

Увеличение эффективности испарительного конденсатора компрессионных холодильных машин

Ф.В. Корниенко

Аспирант ЮРГУЭС, Шахты

Исследования, посвященные увеличению эффективности агрегатов компрессионных холодильников /1,2,3 и др./, показали, что совершенствование отдельных узлов холодильника позволит значительно снизить эксплуатационный расход электроэнергии, в частности, улучшение теплоотдачи испарителя и конденсатора может обеспечить снижение энергопотребления на 10..15 % /4,5 /.

Одним из направлений улучшения эксплуатационных показателей холодильника является использование принципа охлаждения конденсатора с применением метода испарения влаги на его поверхности /6,7/.

При этом конденсатор выполняется таким образом, что обеспечивается постоянное увлажнение его поверхности и охлаждение при свободном конвективном теплообмене в окружающей среде. В соответствии с описанием /6/, такой способ заключается в увлажнении поверхности конденсатора покрытой теплопроводным адсорбером, что обеспечивает его охлаждение за счет испарения, при этом предусматривается подача воды на поверхность конденсатора. Достоинством способа охлаждения конденсатора является то, что увлажнение поверхности конденсатора с последующим испарением влаги обеспечивает и снижает удельное потребление электроэнергии, поднимая общий КПД (коэффициент полезного действия) холодильного цикла.

Другим направлением улучшения теплообмена конденсатора является обдув его поверхности вентилятором /8/. Холодильный аппарат, отличающийся тем, что воздушное устройство обдувает конденсатор во время процесса оттаивания. Однако при этом потребление электроэнергии увеличивается на работу вентилятора. В компрессионных холодильниках бытового назначения этот способ применяется редко и чаще с другой целью, например, для выполнения компрессорно- конденсаторного отделения компактным .

Проводятся исследования по увеличению эффективности охлаждения испарительного конденсатора.

Предложен и исследуется способ охлаждения конденсатора путем порционного увлажнения его поверхности с последующим обдувом.

При этом поверхность конденсатора орошается воздушно-водяной смесью из мелкодисперсных форсунок с приводом, так что включение/выключение привода форсунок осуществляется по сигналу с датчика влажности поверхности конденсатора.

Пример реализации разработанного способа обдува конденсатор приведен на рисунке 1.

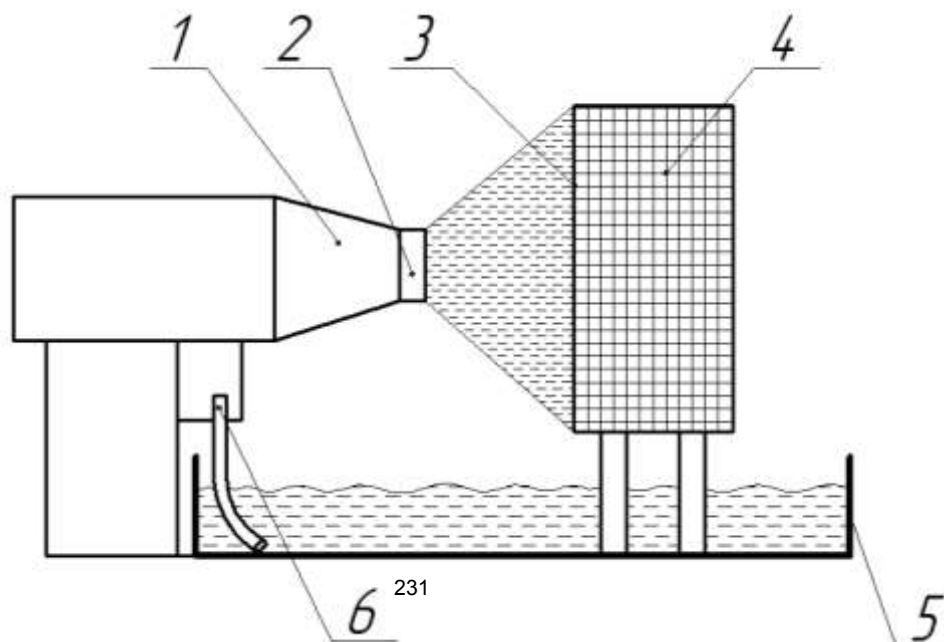


Рис.1. Схема обдуваемого испарительного конденсатора

- 1 - направляющая потока воздуха;
- 2 - сопла форсунок;
- 3 - обдуваемая и орошаемая поверхность;
- 4 - корпус конденсатора;
- 5- поддон с водой;
- 6 - патрубок забора воды.

Корпус конденсатора выполнен пластино-трубчатый в виде вертикально расположения конструкции трубчатого змеевика, соединенного пластинками. В состав конденсатора входит поддон 5 для сбора избытка влаги, стекающий с корпуса конденсатора. Струя воздушно-водяной смеси покрывает плоскость поверхности конденсатора. Корпус конденсатора может быть выполнен компактным и размещенным в нижней части БХП (бытовой холодильный прибор). В качестве форсунок предлагается использовать плунжерные распылители, широко используемые в быту. Форсунки размещены по периметру выходного отверстия вентилятора и выбрасывают порцию мелкодисперсных капель при нажатии на подпружиненные рычаги. Приводом 2, обеспечивающим нажатие рычага распылителя используется электромагнитный соленоид. Распылитель имеет входной патрубок 6, конец которого погружен в воду, находящийся в поддоне.

Схема управления соленоидом при этом включает размыкающий контакт, срабатываемый в крайнем положении соленоида. При срабатывании размыкающего контакта цепь питания соленоида размыкается, и плунжер привода возвращается в исходное положение под действием пружины. Возможно использование любой другой конструкции распылителя и его привода.

На поверхности корпуса конденсатора, закреплен датчик влажности, который в варианте исполнения управляет включением привода форсунок.

Таким образом, разработанный способ обеспечивает увлажнение поверхности конденсатора с последующим испарением влаги и управление включением /отключением увлажняющих форсунок по мере изменения влажности поверхности конденсатора.

В отличие от известного испарительного конденсатора /6/, в котором вода на поверхность конденсатора поступает самотеком из верхнего лотка, в разработанном способе, поверхность конденсатора равномерно орошается из форсунок, при этом процесс орошения не постоянен, а выполняется эпизодически, с оценкой степени влажности поверхности конденсатора.

Это обеспечивает и охлаждение конденсатора, и снижение удельного потребления электроэнергии, увеличение общего КПД холодильного цикла, упрощение конструкция испарительного конденсатора. При этом увеличивается надежность, увеличивается интенсивность охлаждения конденсатора, обеспечивается возможность выполнения конденсатора компактным, с размещением его в нижней части холодильника.

Выполнена попытка теоретически определить эффективность предложенного способа охлаждения конденсатора. Установлено что, расчёт конденсаторов с воздушным охлаждением заключается в определении площади их теплопередающей поверхности

$$F_{\epsilon} = \frac{Q_{\epsilon}}{q_f}, \text{ м}^2,$$
$$q_f = K\Delta t_{\text{ср}},$$

где Q_k – тепловая нагрузка на конденсатор, Вт;

q_f – плотность теплового потока, Вт/м²;

K – коэффициент теплопередачи, Вт/м²·°С;

Δt_{cp} – средняя логарифмическая разность температур между охлаждаемым воздухом и конденсирующимся хладагентом, °С.

Плотность теплового потока q_f для конденсаторов с естественным охлаждением воздуха составляет 90-120 Вт/м², для прокатно-сварных конденсаторов – 175 Вт/м², для конденсаторов с принудительным охлаждением – 290-525 Вт/м² при скорости движения воздуха 4-5 м/с [9].

Значение Δt_{cp} определяется по формуле [9]:

$$\Delta t_{\ln} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где Δt_1 и Δt_2 – разность температур воздуха и хладагента, соответственно, на входе и выходе из конденсатора, °С.

В практических расчётах, вследствие небольшого изменения температур воздуха и хладагента, логарифмическая разность может быть заменена средней арифметической разностью $\Delta t_{cp} = 12-14$ °С (при $V = 4-5$ м/с $\Delta t_{cp} = 10$ °С).

Коэффициент теплопередачи определяют по формуле [9, 10]:

$$\hat{E} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\delta}} + \frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta}{\lambda}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C},$$

где α_x – коэффициент теплоотдачи от холодильного агента к стенке трубы (для R134A значение $\alpha_x = 1200-2300$ Вт/м²·°С); α_b – коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к воздуху (для расчёта принимают $\alpha_b = 23-93$ Вт/м²·°С); δ – толщина стенки трубы, м; λ – коэффициент теплопроводности материала трубы, Вт/м·°С (находят по специальным таблицам).

Обычно коэффициент теплопередачи находится в пределах: $K = 20-50$ Вт/м²·°С – для конденсаторов с принудительным движением воздуха; $K = 10-12$ Вт/м²·°С – для конденсаторов с естественным движением воздуха [9].

Как установлено из известных источников, коэффициент теплопередачи от влажной поверхности конденсатора воздуху обдуваемой струи при различных температурах и скорости воздушного потока теоретически может быть определен приближенно. Поэтому для выяснения эффективности предложенного способа охлаждения конденсаторов БХП выполняются экспериментальные исследования, результаты которых будут опубликованы.

Литература:

1. Максимов, А.В. Повышение энергетической эффективности бытовых холодильников с системами охлаждения компрессора: автореф. дисс. канд. техн. наук / А.В. Максимов. – М., 1994. – 23 с.
2. Refrigerators outside the white box. Consumer Reports, Aug 2004, Vol. 69 Issue 8, p. 32, 3 p., 7 charts, 9 p.
3. Seki, M. K. Performance of Refrigeration Cycle with R32-R34a and R32-R125 Based on the Reliable Thermodynamic Property Data / M. Seki, A. Osajima, Y. Nakane, H. Sato, K. Watanabe // Proc. 1994 Int. Refrig. Conf. – Purdue Univ., US. – 1996.07.19 – 22. – p. 67-72.
4. Левкин, В.В. Тепловые расчеты сборочных единиц бытовых холодильников: учеб. пособие / В.В. Левкин; под ред. А.Г. Сапронова. – Шахты: Полиграфист, 1994. – 228 с.
5. Товарас, Н.В. Интенсификация тепломассообмена на испарительных конденсаторах холодильных машин: автореф. дис. канд. тех. наук / Н.В. Товарас. – М.: МТИ, 1985. – с. 26.
6. Патент РФ № 2162576 от 2001.01.27 «Устройство холодильного агрегата бытового компрессионного холодильника». МПК F25B1/00, F25B39/04 / Петросов С.П., Бескорвайный А.В., Романович Ж.А.
7. Кузнецова, Л.П. Режимные характеристики воздушных и испарительных конденсаторов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Л.П. Кузнецова. – Одесса: ОТИХП, 1981. – 24 с.
8. Заявка RU № 2009133102 МПК F25d23/00 «Холодильный аппарат» от 25.02.2008).
9. Иоффе, Д.М. Тепловой расчет и вопросы оптимизации воздушных конденсаторов малых холодильных машин / Д.М. Иоффе // ЦИНТИхимнефтемаш. – 1976. – С. 10-55.
10. Примеры расчетов по курсу «Холодильная техника» / под ред. Н.Д. М Курылев, Е.С. Холодильные установки: учебник для вузов / Е.С. Курылев, В.В. Оносовский, Ю.Д. Румянцев. – 2-е изд., стереотип. – СПб.: Политехника, 2002. – 576 с.