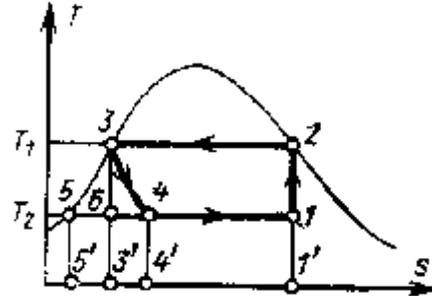
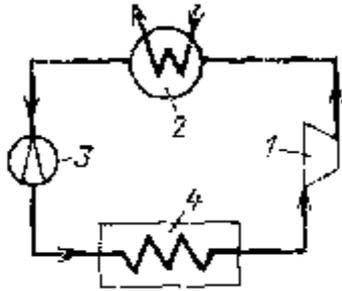


Цикл парокомпрессионной холодильной установки

Низкое значение холодильного коэффициента воздушной холодильной установки обусловлено тем, что подвод и отвод тепла производятся, не по изотермам, а по изобарам.

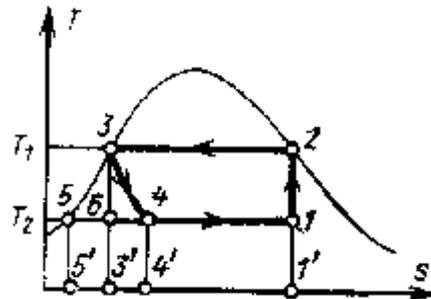
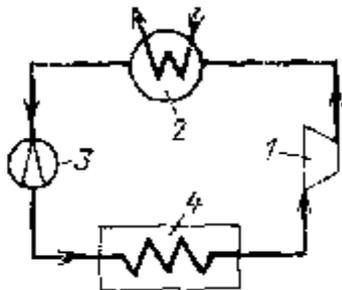
Эти процессы удастся осуществить изотермически, если в качестве холодильного агента используется влажный пар какой-либо жидкости, у которой температура кипения $t_H < 0^\circ\text{C}$ при атмосферном давлении.



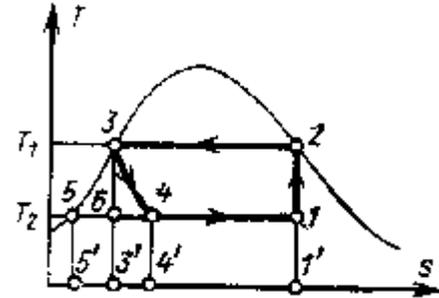
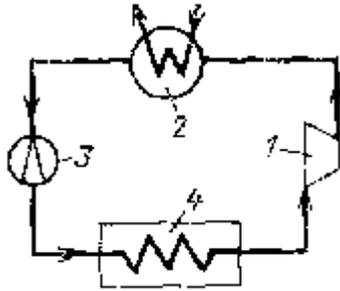
Влажный пар хладагента сжимается в компрессоре 1 до давления p_1 , причем влажность его уменьшается и в конце сжатия пар становится сухим насыщенным (линия 1-2).

Следует отметить, что в конце сжатия пар может быть как в состоянии перегрева, так и в состоянии влажного насыщения.

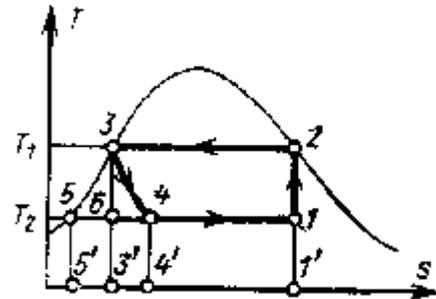
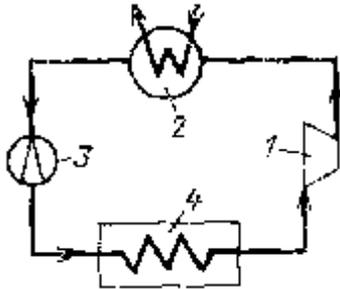
Перегревать пар, используя компрессоры высокой степени сжатия нецелесообразно, т.к. известно, что величина работы компрессора прямо пропорциональна затрачиваемой мощности на его привод.



После компрессора пар поступает в конденсатор 2, где за счет отдачи теплоты парообразования охлаждающей воде при постоянных давлении p_1 и температуре T_1 по линии 2-3 он превращается в жидкость.



Из конденсатора жидкость поступает в редукционный вентиль 3, где она дросселируется с понижением давления от p_1 до p_2 по необратимой адиабате 3-4 (условное изображение), что сопровождается возрастанием энтропии, понижением температуры до T_2 и частичным испарением жидкости, которая превращается во влажный пар.



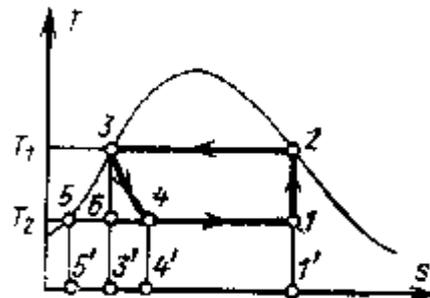
В рефрижераторе 4 этот пар отбирает тепло от охлаждаемого объекта и подсушивается при постоянных давлении p_2 и температуре T_2 по линии 4-1, чем цикл и завершается.

В процессе 4-1 влажный пар холодильного агента получает в рефрижераторе тепло

$$q_2 = \text{пл.} 4-1-1'-4'-4 = i_1 - i_4,$$

в процессе 2-3 холодильный агент отдает теплоту охлаждающей воде конденсатора в количестве

$$q_1 = \text{пл.} 2-3-3'-1'-2 = i_2 - i_3.$$

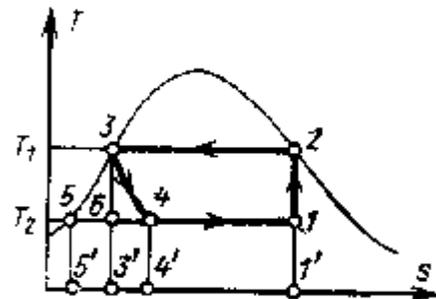


При дросселировании энтальпия не изменяется, следовательно $i_3 = i_4$, а холодильный коэффициент

$$e = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1}$$

Повысить экономичность парокомпрессионной холодильной машины можно, увеличив площадь $4-1-1'-4'-4$ (повысив температуру T_2 в холодильной камере или приоткрыв дроссельный вентиль, что повлечёт уменьшение глубины дросселирования).

Также можно уменьшить площадь $1-2-3-4-1$ за счёт использования более холодной воды для охлаждения конденсатора.



Верхняя температура цикла T_1 определяется значением температуры охлаждающей воды. Принимая последнюю в среднем равной 20°C , получаем температуру T_1 примерно $25-30^{\circ}\text{C}$.

Нижняя температура цикла T_2 задается в зависимости от назначения холодильной установки и соответствующей температуры охлаждаемого объекта, которая может быть равной от 0 до -120°C , а иногда еще ниже.

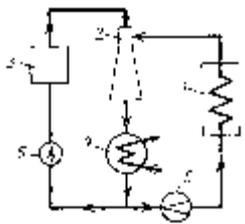
Желательно, чтобы при температуре T_2 , на $9-10^{\circ}\text{C}$ меньшей, чем температура в камере, давление насыщенных паров холодильного агента было близко к атмосферному, что важно с точки зрения вакуумной плотности.

В качестве холодильных агентов используют так называемые фреоны – фторхлорпроизводные углеводородов (в основном метана). Они отличаются химической стойкостью, нетоксичностью, отсутствием взаимодействия с конструкционными материалами.

Температура кипения при атмосферном давлении для фреонов различных типов изменяется в широком диапазоне. Например, температура кипения при атмосферном давлении для фреона-12 (CCl_2F_2) равна $-29,8\text{ }^\circ\text{C}$.

Цикл пароэжекторной холодильной установки

Особенностью парозежекторных холодильных установок является то, что сжатие паров холодильного агента осуществляется в пароструйном компрессоре, причем рабочим паром последнего является пар самого холодильного агента, только более высокого давления. Этот рабочий пар получается в паровом котле за счет затраты тепла, полученного при сжигании топлива.

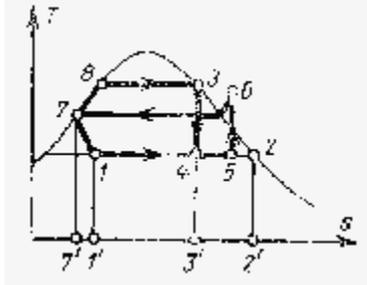


Пар холодильного агента из испарителя 1 поступает с низким давлением p_2 в смесительную камеру парового эжектора 2. Сюда же подводится пар холодильного агента более высокого давления p_1 из парового котла 3. Проходя через сопло эжектора, рабочий пар расширяется с понижением давления до p_2 , и струя его при выходе в смесительную камеру эжектора имеет большую скорость.

За счет кинетической энергии этой струи образующаяся смесь паров поступает в диффузор эжектора, где давление ее повышается до p_3 . После этого смесь поступает в конденсатор 4, где отдает теплоту парообразования охлаждающей воде и конденсируется. Далее поток конденсата разделяется на две части. Одна часть его дросселируется в редукционном вентиле 5 до давления p_2 и вновь поступает в испаритель. Другая часть подается питательным насосом 6 при давлении p_1 в паровой котел, где образуется пар того же давления, поступающий затем к соплу эжектора. Таким образом, необходимая для сжатия холодильного агента энергия доставляется рабочим паром, который в свою очередь приобретает ее в паровом котле, где сжигается топливо и образуются горячие продукты сгорания. Следовательно, парозежекторная установка действует за счет затраты тепла, а не работы, что более выгодно.

Теоретический цикл пароэжекторной установки в Ts-диаграмме (рис. 13.8) изображается следующим образом.

Линия 1-2 соответствует испарению холодильного агента в испарителе, линия 3-4 – адиабатному расширению рабочего пара в сопле эжектора. Точка 5 дает параметры смеси после смешения рабочего пара (точка 4) и холодильного агента (точка 2). Линия 5-6 соответствует повышению давления смеси в диффузоре, линия 6-7 – охлаждению и конденсации смеси в конденсаторе. Линия 7-1 соответствует дросселированию жидкого холодильного агента в редукционном вентиле, а линии 7-8 и 8-3 – нагреву жидкости в котле и превращению ее в пар, поступающий затем к соплу эжектора.



Количество тепла, подводимое к 1 кг холодильного агента в процессе его испарения в испарителе 1, измеряется площадью прямоугольника 1-2-2'-1'-1. Тепло, затрачиваемое на осуществление цикла извне, отнесенное к 1 кг рабочего пара, измеряется площадью 7-8-3-3'-7'-7. Поскольку количества холодильного агента и

рабочего пара в цикле различны, описанный график является до некоторой степени условным.

Преимуществом пароэжекторной установки является отсутствие громоздкого и дорогостоящего парового компрессора, а, кроме того, возможность использования весьма низкого давления p_2 без значительного увеличения габаритов установки. Это дает возможность применения в качестве холодильного агента воды.

