

# ПОРШНЕВЫЕ КОМПРЕССОРЫ

ВВЕДЕНИЕ

**КОМПРЕССОР - ЭТО МАШИНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ  
ДАВЛЕНИЯ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГАЗА ИЛИ ПАРА,  
Т.Е. КОМПРЕССОР ЗА СЧЕТ ПОДВОДА ЭНЕРГИИ  
ИЗВНЕ ПРЕОБРАЗУЕТ ЕЁ В ПОТЕНЦИАЛЬНУЮ  
ЭНЕРГИЮ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА ИЛИ ПАРА.**

**Рекомендуемая литература  
для изучения дисциплины «Теория, расчет и  
конструирование поршневых компрессоров»**

**1. Основная литература:**

- 1.1. *Пластинин П.И.* «Поршневые компрессоры», 3-е изд., учебное пособие в двух томах: Том 1 «Теория и расчет», -М.: КолосС, 2006. -400 с.; Том 2 «Основы проектирования. Конструкция», -М.: КолосС, 2008. -707 с.

**2. Дополнительная литература:**

- 2.1. *Видякин Ю.А., Доброклонский Е.Б., Кондратьева Т.Ф.* «Оппозитные компрессоры». -Л.: Машиностроение, 1979. -280 с.
- 2.2. *Кондратьева Т.Ф. Исаков В.П.* «Клапаны поршневых компрессоров». -Л.: Машиностроение, 1983. -158 с.
- 2.3. *Пластинин П.И.* «Компрессорные машины: Введение», -М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. -62 с.
- 2.4. *Пластинин П.И.* «Расчет и исследование поршневых компрессоров с использованием ЭВМ». -М.: ВИНТИ, 1981. -168 с.
- 2.5. *Пластинин П.И.* «Теория и расчет поршневых компрессоров». -М.: Агропромиздат, 1987. -271 с.
- 2.6. *Пластинин П.И., Дегтярева Т.С.* «Теория и расчет поршневых компрессоров: Краткий конспект лекций». -М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. -77 с.

- 2.7. *Фотин Б.С., Пирумов И.Б., Пластинин П.И., Прилуцкий И.К.* "Поршневые компрессоры". - Л.:Машиностроение,1987. -372 с.
- 2.8. *Френкель М.И.* «Поршневые компрессоры», 3-е издание, -Л.: Машиностроение, 1969. –744 с.

### **3. Специальная литература для выполнения курсовых проектов и домашних заданий.**

- 3.1. «Объемные компрессоры: Атлас конструкций» / *Поспелов Г.А., Пластинин П.И., Шварц А.И., Сафин А.Х.* –М.: Машиностроение, 1994. –120 с.
- 3.2. *Пластинин П.И.* «Поршневые компрессоры: Методические указания по курсовому проектированию». 2-е изд. –М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1997. –10 с.
- 3.3. *Пластинин П.И., Ардашев В.И.* «Конструирование поршневых компрессоров низкотемпературных установок». –М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1989. –20 с.
- 3.4. *Пластинин П.И., Дегтярева Т.С., Мазурин Э.Б.* "Поршневые компрессоры: самостоятельное изучение конструкций" .-М.: изд-во МГТУ, 1998. – 45 с.
- 3.5. *Пластинин П.И., Едемский В.С.* Методические указания по выполнению домашних заданий по курсу «Поршневые компрессоры». –М.: МВТУ им. Н.Э.Баумана, 1982. –20 с.
- 3.6. *Пластинин П.И., Дегтярева Т.С., Едемский В.С.* "Примеры расчетов поршневого компрессора: Учебное пособие по курсовому проектированию". -М.:МВТУ им. Н.Э.Баумана, 1984.- 46 с.

## **Области применения компрессорных машин.**

- Холодильная техника.
- Химическая и нефтехимическая промышленность.
- Перемещение газов (вентиляция, газопроводы и т.д.).
- Нефтедобыча и нефтяная промышленность.
- Энергетика.
- Использование сжатого воздуха в качестве энергоносителя.
- Использование сжатого воздуха или газа для интенсификации технологических процессов (ТРД, металлургия и т.д.).
- Сжатие газов для обеспечения технологических процессов (разделение газов, криогеника и т.д.).
- Пневмотранспорт.
- Системы управления и автоматизации.
- Оборонная техника.
- Космическая техника.
- Медицина и медицинская техника.
- Пищевая промышленность.
- Торговля  
и много, много других отраслей.

## **Принципы действия компрессоров.**

Принцип действия компрессора определяется

- совокупностью физических явлений, которые используются для повышения давления газа;
- способом подвода энергии к газу.

## **Классификация компрессоров по принципу действия:**

- объемные (статические) компрессоры,
- динамические компрессоры,
- тепловые компрессоры.

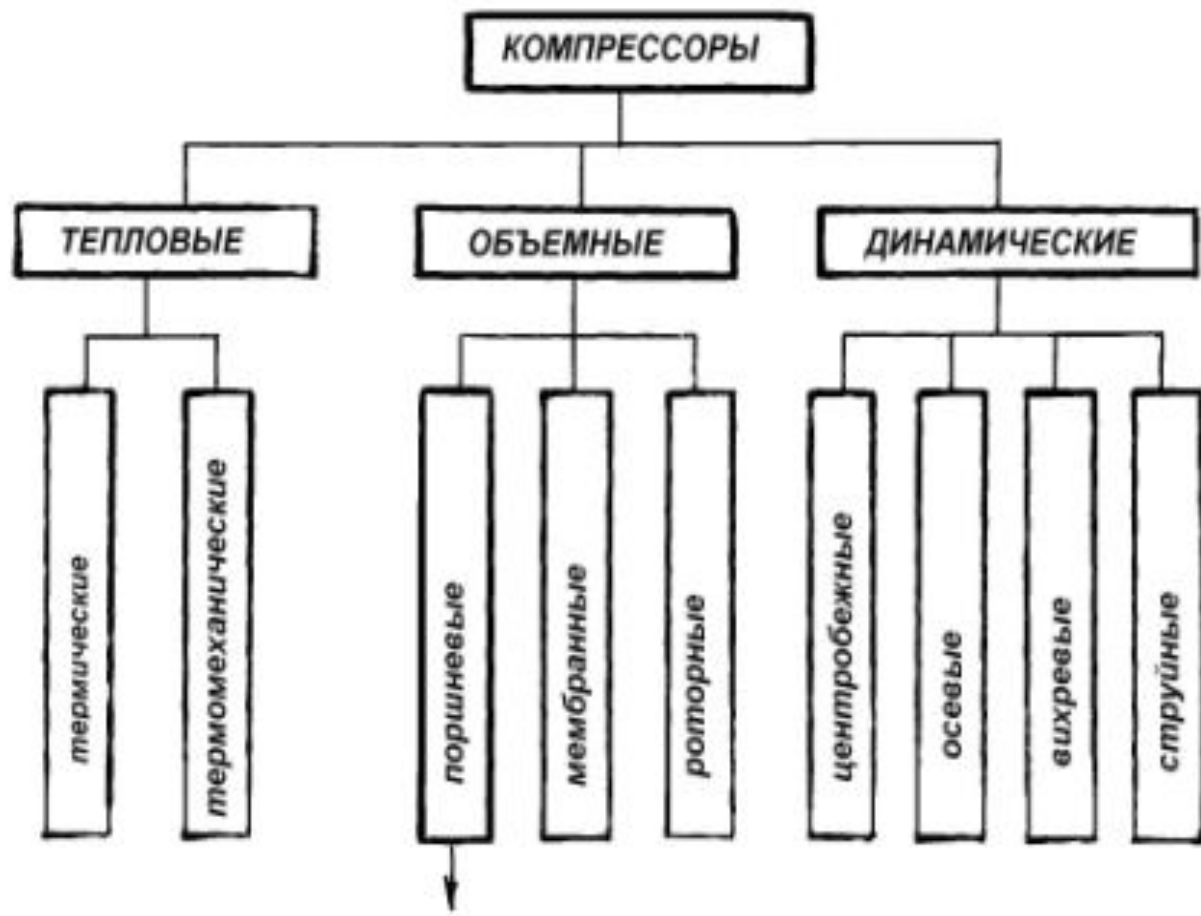
## **Тепловые компрессоры.**

Совокупность физических явлений:

- нагрев газа в замкнутом объеме.

Способ подвода энергии к газу:

- подвод энергии в форме теплоты.



## Динамические компрессоры.

Совокупность физических явлений -

- при замедлении движения потока на заторможенные молекулы по инерции набегают следующие за ними, что приводит к сближению молекул.

Способ подвода энергии к газу:

- преобразование энергии в два этапа:
  1. За счет подводимой механической энергии увеличивается кинетическая энергия газа;
  2. Кинетическая энергия частично преобразуется в энергию давления газа.

Особенность работы → Непрерывный поток газа и непрерывность процесса сжатия (повышения давления).



## Объемные компрессоры.

Совокупность физических явлений -

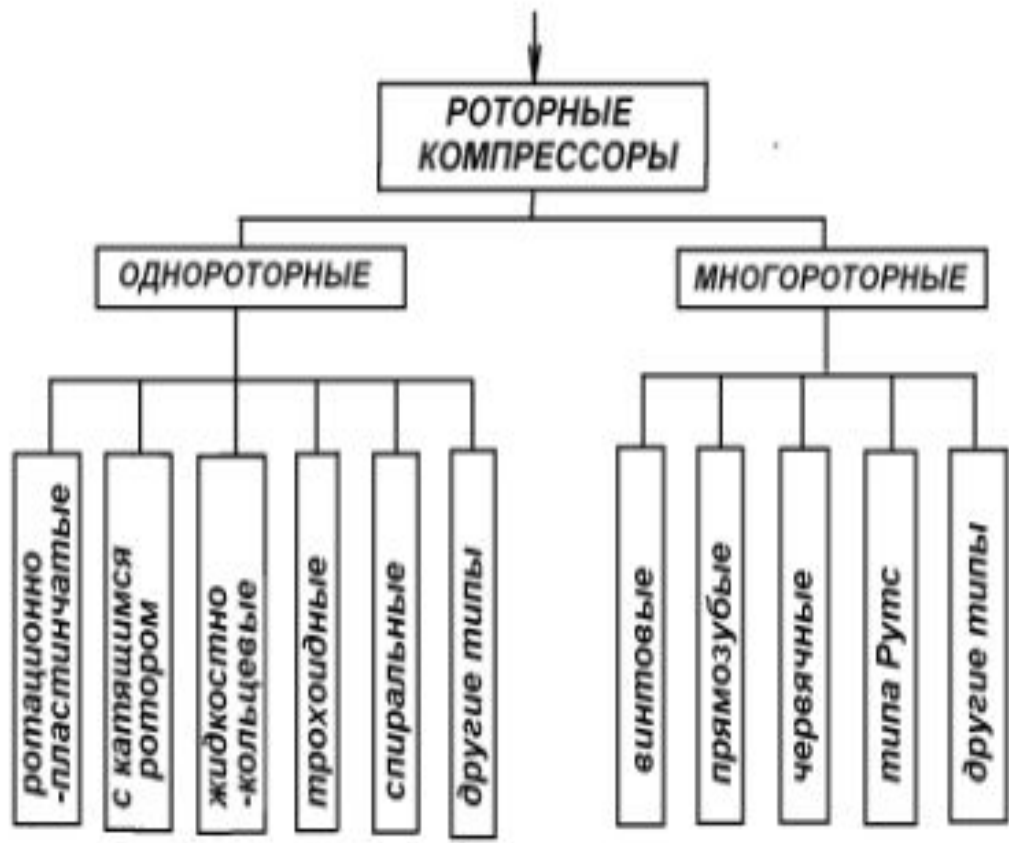
- уменьшение объема замкнутой полости за счет перемещения (деформации) стенок приводит к увеличению числа молекул в единице объема, т.е. к увеличению давления газа.

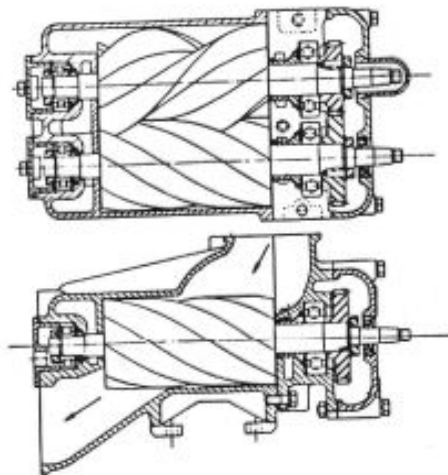
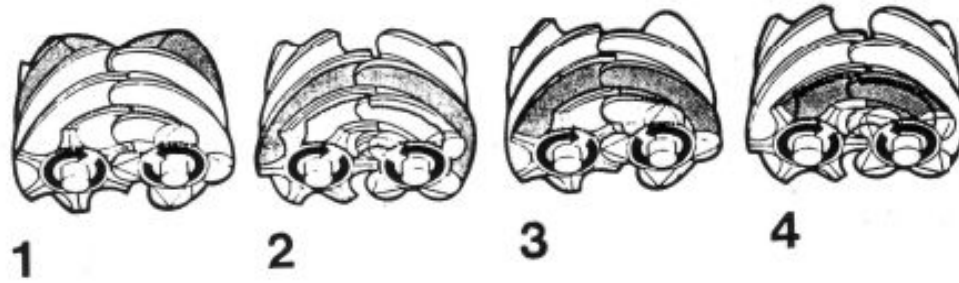
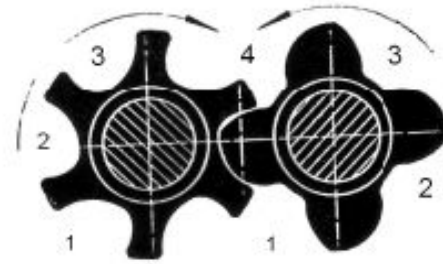
Способ подвода энергии к газу:

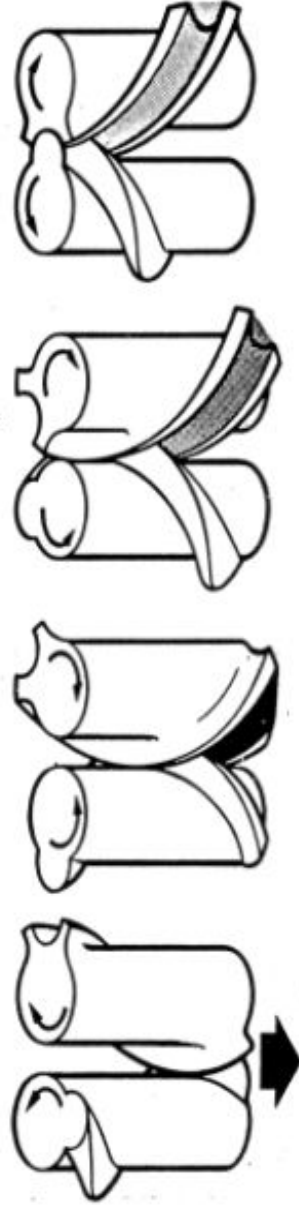
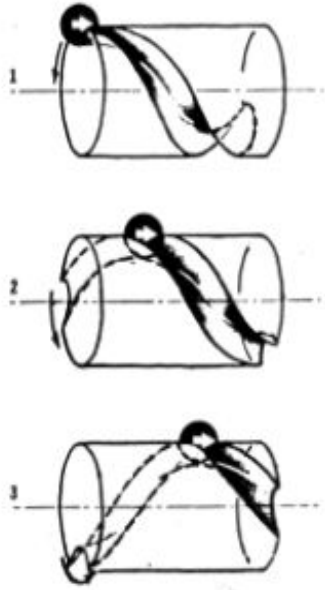
- механический (перемещение поршня).

Особенность работы → Периодичность процесса

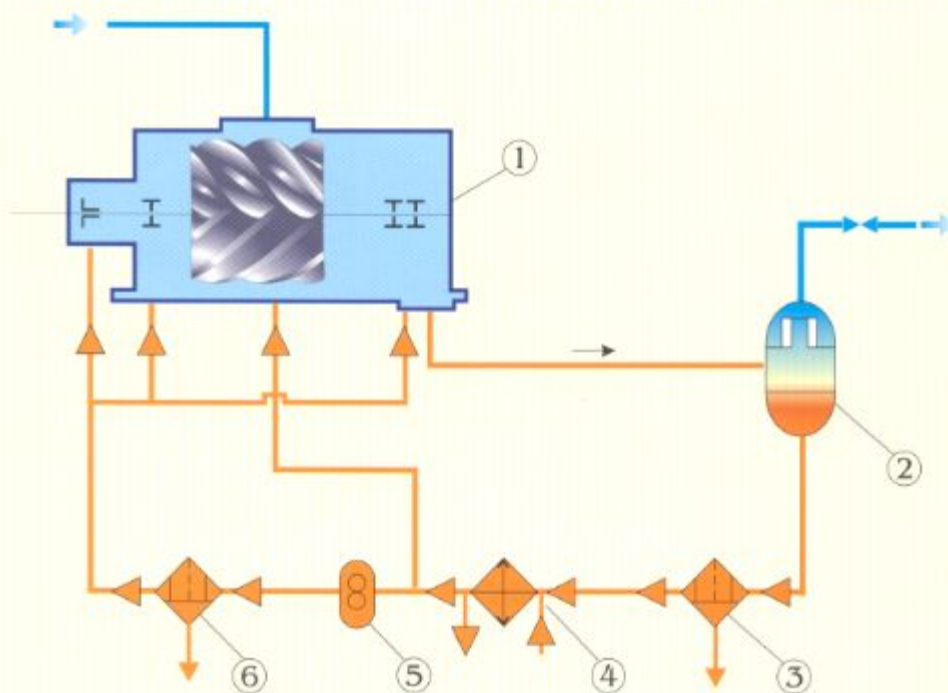
Рабочая полость объемного компрессора периодически увеличивается в объеме (в это время газ поступает в рабочую полость) и периодически уменьшается в объеме (в это время газ сжимается, его давление повышается, а затем выталкивается из рабочей полости в полость с высоким давлением).





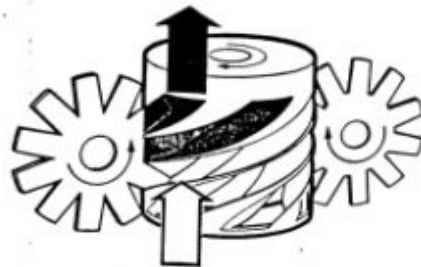


## Схема смазки винтового компрессора:

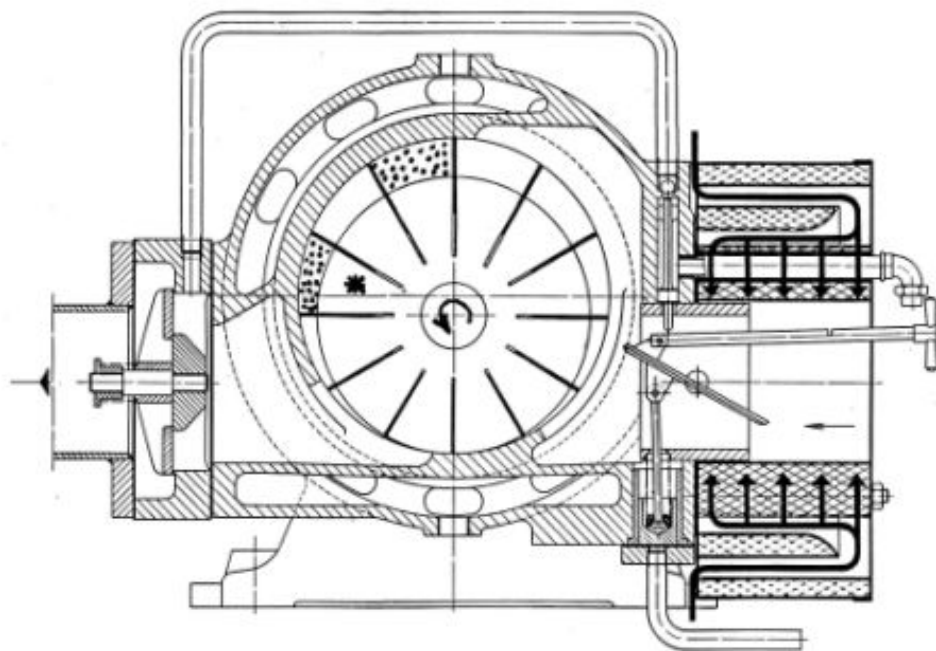


**1 - компрессор; 2 - маслоотделитель;  
3 - фильтр масла; 4 - маслоохладитель;  
5 - насос масляный; 6 - фильтр тонкой  
очистки масла**

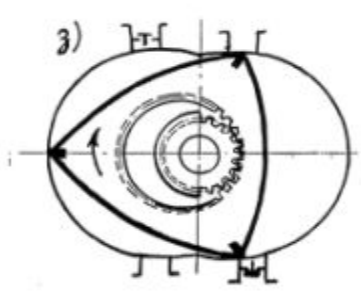
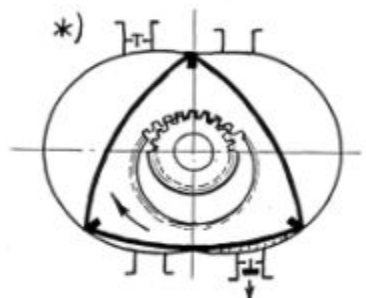
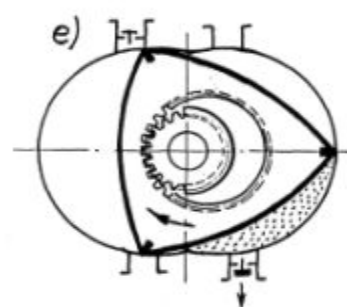
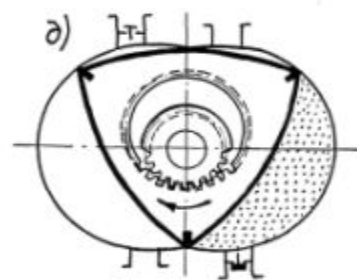
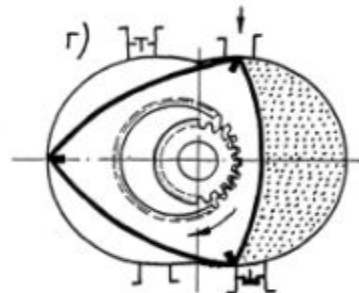
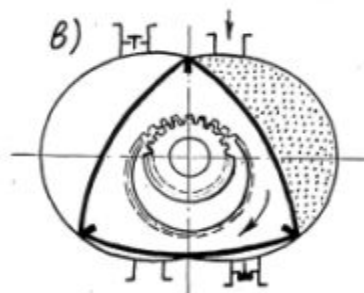
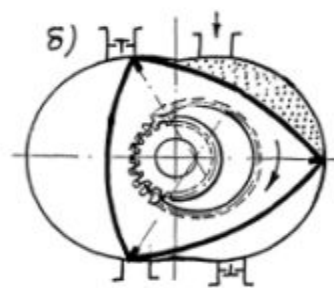
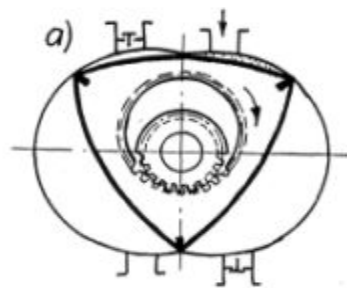
Одновинтовой (трехвальный) роторный компрессор



## Ротационно-пластинчатый компрессор

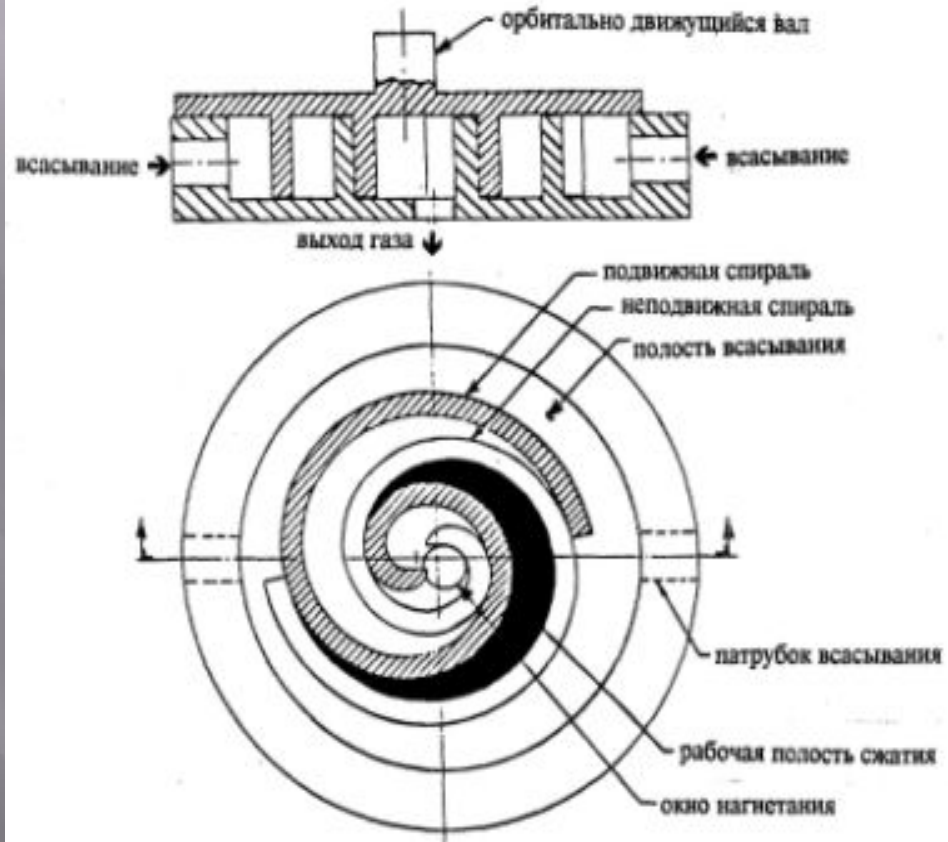


# Трохоидный компрессор





# Спиральный компрессор





$\theta = 0$



$\theta = \pi/2$

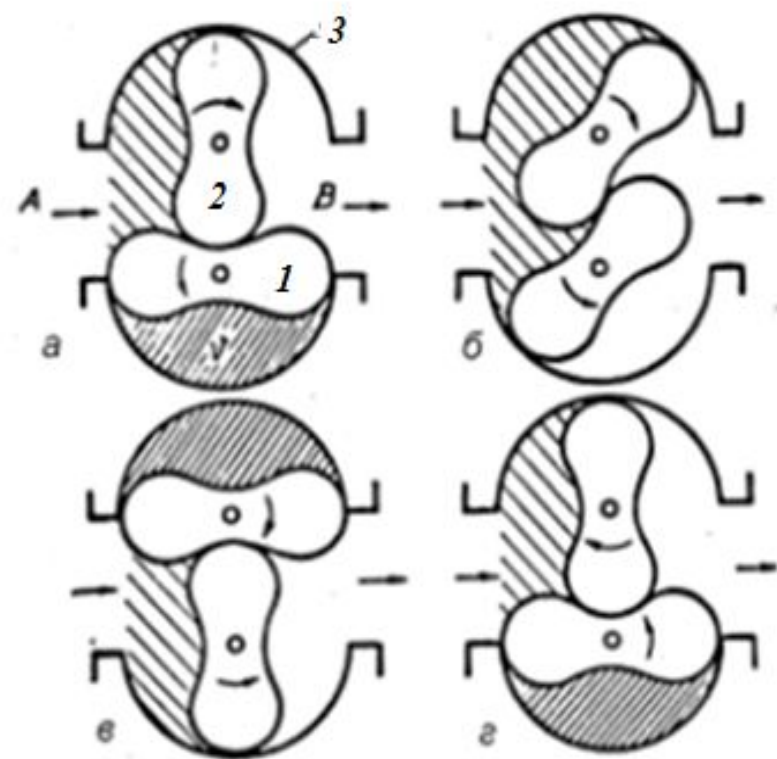


$\theta = \pi$

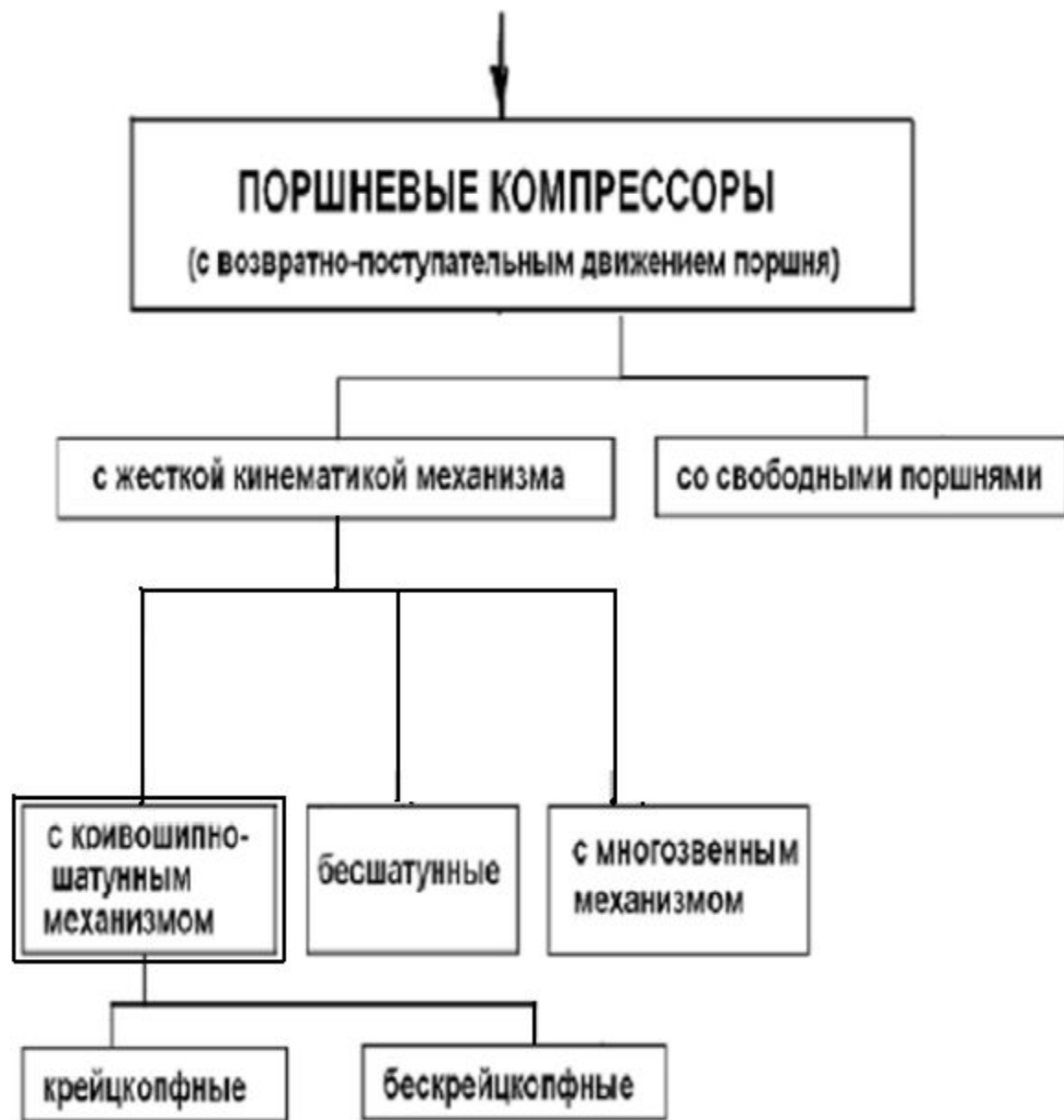


$\theta = 3\pi/2$

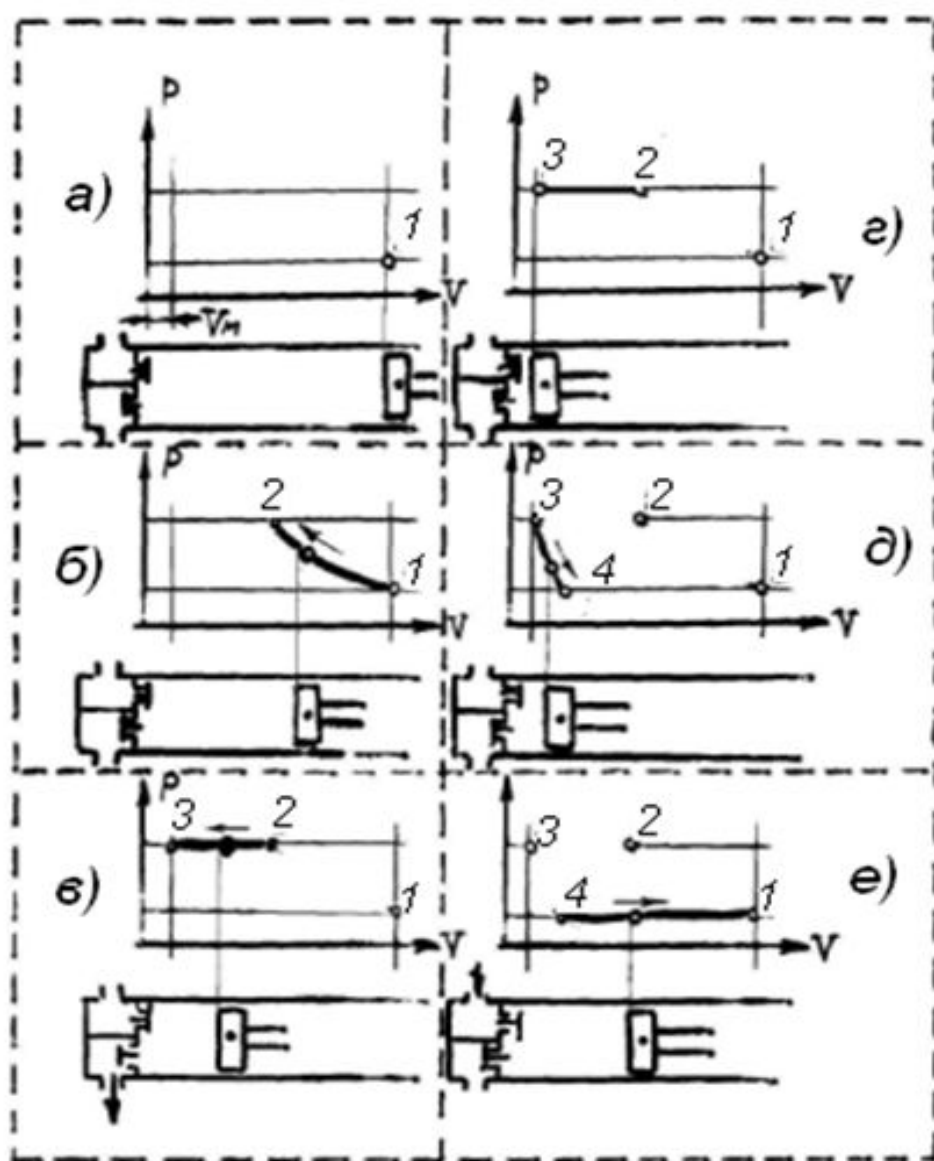
## Шестеренчатые компрессоры ( типа РУТС )



Компрессор с внешним сжатием



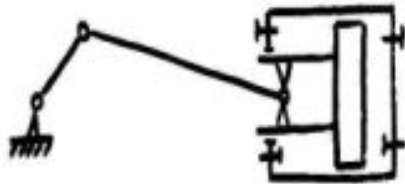
ПРИНЦИП РАБОТЫ ПОРШНЕВОГО  
КОМПРЕССОРА



# Общие сведения

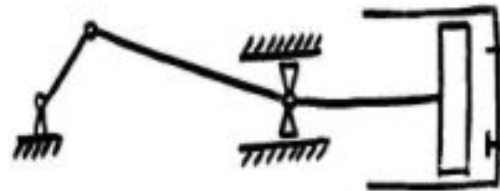
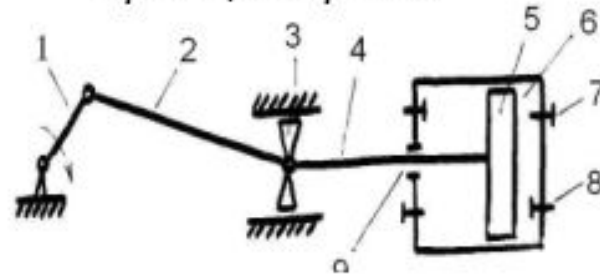
## Кинематические схемы поршневых компрессоров

### бескрейцкопфные



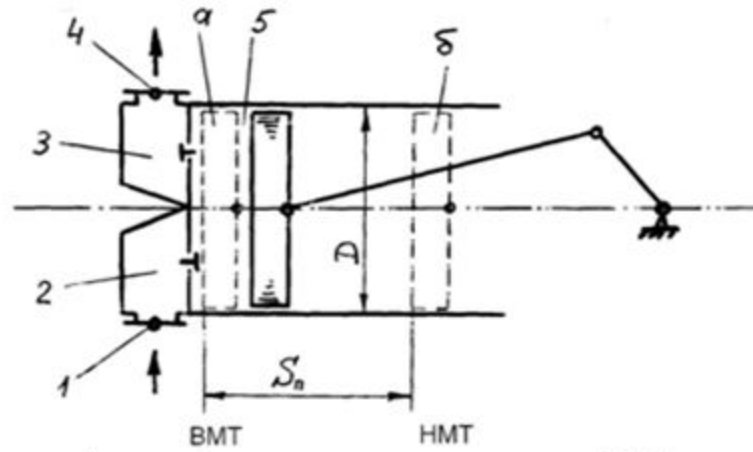
- 1 - кривошип (коленчатый вал)
- 2 - шатун
- 3 - крейцкопф
- 4 - шток
- 5 - поршень

### крейцкопфные



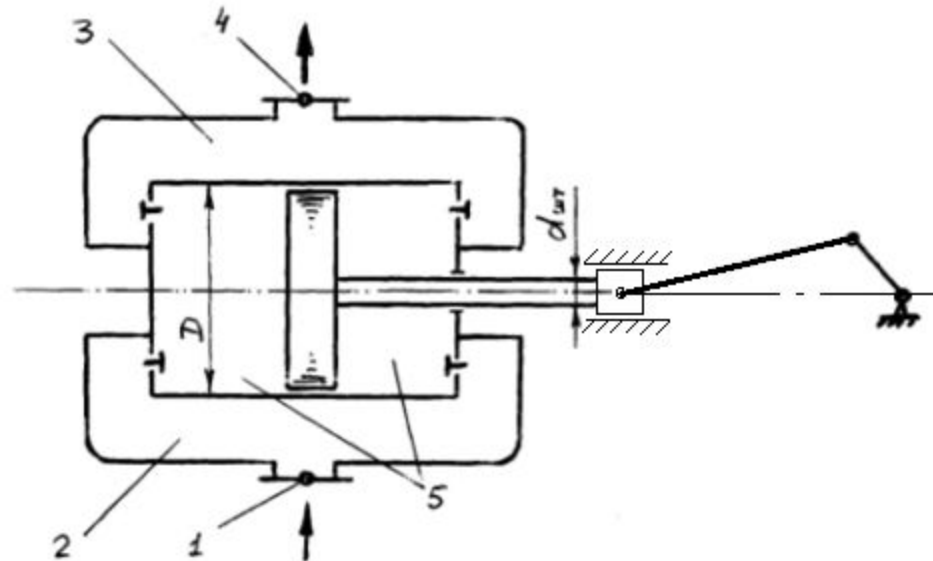
- 6 - цилиндр
- 7 - нагнетательный клапан
- 8 - всасывающий клапан
- 9 - уплотнение штока (сальник)

### Схема цилиндра простого действия

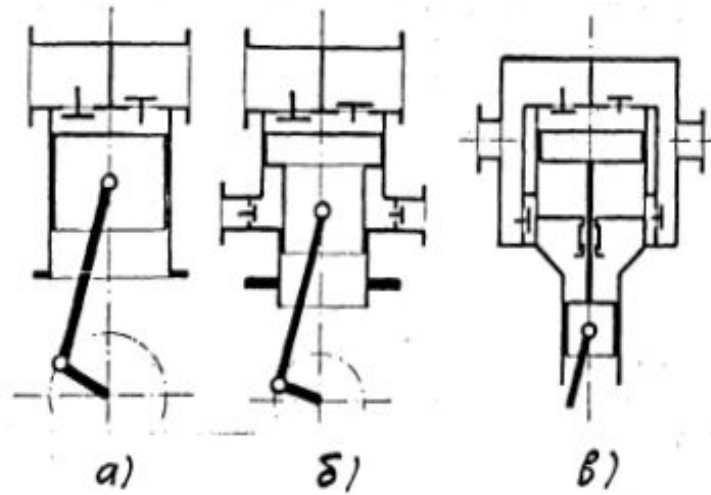


- 1 - стандартная точка всасывания (СТВ)
- 4 - стандартная точка нагнетания (СТН)
- а - поршень в ВМТ; б - поршень в НМТ

### Схема цилиндра двойного действия



## Типы поршней



*а* – тронковый поршень

*б* – дифференциальный поршень

*в* – дисковый поршень



## МЕРТВЫЕ ТОЧКИ

ВЕРХНЯЯ МЕРТВАЯ ТОЧКА (ВМТ) (TDP)

НИЖНЯЯ МЕРТВАЯ ТОЧКА (НМТ) (BDP)

## ОПИСАННЫЙ ОБЪЕМ

Для компрессоров простого действия

$$\bar{V}_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S_n = F_n \cdot S_n$$

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S_n \cdot n_o = F_n \cdot S_n \cdot n_o$$

Для компрессоров двойного действия

$$\bar{V}_h = \frac{2\pi \cdot D^2}{4} \cdot S_n - \frac{\pi \cdot d_{шт}^2}{4} \cdot S_n ,$$

$$\bar{V}_h = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d_{шт}^2) \cdot S_n ,$$

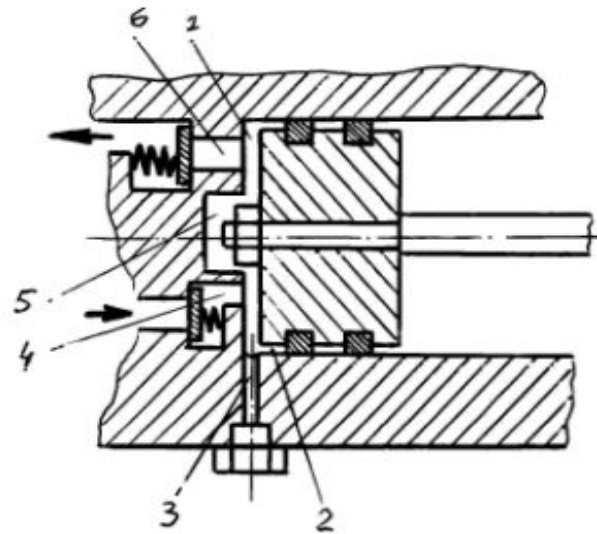
$$\bar{V}_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} (2 - \alpha_{шт}^2) \cdot S_n = F_n \cdot S_n (2 - \alpha_{шт}^2) ,$$

$$V_h = \frac{\pi}{4} \cdot (2D^2 - d_{шт}^2) \cdot S_n \cdot n_o ,$$

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} (2 - \alpha_{шт}^2) \cdot S_n \cdot n_o = F_n \cdot S_n (2 - \alpha_{шт}^2) \cdot n_o$$

где  $\alpha_{шт} = \frac{d_{шт}}{D}$

## МЕРТВЫЙ ОБЪЕМ



Относительный мертвый объем:

$$V_M = V_{\text{л.м.о}} + V_{\text{к.л.м.о}} + \sum V_{\text{доп.м.о}}$$

$$S_{\text{л.м.о}} \approx 0,005 S_n + 0,5 \quad \text{мм}$$

$$a_M = \frac{V_M}{V_h}$$

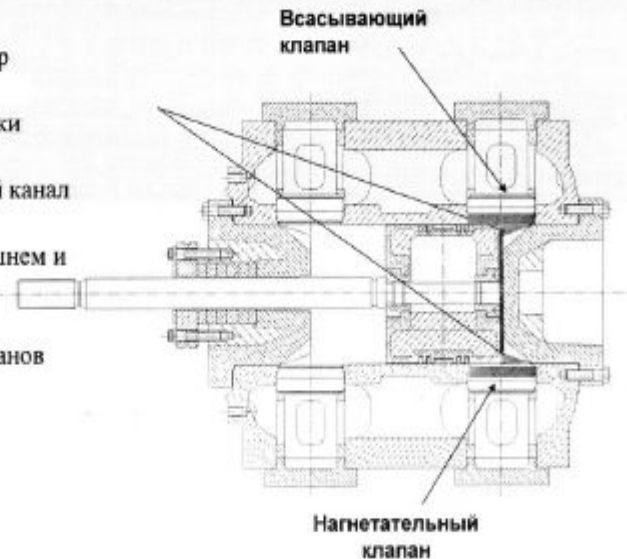
Приведенный (к ходу поршня) мертвый объем:

$$S_M = \frac{V_M}{F_n} = \frac{V_M}{V_h} \cdot S_n = a_M \cdot S_n$$

$a_M$  и  $S_M$  определяют для каждой полости

## СОБСТВЕННЫЙ ОБЪЕМ МЕРТВОГО ПРОСТРАНСТВА СО СТОРОНЫ КРЫШКИ

- ✓ Концевой зазор
- ✓ Выемки крышки
- ✓ Индикаторный канал
- ✓ Зазор м/у поршнем и цилиндром
- ✓ Карманы клапанов
- ✓ Клапаны



Собственный объем мертвого пространства со стороны крышки цилиндра

**Мертвым объемом называют пространство внутри цилиндра, где может скапливаться газ во время хода поршня. Это пространство, заполненное газом, вносит свой вклад в процесс расширения и влияет на производительность компрессора. Мертвый объем включает в себя:**

- Пространство между клапаном и зеркалом цилиндра
- Пространство между поршнем и крышкой цилиндра
- Пространство между внутренним диаметром цилиндра и внешним диаметром поршня, начиная со стороны крышки и заканчивая поршневыми кольцами

## ПОДАЧА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ОБЪЕМНЫХ КОМПРЕССОРОВ

**Подача**  $M_e$  - массовое количество газа, подаваемое потребителю в единицу времени

Необходима функциональная характеристика компрессора, которая может быть проверена в любых условиях (давление всасывания, температура всасывания)

**Производительность**  $V_e$  -объем газа, подаваемого потребителю в единицу времени, пересчитанный на условия всасывания, т.е. на давление и температуру в С.Т.В.

Определение понятия производительность соответствует стандартам ISO и ГОСТ.

Производительность практически не зависит от условий работы, т.е. от  $P_{вс}$  и  $T_{вс}$ .

Два этапа определения производительности:

- 1) измеряют подачу  $M_e$ ,
- 2) определяют объем подаваемого потребителю газа при условиях всасывания

$$V_e = M_e / \rho_{вс}, \text{ где } \rho_{вс} = P_{вс} / RT_{вс}$$

### Нормализованная производительность

$V_{норм}$  - объем газа, подаваемого потребителю в единицу времени, определенный при нормальных условиях.

Размерность  $V_{норм}$   $\text{м}^3/\text{сек}$ ,  $\text{м}^3/\text{мин}$

- Когда проводится расчет компрессора или используются газовые законы, давление и температура должны быть представлены в абсолютных единицах.
- Поток газа обычно представлен в  $\text{м}^3$  приведенных к стандартным или нормальным условиям.

**Стандартные  $\text{м}^3$  – при  $20^\circ\text{C}$  и  $1,013$  Бар (абс)**

**Нормальные  $\text{м}^3$  – при  $0^\circ\text{C}$  и  $1,013$  Бар (абс)**

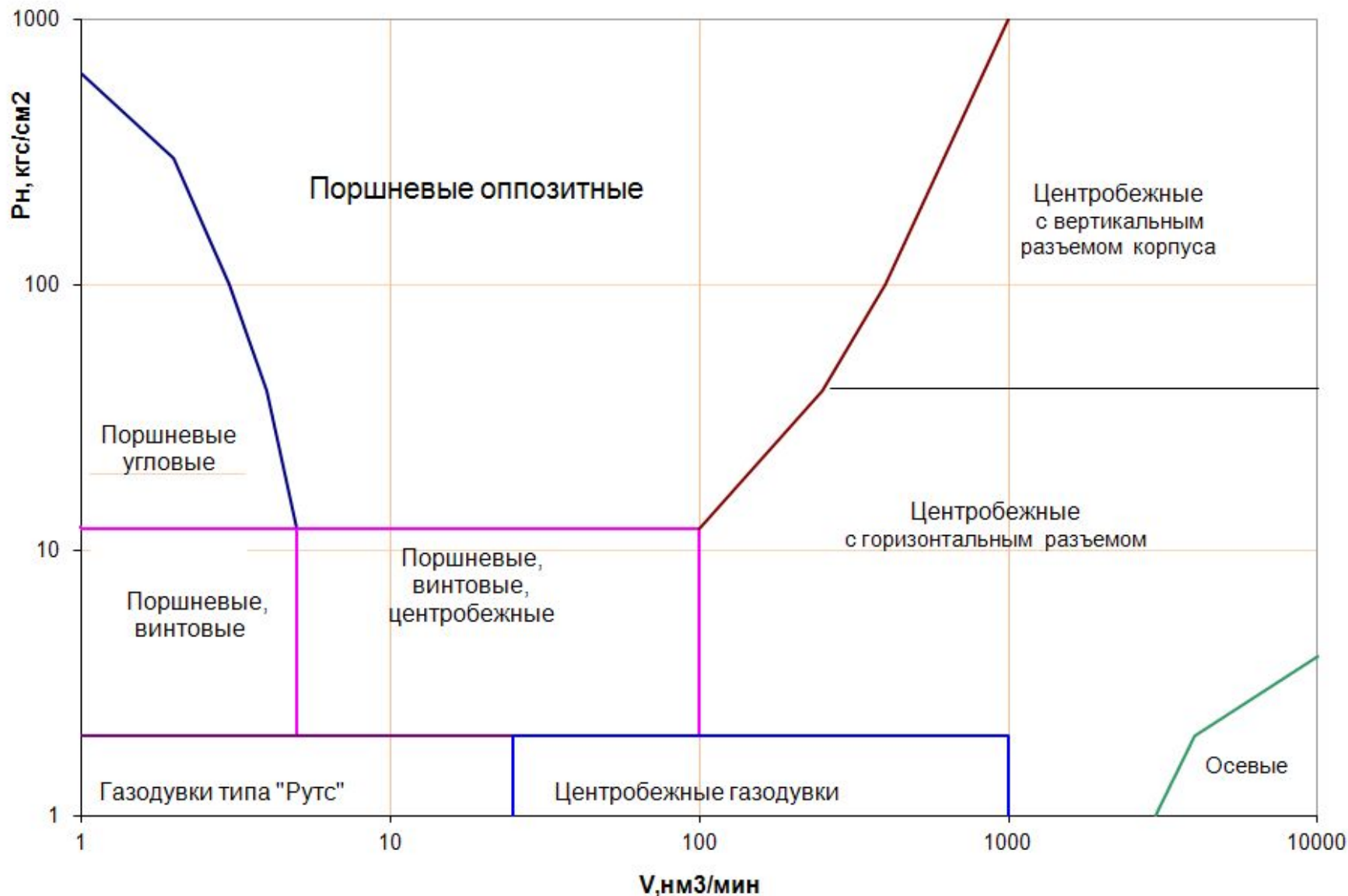
**Внимание!**  $V_{норм}$  эквивалентен  $M_e$

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ПОВЫШЕНИЕ  
ДАВЛЕНИЯ

$$\varepsilon = \frac{p_n}{p_{вс}}$$

Различают  $\varepsilon_k$  и  $\varepsilon_{ст.}$ .

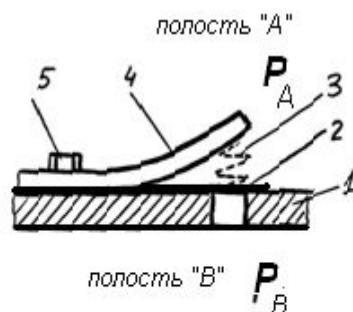
# Области предпочтительного применения компрессоров различного типа



## ОРГАНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

1. Самодействующие клапаны.
2. Органы распределения с фиксированными открытием и закрытием

### Самодействующие клапаны

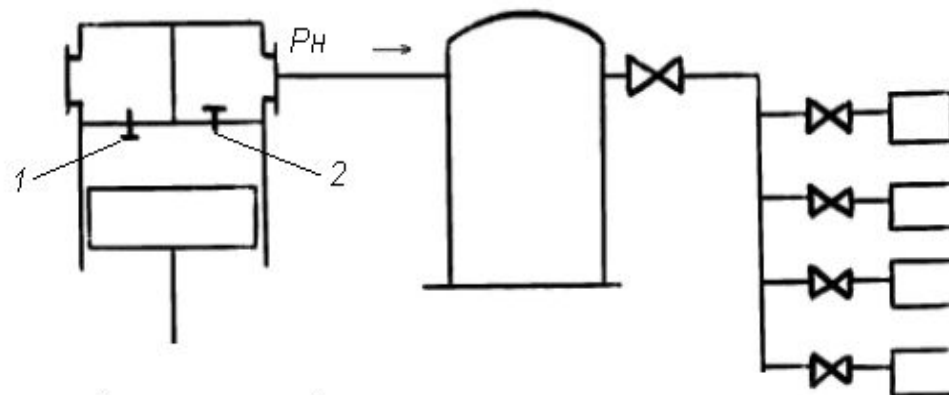


1 - клапанная плита (седло), 2 - пластина (запорный орган),  
3 - пружина, 4 - ограничитель подъема, 5 - крепежный винт

*Назначение клапанов - пропускать газ в одну сторону  
и не пропускать газ в обратном направлении.*

*Давление газа в конце сжатия (при самодействующих клапанах) определяется противодавлением,  
на которое работает компрессор*

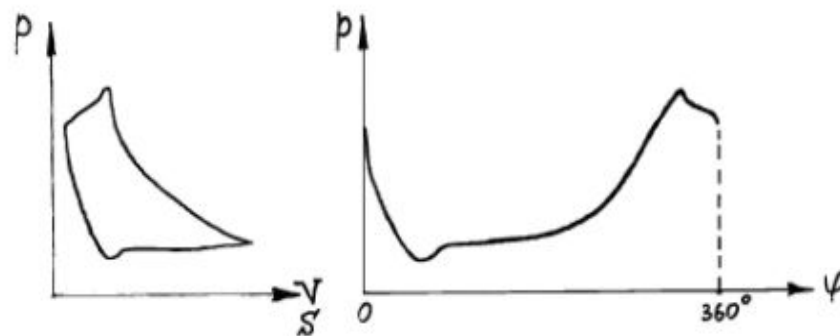




1 - всасывающий клапан  
 2 - нагнетательный клапан

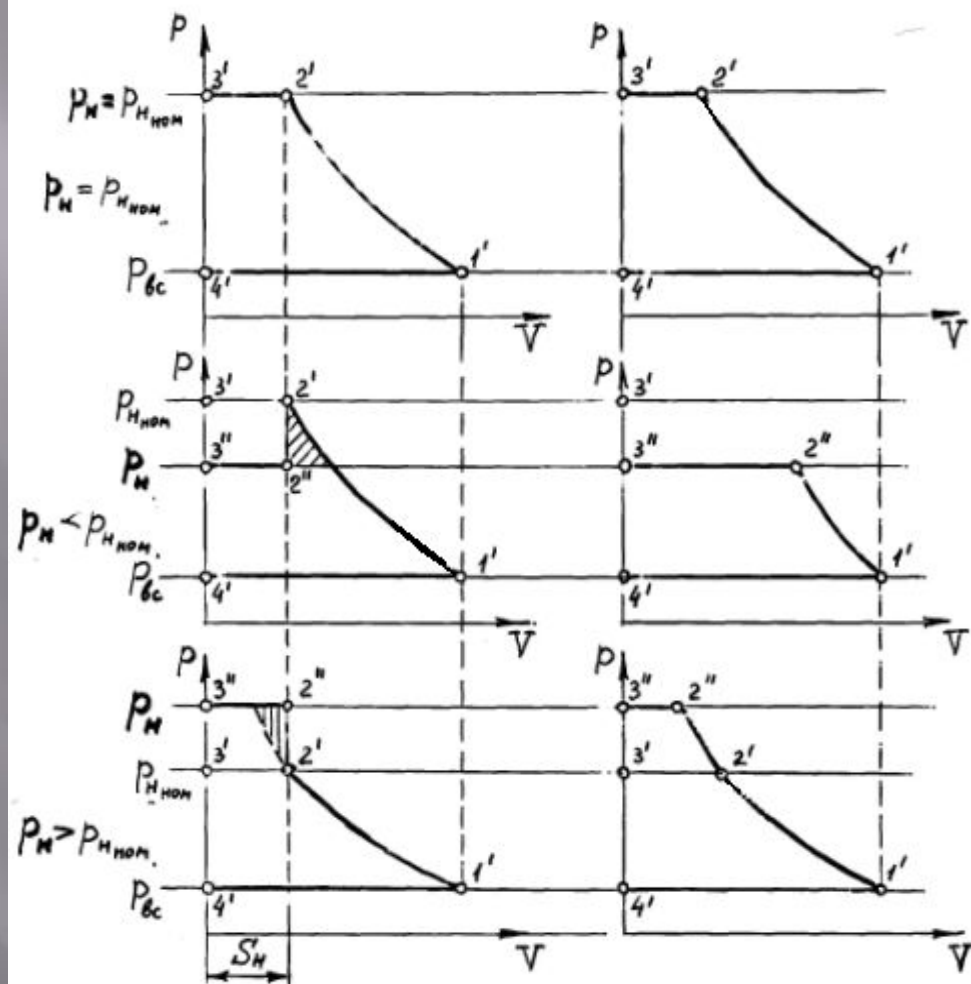
*Пружина клапана не определяет давление нагнетания  $P_n$ , она служит для других целей.*

### Индикаторная диаграмма



*Свернутая  
 индикаторная  
 диаграмма*

*Развернутая  
 индикаторная  
 диаграмма*



Принудительнодействующий  
клапан

(открывается в момент,  
когда поршень находится  
на расстоянии  $S_H$  от ВМТ)

Самодействующие  
клапаны