

Режимы ИВЛ

часть первая

Управляемые параметры и
фазовые переменные

А.С.Горячев

Режимы ИВЛ

часть первая

Управляемые параметры
(Control variables)

и

фазовые переменные
(Phase variables)

Пояснение к названию лекции

- **Control variable** –
 - Управляемый параметр
- **Phase variable** –
 - Фазовая переменная
- **variable** – можно перевести как параметр и как переменная

«Мы все учились понемногу,
чему-нибудь и как-нибудь...»

А.С. Пушкин

А в чём проблема?

А в чём проблема?

Разные имена режимов «СМV»

1. «Controlled mandatory ventilation» («СМV»)
2. «Continuous mechanical ventilation» («СМV»)
3. «Controlled mechanical ventilation» («СМV»)
4. «Control mode»
5. «Continuous mandatory ventilation + assist»
6. «Assist control» («AC»)
7. «Assist/control» («A/C»)
8. «Assist-control ventilation» («ACV»)
(«A-C»)
9. «Assisted mechanical ventilation» («AMV»)
10. «Assist control mechanical ventilation»
11. «Volume controlled ventilation» («VCV»)
12. «Volume control» («VC»)
13. «Volume control assist control»
14. «Volume cycled assist control» («VC-CMV»)
15. «Ventilation + patient trigger»
16. «Assist/control + pressure control»
17. «Pressure controlled ventilation» («PCV»)
18. «Pressure controlled ventilation + assist»
19. «Pressure control» («PC»)
20. «Pressure control assist control»
21. «Time cycled assist control»
22. «Intermittent positive pressure ventilation» («IPPV»)

Если постараться, можно найти ещё варианты.

А в чём проблема?

Чем отличаются эти режимы ИВЛ?

Разные имена режимов «CMV»

1. «Controlled mandatory ventilation» («CMV»)
2. «Continuous mechanical ventilation» («CMV»)
3. «Controlled mechanical ventilation» («CMV»)
4. «Control mode»
5. «Continuous mandatory ventilation + assist»
6. «Assist control» («AC»)
7. «Assist/control» («AC»)
8. «Assist-control ventilation» («ACV»)
 («A-C»)
9. «Assisted mechanical ventilation» («AMV»)
10. «Volume controlled ventilation» («VCV»)
11. «Volume control» («VC»)
12. «Volume control assist control»
13. «Volume cycled assist control» («VC-CMV»)
14. «Ventilation + patient trigger»
15. «Assist/control + pressure control»
16. «Pressure controlled ventilation» («PCV»)
17. «Pressure controlled ventilation + assist»
18. «Pressure control» («PC»)
19. «Pressure control assist control»
20. «Time cycled assist control»
21. «Intermittent positive pressure ventilation» («IPPV»)

Если постараться, можно найти ещё варианты.

Чем отличаются эти режимы ИВЛ?

А в чём проблема?

- На аппаратах Evita-4 и Evita-XL фирмы Dräger шесть разных режимов SIMV
- Чем отличаются эти режимы ИВЛ?

А в чём проблема?

Intensive Care Med (2008) 34:1766–1773
DOI 10.1007/s00134-008-1216-3

REVIEW

Louise Rose
Martyn Hawkins

Airway pressure release ventilation and biphasic positive airway pressure: a systematic review of definitional criteria

Clarity of definitional criteria may assist in the clinical understanding and application of these modes. The aim of this paper is to identify the criteria that define and distinguish APRV and BIPAP within existing scientific literature.

Analyses

Continuous variables describing mode characteristics from experimental studies were summarized as mean and

Table 1 Ventilator mode characteristics

	APRV	BIPAP	PCV (CMV)	PCV (IMV)	PCV (AC)	PSV
Control variable	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure
Phase variables						
Trigger	Time/pressure	Time	Time	Time	Time	Flow/pressure (patient triggered)
Limit	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure
Cycle	Time	Time	Time	Time	Time	Flow
Breath types						
Mandatory breaths ^a	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Assisted breaths ^b	No	No ^c	No	No ^d	Yes	Yes
Spontaneous breaths ^e	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Active expiratory valve	Yes	Yes	No	No	No	No

APRV airway pressure release ventilation, BIPAP biphasic positive airway pressure, PCV pressure-controlled ventilation, CMV controlled mechanical ventilation, IMV intermittent mandatory ventilation, AC assist control, PSV pressure support ventilation

^a Mandatory breath: machine triggering and/or cycling of the breath

^b Assisted breath: patient triggers and cycles the breath but the ventilator also does some work

^c Exception would be the addition of pressure support available with Bilevel ventilation (Puritan Bennett, Pleasanton, CA)

^d Breaths are assisted if pressure support is applied between mandatory breaths

^e Spontaneous breath: breath in which the patient determines both the timing and size

А в чём проблема?

Intensive Care Med (2008) 34:1766–1773
DOI 10.1007/s00134-008-1216-3

REVIEW

Louise Rose
Martyn Hawkins

Airway pressure release ventilation and biphasic positive airway pressure:

Clarity of definitional criteria may assist in the clinical understanding and application of these modes. The aim of this paper is to identify the criteria that define and distinguish APRV and BIPAP within existing scientific literature.

Spontaneous breaths ^e	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Active expiratory valve	Yes	Yes	No	No	No	No

APRV airway pressure release ventilation, BIPAP biphasic positive airway pressure, PCV pressure-controlled ventilation, CMV controlled mechanical ventilation, IMV intermittent mandatory ventilation, AC assist control, PSV pressure support ventilation

^a Mandatory breath: machine triggering and/or cycling of the breath

^b Assisted breath: patient triggers and cycles the breath but the ventilator also does some work

^c Exception would be the addition of pressure support available with Bilevel ventilation (Puritan Bennett, Pleasanton, CA)

^d Breaths are assisted if pressure support is applied between mandatory breaths

^e Spontaneous breath: breath in which the patient determines both the timing and size

А в чём проблема?

Intensive Care Med (2008) 34:1766–1773
DOI 10.1007/s00134-008-1216-3

REVIEW

Louise Rose
Martyn Hawkins

Airway pressure release ventilation and biphasic positive airway pressure:

Ясность определяющих критериев
поможет понять и использовать эти режимы.
Цель этой статьи дать критерии,
позволяющие понять различие
между APRV и BIPAP

Spontaneous breaths^e
Active expiratory valve

Yes
Yes

Yes
Yes

No
No

Yes
No

Yes
No

Yes
No

APRV airway pressure release ventilation, BIPAP biphasic positive airway pressure, PCV pressure-controlled ventilation, CMV controlled mechanical ventilation, IMV intermittent mandatory ventilation, AC assist control, PSV pressure support ventilation

^a Mandatory breath: machine triggering and/or cycling of the breath

^b Assisted breath: patient triggers and cycles the breath but the ventilator also does some work

^c Exception would be the addition of pressure support available with Bilevel ventilation (Puritan Bennett, Pleasanton, CA)

^d Breaths are assisted if pressure support is applied between mandatory breaths

^e Spontaneous breath: breath in which the patient determines both the timing and size

А в чём проблема?

Intensive Care Med (2008) 34:1766–1773
DOI 10.1007/s00134-008-1216-3

REVIEW

Louise Rose
Martyn Hawkins

Clarity of definitional criteria may be a problem. The main aim of this paper is to identify the criteria that distinguish APRV and BIPAP in the literature.

Table 1 Ventilator mode characteristics

	APRV
Control variable	Pressure
Phase variables	
Trigger	Time/Pressure
Limit	Pressure
Cycle	Time
Breath types	
Mandatory breaths ^a	Yes
Assisted breaths ^b	No
Spontaneous breaths ^c	Yes
Active expiratory valve	Yes

APRV airway pressure release ventilator, PCV pressure-controlled ventilation, IMV intermittent mechanical ventilation, AC assist control, PSV pressure support ventilation
^a Mandatory breath: machine triggered breath
^b Assisted breath: patient triggers and ventilator also does some work

Control variable
Phase variables
Trigger
Limit
Cycle
Breath types
Mandatory breaths^a
Assisted breaths^b
Spontaneous breaths^c
Active expiratory valve

a

Robert L. Chatburn

University Hospitals of Cleveland
Case Western Reserve University



Consensus statement on
the essentials of
mechanical ventilators of
American Association for
Respiratory Care.

«A new system for
understanding modes of
mechanical ventilation»

Respir Care 2001; 46: 604-621

Роберт Чатбурн

University Hospitals of Cleveland
Case Western Reserve University



Consensus statement on
the essentials of
mechanical ventilators of
American Association for
Respiratory Care.

«Новая классификация
режимов ИВЛ»

Respir Care 2001; 46: 604-621

Режим ИВЛ,-.....?

Набор параметров,
определяющих
взаимодействие пациента
и аппарата ИВЛ

Какие параметры описывают режим ИВЛ?

- Способ управления
 - VC, PC, DC
- Фазовые переменные
 - **trigger, limit, cycle, PEEP**
- Согласование вдохов
 - CMV, CSV, IMV

Какие параметры описывают режим ИВЛ?

- **Способ управления**
 - VC, PC, DC
- **Фазовые переменные**
 - **trigger, limit, cycle**
- **Согласование вдохов**
 - CMV, CSV, IMV



Способ управления – – control

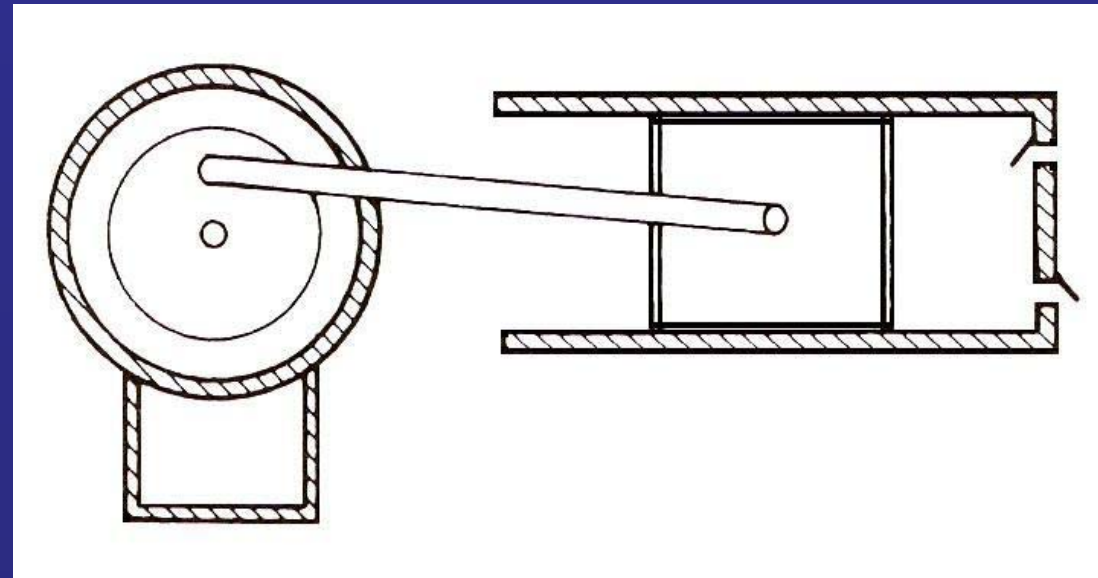
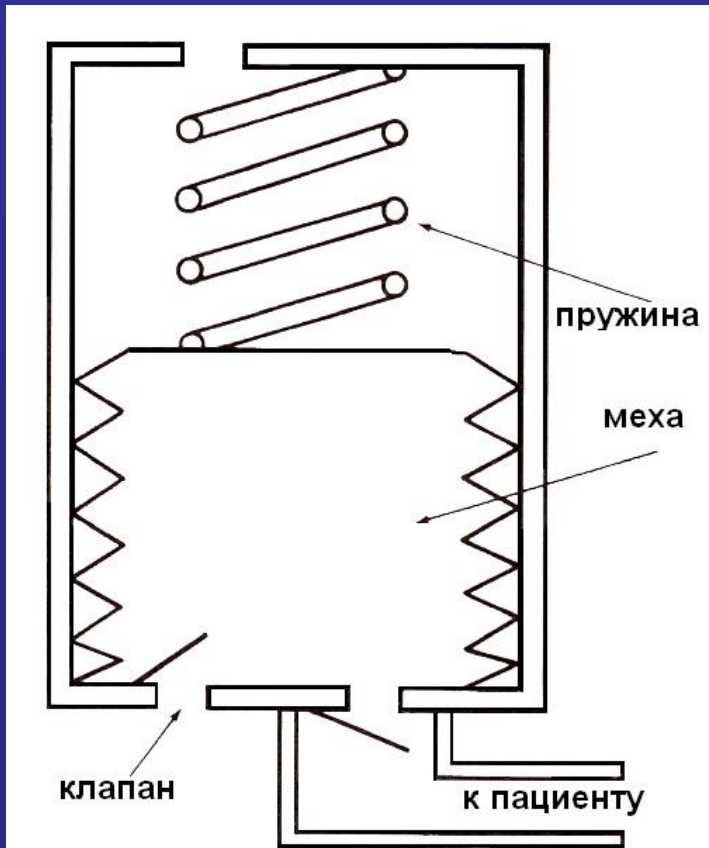
- Что значит «control»?
 - в переводе с английского «control» означает не контроль, а управление.
 - «control variable» управляемый параметр или управляемая переменная
1. **Volume controlled ventilation (VCV)**
 2. **Pressure controlled ventilation (PCV)**
 3. **Dual controlled ventilation**



Способ управления – Volume – control

Volume controlled ventilation (VCV) –
– Управление по объёму.

При каждом вдохе аппарат доставляет
предписанный дыхательный объём





Способ управления – Volume – control

Объединение понятий

Volume controlled ventilation (VCV) – Управление по
объёму

и

Flow controlled ventilation (FCV) – Управление потоком

$$V_T = T_{ix} \dot{V}$$

Объём – произведение потока на время вдоха

Поток – скорость изменения объёма



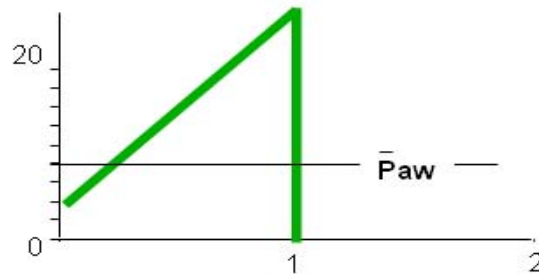
Способ управления – Volume – control

Volume/Flow Control

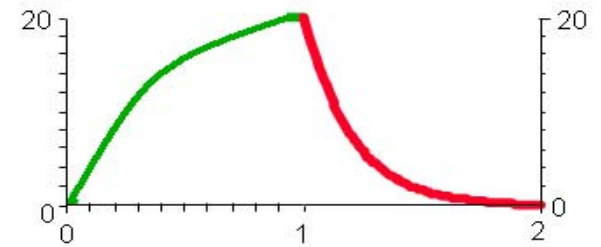
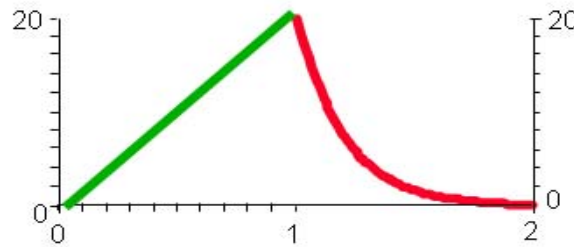
Volume/Flow Control

ОБЪЕДИНЕНИЕ ПОНЯТИЙ $V_T = \dot{V} \cdot T_i$

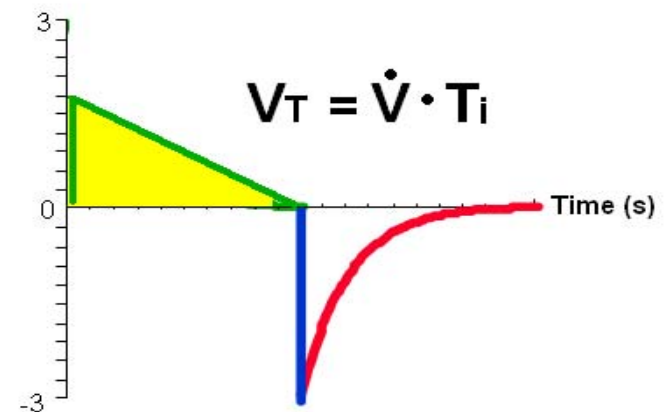
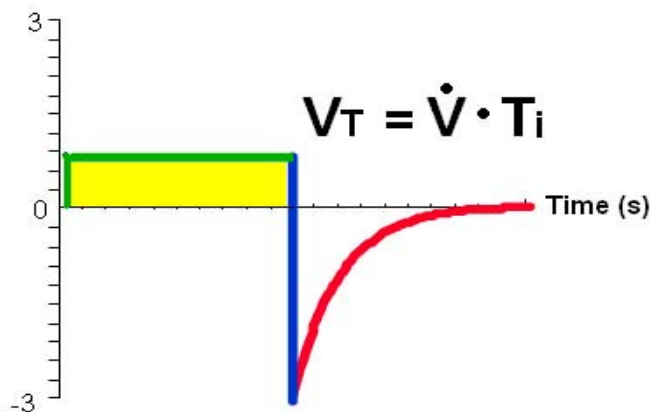
Pressure



Volume



Flow





Способ управления – Pressure – control

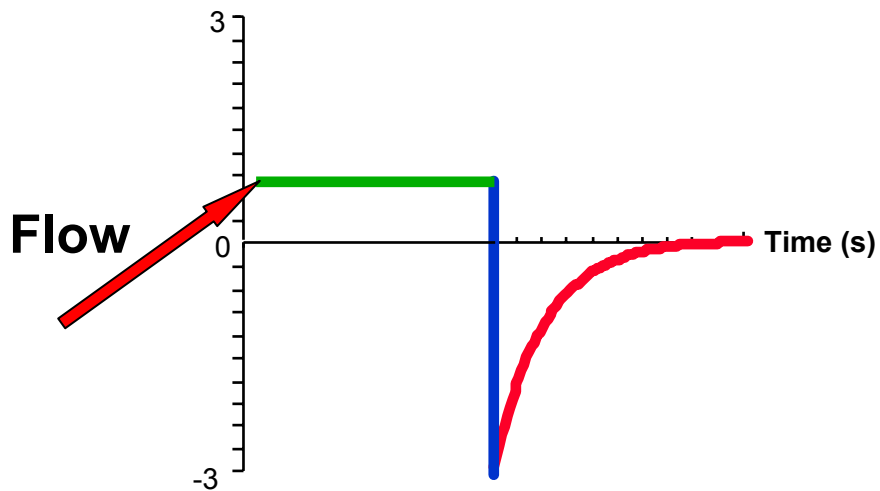
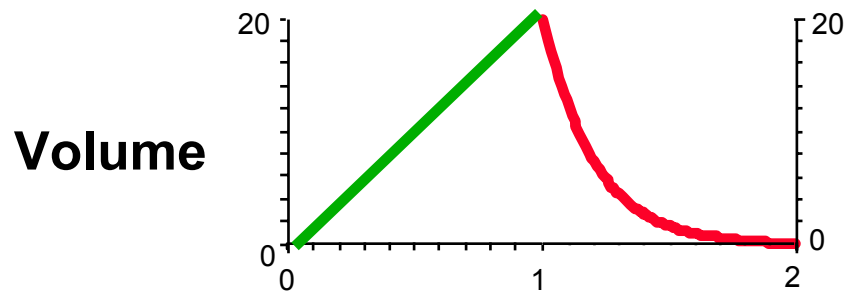
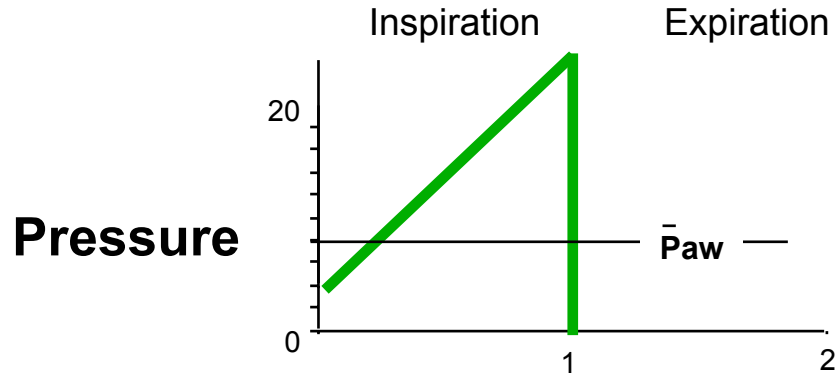
Pressure controlled ventilation

(PCVилиPC) –

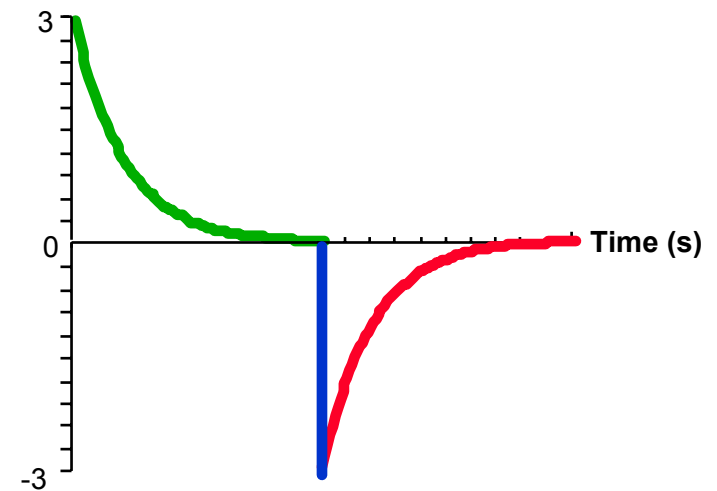
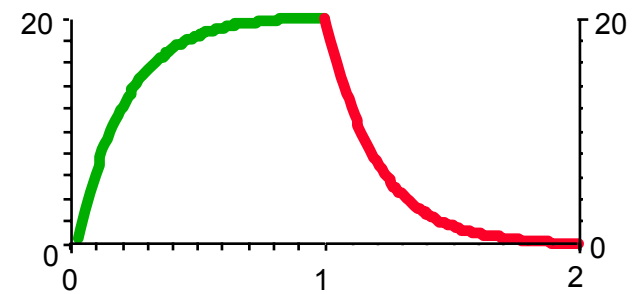
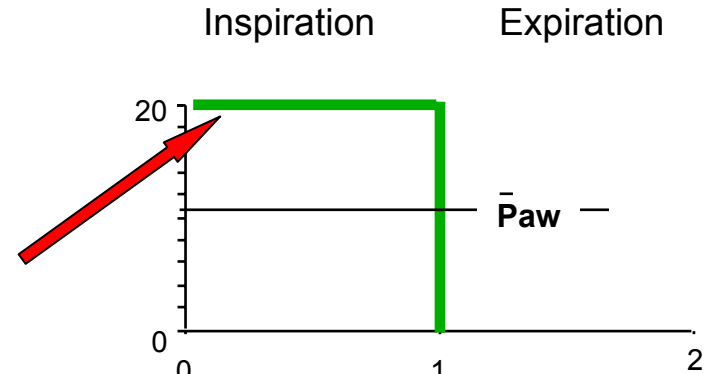
– Управление давлением вдоха

При вдохе давление в контуре аппарата ИВЛ поднимается до заданного уровня

Volume/Flow Control



Pressure Control





Способ управления – Dual – control



**В принципе
НЕВОЗМОЖЕН,**

**НО
существует.**



Способ управления – Dual – control



**В принципе невозможен,
но существует.**

**Управлять давлением и объёмом
одновременно нельзя, но можно
управляя давлением доставить
целевой дыхательный объём**

Мы назвали три способа управления вдохом



- По объёму

Volume controlled ventilation (VCV)



- По давлению

**Pressure controlled ventilation
(PCV)**



- Двойное управление

Dual controlled ventilation



Control variable
State variables
Trigger
Limit
Cycle
Breath types
Mandatory breaths ^a
Assisted breaths ^b
Spontaneous breaths ^c
Active expiratory valve

Control variable

Управляемый параметр

Параметр с помощью которого аппарат ИВЛ управляет вдохом

Для **Volume controlled ventilation**

- это **объём** или **поток** умноженный на время

Для **Pressure controlled ventilation**

- это **давление**

Какие параметры описывают режим ИВЛ?

- Способ управления
 - VC, PC, DC
- **Фазовые переменные**
 - **trigger, limit, cycle, PEEP**
- Согласование вдохов
 - CMV, CSV, IMV

Фазовые переменные – trigger, limit, cycle, PEEP

Control variable

Phase variables

Trigger

Limit

Cycle

Breath types

Mandatory breaths^a

Assisted breaths^b

Spontaneous breaths^c

Active expiratory valve

Если есть фазовые переменные,
должны быть фазы дыхательного цикла

Фазовые переменные

– trigger, limit, cycle, PEEP

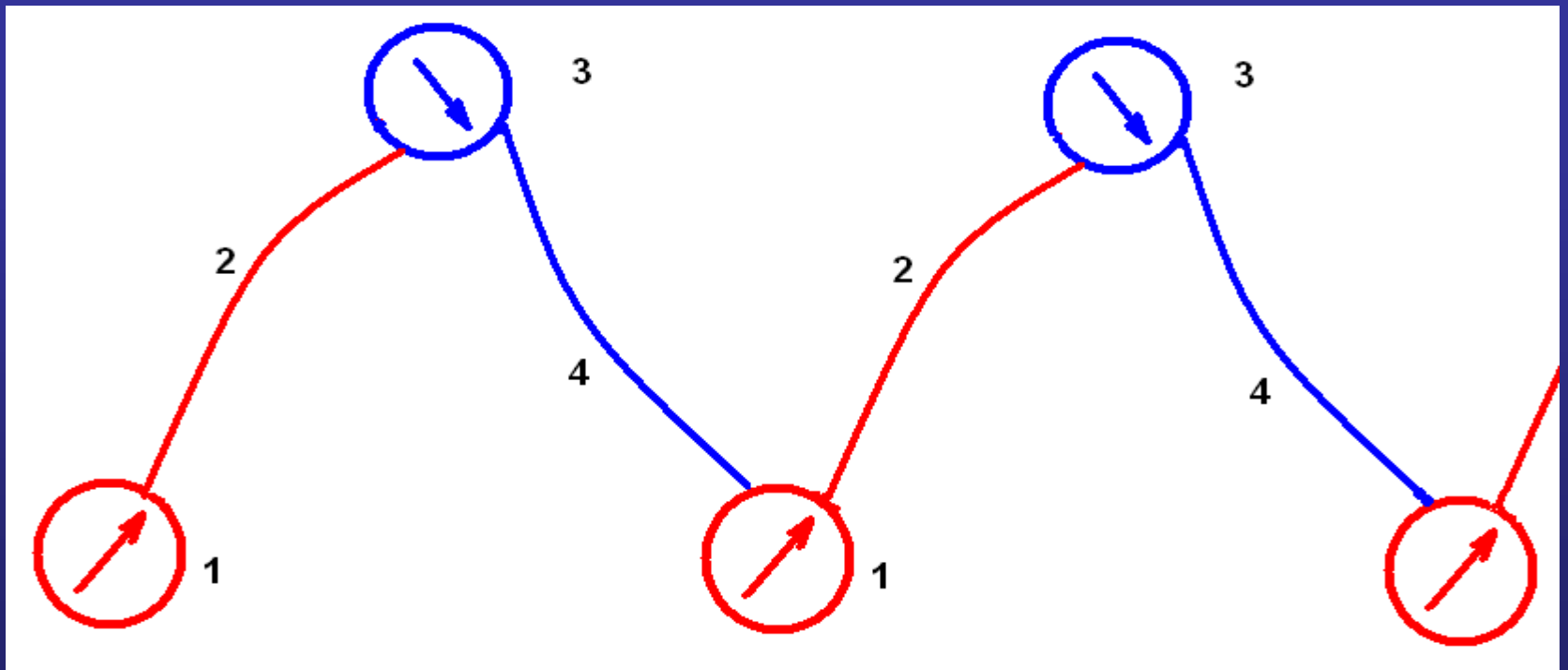
- Дыхательный цикл считается от начала одного вдоха, до начала следующего. При ИВЛ, по предложению Mushin M, et al.(1980г) цикл делят на **четыре фазы**:
 1. Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха)
 2. Вдох
 3. Переключение с вдоха на выдох
 4. Выдох

[Mushin M, et al. Automatic Ventilation of the Lungs. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1980; 162-166]

Фазовые переменные

– trigger, limit, cycle, PEEP

1. Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха)
2. Вдох
3. Переключение с вдоха на выдох
4. Выдох



Фазовые переменные

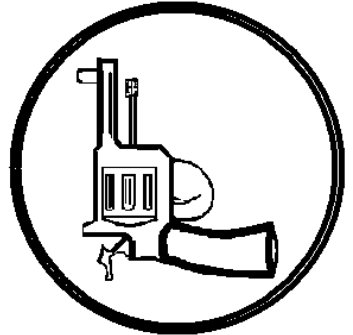
– **trigger, limit, cycle, PEEP**

1. Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха) – **trigger**
2. Вдох – **limit**
3. Переключение с вдоха на выдох – **cycle**
4. Выдох – **PEEP** или **baseline pressure**

Фазовые переменные

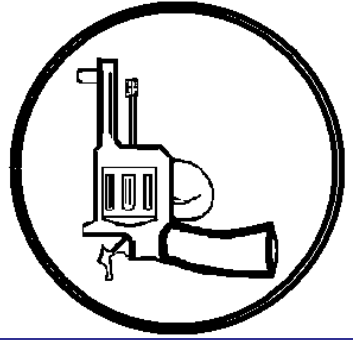
– **trigger**, **limit**, **cycle**, **PEEP**

1. Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха) – **trigger**
2. Вдох – **limit**
3. Переключение с вдоха на выдох – **cycle**
4. Выдох – **PEEP** или **baseline pressure**



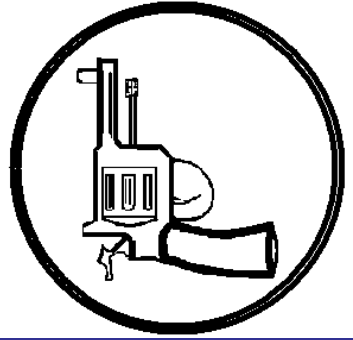
Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха) – **trigger**

- Слово **trigger** переводится как спусковой крючок, пусковое устройство, пусковое реле, запуск.
- Для аппарата ИВЛ **trigger** это пусковая схема включающая **ВДОХ**.



Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха) – **trigger**

Для срабатывания триггера и включения вдоха могут быть использованы различные параметры: 1. **Время**, 2. **Давление**, 3. **Поток**, 4. **Объём**, 5. **Электрический импульс** проходящий по диафрагмальному нерву, 6. **Сигнал** с внутрипищеводного датчика давления, 7. **Сигнал** получаемый за счёт изменения импеданса (электрического сопротивления) грудной клетки при начале вдоха, и т.д.

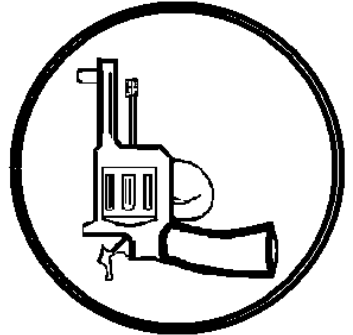


Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха) – **trigger**

- По-английски параметр используемый для срабатывания триггера называется **trigger variable**.
- Триггер несёт имя того параметра на который откликается.

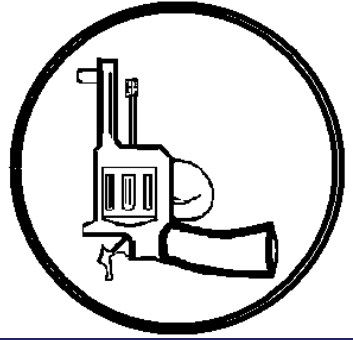
Time trigger; Pressure trigger;

Volume trigger; Flow trigger; И Т.Д



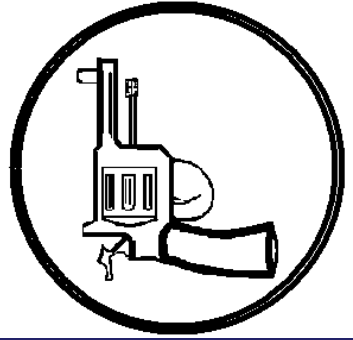
Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха) – **trigger**

- **Time trigger** включает вдох по расписанию.
- **Если сработал Time trigger,**
- **значит вдох начал аппарат ИВЛ**
- **Time trigger – machine trigger**



Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха) – **trigger**

- **Time trigger – machine trigger**
Time trigger включает вдох по расписанию.
- Все остальные триггеры имеют общее название - patient trigger, и срабатывают в ответ на инспираторную попытку пациента

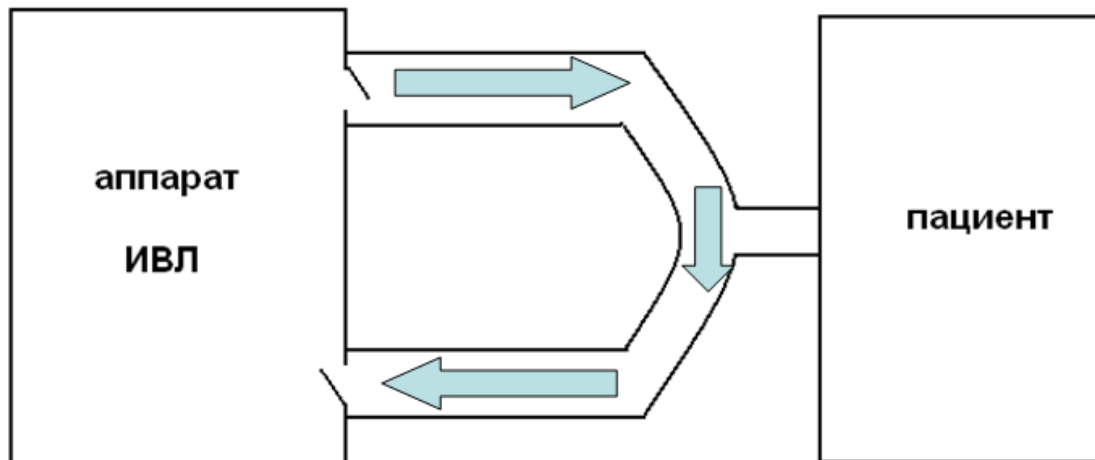
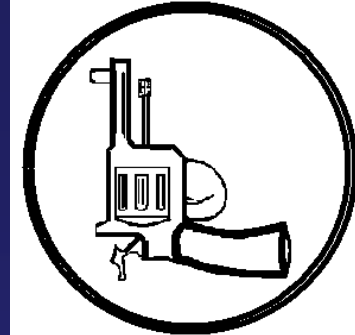


Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха) – **trigger**

- **Flow trigger** – *Триггер* срабатывает на изменение потока через дыхательный контур пациента.
- Базовый поток – **Flow by**
- **Flow by** – это поток текущий рядом.
- **Flow by** похоже на **Standby** в вашем телевизоре

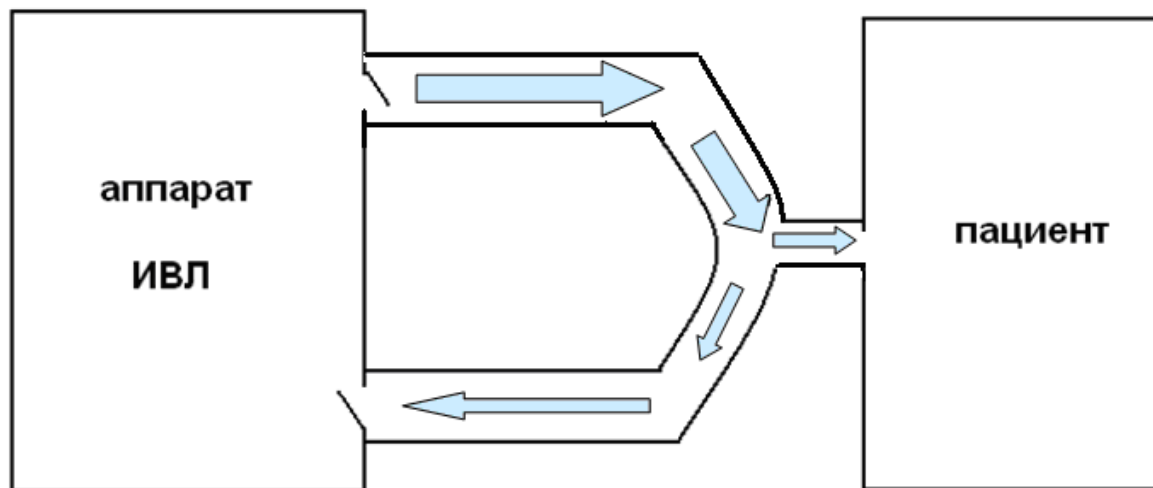
Потоковый триггер

Flow trigger



**Базовый поток
– Flow by**

**Flow by – это поток
текущий рядом.**



**Чтобы сделать
хороший
потоковый триггер
нужен стабильный
базовый поток и
чувствительные
датчики потока.**

Фазовые переменные

– **trigger**, **limit**, **cycle**, **PEEP**

1. Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха) – **trigger**
2. Вдох – **limit**
3. Переключение с вдоха на выдох – **cycle**
4. Выдох – **PEEP** или **baseline pressure**



Фазовые переменные

Limit - Предел

Лимит (предел) означает установление максимальной величины параметра во время вдоха.

Limit variable – предел параметра (ограничение параметра)

Ограниченными параметрами могут быть

 **давление**,  **поток**,  **объём**



Фазовые переменные

Limit - Предел

может быть установлен для



давления,



потока,



объёма

и при этом



давление,



поток,



объём

может быть одновременно
управляемым параметром

но не все сразу



Фазовые переменные

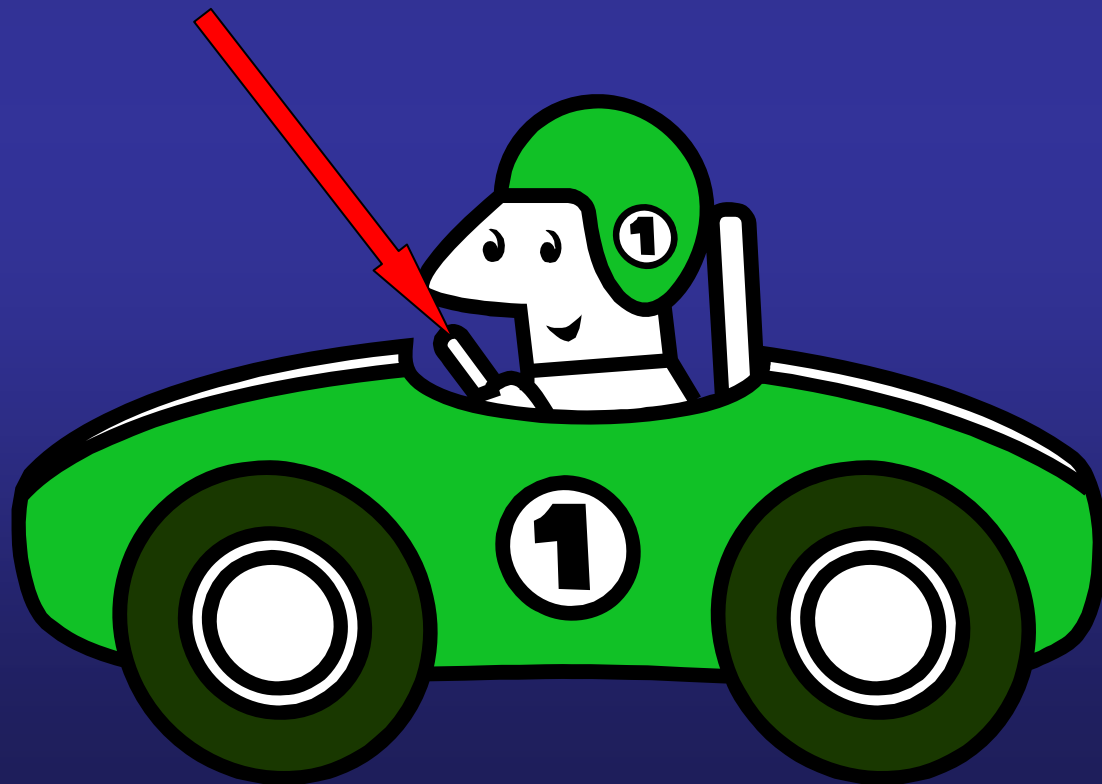
limit - Предел



Limit – Предел
(ограничение скорости)

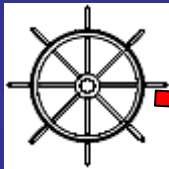


Control –
– управление



Фазовые переменные

limit - Предел



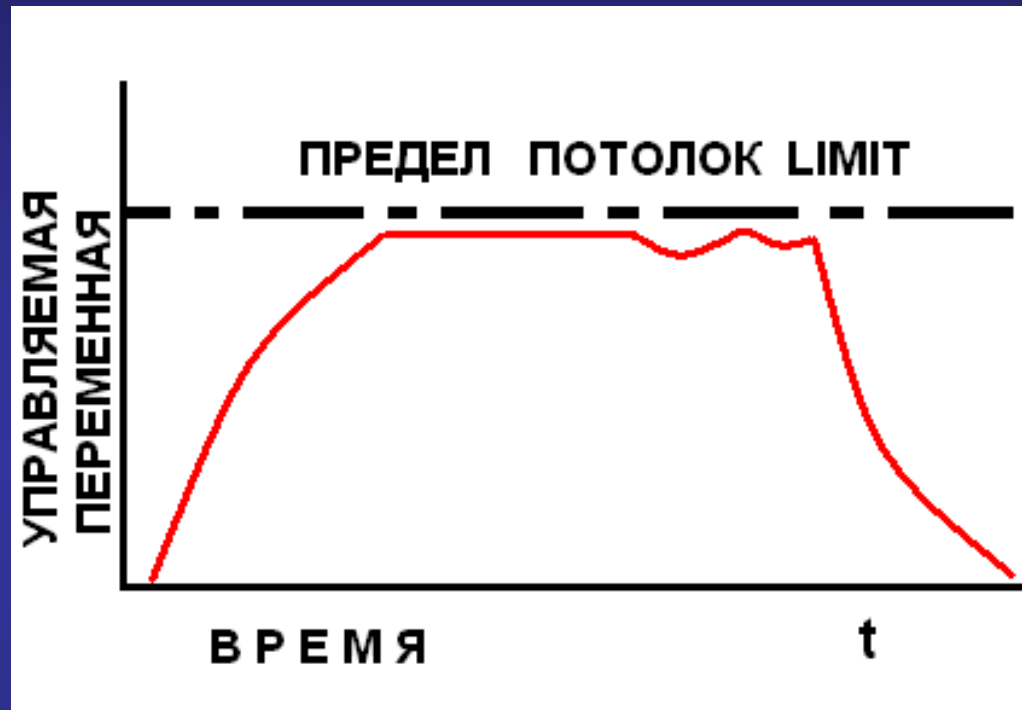
Control –
– управление



Limit – Предел
(ограничение веса)



Фазовые переменные **limit** - Предел

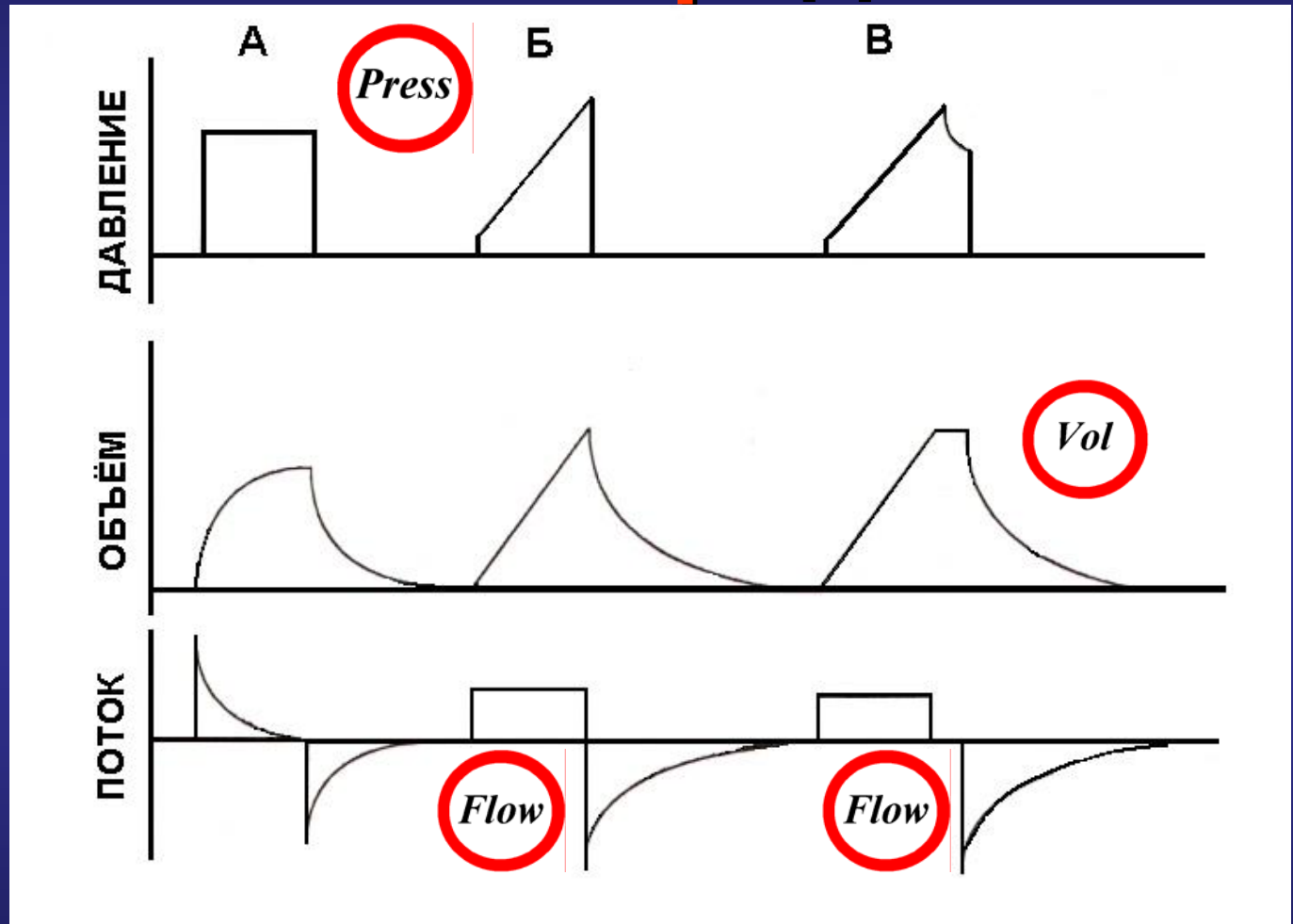


Если применить метафору: предел (Limit), как потолок в коридоре. Вы можете как угодно двигаться по коридору, а выше потолка не прыгнешь.



Фазовые переменные

Limit - Предел



Этими параметрами могут быть



давление,



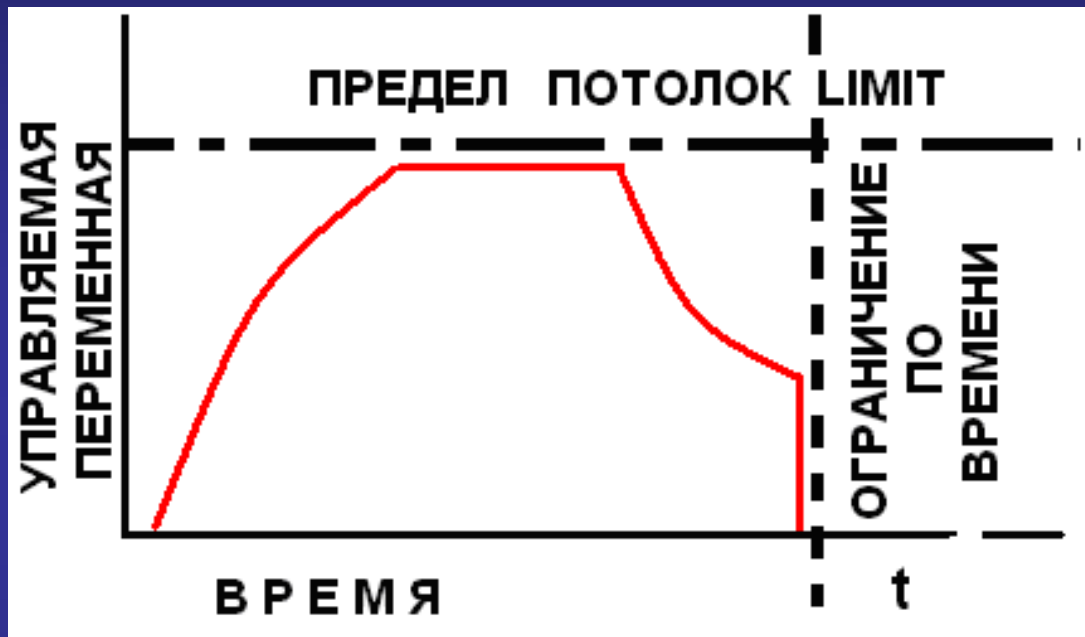
ПОТОК,



объём



Фазовые переменные Limit - Предел



Время не может входить в группу **Limit variables** по определению, поскольку, если установить предельное значение времени вдоха, - достижение этого значения будет приводить к прекращению вдоха и переключению на выдох. Это значит, что время длительности вдоха будет работать как **Cycle variable**, - следующая фазовая переменная.

Фазовые переменные

– trigger, limit, cycle, PEEP

1. Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха) – **trigger**
2. Вдох – **limit**
3. Переключение с вдоха на выдох – **cycle**
4. Выдох – **PEEP** или **baseline pressure**



Фазовые переменные

Переключение

с вдоха на выдох – *cycle*

To cycle means to end inspiration. A cycle variable always ends inspiration. Глагол cycle значит прекратить вдох. Cycle variable – следует понимать, как параметр прекращающий вдох. [Robert L.Chatburn «Fundamentals of Mechanical Ventilation» p.31]



Фазовые переменные

Переключение

с вдоха на выдох – **cycle**

Cycle Variables – это фазовые переменные, которые используются для переключения аппарата ИВЛ с вдоха на выдох. Это может быть **время, поток, давление** или **объём**. Фаза вдоха заканчивается когда величина параметра избранного в качестве **Cycle Variable** достигает предустановленного (**Preset**) или порогового (**Threshold**) значения.



Фазовые переменные

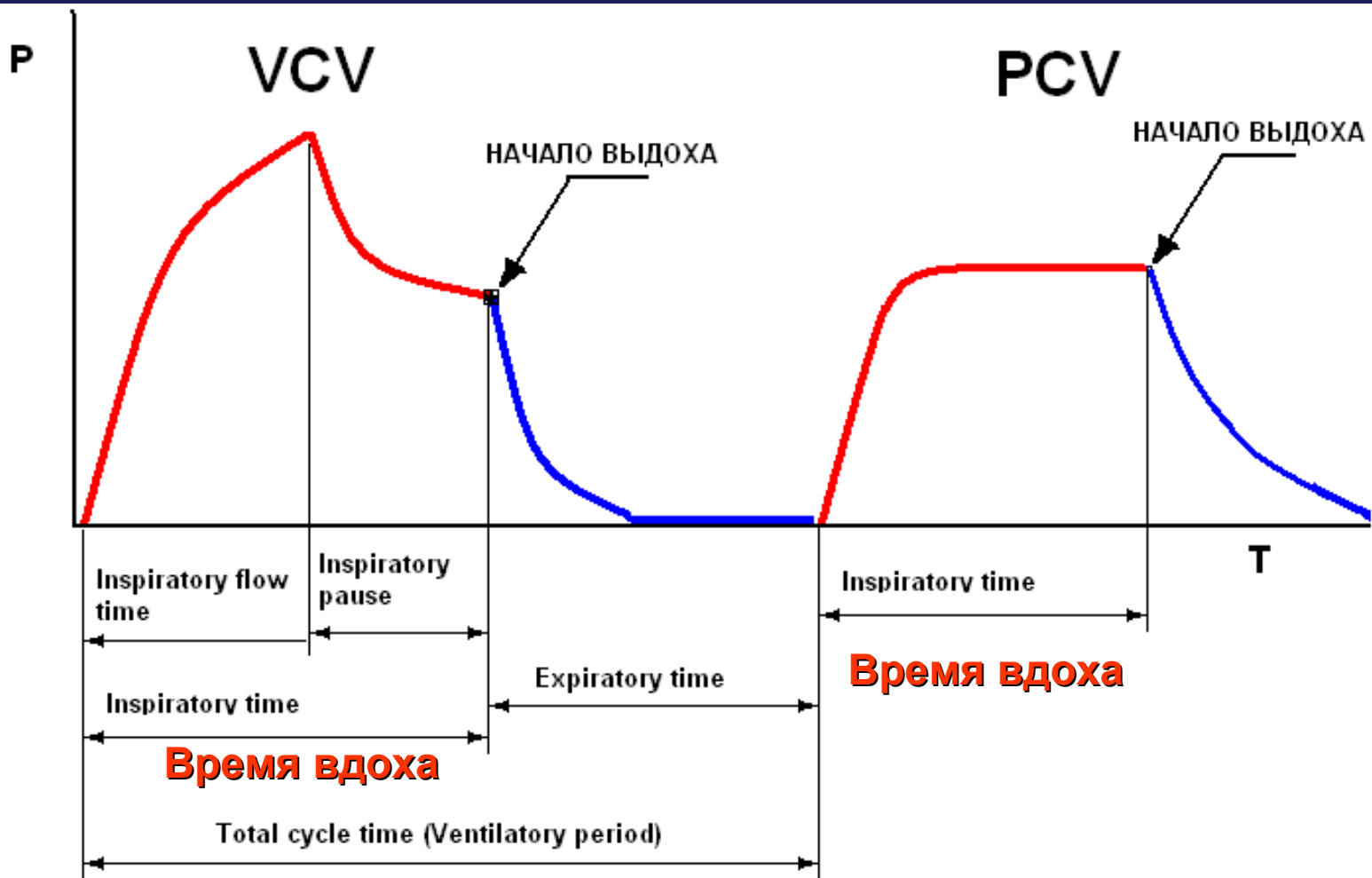
Переключение

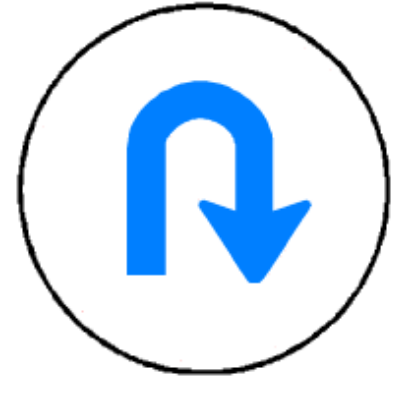
с вдоха на выдох – cycle

- **Time Cycling** Переключение с вдоха на выдох «по времени».
- При Time Cycling выдох начинается сразу после того как истекло **Inspiratory time** или «время вдоха».
- В том случае, когда дыхательный объём доставлен пациенту до истечения времени вдоха, **Inspiratory time** состоит из двух временных отрезков: **Inspiratory flow time** и **Inspiratory pause**.

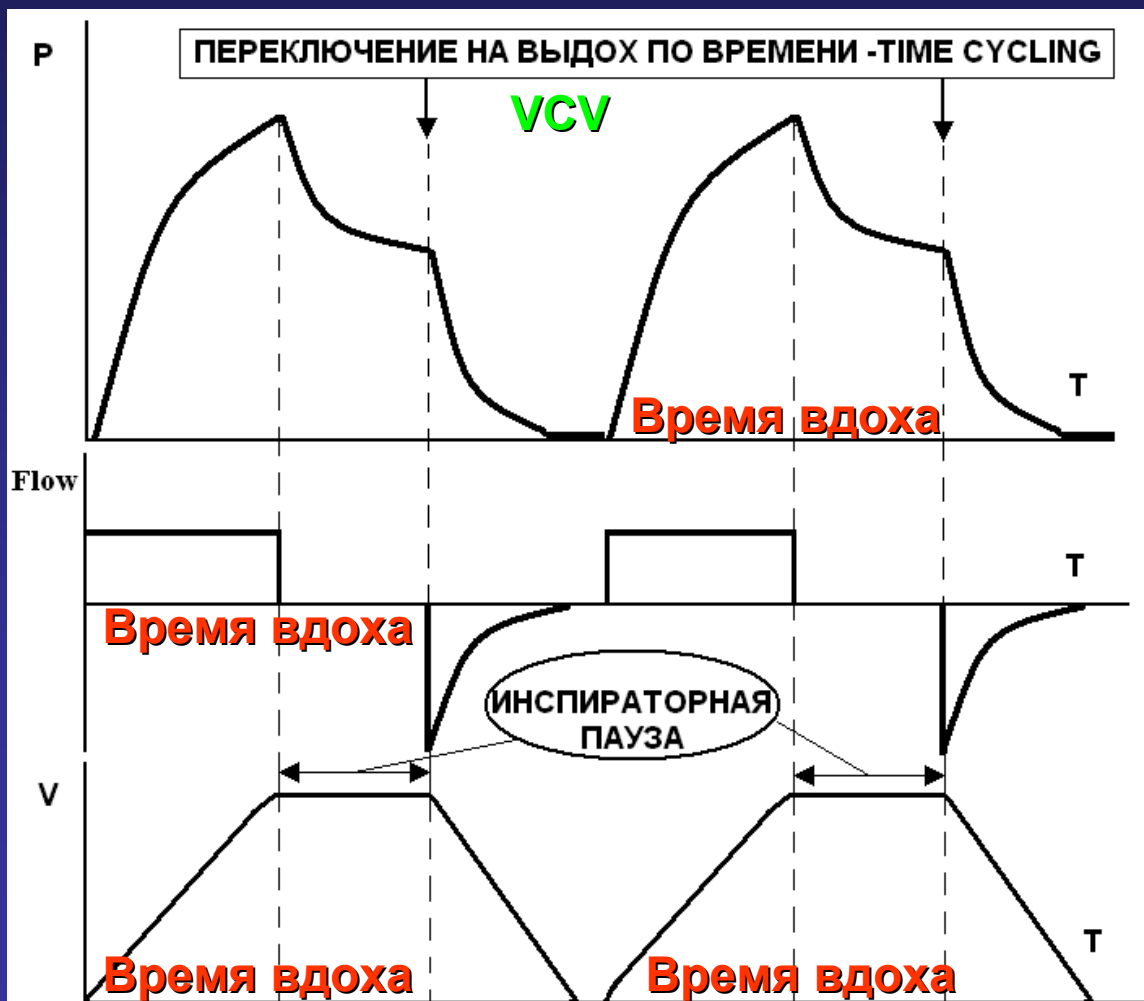


Переключение с вдоха на выдох по времени – Time Cycling





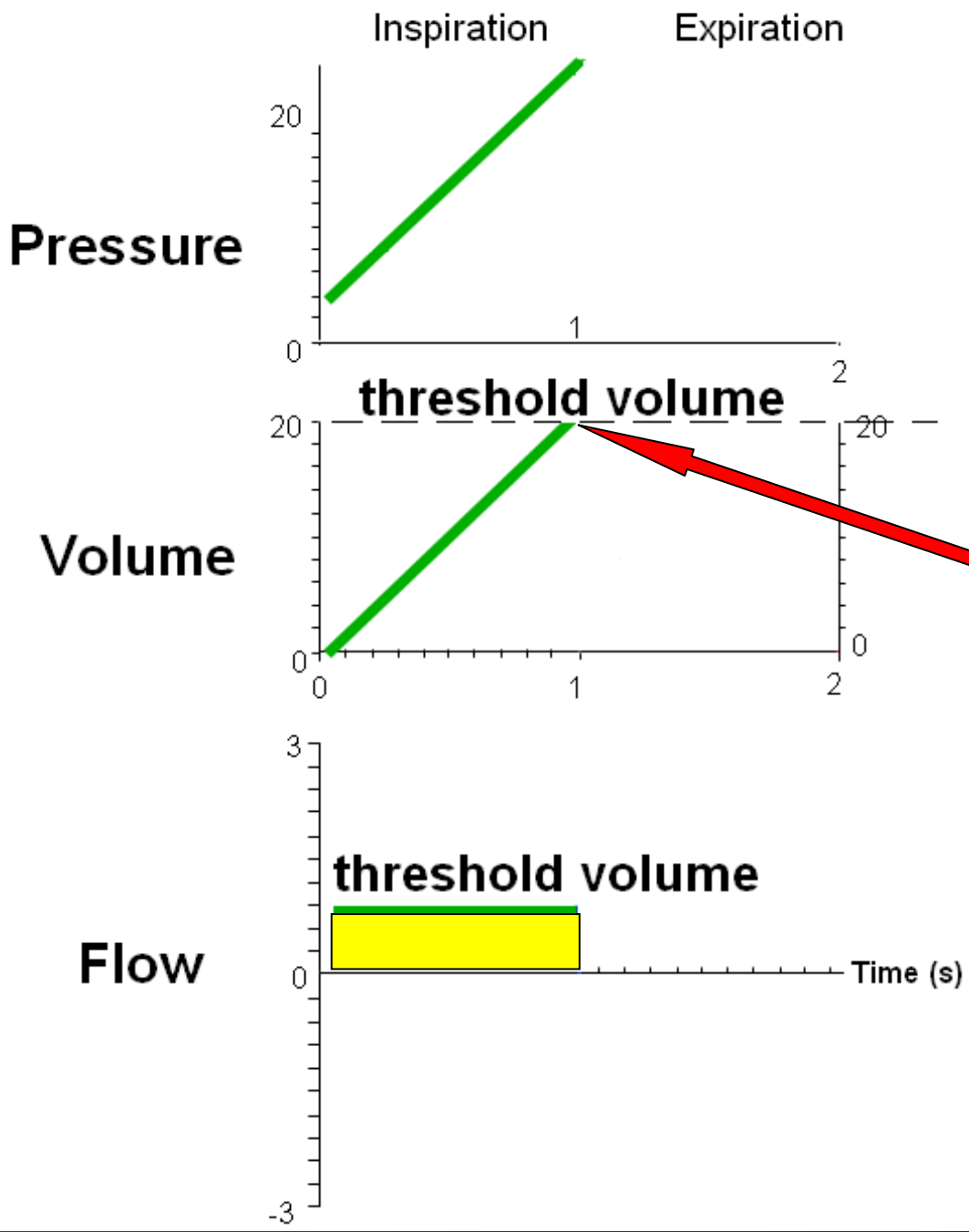
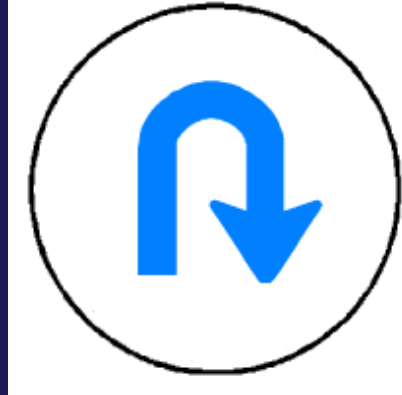
Переключение с вдоха на выдох по времени – Time Cycling



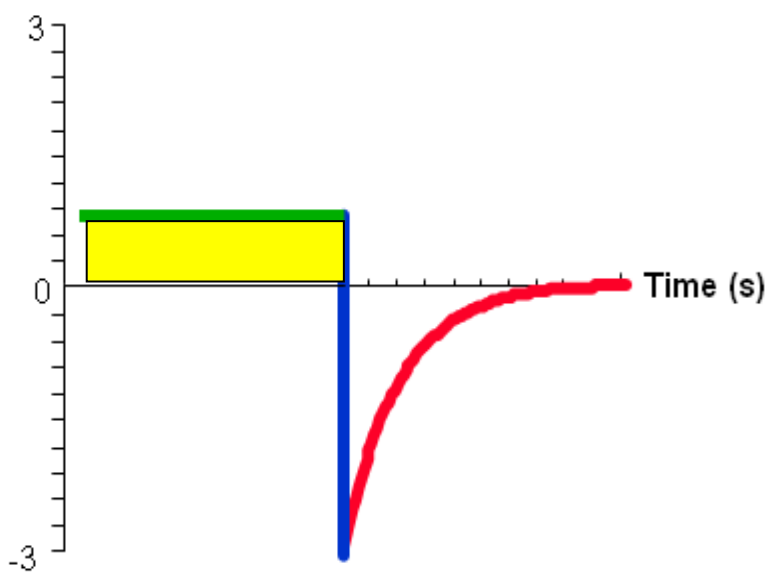
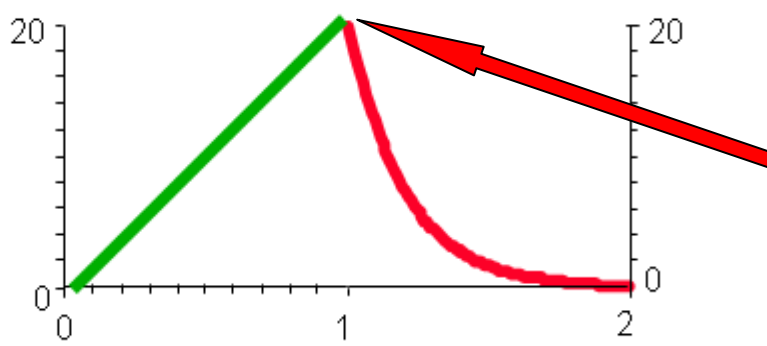
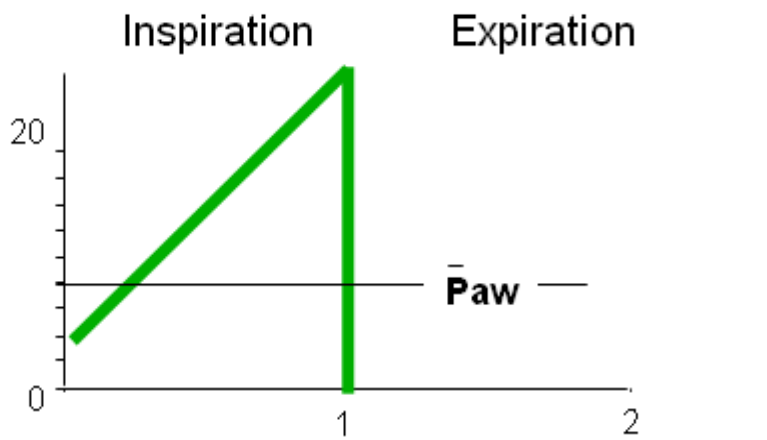
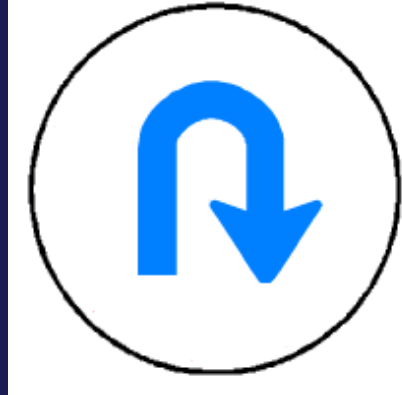


Переключение с вдоха на выдох по объёму – **Volume Cycling**

Вдох будет продолжаться до тех пор, пока объём заданный аппарату ИВЛ при настройке параметров ИВЛ не пройдёт через управляющий клапан вдоха. Как только заданный объём доставлен пациенту, поток воздуха останавливается и начинается выдох.



**Переключение
с вдоха на
выдох по
объёму –
Volume Cycling**



Переключение
с вдоха на
выдох по
объёму –
Volume Cycling

Pressure

Volume

Flow

Inspiration

Expiration

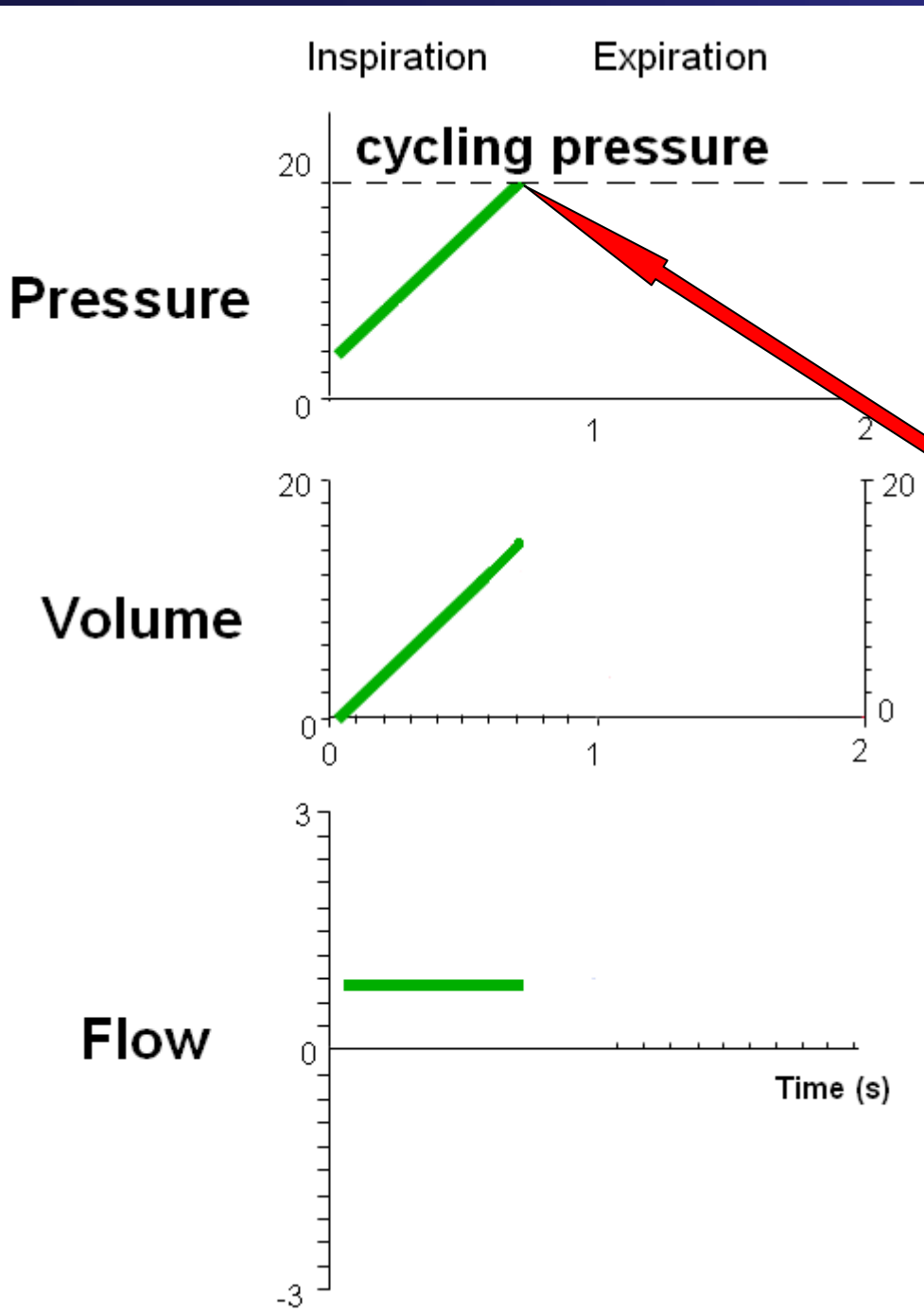
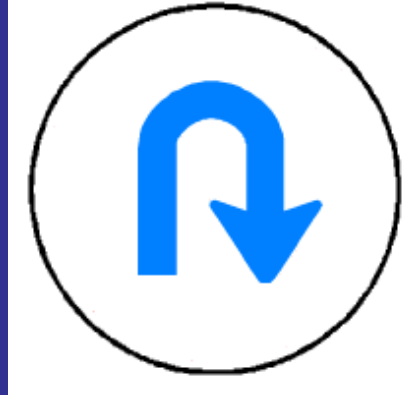
\bar{P}_{aw}

Time (s)

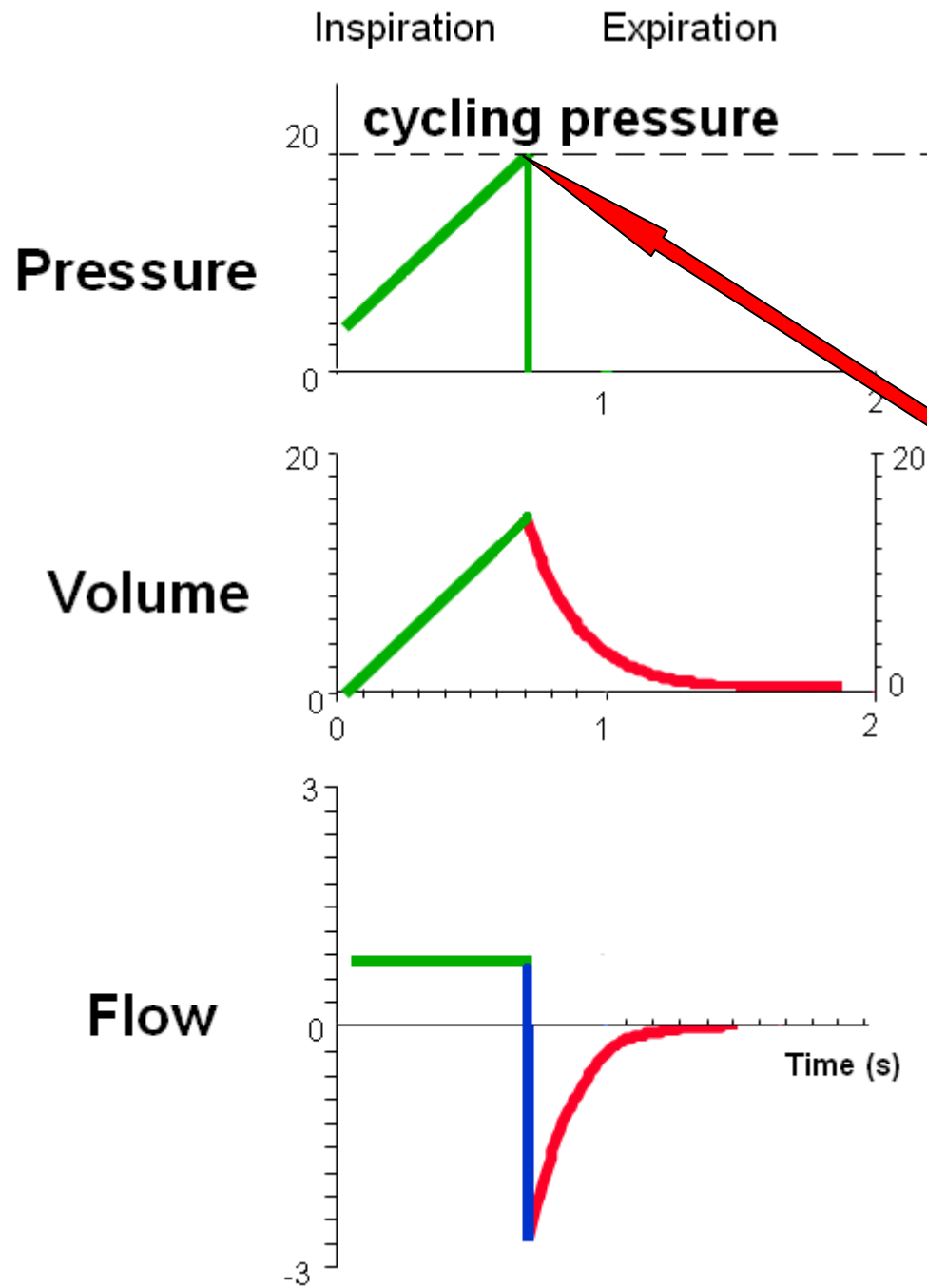
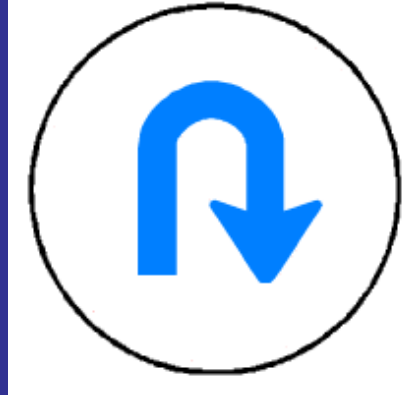


Переключение с вдоха на выдох по давлению—Pressure Cycling

Вдох будет продолжаться до тех пор, пока давление в контуре аппарата ИВЛ не достигнет пороговой величины. Как только пороговое значение достигнуто, открывается клапан выдоха, инспираторный поток останавливается и начинается выдох.



**Переключение
с вдоха на
выдох по
давлению –
Pressure
Cycling**

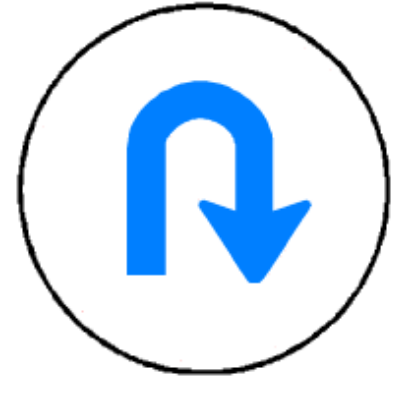


**Переключение
с вдоха на
выдох по
давлению –
Pressure
Cycling**

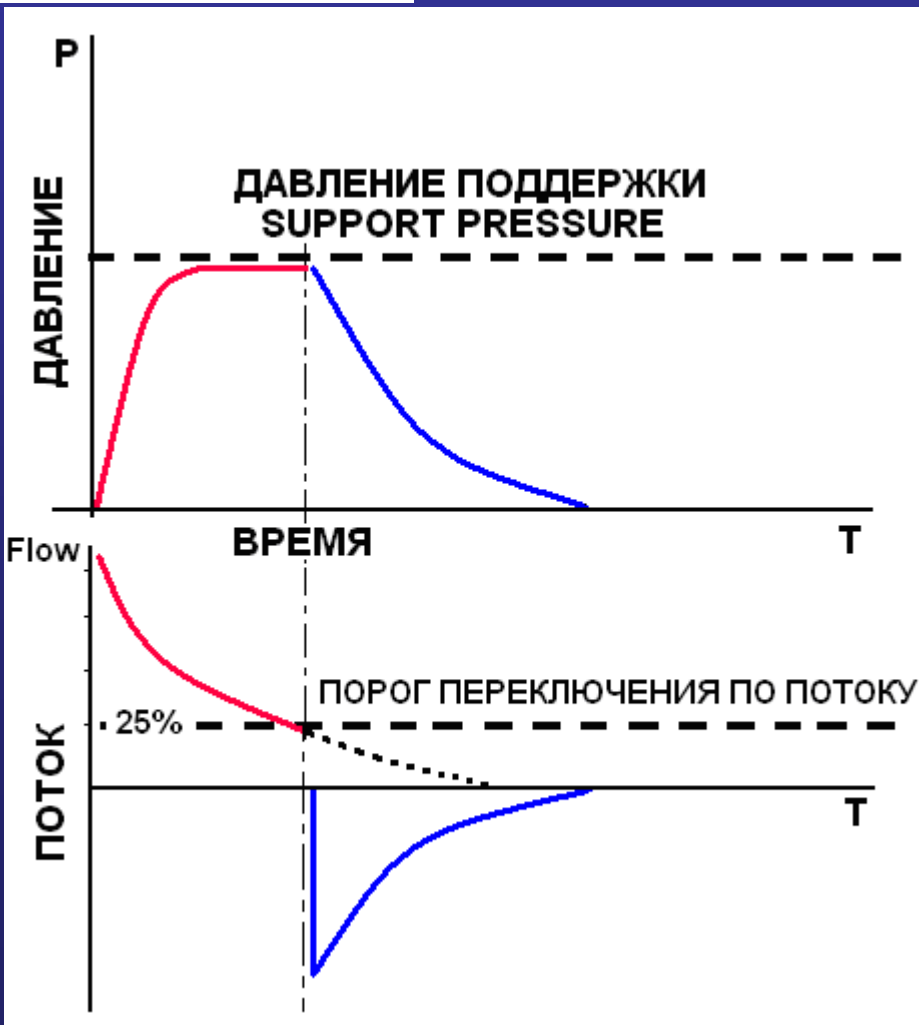


Переключение с вдоха на выдох по потоку—*Flow Cycling*

- Вдох будет продолжаться до тех пор, пока поток не снизится до установленного порогового значения.
- Как только заданное пороговое значение достигнуто открывается клапан выдоха, инспираторный поток останавливается и начинается выдох.



Переключение с вдоха на выдох по потоку— Flow Cycling



- Переключение с вдоха на выдох «по потоку» используется в режиме «Pressure support».
- Параметр управляющий вдохом – давление, аппарат ИВЛ создаёт поток обеспечивающий предписанное давление.
- Поток начинается с высоких значений и снижается по экспоненте.
- Переключение с вдоха на выдох выполняется при снижении потока до порогового уровня.



Фазовые переменные

Переключение

с вдоха на выдох – cycle

- По объёму и по времени – аппаратное переключение на выдох

Machine cycling

- По давлению и по потоку – спонтанное переключение на выдох (инициировано пациентом)

Patient cycling

Фазовые переменные

– **trigger**, **limit**, **cycle**, **PEEP**

1. Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха) – **trigger**
2. Вдох – **limit**
3. Переключение с вдоха на выдох – **cycle**
4. Выдох – **PEEP** или **baseline pressure**



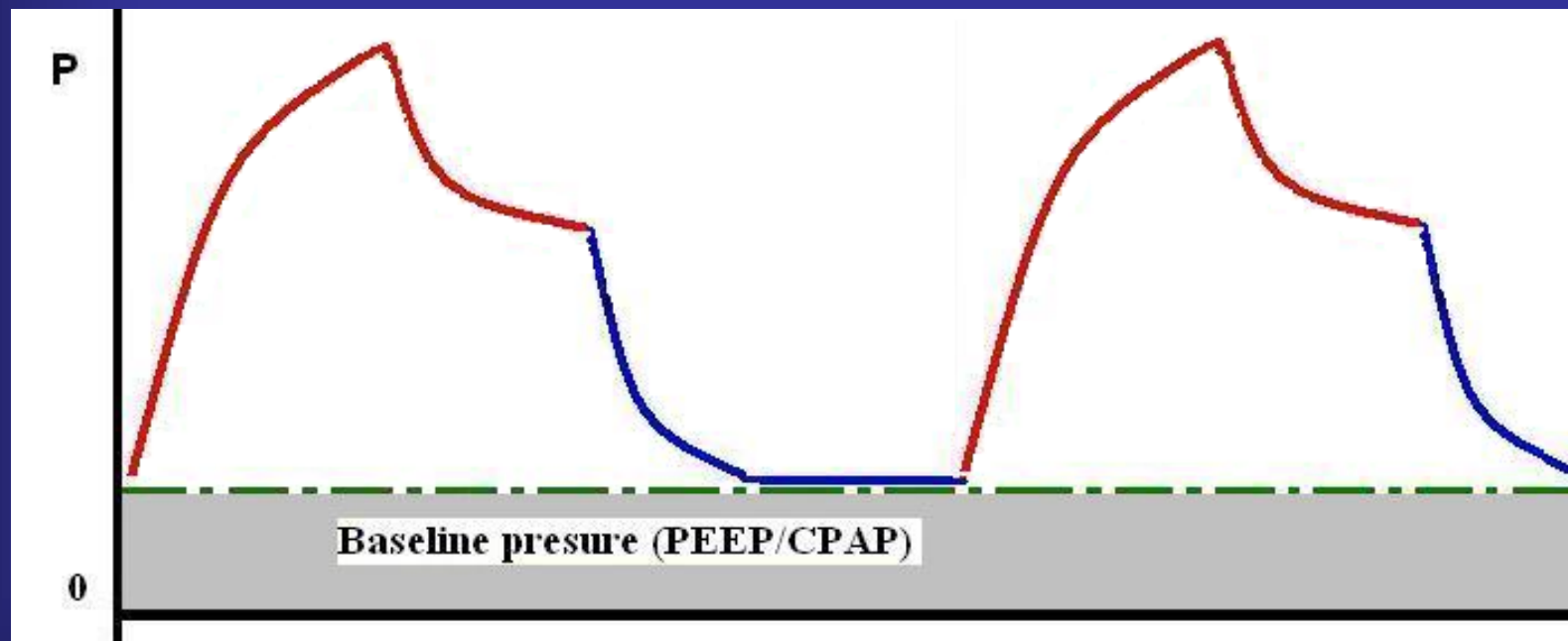
Фазовые переменные

PEEP или **baseline pressure**

- PEEP – **positive end expiratory pressure**
- ПДКВ – положительное давление конца выдоха
- Параметры выдоха определяются свойствами респираторной системы пациента и уровнем PEEP
(при пассивном или спонтанном выдохе)



Фазовые переменные PEEP или **baseline pressure**

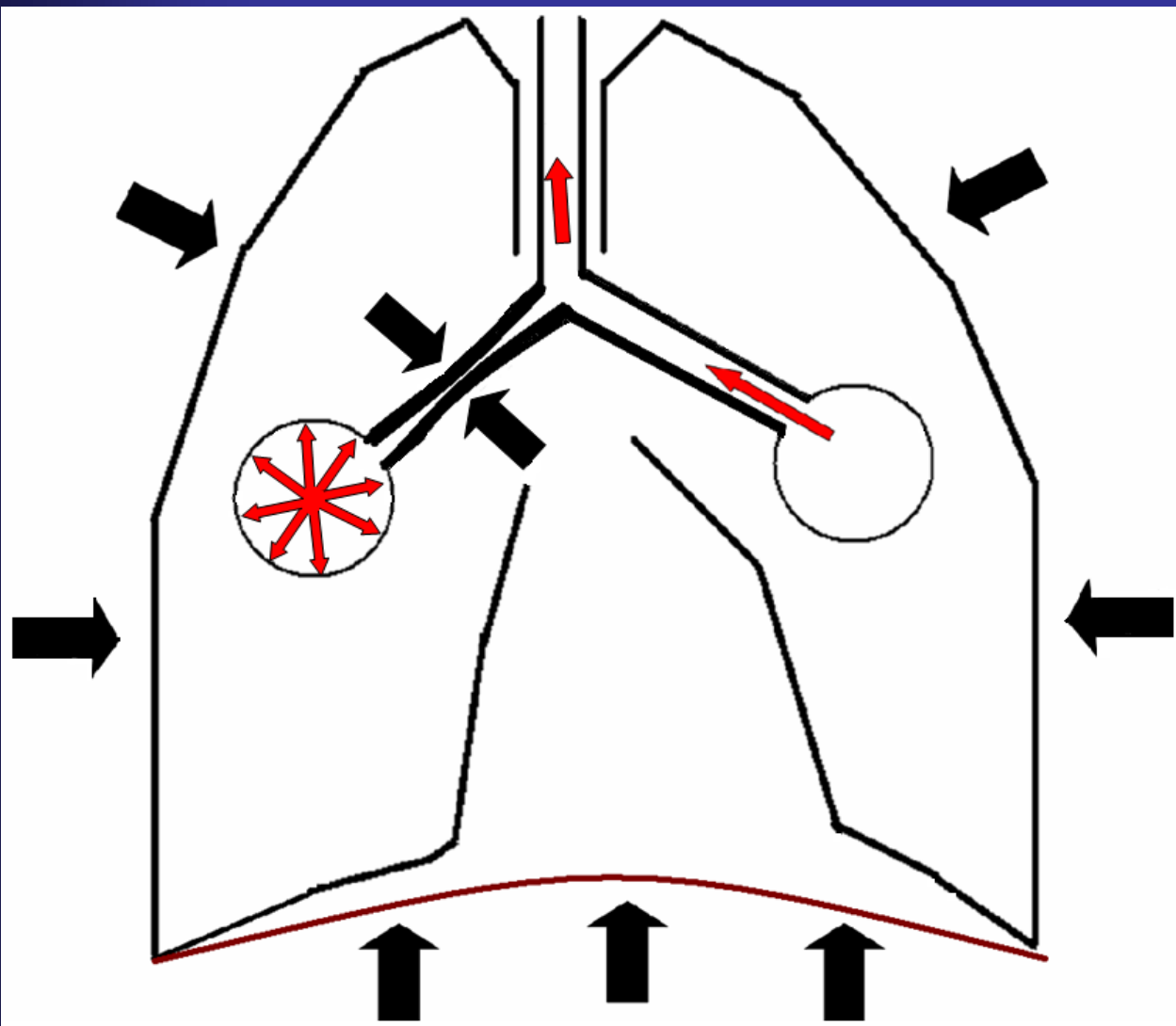


На панели управления аппаратов ИВЛ
часто обозначается как **PEEP/CPAP**
Вдох начинается с уровня **baseline
pressure**
Выдох завершается на уровне **baseline
pressure**



Фазовые переменные

PEEP или baseline pressure



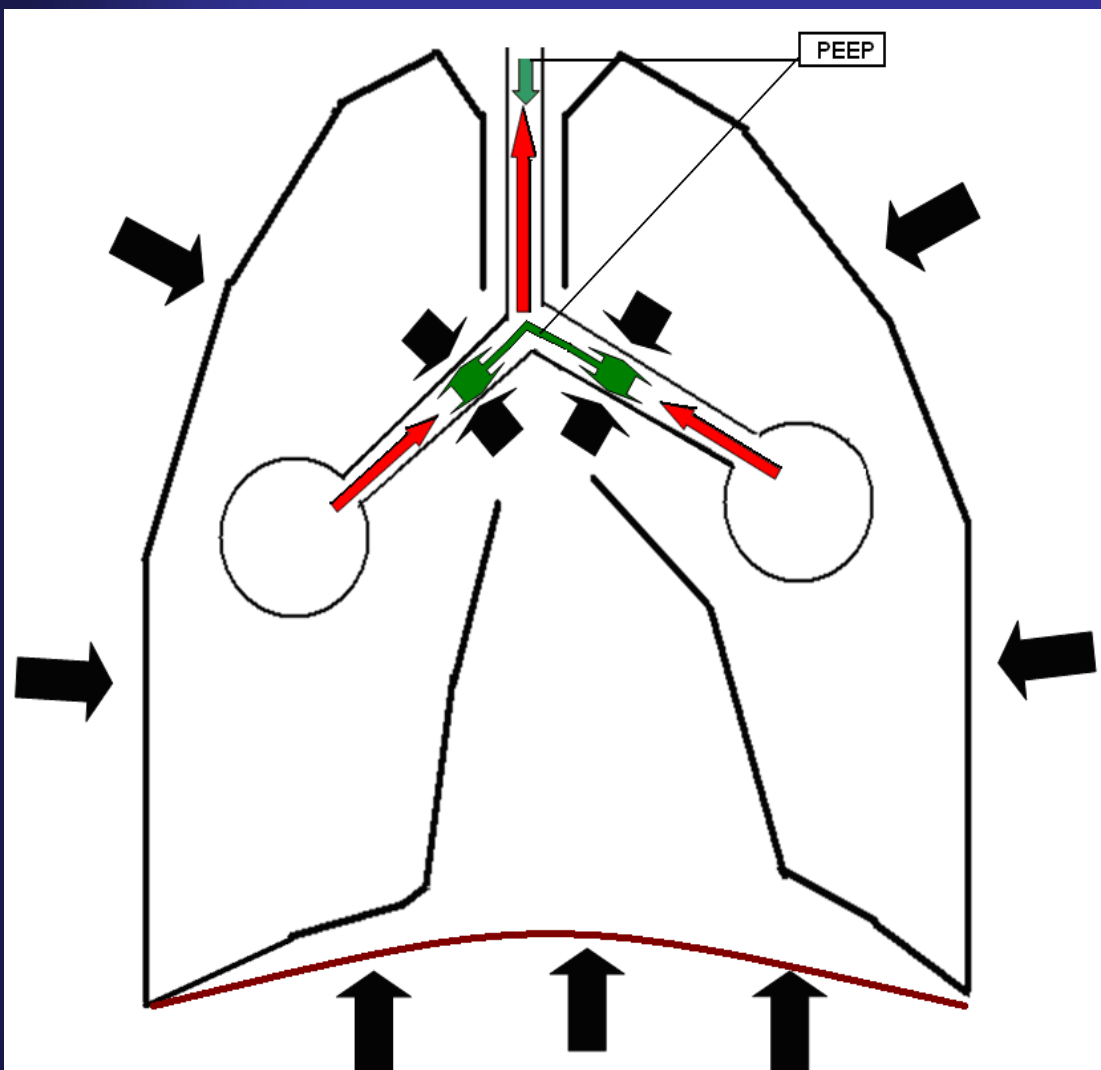
ЭЗДП –
экспираторное
закрытие
дыхательных
путей

Air trap –
воздушная
ловушка



Фазовые переменные

PEEP или baseline pressure



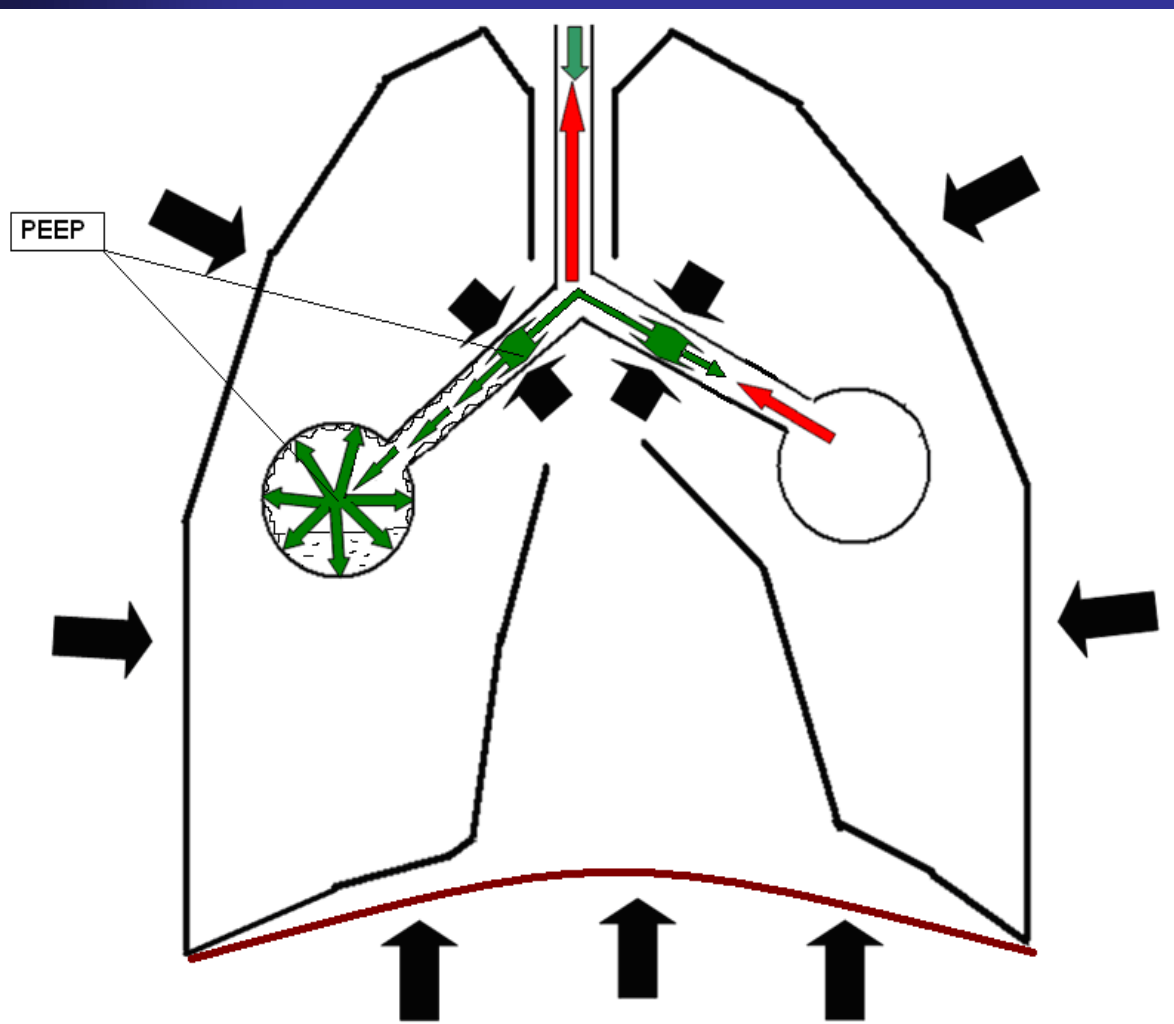
PEEP

противодействует
ЭЗДП –
экспираторному
закрытию
дыхательных
путей



Фазовые переменные

PEEP или **baseline pressure**



PEEP раскрывает спавшиеся альвеолы и помогает удерживать их в раскрытом состоянии

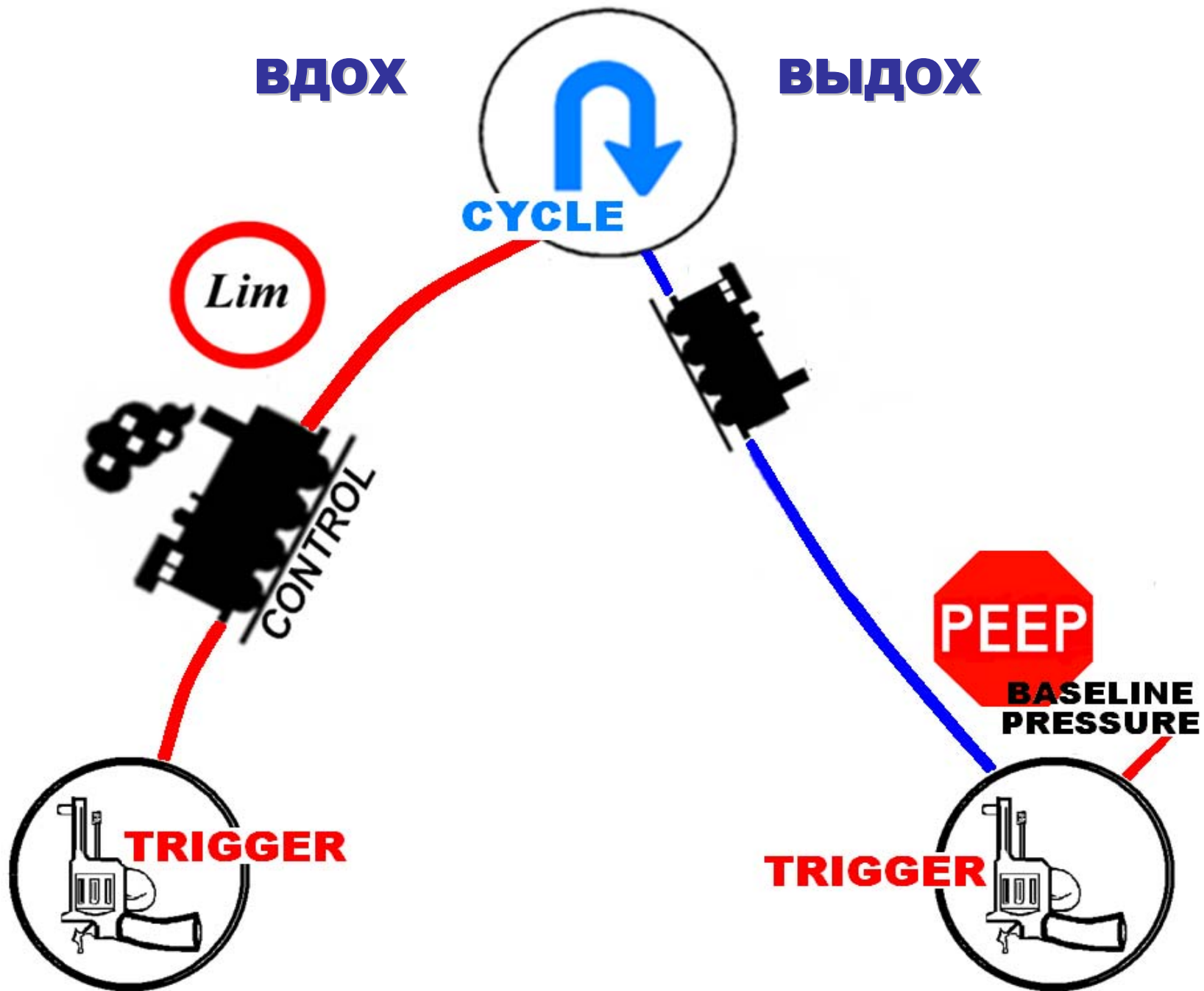
Препятствует ателектазированию легких.

Важный компонент **рекрутмента**

(Recruitment)

Управляемые параметры и фазовые переменные

- Способ управления
 - VC, PC, DC
- Фазовые переменные
 - **trigger, limit, cycle, PEEP**
- Согласование вдохов
 - CMV, CSV, IMV



Конец первой части

- Спасибо за внимание!
- Задавайте вопросы!