

## Тема 2. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПРЕССОРОВ

1. Назначение и классификация компрессоров
2. Термодинамический процесс работы одноступенчатого поршневого компрессора

### 1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПРЕССОРОВ

Компрессором называется устройство, предназначенное для сжатия (повышения давления) и перемещения газов и паров. Компрессор — это газовая машина, которая в отличие от двигателей не совершает работу, а затрачивает ее.

\*Компрессоры используются практически во всех отраслях производства. Компрессоры имеют большое разнообразие конструкций и типов.

Компрессоры классифицируют:

1) В зависимости от назначения компрессоры различаются по отрасли производства, для которой они предназначены (химические, энергетические, общего назначения и т.д.)

2) Разделяют компрессоры по конечному давлению:

- вакуум-компрессоры – машины, которые откачивают газ до давления ниже атмосферного;
- компрессоры низкого давления - предназначены для нагнетания газа при давлении от 0,15 до 1,2 МПа;
- среднего давления – давление от 1,2 до 10 МПа;
- высокого давления – от 10 до 100 МПа;
- сверхвысокого давления - предназначены для сжатия газа выше 100 МПа.

3) Различают компрессоры и по роду сжимаемого газа - воздушный, кислородный, хлорный, азотный, гелиевый и т.д.

4) Кроме того, различают компрессоры по способу отвода тепла (воздушное или водяное охлаждение) и по типу приводного двигателя.

5) По количеству ступеней сжатия различают компрессоры одноступенчатые и многоступенчатые.

6) По принципу действия устройства компрессоры подразделяются на объемные и лопастные.

Объемный компрессор – это устройство, в котором процесс сжатия и изменение давления происходят за счет периодического изменения объема рабочих камер, попеременно сообщающихся с входом и выходом компрессора. Объемные компрессоры можно разделить по геометрической форме рабочих органов и способу изменения объема рабочих камер на следующие типы:

- поршневые - наиболее распространенные из всех компрессоров они, в свою очередь, могут быть различных видов: одинарного или двойного действия, смазываемые или без применения смазки (сухого трения), с разным количеством цилиндров и их расположением (горизонтальным, вертикальным, угловым).
- роторные - с вращающим сжимающим элементом.

К роторным относятся:

- винтовые, которые имеют ведущий и ведомый роторы, вращающиеся, уменьшая пространство между ними и корпусом. Винтовые компрессоры не имеют клапанов и неуравновешенных

механических сил, что дает возможность работать с высокой скоростью вращения вала, т.е. получать большую производительность при малых габаритных размерах.

- спиральные - с неподвижной и подвижной эксцентрической спиралью, установленные со сдвигом по фазе на  $180^\circ$  так, чтобы образовывались полости с изменяющимся объемом.
- роторно-пластинчатые, рабочим органом которых является эксцентрично установленный в корпусе ротор с пластинами, которые могут перемещаться в радиальном направлении.
- жидкостно-кольцевые, в которых ротор с фиксированными лопатками эксцентрично установлен в корпусе, частично заполненном жидкостью.

Лопастной компрессор – устройство динамического действия, в котором сжатие газа происходит в результате взаимодействия потока с неподвижной и вращающейся лопастными решетками. К лопастным компрессорам относятся:

- радиальные (центробежные);
- радиально-осевые (диагональные);
- осевые.

Основными техническими характеристиками компрессоров являются:

- величина создаваемого давления сжатого газа (атм.);
- производительность по всасыванию или (наиболее часто) по нагнетанию ( $\text{м}^3/\text{мин}$ , л/мин);
- мощность привода (кВт);
- габариты и масса компрессора.

## 2. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС РАБОТЫ ОДНОСТУПЕНЧАТОГО ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА

На рис. 1 изображены принципиальная схема одноступенчатого поршневого компрессора и зависимость в  $p$ - $v$ -координатах давления от переменного объема рабочего тела в цилиндре (т. е. хода поршня в течение одного оборота вала).

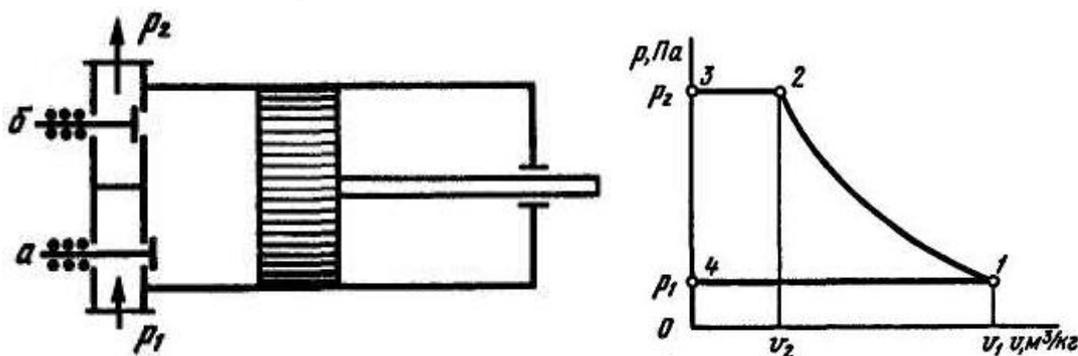


Рис. 1 Принципиальная схема и  $p$ - $v$ -диаграмма одноступенчатого компрессора.

При движении поршня из крайнего левого положения в правое в цилиндр машины через всасывающий клапан «а» поступает газ. На диаграмме всасывание изображается линией 4—1.

При обратном движении поршня всасывающий и выпускной клапаны закрыты и газ сжимается по линии 1—2 до тех пор, пока не достигается давление  $p_2$ . При давлении  $p_2$  открывается выпускной клапан «б» и при дальнейшем движении поршня справа налево будет происходить вытеснение газа из цилиндра компрессора в нагнетательный трубопровод (процесс 2—3). При достижении поршнем крайнего левого положения выпускной клапан закрывается и процесс повторяется заново.

Следует указать, что только в процессе сжатия 1—2 масса газа остается постоянной.

Задачей термодинамического анализа компрессора является определение затраченной работы, при заданных начальных и конечных параметрах.

Затраченную работу в идеальном компрессоре можно определить как алгебраическую сумму работ отдельных процессов:

$$l_K = l_{4-1} - l_{1-2} - l_{2-3} \quad (1)$$

где:

$l_{4-1}$  – работа, затраченная на всасывание

$l_{1-2}$  - работа, затраченная на сжатие в цилиндре

$l_{2-3}$  - работа, затраченная на вытеснение

Различные знаки в уравнении (1) указывают на различное направление движения поршня при совершении работы в отдельных процессах.

Запишем, как определяется затраченная работа компрессора с различными типами сжатия газа.

Затраченная работа компрессора с политропным сжатием будет определяться:

$$l_{\text{пол}} = -\frac{n}{n-1} p_1 \cdot v_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (2)$$

Выражение для работы компрессора с адиабатным сжатием можно получить из уравнения (2), заменив показатель политропы  $n$  на показатель адиабаты  $k$ :

$$l_{\text{ад}} = -\frac{k}{k-1} p_1 \cdot v_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (3)$$

Для изотермного процесса сжатия выражение для работы компрессора будет иметь вид:

$$l_{\text{изт}} = R \cdot T_1 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1} = p_1 \cdot v_1 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (4)$$

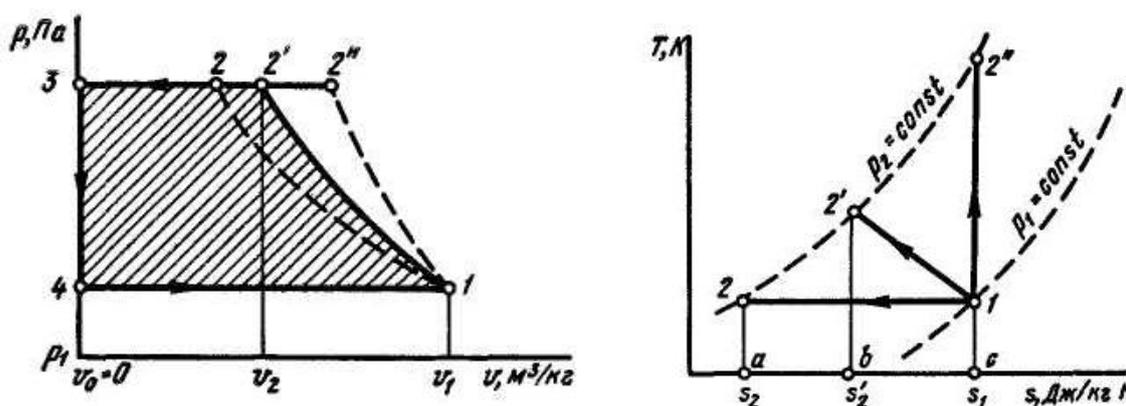


Рис. 2 Сравнение работы изотермного (1-2), политропного (1-2') и адиабатного (1-2'') сжатия в компрессоре.

На рис. 2 показаны различные процессы сжатия: изотермное 1—2, политропное 1—2' и адиабатное 1—2''. Практическое сжатие осуществляется по политропе с показателем  $n=1,08\dots, 1,22$ , т. е. политропа размещена между изотермой и адиабатой ( $1 < n < k$ ).

Из  $p$ - $v$ -диаграммы (рис. 2) следует, что при сжатии по изотерме площадь  $4-1-2-3$  получается наименьшей, а следовательно, работа, затраченная компрессором, будет минимальной. Поэтому применение изотермного сжатия в компрессоре является энергетически наиболее выгодным.

В общем случае теплота, отводимая в цилиндре компрессора от сжимаемого газа графически определяется в  $T$ - $s$ -координатах площадью под линией процесса 1-2.