

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ПАРОКОМПРЕССИОННОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Для анализа работы теплового насоса используются T , S - и p , h -диаграммы (рис. 3, 4).



Рис. 3. T , S -диаграмма

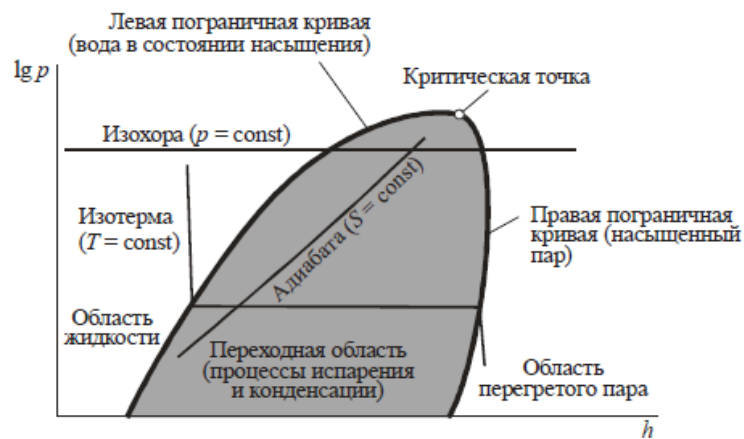


Рис. 4. p , h -диаграмма

Тепловой насос представляет обращенную тепловую машину. В тепловой машине за счет передачи теплоты производится работа, в тепловом насосе наоборот, работа затрачивается на передачу теплоты. Схема идеального теплонасосного цикла представлена на рис. 5.

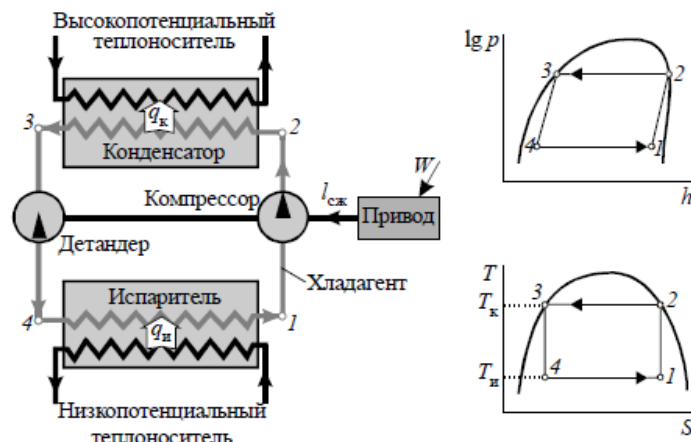


Рис. 5. Идеальный теплонасосный цикл Карно:

q_n – теплота, отдаваемая низкопотенциальным теплоносителем и получаемая хладагентом при его испарении; q_k – теплота, отдаваемая хладагентом при его конденсации и получаемая высокопотенциальным теплоносителем; $l_{сж}$ – работа, необходимая для сжатия хладагента; W – энергия, подведенная к приводу; T_n (t_n) и T_k (t_k) – температуры испарения и конденсации

В идеальном теплонасосном цикле Карно осуществляются следующие процессы:

Процесс 1-2 – обратимый процесс сжатия хладагента в компрессоре.

Процесс 2-3 – изотермическая конденсация хладагента в конденсаторе и отдача теплоты высокопотенциальному теплоносителю.

Процесс 3-4 – обратимый процесс расширения хладагента в детандере (устройстве для расширения, обратном компрессору).

Процесс 4-1 – изотермическое испарение хладагента в испарителе за счет теплоты, отобранной у холодного теплоносителя.

В парокompрессионном тепловом насосе (рис. 6) в отличие от теплонасосного цикла Карно следующие отличия.

1. Вместо детандера, из-за его высокой стоимости, используется дроссельный вентиль, процесс расширения в котором можно рассматривать как необратимый адиабатический. Дроссельный вентиль представляет собой клапан в виде регулируемого сопла или отверстия, либо нерегулируемую капиллярную трубку. Использование дроссе-

ля вместо детандера увеличивает потери, так как процесс идет не по адиабате, а по линии постоянной энтальпии. Потери будут больше, чем выше разность температур испарения и конденсации.

2. Сжимать технически возможно только газ, потому в компрессор должен поступать пар без примеси жидкости. Сжатие сопровождается потерями энергии и происходит не адиабатически, а политропно.

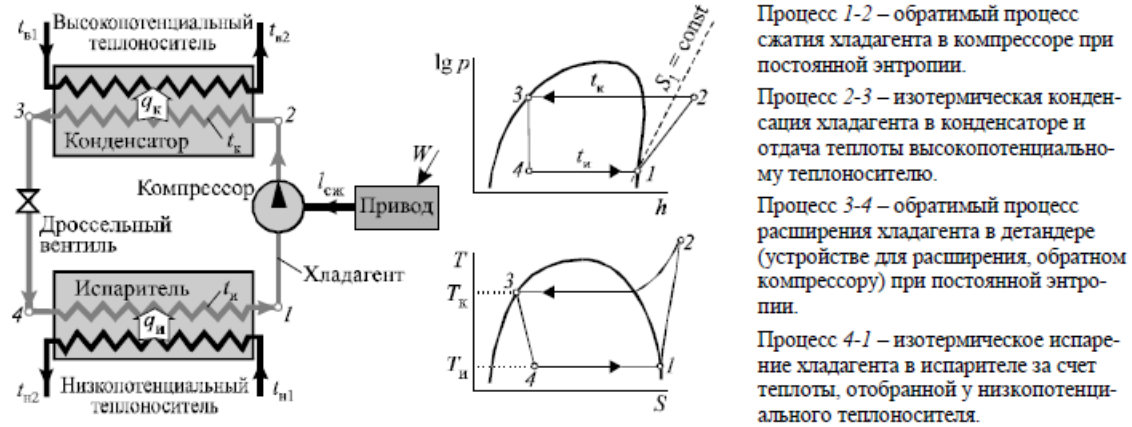


Рис. 6. Схема (№ 1) и цикл парокompрессионного теплового насоса:

$t_{в1}$, $t_{в2}$, $t_{н1}$, $t_{н2}$ – температуры высокопотенциального и низкопотенциального теплоносителя на входе и выходе

Потери энергии в парокompрессионном тепловом насосе вследствие необратимости процессов представлены на рис. 7.

В реальных циклах тепловых насосов на вход в компрессор должен подаваться пар без примеси жидкости. Поэтому пар перед компрессором должен быть несколько перегретым и точка 1 должна находиться не на линии насыщения, а правее ее (в области перегретого пара).

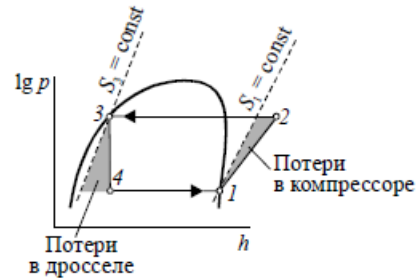


Рис. 7. Потери в парокompрессионном тепловом насосе вследствие необратимости процессов

Потери давления из-за трения в соединительных трубопроводах между конденсатором и дросселем вызывают частичное испарение фреона. Если на вход дросселя поступает парожидкостная смесь, эффективность его работы снижается. Поэтому жидкость после конденсатора дополнительно переохлаждают так, чтобы точка 3 находилась

не на линии насыщения, а левее ее. Это также улучшает работу теплового насоса, так как снижает долю пара, поступающего в испаритель, что приводит к меньшему расходу фреона в цикле.

Переохлаждение жидкости в конденсаторе невозможно, так как это требует более высокого температурного напора между фреоном и горячим теплоносителем а, значит, снижения температуры горячего теплоносителя (что невозможно по требованиям к получаемому теплоносителю) или повышения давления и температуры конденсации фреона (что значительно удорожит стоимость основного компонента теплового насоса – компрессора). Перегрев пара в испарителе также невозможен, так как температуру холодного теплоносителя изменить нельзя, поэтому для перегрева необходимо понижать температуру испарения, а, значит, увеличивать степень повышения давления в компрессоре.

Переохлаждение жидкости и перегрев пара совмещают в дополнительном промежуточном теплообменнике, где горячий фреон после конденсатора нагревает холодный фреон после испарителя (рис. 8).

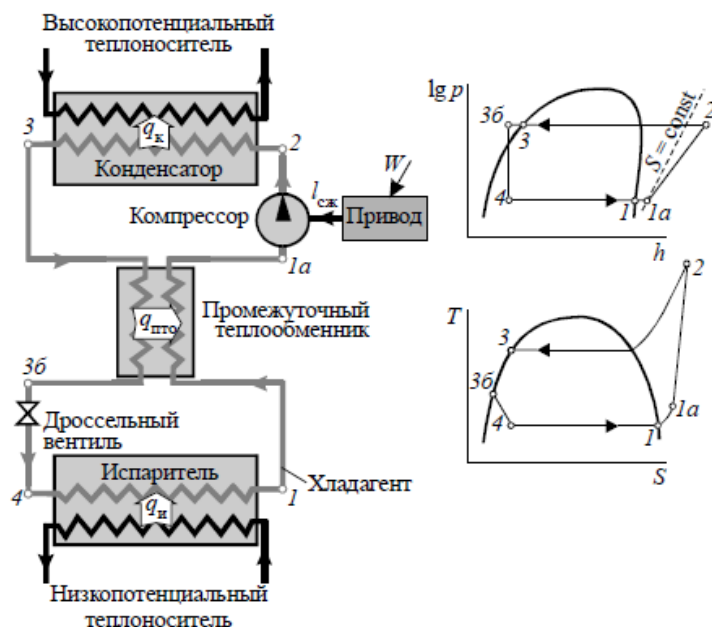


Рис. 8. Схема (№ 2) и цикл теплового насоса с промежуточным теплообменником

Если горячий теплоноситель вырабатывается для водоснабжения, то есть поступает на вход намного холодней, чем выходит из теплового насоса, переохлаждение жидкости возможно в дополнительном теп-

лообменнике – переохладителе, который устанавливается после конденсатора (см. рис. 9).

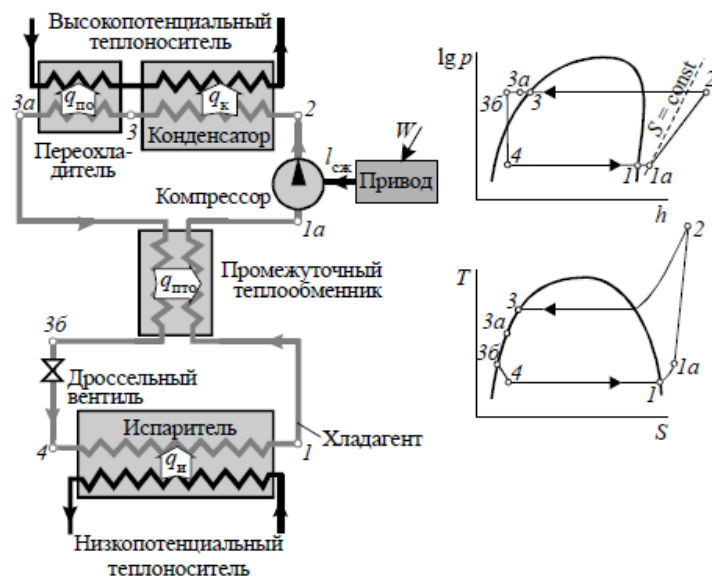


Рис. 9. Схема (№ 3) и цикл теплового насоса с промежуточным теплообменником и переохладителем

Тепловые насосы малой мощности, как правило, выполняются с испарителем и конденсатором, а большой мощности – с промежуточным теплообменником, и, возможно, с переохладителем.