

УДК 621.564
Я 81

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ПРИ РАБОТЕ НА СМЕСЯХ НА БАЗЕ АММИАКА

С. П. Ясинский, инженер;

М. Г. Хмельнюк, д-р техн. наук, проф.

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Аннотация. Рассмотрено применение смесей аммиака, улучшающих эксплуатационные характеристики холодильных машин. Проведены экспериментальные исследования холодильной машины и калориметрирование холодильного компрессора на предложенных смесях. Определены концентрации смесей с оптимальным соотношением энергетических и эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: аммиак, смесь, холодильная машина, концентрация, компрессор, эксплуатационные характеристики.

Анотація. Розглянуто застосування сумішей аміаку, які поліпшують експлуатаційні характеристики холодильних машин. Проведено експериментальні дослідження холодильної машини і калориметрування холодильного компресора на запропонованих сумішах. Визначено концентрації сумішей з оптимальним співвідношенням енергетичних та експлуатаційних характеристик.

Ключові слова: аміак, суміш, холодильна машина, концентрація, компресор, експлуатаційні характеристики.

Abstract. The use of ammonia mixtures which improve the performance characteristics of refrigerating machines has been considered. Experimental research of a refrigerating machine and calorimetric determination of a refrigerating compressor at the proposed mixtures has been carried out. The concentrations of mixtures with the optimal balance of power and performance characteristics have been defined.

Keywords: ammonia, mixture, refrigerating machine, concentration, compressor, performance characteristics.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Аммиак обладает неоспоримыми преимуществами по сравнению с фреонами благодаря высокой теплоте фазового перехода и низкой стоимости. Однако аммиак имеет и некоторые недостатки, препятствующие его широкому применению: несовместимость с медью, горючесть, токсичность, неудовлетворительная растворимость в традиционных маслах и высокая температура конца сжатия. Одно из наиболее перспективных направлений, позволяющих улучшить эксплуатационные характеристики аммиачных холодильных машин, — формирование новых рабочих веществ на основе аммиака. Как показывает предварительный анализ, различные добавки хладагенов к аммиаку позволяют увеличить энергетическую эффективность и улучшить эксплуатационные характеристики холодильных машин [4].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проведенный анализ показывает, что добавка к аммиаку различных хладагентов (RE170, RC218, R290, RC318, R600a) способствует улучшению энергетических и эксплуатационных характеристик холодильных машин [3, 4].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ — определение энергетических и улучшение эксплуатационных характеристик работы холодильной машины на смеси R717/R152a при разных концентрациях компонентов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для исследования энергетических и эксплуатационных характеристик работы компрессора на предложенной смеси был спроектирован калориметрический стенд (рис. 1). Стенд работает по полному циклу одноступенчатой холодильной машины с использованием калориметра с вторичным холодильным агентом.

Главный объект исследования — компрессор Вокс F2-NH₃, частота вращения вала компрессора — около 940 об/мин. Эксперимент проводился согласно стандарту ISO 917.

Давление агента в системе и вторичного агента измерялось манометрами класса точности 0,6, температура окружающего воздуха — термометром с ценой деления 0,5 °C и поддерживалась на уровне 20 °C с помощью приточно-вытяжной вентиляции. В данной схеме стенда был использован водяной кожухозмеевиковый конденсатор, который дополнительно выполнял функцию линейного ресивера. Калориметр представляет собой сосуд, заполненный хладагентом R12, в который погружены электрические ТЭНы и испаритель холодильной машины — змеевик из нержавеющей стали. Частоту вращения вала двигателя и компрессора измеряли цифровым тахометром [2].

При исследовании смеси R717/R152a масса заправки системы аммиаком составила 0,9 кг в температурном режиме $t_k = +30$ °C; $t_0 = -10$ °C. Эксперимент проводился на чистых компонентах и смесях

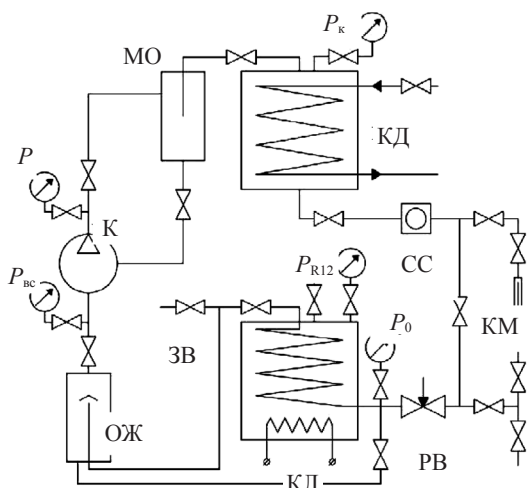


Рис. 1. Схема экспериментального стенда: К — компрессор; МО — маслоотделитель; КД — конденсатор; СС — смотровое стекло; КМ — устройство для отбора проб раствора хладагент-масло; РВ — регулирующий вентиль; КЛ — электрокалориметр; ОЖ — отделитель жидкости; ЗВ — запорный вентиль

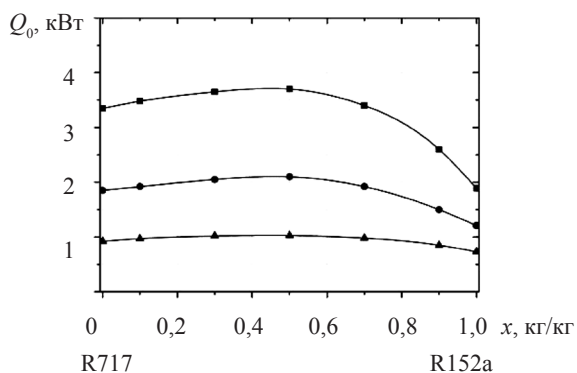


Рис. 2. Зависимость холодопроизводительности от массовой концентрации смеси R717/R152a при исследуемых температурах кипения: ■ — $t_0 = -10^\circ\text{C}$; ● — $t_0 = -20^\circ\text{C}$; ▲ — $t_0 = -30^\circ\text{C}$

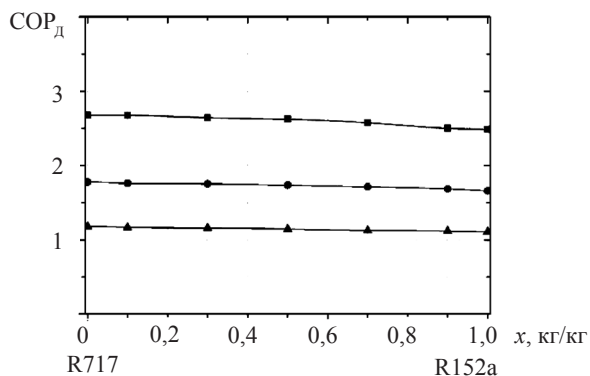


Рис. 3. Зависимость действительного холодильного коэффициента от массовой концентрации смеси R717/R152a при исследуемых температурах кипения: ■ — $t_0 = -10^\circ\text{C}$; ● — $t_0 = -20^\circ\text{C}$; ▲ — $t_0 = -30^\circ\text{C}$

с разной массовой концентрацией R152a: 10; 30; 50; 70; 90 мас. %. Температура кипения $t_0 = -10$; -20 ; -30°C .

Температура конденсации $t_k = +30^\circ\text{C}$ поддерживалась постоянной. Перегрев агента на всасывании в компрессор составлял 10°C , переохлаждение на выходе из испарителя $-2,5^\circ\text{C}$.

Анализ экспериментальных данных показал, что добавление хладагента R152a к аммиаку приводит к росту холодопроизводительности до концентрации аммиака 50 мас. %, затем наблюдается ее снижение.

На рис. 2 приведен график зависимости холодопроизводительности от массовой концентрации смеси R717/R152a при исследуемых температурах кипения. Как видно, максимальные значения холодопроизводительности достигаются при азеотропной концентрации смеси R717/R152a (50/50), кг/кг. При этом холодопроизводительность возрастает на 9,5...12,0 % в зависимости от температуры кипения.

Вместе с ростом холодопроизводительности повышается и потребляемая мощность компрессора, поэтому действительный холодильный коэффициент смеси R717/R152a (50/50), кг/кг, на 2,3...2,9% ниже по сравнению с чистым аммиаком (рис. 3). Во время эксперимента были проведены измерения рабочих температур компрессора, а именно температуры нагнетания, температуры крышки клапанов и температуры масла в компрессоре.

Как показали полученные результаты, при добавке в аммиак хладагента R152a термонапряженность компрессора стремительно снижается (рис. 4).

Так, для смеси R717/R152a (50/50), кг/кг, температура нагнетания компрессора снизилась на 4...14 $^\circ\text{C}$, температура крышки клапанов — на 13...22 $^\circ\text{C}$, а температура масла в компрессоре — на 3...8 $^\circ\text{C}$ в зависимости от температуры кипения.

В процессе эксперимента были проведены замеры концентрации масла ХА-30 в рабочем веществе. Устройство для отбора проб раствора хладагент-масло (РХМ) находилось в контуре холодильной машины между конденсатором и регулирующим вентилем (см. рис. 1) и представляло собой трубку, которая отсекается от холодильного контура двумя вентилями.

При работе холодильной машины на чистом аммиаке концентрация масла в контуре отсутствовала. При добавке R152a в контуре холодильной машины наблюдалась циркуляция масла. Процентное содержание масла в смеси при исследуемых концентрациях и температурном режиме $t_k = +30^\circ\text{C}$; $t_0 = -20^\circ\text{C}$ показано на рис. 5.

ВЫВОДЫ

1. Анализ полученных энергетических и эксплуатационных характеристик холодильной машины на смеси R717/R152a показал, что оптимальными

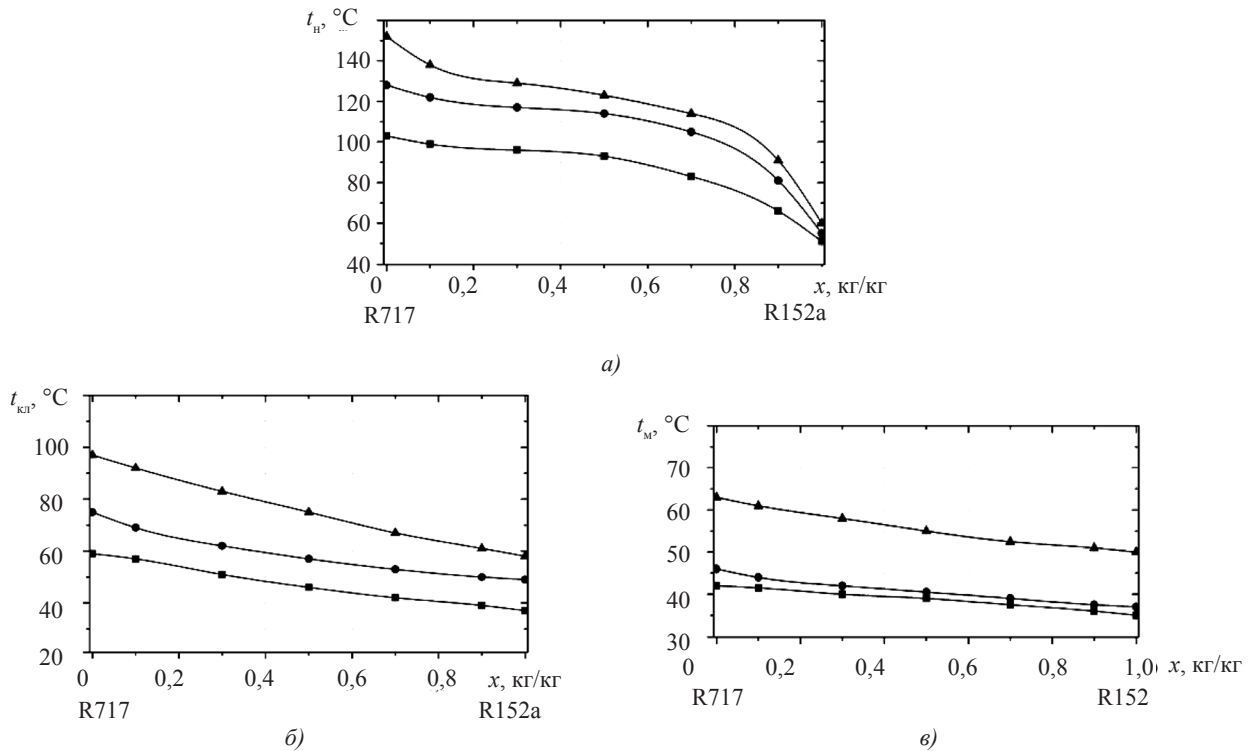


Рис. 4. Зависимость температуры нагнетания компрессора (а), температуры крышки клапанов (б), температуры масла в компрессоре (в) от концентрации смеси R717/R152a: ■ — $t_0 = -10\text{ }^\circ\text{C}$; ● — $t_0 = -20\text{ }^\circ\text{C}$; ▲ — $t_0 = -30\text{ }^\circ\text{C}$

характеристиками обладает смесь R717/R152a (50/50) кг/кг.

2. При работе холодильной машины на исследуемой смеси в предложенной концентрации удалось снизить температуры нагнетания, крышки клапанов и масла в компрессоре на 3...22 °С, а также обеспечить циркуляцию масла в контуре холодильной машины, что положительно отражается на возврате масла в компрессор и позволяет отказаться от использования маслоотделителя [1].

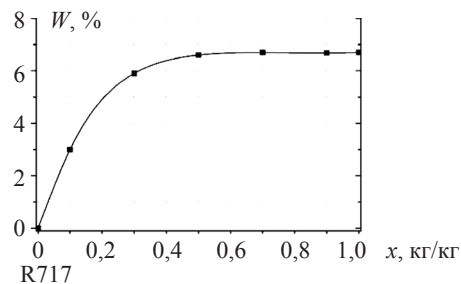


Рис. 5. Содержание масла в растворе хладагент–масло в зависимости от концентрации смеси R717/R152a

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Железный, В. П. Рабочие тела парокomppressorных холодильных машин: свойства, анализ, применение [Текст] : монография / В. П. Железный, Ю. В. Семенов. — О. : Феникс, 2012. — 420 с.

[2] Хмельнюк, М. Г. Исследование аммиачного компрессора ВОСК F2 NH3 на смеси R717/R152a [Текст] / М. Г. Хмельнюк, С. П. Ясинский // VI Всеукр. наук.-техн. конференция «Удосконалення малої холодопелотехніки — використання холоду в харчовій галузі». — Донецьк, 2012. — С. 10.

[3] Хмельнюк, М. Г. Энергетическая эффективность холодильных машин, работающих на смесях на основе аммиака [Текст] / М. Г. Хмельнюк // Холодильная техника и технология. — 1999. — Вып. 61. — С. 53–56.

[4] Khmelnyuk, M. Experimental researches of compressor working on mixtures based on ammonia [Text] / M. Khmelnyuk, S. Yasinskiy, E. Korba // The 23rd IIR Intern. Congress of Refrigeration. — Prague, Czech Republic, 2011. — Papers 335.

© С. П. Ясинський, М. Г. Хмельнюк,

Надійшла до редколегії 18.01.2012

Статтю рекомендує до друку член редколегії Вісника НУК д-р техн. наук, проф. М. І. Радченко

Статтю розміщено у Віснику НУК №2, 2012