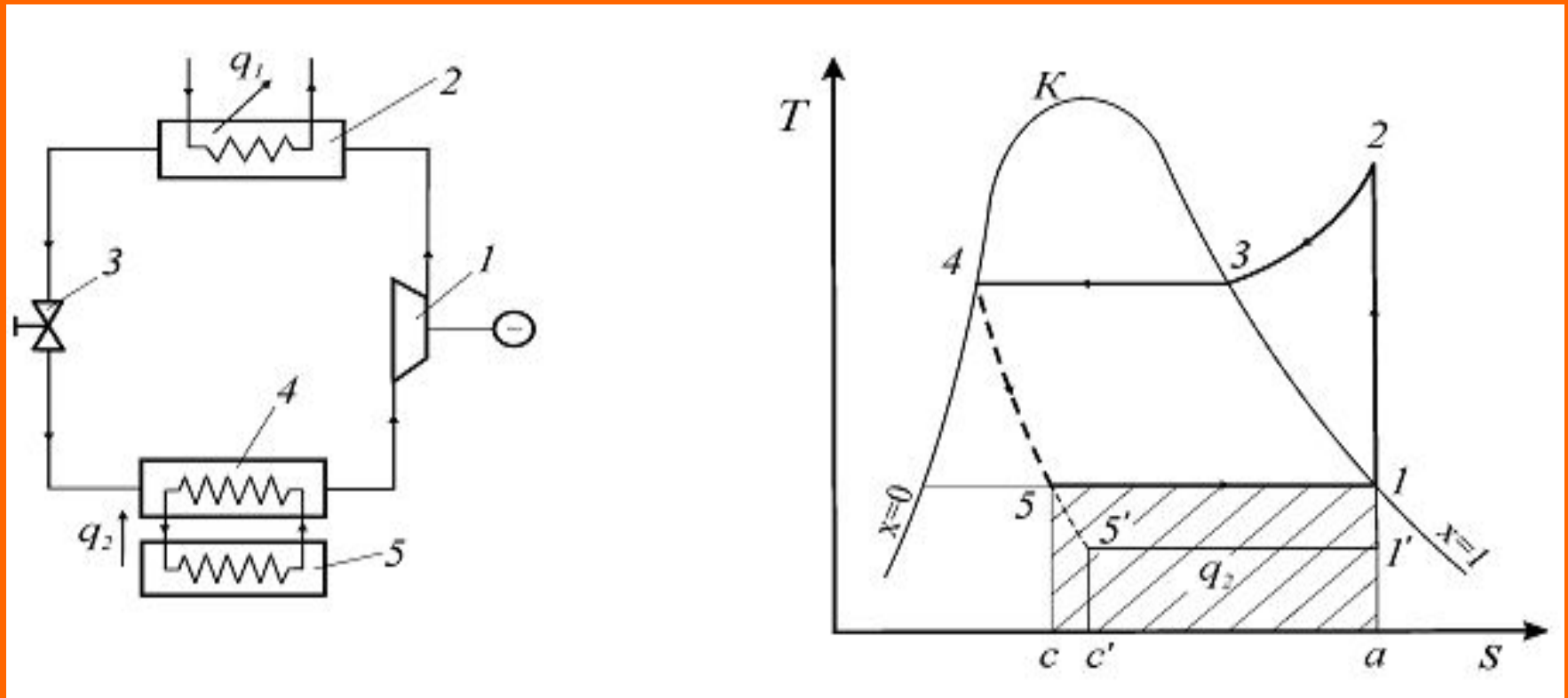


# **Термодинамические циклы холодильных машин**

**Холодильные установки предназначены для охлаждения тел до температуры ниже температуры окружающей среды. Чтобы осуществить такой процесс, необходимо от тела отвести теплоту и передать ее в окружающую среду за счет работы, подводимой извне.**

**Теоретически наиболее выгодный цикл холодильной установки – обратный цикл Карно. Однако цикл Карно в холодильных установках не используется из-за конструктивных трудностей, которые возникают при реализации этого цикла, и, кроме того, влияние необратимых потерь работы в реальных холодильных машинах настолько велико, что сводит на нет преимущества цикла Карно.**

## Схема и цикл парокompрессионной холодильной машины.



Холодильная установка состоит из холодильной камеры (5), где должна быть температура ниже температуры окружающей среды, компрессора (1), испарителя (4), конденсатора (2) и регулирующего дроссельного вентиля (3).

Термодинамическая эффективность холодильных установок определяется *холодильным коэффициентом*. Холодильный коэффициент определяется как отношение количества теплоты  $q_2$ , отводимой от охлаждаемого тела, к затраченной в цикле работе  $l_u$

$$|q_2| = q_{отв} = h_1 - h_5;$$

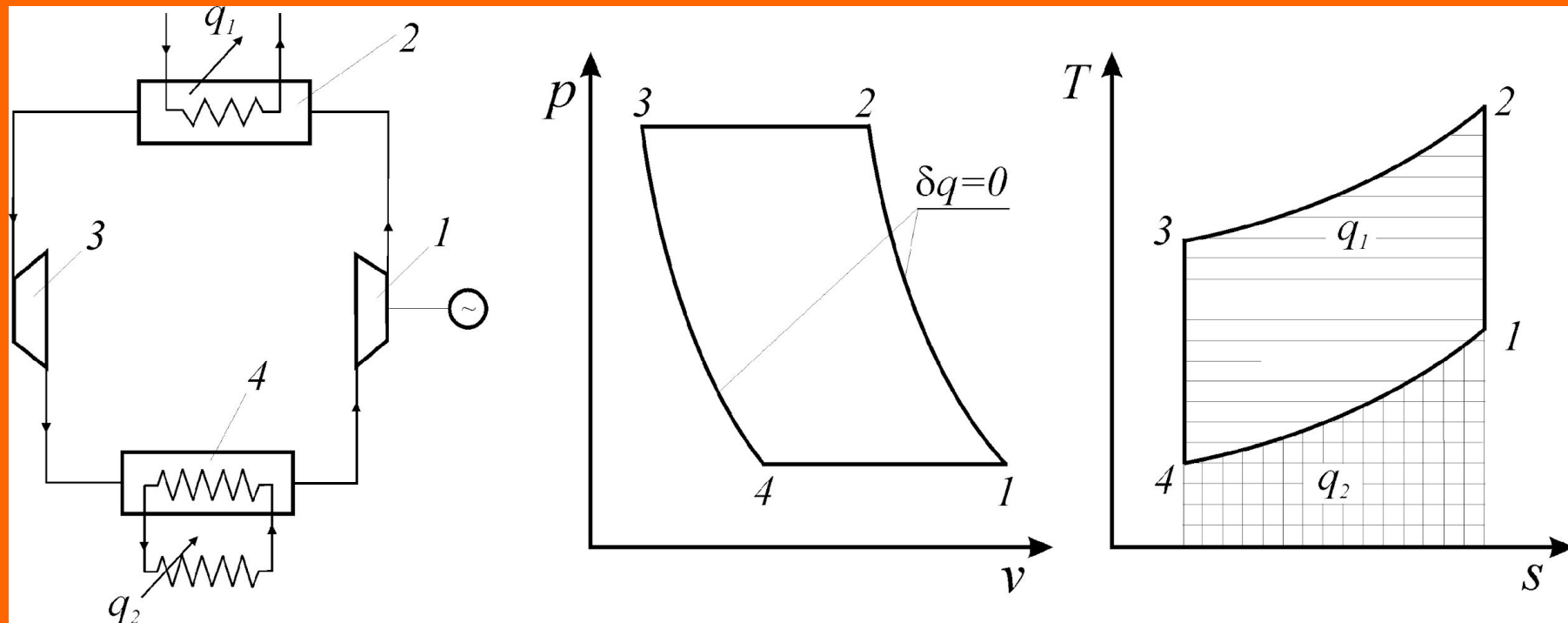
$$|l_u| = |w_{1,2}| = h_2 - h_1;$$

$$\chi_t = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1}.$$

Для более глубокого охлаждения тел (получения более глубокого холода)

используется воздушная холодильная установка

## Схема и цикл воздушной холодильной машины.



$$|q_2| = q_{отв} = c_{pm} \cdot (T_1 - T_4); \quad |q_1| = c_{pm} \cdot (T_2 - T_3);$$

$$|l_u| = |w_{3,4}| - |w_{1,2}| = c_{pm} \cdot (T_3 - T_4) - c_{pm} \cdot (T_2 - T_1).$$

$$\chi_t = \frac{|q_2|}{|q_1| - |q_2|} = \frac{c_{pm} \cdot (T_1 - T_4)}{c_{pm} \cdot (T_2 - T_3) - c_{pm} \cdot (T_1 - T_4)} = \frac{T_1}{T_2 - T_1}.$$

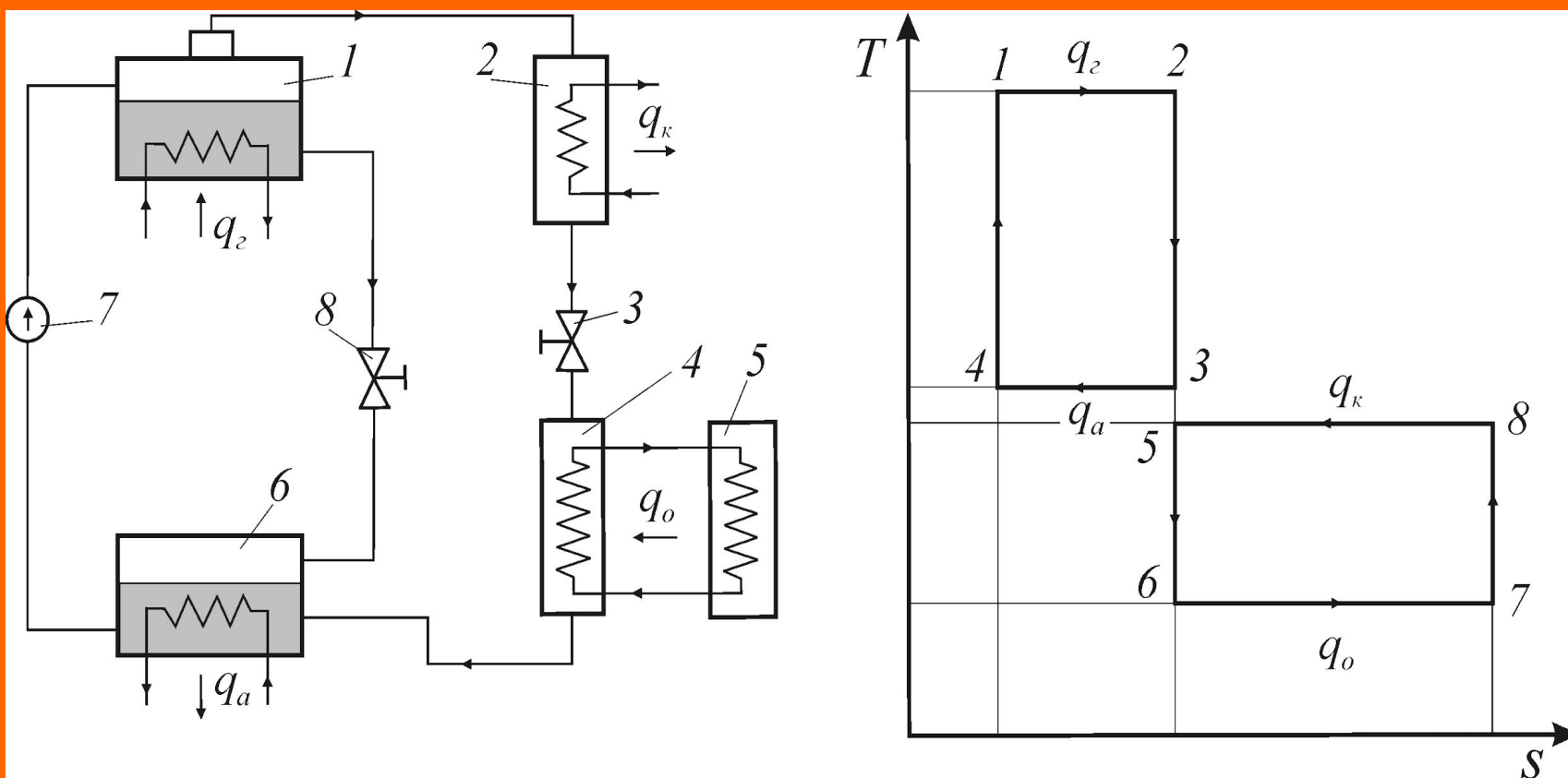
$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_4}{T_3}; \quad \frac{T_3}{T_2} = \frac{T_4}{T_1};$$

$$\chi_t = \frac{(T_1 - T_4)}{(T_2 - T_3) - (T_1 - T_4)} = \frac{1}{\frac{(T_2 - T_3)}{(T_1 - T_4)} - 1} = \frac{1}{\frac{T_2 \cdot (1 - \frac{T_3}{T_2})}{T_1 \cdot (1 - \frac{T_4}{T_1})} - 1} = \frac{1}{\frac{T_2}{T_1} - 1}.$$

Иногда для осуществления цикла холодильной машины целесообразнее расходовать не механическую работу, как это было в рассмотренных типах холодильных машин, а теплоту, отбираемую, к примеру, от уходящих продуктов сгорания газотурбинных установок. Холодильные машины, в которых для понижения температуры тел до температуры ниже температуры окружающей среды используется теплота отработавших продуктов сгорания, называются абсорбционными холодильными установками

Абсорбционные холодильные установки используют в качестве рабочего тела хладагенты и их растворы. В качестве хладагента в абсорбционных холодильных установках может быть использован аммиак, а в качестве растворителя (абсорбента) – вода.

# Абсорбционная холодильная установка



В генераторе (1) к водоаммиачному раствору подводится теплота от внешнего источника (отработавшие продукты сгорания) при давлении  $p_1$

Подводимая теплота  $q_2$  идет на испарение рабочего тела: в этом процессе образуется пар с высокой концентрацией аммиака и с температурой  $T_4$ . Пар из генератора (1) поступает в конденсатор (2), где конденсируется при температуре  $T_5$ , передавая теплоту охлаждающей воде  $q_k$ .

Конденсат проходит через дроссельный вентиль (3), на выходе из которого рабочее тело имеет давление  $p_2$  и температуру  $T_6$ . В испарителе (4) раствор испаряется за счет подвода теплоты  $q_0$  от охлаждаемого объема (5). Из испарителя пар поступает в абсорбер (6), где поглощается при температуре  $T_3$  абсорбером, поступающим из генератора через вентиль (8), отдавая теплоту абсорбции  $q_a$  охлаждающей воде, проходящей через змеевик. Вследствие поглощения пара, концентрация хладагента (аммиака) в растворе повышается. Насосом (7) раствор из абсорбера (6) подается в генератор.

Тепловой коэффициент  $\eta \approx \frac{|q_0|}{q_2}$



# Тепловые насосы

Холодильный цикл осуществляется в интервале температур

$$T_{\text{н}} < T_{\text{ос}}, T_{\text{в}} = T_{\text{ос}}.$$

Он предназначен для отвода теплоты от охлаждаемого тела при  $T_{\text{н}} < T_{\text{ос}}$ .

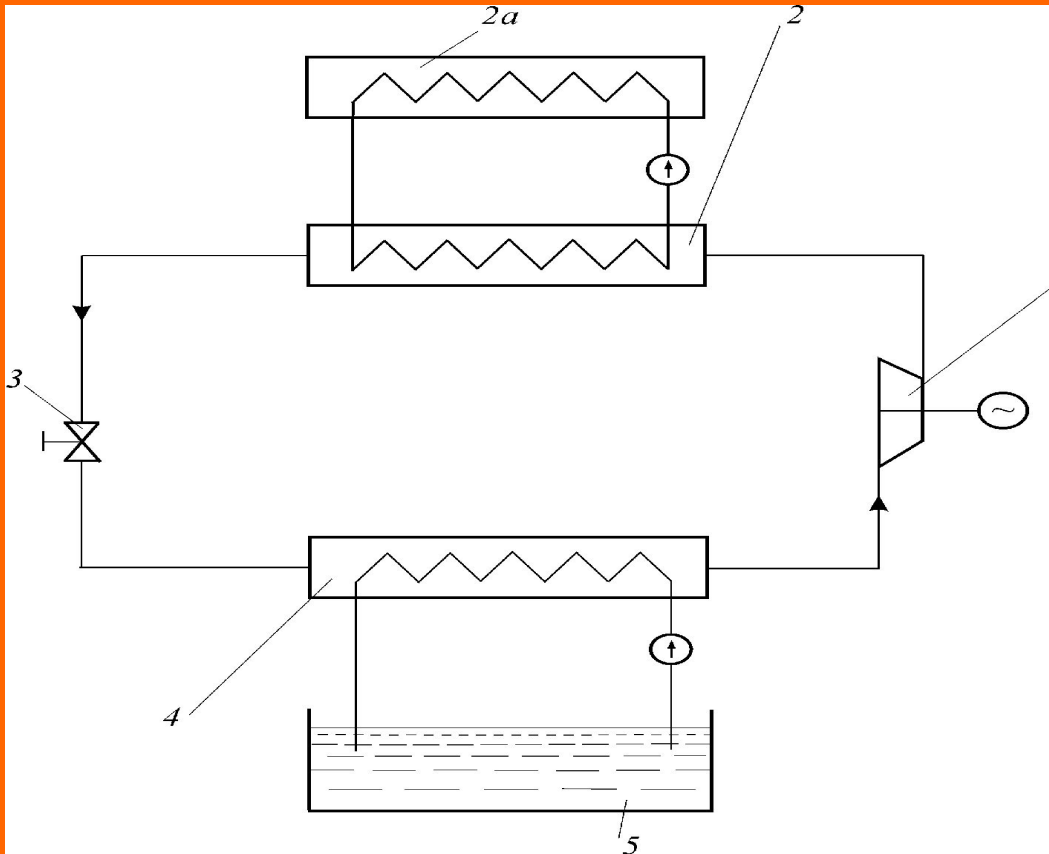
Цикл теплового насоса осуществляется в интервале температур

$T_{\text{н}} = T_{\text{ос}}, T_{\text{в}} \gg T_{\text{ос}}$ . Здесь теплота переносится от окружающей среды к источнику с более высокой температурой.

Теплофикационный цикл осуществляется в интервале температур

$T_{\text{н}} < T_{\text{ос}}, T_{\text{в}} > T_{\text{ос}}$ . Он предназначен для одновременного охлаждения или поддержания низкой температуры теплоотдачаика (получения искусственного холода) и передачи теплоприемнику полученной теплоты при  $T_{\text{н}} < T_{\text{ос}}$ .

## Схема теплового насоса.



. Коэффициент преобразования теплоты.

$$\varepsilon_{om} = \frac{|q_2| + |l_{\text{ц}}|}{|l_{\text{ц}}|} = \chi_t + 1; \quad \varepsilon_{om}^K = \frac{T_2}{T_1 - T_2} + 1 = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$