

В.С. Францкевич, зав. кафедрой, канд. техн. наук;
В.Н. Павлечко, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);
Ю.И. Шалухо, зам. директора-главный инженер
(ОАО «Крион», г. Минск)

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ ОЗОНООПАСНОГО ХЛАДОАГЕНТА В ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИНАХ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Принятые международными комитетами меры по предотвращению разрушения слоя стратосферного озона, а также возникновения парникового эффекта в атмосфере из-за выбросов хладагентов привели, начиная с начала 90-х годов, к радикальным изменениям в технологиях кондиционирования воздуха и искусственного охлаждения.

Это утверждение в особенности справедливо для промышленных установок охлаждения и кондиционирования воздуха с их широкой областью применения. До недавнего времени в этих системах использовались в основном озоноразрушающие хладагенты, а именно R12, R22 и R502; для особых целей применялись R114, R12B1, R13B1, R13 и R503.

Промышленно развитые страны отныне не разрешают использовать эти хладагенты, кроме R22. В странах Европейского Союза, однако, в настоящее время уже действует поэтапная программа отказа также и от R22. Основной причиной такого более раннего, в отличие от международных соглашений, запрета R22 является потенциал разрушения озонового слоя, хотя он и весьма незначителен.

В настоящее время для охлаждения сжатого воздуха после компрессора высокого давления (20 МПа) в ОАО «Крион» используются две холодильные машины, одно из которых на первой ступени охлаждает сжатый воздух от +1°C до минус 20°C, вторая – доохлаждает его до минус 37°C. В обеих машинах циркулирует хладагент R 22.

Хладагент R 22 (хлородифторметан):

- имеет низкую стоимость;
- к 2020 году должен быть выведен из оборота странами, ратифицировавшими Монреальский протокол;
- является однокомпонентным, в случае утечки возможна дозаправка независимо от количества потерянного хладагента;
- не сложен в производстве, благодаря чему есть много производителей по всему миру.

Поскольку хладагент R 22, содержащий в своем составе хлор, относится к озоноразрушающим веществам, то были проведены теплотех-

нические расчеты замены его на другой хладагент. Для сравнения был выбран хладагент R 410-а.

Хладагент R 410-а является двухкомпонентным веществом. В состав хладагента R 410а входят:

хладагент R 32 – дифторметан (50%);

хладагент R 125 – пентафторэтан (50%).

По сравнению с R 22, хладагент R 410а имеет ряд преимуществ и недостатков. Они обусловлены его техническими характеристиками, физическими свойствами и сложностью производства:

- не токсичен, пожаробезопасен;
- двухкомпонентный, в случае утечки большого количества из системы, ее нужно очистить от остатков и заправлять заново;
- не разрушает озоновый слой;
- имеет более высокие рабочие давления, оборудование должно быть более прочным. Оно дорогое, но надежное.

Из анализа результатов расчетов следует, что, исходя из условий теплообмена в испарителе первой ступени, расход хладагента R 410 а сопоставим с расходом хладагента R 22.

Количество тепла при испарении фреона на первой ступени в 3,4 раза превышает количество тепла, отводимое от сжатого воздуха. Следовательно, испаритель 1 ступени работает с некоторым запасом и можно предполагать температуру охлаждаемого воздуха, меньшей минус 20°С. Количество тепла при испарении хладагента на второй ступени сопоставимо с количеством тепла, отводимым от сжатого воздуха.

Из результатов расчетов также следует, что при замене в холодильной машине хладагента R 22 хладагентом R 410-а давление на входе в компрессор возрастает в 1,687 раза, давление после компрессора – в 1,572 раза. Теплообменное оборудование также должно работать при повышенном на 60–70% давлении. Для использования имеющихся компрессора и теплообменного оборудования при повышенных давлениях требуются согласования с заводами-изготовителями, что связано с решением большого круга организационных вопросов. С учетом некоторого износа применяемого оборудования более целесообразно использование нового оборудования, что сопряжено со значительными финансовыми затратами.

Таким образом, замена хладагента R 22 хладагентом R 410-а в существующих условиях нецелесообразна, поскольку требует:

- а) решения значительных организационных вопросов при использовании существующего оборудования. Заранее трудно определить возможность использования применяемого оборудования;

б) существенных расходов на приобретение и монтаж нового оборудования, а также приобретение хладагента *R* 410-а.

Почти азеотропная смесь, предлагаемая под наименованием *R* 410а, применяется в реальных системах, главным образом в установках кондиционирования воздуха. Существенной особенностью является удельная холодопроизводительность почти на 50% выше, чем у *R* 22, но, вследствие этого, с пропорциональным повышением рабочих давлений в системе. Расчеты показывают предпочтительное энергопотребление при использовании при низких температурах конденсации. Преимуществом являются также высокие коэффициенты теплопередачи в испарителе и конденсаторе, что представляет собой потенциал для дальнейшего повышения эффективности. Ввиду незначительного температурного скольжения, практичность применения смеси *R* 410а представляется аналогичной однокомпонентным хладагентам.

По совместимости материалов смесь сравнима с ранее рассмотренными; то же самое можно сказать и о маслах. Однако следует учитывать уровни давления и более высокую удельную нагрузку на узлы системы.

Базовые критерии для смесей гидрофторуглеродов применимы также к технологиям систем на *R* 410-а, с учетом, однако, чрезвычайно высоких уровней давления (температура конденсации в 43°C уже соответствует абсолютному давлению в 2,6 МПа). В настоящее время доступность компрессоров и других узлов систем для этого хладагента существенно ограничена. Сказывается и результирующее влияние правил и норм безопасности.

Ввиду благоприятных свойств *R* 410-а во всем мире действуют исследовательские программы по разработке и испытанию подходящих системных узлов. Кроме того, высокие уровни давления для *R* 410-а могут потребовать внесения коренных изменений в конструкцию компрессора, теплообменников, органов управления, трубок и шлангов, наряду с обращением особого внимания на общие правила безопасности, регламентирующие качество и размеры шлангов и гибких элементов (для температуры конденсации около 60°C и давления 4 МПа). Другим критерием является сравнительно низкая критическая температура в 73°C. Тем самым, независимо от конструкции узлов на стороне высокого давления, существенно ограничивается температура конденсации.