

УДК 621.577

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

Ш.У.Тауасаров
ЮКГУ им. М.Ауезова, г.Шымкент

Тепловой насос (ТН) можно рассматривать как холодильную машину, работающую на более высоком температурном уровне [1].

Тепловой насос (рисунок 1) состоит из компрессора I, конденсатора II, теплообменника III, регулирующего вентиля IV, испарителя V. Принцип работы теплового насоса аналогичен холодильной машине, отличие между ними заключается лишь в параметрах проведения процессов. Рабочее вещество – холодильный агент – сжимается в компрессоре I от давления кипения P_0 до давления конденсации P_k , после чего направляется в конденсатор II. Здесь перегретый пар охлаждается до состояния насыщения и конденсируется. Сконденсированное рабочее вещество охлаждается в теплообменнике III, подается на дросселирование в регулирующей вентиль IV, далее в испаритель V, где кипит при температуре, близкой к температуре окружающей среды. Пары рабочего вещества отводятся в регенеративный теплообменник III. Затем всасывается компрессором I.

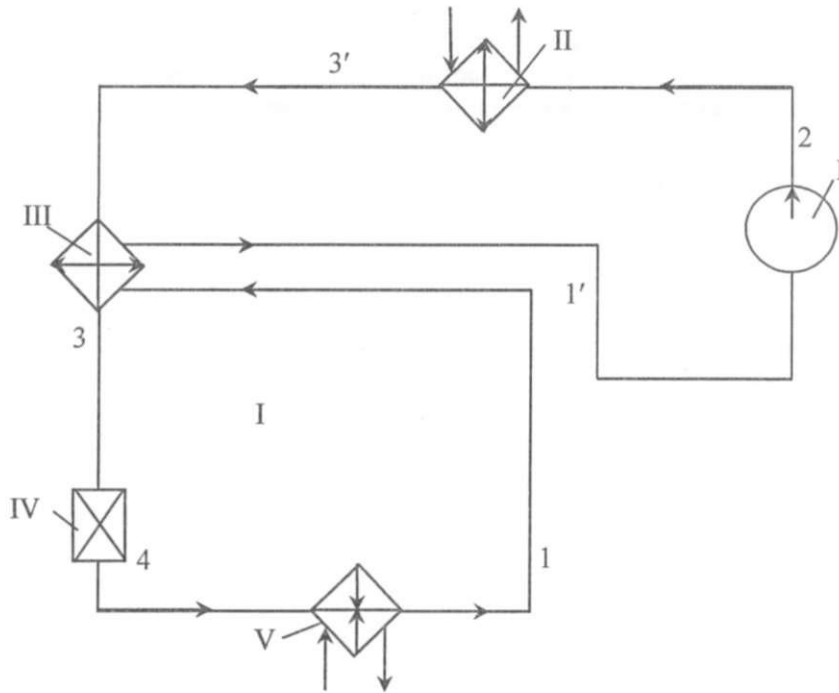


Рисунок 1 - Схема установки теплового насоса

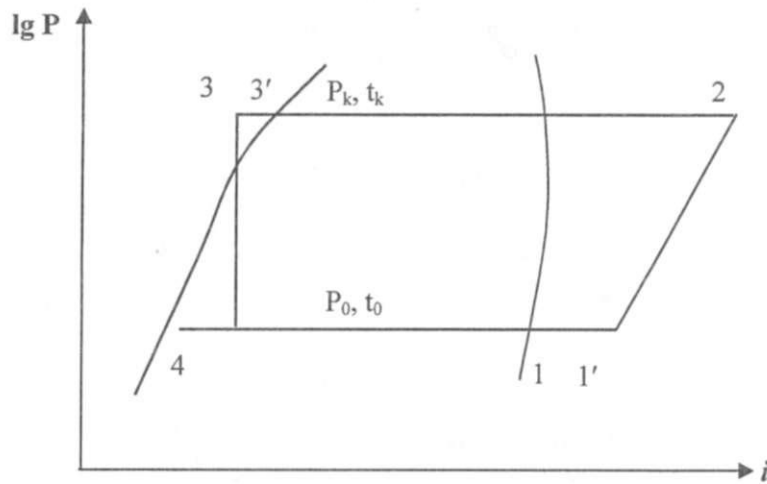


Рисунок 2 - Изображение процессов цикла ТН в lg P – i диаграмме

Построение процессов, протекающих в ТН, приведено на рисунке 2, где 1-1' – изобарный перегрев рабочего вещества на всасывание в компрессор; 1'-2 – сжатие рабочего вещества в компрессоре; 2-3' – охлаждение рабочего вещества в конденсаторе при постоянном давлении; 3'-3 – переохлаждение рабочего вещества в регенеративном теплообменнике; 3-4 – изоэнтальпийное расширение рабочего вещества в регулирующем вентиле; 4-1 – изобарное кипение рабочего вещества в испарителе ТН.

Эксергетический баланс теплонасосной установки

$$E_{\partial в} = E_u + E_k + E_{вн}^{nom} + E_n^{nom} + E_{м.о.}^{nom} + E_{р.в.}^{nom} + E_u^{nom}, \quad (1)$$

где $E_{\partial в}$ – эксергия подвода в двигатель компрессора ТН;

E_u – отвод энергии в испарителе; E_k – энергия, затраченная на нагрев воздуха в конденсаторе; $E_{вн}^{nom}, E_n^{nom}, E_{т.о.}^{nom}, E_{р.в.}^{nom}, E_u^{nom}$ – потери энергии, соответственно, в компрессоре (электромеханические) внутренние, в конденсаторе, в теплообменнике, в регулирующем вентиле, в испарителе.

Удельное количество энергии, вводимое в установку в виде электрической энергии подведенной к электродвигателю компрессора:

$$\ell_{вх} = \frac{N_{дв}}{G}. \quad (2)$$

Часть этой энергии затрачивается на электромеханические потери в компрессоре, удельная величина этих потерь

$$d_{эм} = (1 - \eta_{эм}) \cdot \ell_{вх}, \quad (3)$$

где $\eta_{эм}$ – электромеханический к.п.д.

Внутренние потери в компрессоре. В компрессор подводят два потока энергии: электрическую энергию $\eta_{эм} \cdot \ell_{вх}$ и эксергию потока всасываемого рабочего агента ℓ_1 , из компрессора отводится энергия потока рабочего агента ℓ_2 . Следовательно внутренние потери энергии в компрессоре

$$d_{вн} = \eta_{эм} \cdot \ell_{вх} + \ell_1 - \ell_2, \quad (4)$$

где ℓ_1, ℓ_2 – эксергия потока холодильного агента, соответственно, на выходе и входе из компрессора. Они определяются по $\lg P - i$ диаграмме.

Потери эксергии в конденсаторе

$$d_k = \ell_2 - \ell_3, \quad (5)$$

где ℓ_3 – эксергия потока холодильного агента на выходе из конденсатора.

Потеря эксергии в конденсаторе состоит из двух слагаемых:

1. Эксергия, отводимая охлаждающим воздухом:

$$d_{k1} = g_k \left(1 - \frac{T_{о.с.}}{T} \right). \quad (6)$$

где $T_{о.с.}$ – температура окружающей среды, T – температура холодильного агента, g_k – удельная тепловая нагрузка конденсатора;

2. Эксергия, теряемая из-за необратимого теплообмена между холодильным агентом и охлаждаемым воздухом:

$$d_{k2} = d_k + d_{k1}; \quad (7)$$

Потери эксергии в регенеративном теплообменнике

$$d_{т.о.} = \ell_3 - \ell_{3'}, \quad (8)$$

где $\ell_{3'}$ – эксергия потока холодильного агента на выходе из теплообменника.

Потери эксергии в регулирующем вентиле

$$d_{p.v.} = \ell_3 - \ell_4, \quad (9)$$

где ℓ_4 – эксергия потока холодильного агента на выходе из регулирующего вентиля.
Потери эксергии в испарителе

$$d_u = \ell_4 - \ell_1, \quad (10)$$

где ℓ_1 – эксергия потока холодильного агента на выходе из испарителя.

Литература

- 1 Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы. – М.: Энергоиздат, 1982.
- 2 Тауасаров Ш.У., Алтыбаев М.А. Использование теплового насоса для сушки термолабильных материалов // Наука и образование Южного Казахстана. - 2003.- №35.– С. 115-118.

Қорытынды

Жылынасосты қондырғының эксергетикалық балансы құрастырылған. Қондырғы элементтеріндегі эксергия шығыны есептелген.

Summary

Energetic balance of heat rump Installation is termed. The losses of energy in elements of installation are calculator.