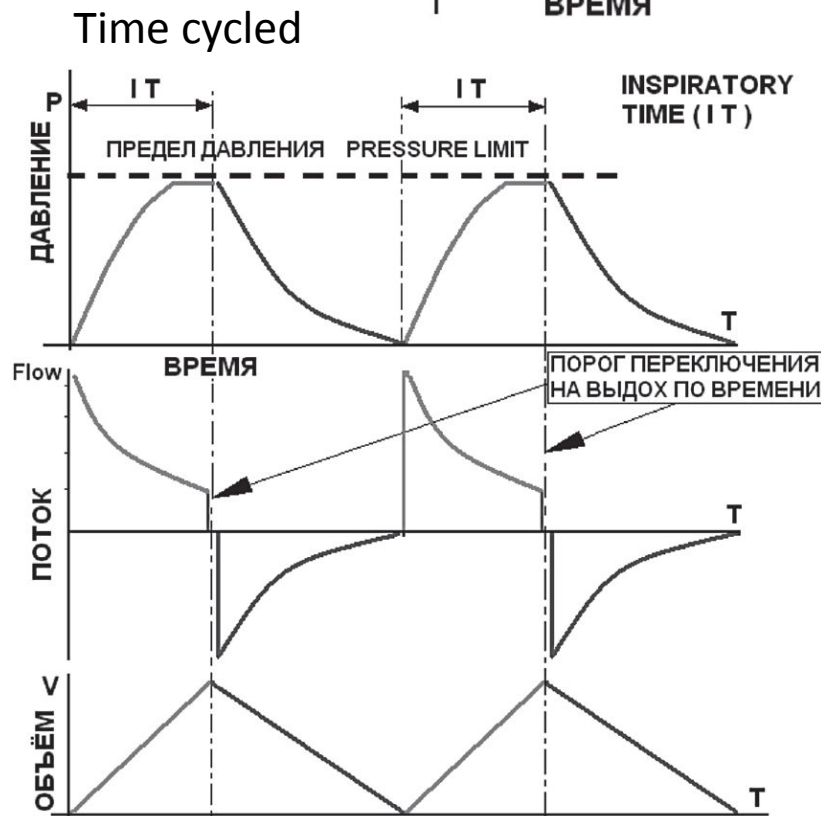
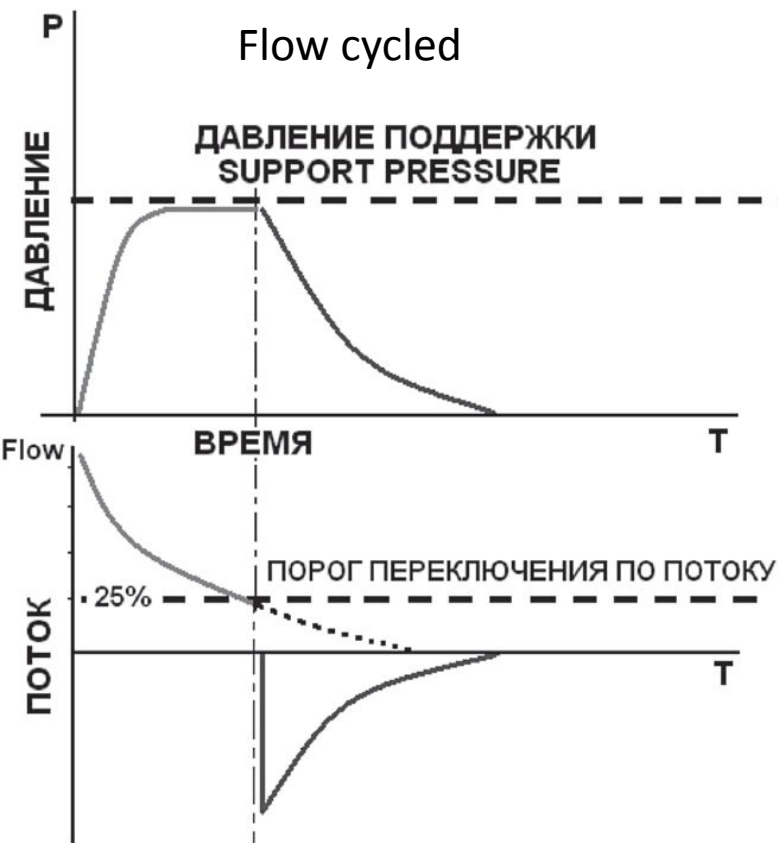
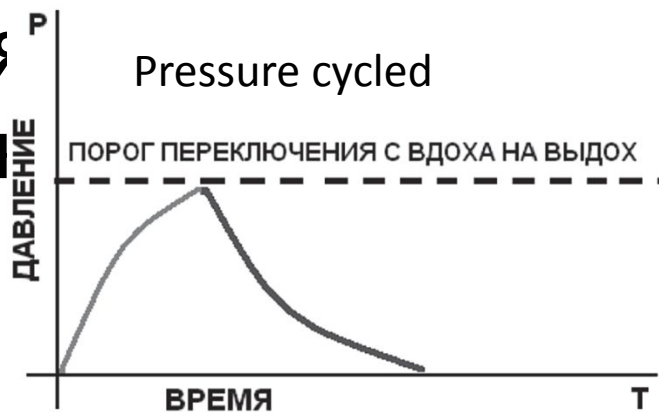
- Continuous Mandatory Ventilation (CMV) – все вдохи принудительные
- Continuous Spontaneous Ventilation (CSV) – все вдохи самостоятельные
- Intermittent Mandatory Ventilation (IMV) – принудительные вдохи чередуются с самостоятельными

# Управляемые переменные

- VC (Volume control) – После включения вдоха, аппарат должен вдохнуть в легкие пациента предписанный объем.  
Cycle: Время, Объем



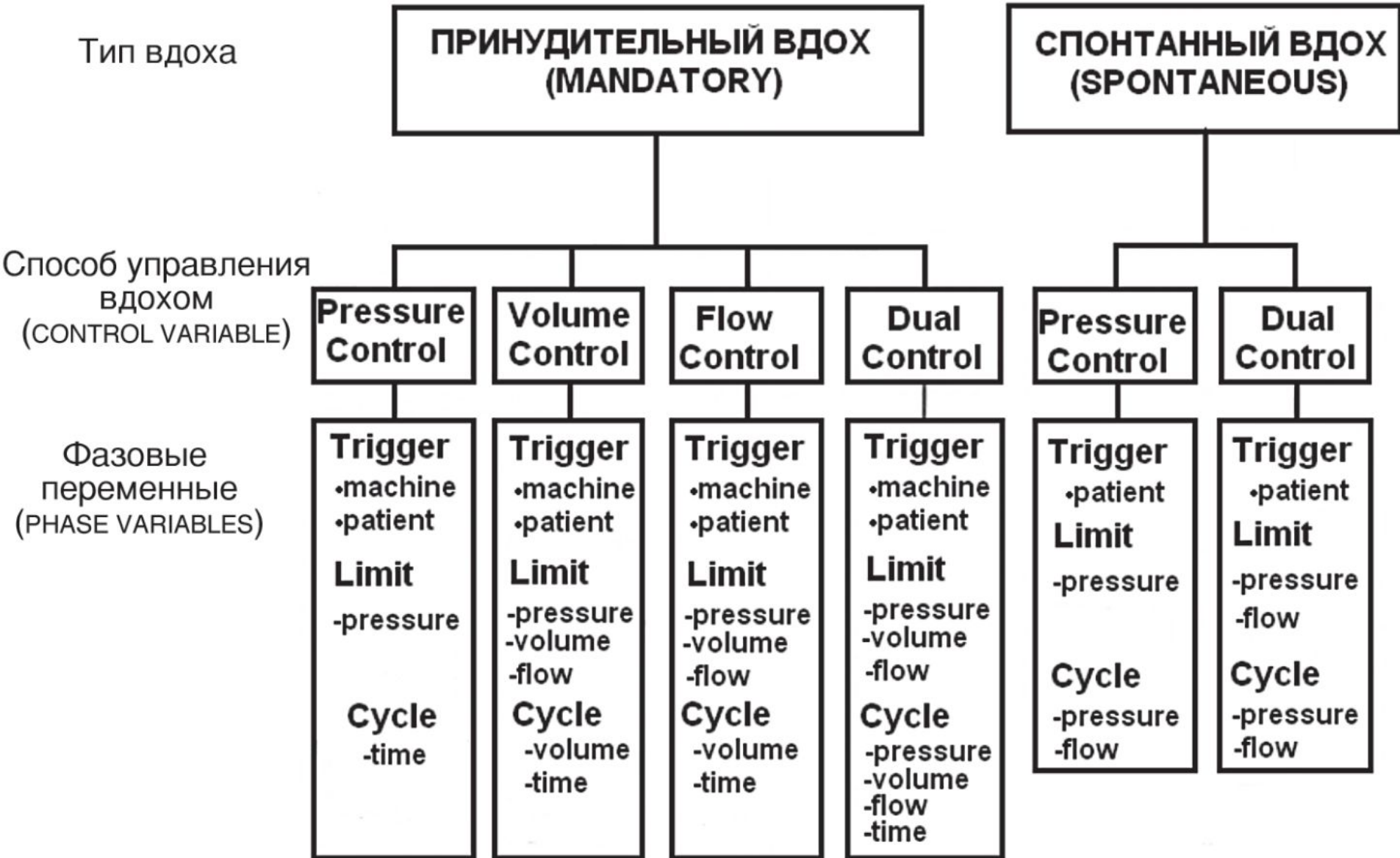
- PC (Pressure control) – После включения вдоха, аппарат будет создавать предписанное давление в дыхательных путях  
 Cycle: Время, Давление, Поток



- DC (Dual control) – При данном типе управления вдох осуществляется по типу PC, но аппарат имеет задачу доставить целевой дыхательный объем и в разрешенных границах может менять такие параметры как:
  - Давление, длительность вдоха и поток, переключаясь на выдох по объему или по времени (CMV, IMV)
  - Давление или поток, переключаясь на выдох по потоку или давлению (CSV, SIMV)



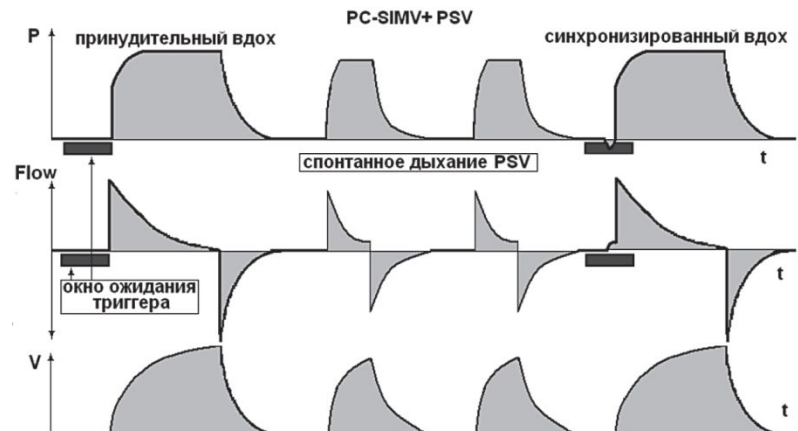
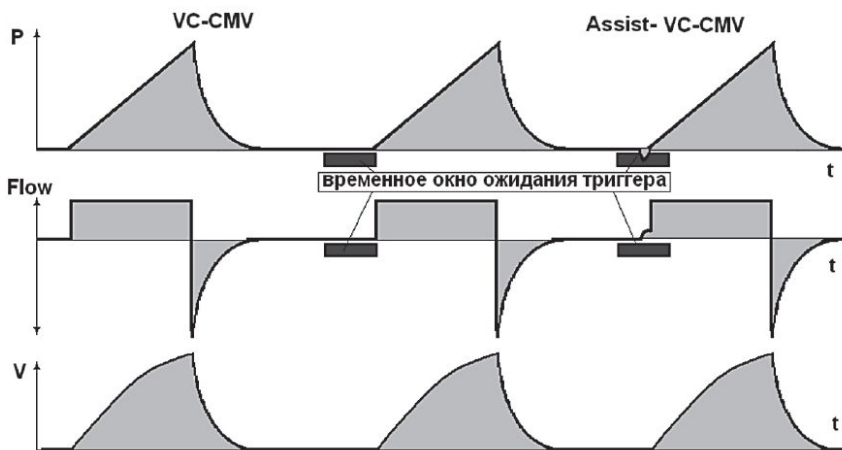
# Сочетания переменных, способов управления и типов вдоха



# (S) Synchronized, A/C Assisted controlled

Принудительные вдохи включаются в ответ на дыхательную попытку пациента. (SIMV, (S) CMV, AMV, A/C)

Перед принудительным вдохом появляется временное окно в течение которого пациент может сам начать вдох.



# Паттерны

- VC-CMV
- PC-CMV
- DC-CMV
  
- CV-IMV
- PC-IMV
- DC-IMV
  
- PC-CSV
- DC-CSV

# Основные режимы

## Volume-controlled ventilation modes

Previous nomenclature	IPPV/ CMV	IPPV <sub>assist</sub> / CM <sub>Vassist</sub>	SIMV	MMV
New nomenclature	VC-CMV	VC-AC	VC-SIMV	VC-MMV

## Pressure-controlled ventilation modes

Previous nomenclature		BIPAP <sub>assist</sub> / PCV <sub>assist</sub> <sup>+</sup>		BIPAP/ PCV <sup>+</sup>	APRV
New nomenclature	C-CMV	PC-AC	PC-SIMV	PC-BIPAP	PC-APRV
PC-PSV					

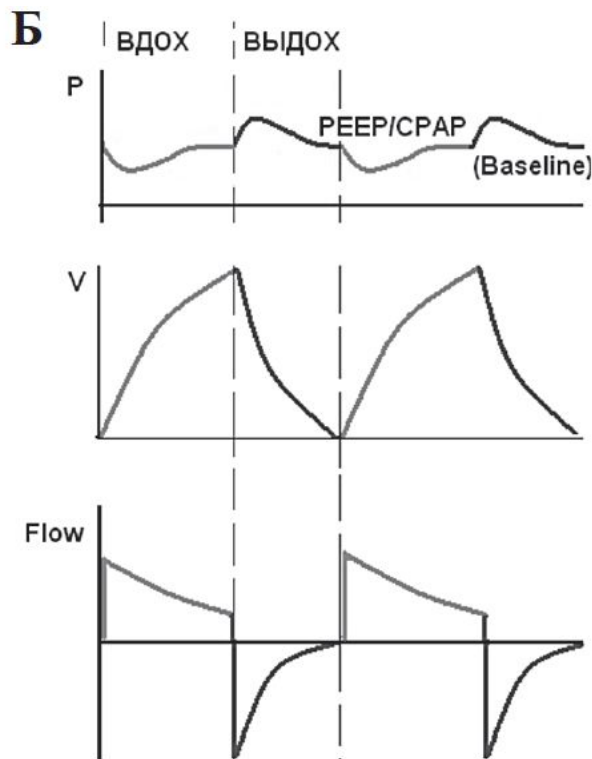
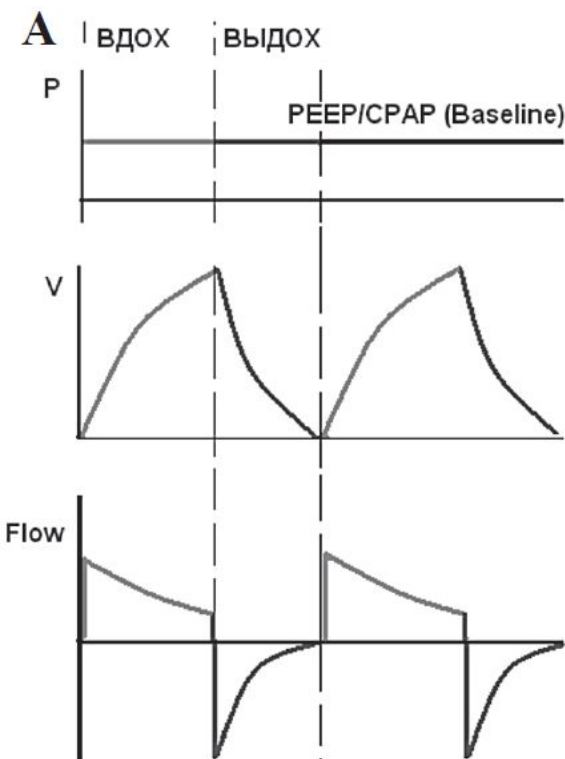
## Spontaneous/assisted ventilation modes

Previous nomenclature	CPAP/ASB/ CPAP/PS				PPS
New nomenclature	SPN-CPAP/PS		SPN-CPAP/VS		SPN-PPS

# CPAP Continuous Positive Airway Pressure

Постоянное положительное давление в дыхательных путях

- Паттерн: PC-CSV
- Trigger: Давление
- Limit: Давление = РЕЕР
- Cycle: Давление
- Выдох: Определяется уровнем ПДКВ



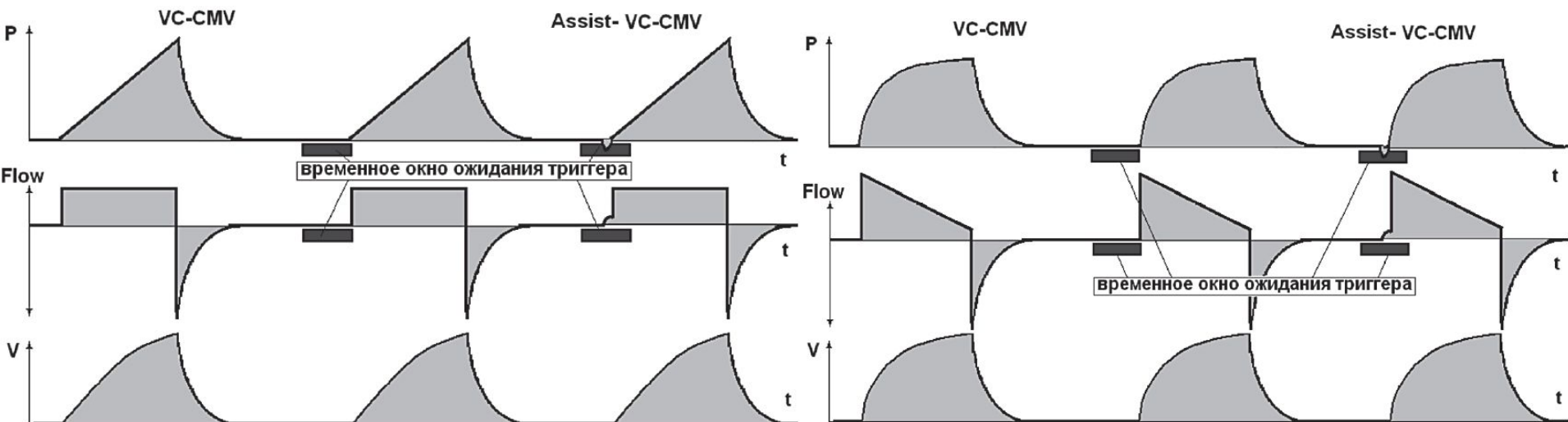
# CMV

Имена режимов «CMV»:

- «Controlled mandatory ventilation» («CMV»)
- «Continuous mechanical ventilation» («CMV»)
- «Controlled mechanical ventilation» («CMV»)
- «Control mode»
- «Continuous mandatory ventilation + assist»
- «Assist control» («AC»)
- «Assist/control» («A/C»)
- «Assist-control ventilation» («ACV») («C-C»)
- «Assisted mechanical ventilation» («AMV»)
- «Volume controlled ventilation» («VCV»)
- «Volume control» («VC»)
- «Volume control assist control»
- «Volume cycled assist control»
- «Ventilation + patient trigger»
- «Assist/control +pressure control»
- «Pressure controlled ventilation» («PCV»)
- «Pressure controlled ventilation + assist»
- «Pressure control» («PC»)
- «Pressure control assist control»
- «Time cycled assist control»
- «Intermittent positive pressure ventilation» («IPPV»)

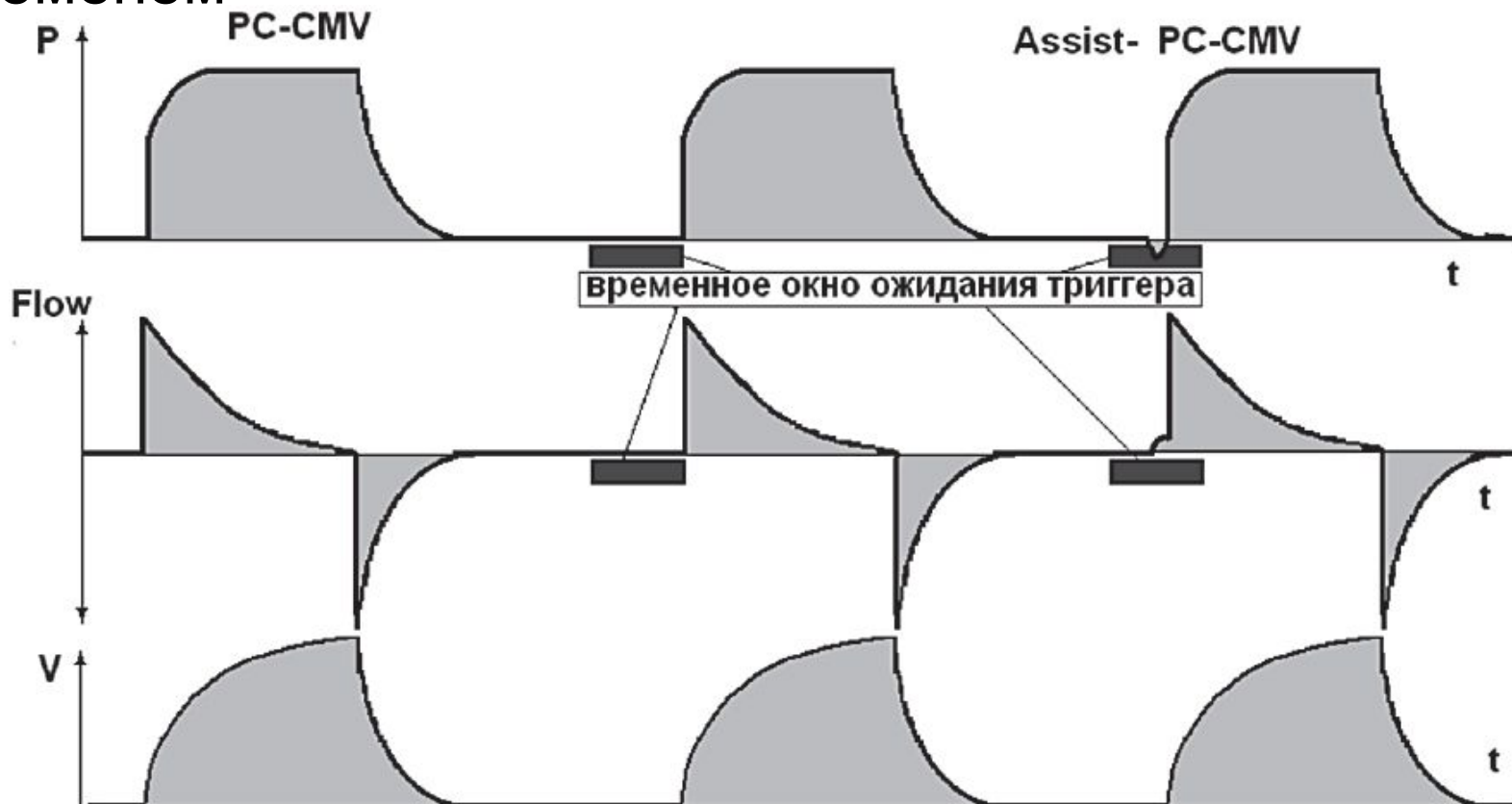
# VC-CMV

- Trigger: Время, Поток/Давление (A/C)
- Limit: Давление
- Cycle: Время, Объем
- Выдох: Определяется уровнем ПДКВ, и заданным временем



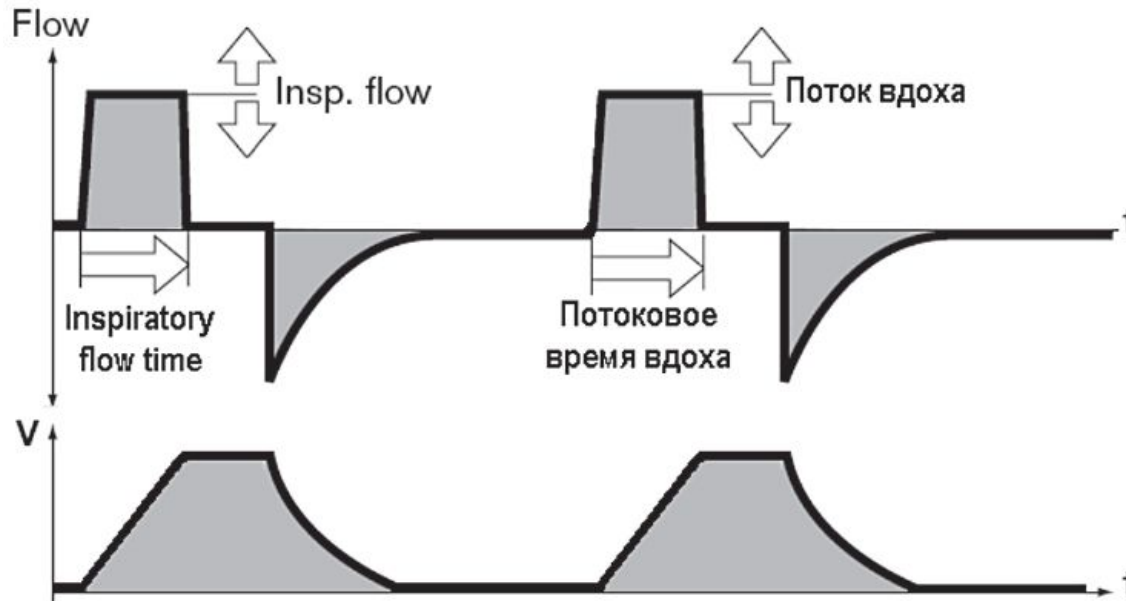
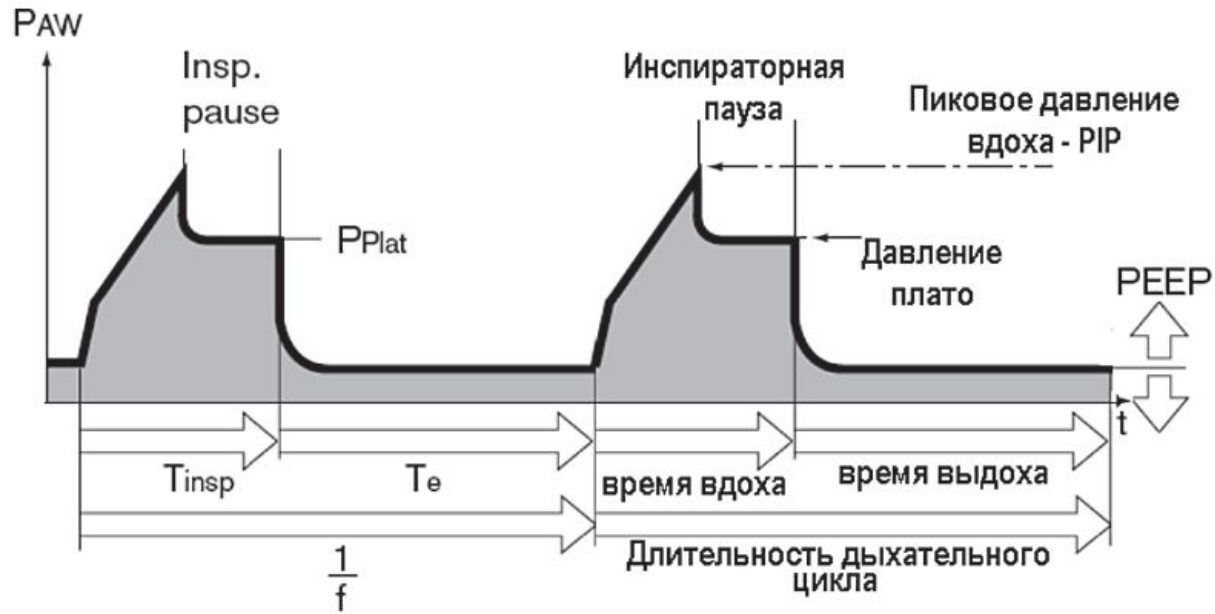
# PC-CMV

- Trigger: Время, Поток/Давление (A/C)
- Limit: –
- Cycle: Время
- Выдох: Определяется уровнем ПДКВ, и заданным временем





# IPPV



















# Гемодинамика

# Асинхронии

autoPEEP





