

Альтернативные хладагенты – стратегия выбора

Вывод из обращения в холодильной отрасли озоноразрушающих веществ ставит задачу выбора альтернативных хладагентов из представленных на мировом рынке. Множество критериев выбора (экологические и энергетические, экономические и эксплуатационные) не позволяет однозначно отдать предпочтение единственному кандидату, в связи с чем необходимо принимать решение, отражающее компромисс между вышеперечисленными критериями.

В настоящее время общепринято использовать в новом холодильном оборудовании озонобезопасный хладагент R134a в сочетании с синтетическим маслом. Однако в стационарном низкотемпературном ($-23...-25^{\circ}\text{C}$) торговом холодильном оборудовании применение R134a нецелесообразно из-за снижения холодопроизводительности. Кроме того, действующее холодильное оборудование на R12 работает на более дешевом минеральном масле, которое не удастся полностью удалить из системы при замене на синтетическое, что приводит к значительным проблемам при эксплуатации. Поэтому применение процедуры «drop in», когда проводится только замена хладагента, предпочтительнее, чем ретрофит (retrofit), при котором замене подлежат и хладагент, и масло.

Для бытовой холодильной техники, фризеров, водоохладителей и т.п., где в основном используются герметичные и полугерметичные компрессоры, возможность избежать замены масла особенно актуальна. К сожалению, чистых озонобезопасных веществ, аналогичных по своим свойствам R134a, в природе не существует и поиск возможных альтернатив осуществляется в классе смесей, где базисным компонентом служит R22.

К настоящему времени вещества, использующие многокомпонентные системы, представлены на рынке стран СНГ такими переходными хладагентами, как R401A (MP39) – смесь

The choice of refrigerants with desirable combination of such properties as contribution to greenhouse effect, flammability, toxicity, thermodynamic behavior, performance specifications is one of the most important stages in retrofitting of R12 refrigerating systems to alternative refrigerants. Transitional blends (HCFC) as alternatives for R12 are considered. Multicriteria analysis of main best-selling replacement for CFC-12 applications is carried out. The advantages (better efficiency, better cooling capacity, compatibility with mineral oil) of FORANE FX56 (R409A) are discussed.

R22/R152a/R124; R406A (GHG12) – смесь R22/R600a/R142b; R409A (FORANE FX56) – смесь R22/R124/R142b и C10M – смесь R22/R21/R142b. Перечисленные смеси содержат компоненты, включающие атомы хлора, и в долгосрочной перспективе (до 2030 г.) должны быть также выведены из обращения.

Для названных выше смесей был проведен многокритериальный анализ с целью отбора хладагентов для ретрофита холодильного оборудования, работающего на R12 при температурах кипения $-25...+5^{\circ}\text{C}$.

В качестве критериев отбора были выбраны следующие:

- экологические – потенциал глобального потепления (GWP) и потенциал разрушения озонового слоя (ODP), отражающие прямое воздействие хладагентов на окружающую среду;
- энергетические – холодопроизводительность (Q_0) и холодильный коэффициент (COP);
- экономический – цена хладагента;
- эксплуатационный – совместимость со смазочными маслами.

Все исследуемые вещества удовлетворяют строгим требованиям стандартов ASHRAE и западноевропейских стран по воспламеняемости и токсичности, поэтому эти критерии не были включены в многокритериальный анализ отбора хладагентов, проведенный ранее [2].

Локальные критерии, которые описывают степень близости между реальными показателями для альтернативных хладагентов и показателями для «идеального» вещества, выбирали для заданных температур конденсации ($+35^{\circ}\text{C}$) и кипе-

ния ($-25...+5^{\circ}\text{C}$), холодильного коэффициента, холодопроизводительности, отношений давлений конденсации/кипения и др.

Для формирования обобщенного векторного критерия использовали технику целевого программирования (метод идеальных точек). Оптимальное значение векторного критерия искали из условия минимума функции

$$\bar{K} = \sum_{j=1}^N |1 - K_j / K_j^0|,$$

где $\bar{K}$ – обобщенный векторный критерий;

K_j^0 – идеальная точка (выбирается как наилучшее решение для j -го критерия K_j на множестве возможных решений для каждого из хладагентов в заданном классе веществ).

Вещество, для которого значение обобщенного векторного критерия оказывается минимальным, является компромиссным между противоречивыми критериями различной природы. Для определенности все задачи поиска экстремума сведены к задаче минимизации.

В качестве теоретической модели холодильной системы рассматривали одноступенчатый цикл парокомпрессионной холодильной машины, основные параметры которого рассчитывали по программе CoolPack Датского технологического института (www.et.du.dk/CoolPack) для R401A, 406A и R409A. Экспериментальная верификация энергетических характеристик базировалась на сравнительном анализе работы водоохлаждающей машины мощностью 15 кВт с полугерметичным компрессором фирмы Copeland. В качестве хладагентов ис-

пользовали R12, R401A, R409A. Свойства хладагента C10M отсутствовали в базе данных пакета CoolPack, поэтому сопоставление проводили косвенно по ограниченной информации, имеющейся в [1]. Сравнительный анализ осуществляли по трем критериям: экологическому, энергетическому и экономическому. Так как совместимость хладагентов с маслом не может быть выражена в численной форме, она рассматривалась как качественный показатель.

Результаты анализа показали, что сопоставляемые хладагенты в порядке предпочтительности ранжируются следующим образом:

- по экологическим критериям ODP и GWP
R401A > R409A > R406A > C10M;
- по энергетическим критериям Q_0 и COP
R409A > R401A > R406A > C10M;
- по экономическому критерию — существующим ценам на хладагенты
C10M > R409A > R406A > R401A;

- по эксплуатационному критерию — совместимости хладагентов с маслами
R409A > R406A > C10M > R401A.

При эксплуатации холодильного оборудования в течение 10 лет прямой вклад хладагентов в разрушение озонового слоя в принципе практически одинаков для всех перечисленных веществ. Более дешевый C10M при оценке жизненного цикла (Life Cycle Assessment) холодильного оборудования оказывается менее предпочтительным с экономической точки зрения, поскольку цена на электроэнергию возрастает с течением времени и энергетически неэффективный хладагент за достаточно большой промежуток времени становится экономически невыгодным для потребителя. Поэтому при выборе хладагента с учетом жизненного цикла изделия следует отдать предпочтение энергетическим и эксплуатационным критериям. С этой точки зрения R409A обнаруживает следующие преимущества: более высокую холодопроиз-

водительность, более высокую энергетическую эффективность, уменьшение заправочной массы на 10–15% по сравнению с R12, а также совместимость с минеральными маслами, что позволяет реализовать процедуру «drop in».

Указанные преимущества позволяют рекомендовать R409A в качестве компромиссного решения для ретрофита бытовой холодильной техники, работающей на R12 в диапазоне температур кипения $-20...+5$ °C.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативный хладагент C10M для ретрофита холодильного оборудования, работающего на R12/ В.С.Зотиков, В.А.Сараев, В.И.Самойленко, Е.А.Большаков//Холодильная техника, 1999, № 2.
2. Mazur V.A., Clodic D., Shamray A.A. Optimal Refrigerant Selection. Multicriteria Approach. International Conference - CFCs. The Day After. Proceedings. p.57 - 65, Padova 21–23 Sept., 1994.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Скороморозильные аппараты и туннели для заморозки пельменей, мясных полуфабрикатов, сосисок, филе рыбы, пиццы, птицы и овощных смесей
- Водоохлаждающие установки
- Холодильные склады и камеры
- Закалка мороженого



(095) 280-1446, 280-2351,
280-8833; (3912) 56-0938

КРИОТЕК

129110, г. Москва, Каланчевская ул., 32/61;
Email: info@kriotek.ru www.kriotek.ru

Приглашаем региональных дилеров

ЗАПРАВЬСЯ!



ХЛАДОНЫ

R-12	R-13	R-22	R-23	R-113	R-114B2
R-22	R-502	R-134A	R-404A	R-407C	R-410A

МАСЛА

для холодильных компрессоров



(095) 280 - 2351

(095) 280 - 8833
(3912) 56-0938