

нину: Аналитич. обзор. – Мн.: Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2002. – 32с.

9. Точицкий А.А., Юрин А.Н., Стасюкевич Н.Н. К вопросу применения плугов для мелкой вспашки в условиях Беларуси. Сборник научных трудов. №40. Мн., РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси», 2006, - С. 83-85.

10. Проспекты фирм: Amazone (Германия) – 2009г, Gregoire Besson (Франция) – 2008г, Simba (Великобритания) – 2009г, Lemken (Германия) – 2009г, Huard (Франция).– 2008г, Kverneland (Норвегия). – 2009г.

УДК621.565.(07)

## **ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИМ ДИАГРАММАМ**

*Миклуш В.П., к.т.н., профессор; Колончук М.В., инженер;*

*Колончук В.М., ст. преподаватель*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск*

Взаимосвязь процессов термодинамического цикла раскрывают диаграммы холодильного агента. Например, диаграмма энтальпия-давление ( $i$ - $lgP$ ) отражает два процесса фазовых переходов и шесть параметров холодильного агента, которые изображены в виде различных линий (рис. 1, а-б).

В реальных условиях компрессор работает «сухим ходом» (рис. 2), то есть всасывает сухой насыщенный пар (точка 1), а чаще перегретый (точка 1'). При сухом ходе компрессора увеличивается холодопроизводительность и работа цикла. Таким образом, в теоретическом цикле переход к сухому ходу компрессора с термодинамической точки зрения невыгоден, а его применение обусловлено требованиями безопасной эксплуатации компрессора. Действительно, при работе компрессора влажным ходом попадание жидкости в цилиндр компрессора может привести к аварии – гидравлическому удару.

Для обеспечения экономичной работы охлаждают жидкость, выходящую из конденсатора, в теплообменнике (рис. 3). В результате теплообмена между этими потоками жидкость охлаждается, а пар перегревается. Внутренний теплообмен в таком цикле, с одной стороны, понижает температуру жидкости перед регулирующим вентилем (точка 3' вместо 3), и, следовательно, снижает дроссельные потери и увеличивает холодопроизводительность. С другой стороны, этот теплообмен вызывает значительный перегрев пара на всасывании в компрессор (точка 1), увеличивая работу цикла и повышая температуру конца сжатия.

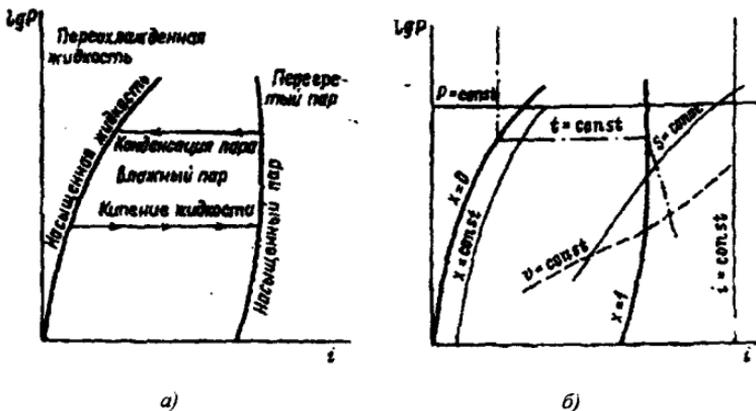


Рис. 1. Диаграмма  $i - \lg P$ : а) зоны фазового перехода, линии насыщения; б) кривые основных параметров ( $t$  – изотерма,  $P$  – давление;  $x$  – паросодержание;  $i$  – удельная энтальпия;  $v$  – удельный объем;  $S$  – энтропия)

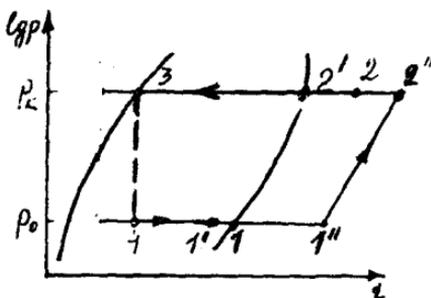


Рис. 2. Холодильная установка с перегревом пара

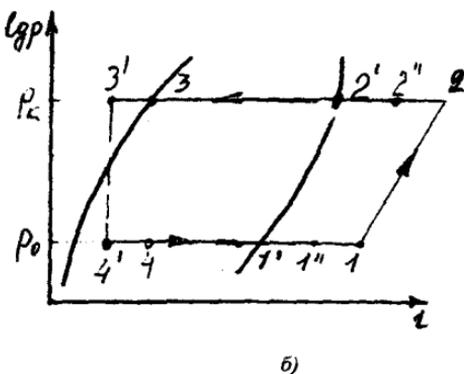
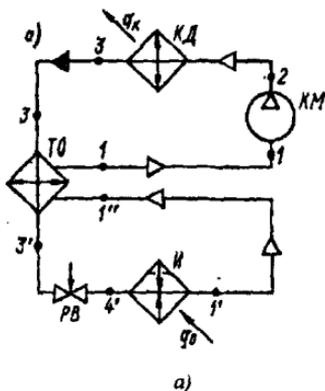


Рис. 3. Холодильная установка с теплообменником:

а) схема; б)  $\lg p - i$  диаграмма

Изображение в диаграмме  $i\text{-lg}P$  цикла холодильной машины дает возможность сделать важные для эксплуатации выводы о влиянии параметров конденсации и кипения на эффективность работы установки. На рисунке 4 изображены три цикла работы установки: нормальный режим 1-2-3-4, режим с повышенными параметрами конденсации 1'-2'-3'-4' и режим с пониженными параметрами кипения 1''-2''-3''-4''. Из рисунка 4 видно, что при повышении параметров конденсации и понижении параметров кипения удельная холодопроизводительность хладагента снижается ( $q_0 > q_0' > q_0''$ ), а работа сжатия – повышается ( $l < l' < l''$ ). Поэтому холодильная установка должна работать при минимально возможных параметрах конденсации и не следует допускать снижения параметров кипения. При этом достаточно изменения одного из этих параметров для изменения холодопроизводительности испарителя и работы компрессора.

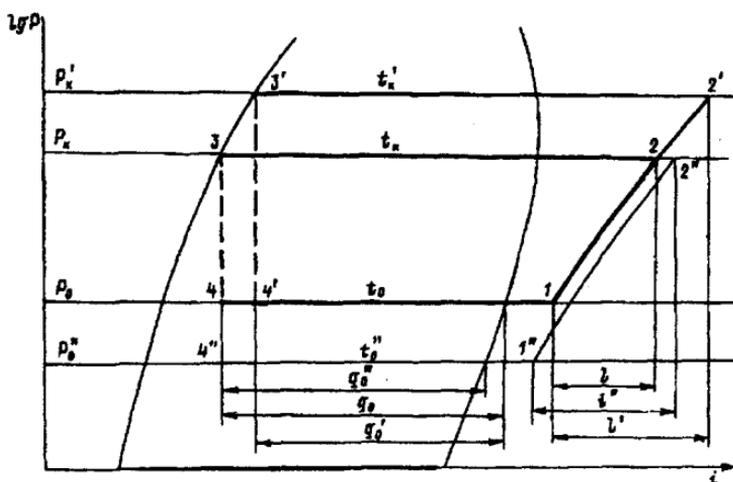


Рис. 4. Влияние давления конденсации и кипения:

- 1''-1 – перегрев пара на всасывании; 1-2 – адиабатическое;
- 2-2'' – сбив перегрева; 2''-3' – конденсация пара; 3'-3 – переохлаждение жидкости;
- 3-4 – дросселирование; 4-1'' – кипение жидкости

При диагностировании важно отличать по показаниям контрольно-измерительных приборов переохлажденную жидкость от насыщенной, а перегретый пар – от влажного или насыщенного пара, так как от этого зависят эффективность и безопасность работы установки. При одном и том же давлении насыщенная жидкость, влажный пар и насыщенный пар имеют одинаковую температуру, переохлажденная жидкость – более низкую, а перегретый пар – более высокую. Таким образом, показания манометров при всех перечисленных состояниях будут одинаковые, а термометров – разные.

Способ регулирования производительности компрессора дросселированием пара предусматривает изменение состояния ( $v_1$ ) всасываемого компрессором пара (рис. 5).

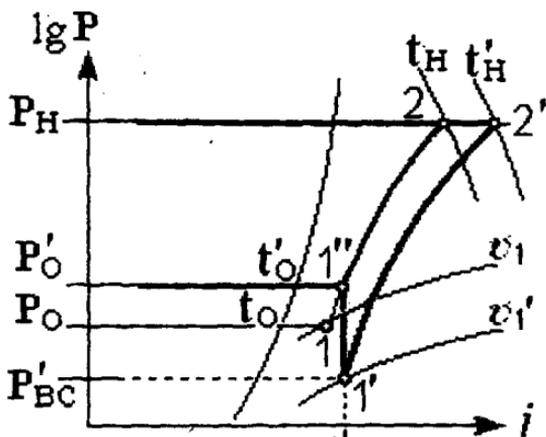


Рис. 5. Изменение процессов цикла холодильной машины при регулировании производительности компрессора дросселированием пара

Суть регулирования заключается в изменении гидравлического сопротивления на пути холодильного агента от испарительной системы до компрессора. При этом давление на стороне всасывания в компрессор искусственно понижается и становится существенно ниже давления кипения в испарителе. Процесс дросселирования пара перед компрессором обозначен на рис.5 точками 1''-1'. Снижение давления всасывания и сопутствующее этому увеличение удельного объема всасываемого пара от  $v_1$  до  $v'_1$  приводит к уменьшению объемной холодопроизводительности ( $q_v = q_0/v_1$ ) и производительности компрессора в целом. Кроме этого,

увеличение степени сжатия  $P_n/P'_{sc}$  приводит к уменьшению коэффициента подачи  $\lambda$ , что так же уменьшает производительность компрессора.

Процессы, происходящие при перепуске пара со стороны нагнетания компрессора на сторону всасывания, показаны на рис.6. При уменьшении теплопритоков первоначально уменьшаются температура и давление кипения от  $P_0, t_0$ , до  $P'_0, t'_0$ . Давление на мембрану барорегулирующего вентиля от силы пружины становится больше давления всасывания ( $P_{np} > P_{sc}$ ). Пропорционально этому неравенству происходит открытие барорегулирующего вентиля.

Хладагент со стороны нагнетания через барорегулирующий вентиль дросселируется (процесс 2→2'') на сторону всасывания. Здесь происходит процесс смешения потоков хладагента состояния т.1'' и т.2''. Резуль-

татом смешения является  $t_{1''}$ , которая характеризует новое состояние пара на всасывании перед компрессором. Увеличение удельного объема всасываемого пара от  $v_1$  до  $v_1''$  снижает холодопроизводительность компрессора. Вместе с тем большая степень сжатия приводит к уменьшению коэффициента подачи  $\lambda$ , что также способствует снижению производительности компрессора. Все это сопровождается уменьшением производительности испарителя и уменьшения количества хладагента, поступающего в него через регулирующий вентиль. В итоге это приводит к обратному повышению давления (температуры) кипения. Повышение давления кипения автоматически приводит к новому равновесию, при котором производительность компрессора будет определяться состоянием пара с удельным объемом –  $v_1 > v_1'$ . Данный способ регулирования сопровождается повышением температуры нагнетания до  $t_{2''}$  и, если это повышение выходит за пределы допустимого, то следует или отказаться от этого способа регулирования, или предусмотреть меры для снижения перегрева на нагнетании.

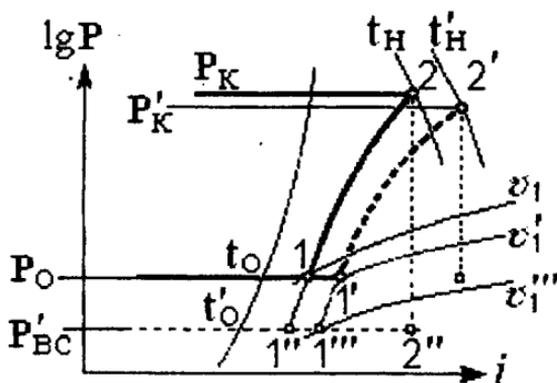


Рис. 6. Изменение процессов цикла холодильной машины при регулировании производительности компрессора перепуском пара

### Литература

1. Жильцов, И.Б. Автоматизации холодильных установок / И.Б. Жильцов. – М.: АГТУ, 2009. – 302 с.
2. Казаровец, Н.В. Современные технологии и технический сервис в животноводстве: монография / Н.В. Казаровец, В.П. Миклуш, М.В. Колончук. – Минск: БГАТУ, 2008. – 788 с.