

10. РАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

10.1 Введение

На период сокращения потребления хладагентов ГХФУ будет необходимо обеспечить продолжение использования существующего оборудования при одновременном снижении выбросов хладагентов в атмосферу.

У каждого типа оборудования или установки есть свои характеристики с точки зрения «потребления» хладагента. Случайные выбросы, потеря герметичности, разрывы, потери во время обслуживания и отсутствие системы извлечения и утилизации хладагента в конце срока службы не одинаковы для каждого вида оборудования.

Уровни выбросов будут отличаться для каждой системы. Некоторые установки могут потреблять хладагенты в количествах, в несколько раз превышающих их начальную заправку в течение своего срока службы, а другие системы могут иметь утечки близкие к нулю.

Часто первым шагом на пути сокращения утечек ГХФУ в действующем оборудовании является регулярная и тщательная проверка утечек, привлечение к проверкам обученного персонала и применение чувствительной аппаратуры.

Также очень важно организовать адекватное техническое обслуживание системы: необходимо обеспечивать предусмотренные техническим регламентом давления конденсации и испарения, а также следить за тем, чтобы все трубопроводы были надежно закреплены для исключения вибрации.

Вторым шагом должна быть замена хладагента в системе на хладагент с нулевым ППП. Для этого существует два варианта:

- Замена хладагента ГХФУ хладагентом прямого замещения с использованием существующего холодильного масла и компонентов. Такая процедура упоминается выше как перезаправка.
- Замена хладагента ГХФУ хладагентом ГФУ или смесью ГФУ, что требует в большинстве случаев замены минерального масла в системе на синтетическое полиоэфирное или полиалкиленгликолевое масло. Такая процедура упоминается выше как ретрофит.

10.2 Оценка вариантов обслуживания существующего холодильного оборудования

В качестве первого шага по оценке вариантов будущей эксплуатации существующего оборудования необходимо рассмотреть его важность и прямую зависимость от его надежной работы. Например, если отказ установки может привести к остановке производства или продаж, необходимо приоритетом сделать надлежащее планирование сокращения потребления ГХФУ, а реализация таких планов должна быть проведена в режиме кризисного управления. С другой стороны, если система состоит из малой установки воздушного кондиционирования офиса, и владелец чувствует, что он может позволить себе быть без нее некоторое время, техник или инженер по охлаждению может отреагировать менее срочно. Поэтому необходимо определить, насколько критически важна система охлаждения или кондиционирования для учреждения.

Малые автономные системы, такие как холодильные шкафы, малые охлаждаемые розничные витрины и небольшие кондиционеры вообще очень надежны и часто служат в течение 20 лет или больше без серьезного техобслуживания. В этих обстоятельствах уместно продолжить эксплуатацию существующего устройства, пока оно не достигнет конца своего срока полезного использования. Должны существовать соответствующие резервные планы для случаев, когда система выходит из строя или начинает терять заправку хладагента. В этих случаях необходимо рассмотреть варианты безопасного избавления от старой системы, не допуская выбросов хладагента в атмосферу.

Более сложное оборудование охлаждения обычно требует некоторой локальной сборки системы и заполнения хладагентом. В системах охлаждения этой категории утечки хладагента наблюдаются более часто и требуют регулярного техобслуживания.

Типичные примеры такого оборудования – это холодильные и морозильные камеры, сплит-системы кондиционирования воздуха, системы охлаждения с водяным хладоносителем, а также комплексные холодильные установки прямого расширения. Существует ряд технических решений, которые могут быть применены к этой категории оборудования. В некоторых случаях лучшее решение очевидно, но в большинстве случаев существует несколько вариантов, которые требуют дальнейшей оценки и анализа.

Прежде чем оценить имеющиеся технические варианты, важно идентифицировать тип оборудования и хладагент, который используется в любом устройстве или системе, поскольку это будет иметь прямое влияние на выбор наиболее подходящего варианта действий.

10.3 Идентификация оборудования

Хладагент и холодильное масло:	Идентифицируйте тип хладагента и используемого холодильного масла
Тип компрессора:	Тип компрессора, используемый в системе охлаждения, имеет серьезное значение для проведения конверсии (например, герметичный, полугерметичный и сальниковый компрессоры имеют различные перспективы и ограничения для проведения конверсии).
Рабочее давление в системе:	Рабочее давление хладагента ограничит выбор альтернативы и типа заменяющего хладагента для существующей системы.
Продолжительность работы установки:	Информация о продолжительности работы установки до момента принятия решения позволит сделать заключение о целесообразности конверсии существующего оборудования или его замены.
Совместимость:	Различные материалы, используемые в системах охлаждения ГХФУ, могут повлиять на варианты конверсии. Рассматривая варианты конверсии с различными хладагентами, устанавливают тип масла, материал шлангов, прокладок и уплотнений (резиновые, пластмассовые и т.д.) и использованные металлы. Новые хладагенты должны быть химически совместимы со всеми материалами, используемыми в существующей системе.
Холодопроизводительность:	Необходимо определить холодопроизводительность, требуемую для каждого устройства/системы и дефицит/избыток холодопроизводительности установленного оборудования. Это может оказаться определяющим фактором для выбора технического варианта. Конверсия системы может исправить недостатки системы и/или оптимизировать потребление электроэнергии посредством использования имеющихся технологий, оптимальных конструкционных решений и методов монтажа.

10.4 Учет использования хладагента

Прежде всего необходимо определить количество ГХФУ, содержащееся в существующих системах и оборудовании. Это позволит получить важные данные по потребностям в заменяющем хладагенте и укажет на имеющееся количество хладагента, который можно будет вторично использовать после конверсии или замены системы.

Многие установки имеют значительные утечки хладагента. Низкое потребление хладагента может способствовать его длительному использованию на протяжении еще нескольких лет.

Если наблюдаются утечки при эксплуатации оборудования, то необходимо принять меры либо по максимальному сокращению утечек, либо по замене существующего оборудования на новое и с другим хладагентом. Годовое потребление хладагента устанавливается по регистрации закупок и записям в журнале технического обслуживания оборудования.

10.5 Обзор вариантов эксплуатации оборудования

Рациональное использование хладагента, перезаправка или ретрофит являются возможными вариантами обслуживания оборудования охлаждения и кондиционирования воздуха.

Вариант 1:	Продолжать использовать существующее оборудование. Если система охлаждения не имеет утечек, использование существующего хладагента может продолжаться. При этом должен быть план действий в чрезвычайной ситуации при полном отказе оборудования.
Вариант 2:	Сократить потери хладагента из-за утечек. Многие холодильные установки имеют утечки. Нельзя продолжать эксплуатацию оборудования, не приняв меры по их значительному сокращению или устранению.
Вариант 3:	Использовать альтернативные хладагенты посредством проведения перезаправки или ретрофита. Самыми важными факторами в выборе хладагента для замены ГХФУ являются: низкий озоноразрушающий потенциал, низкий потенциал глобального потепления, высокая холодопроизводительность и безопасность использования. Необходимо отметить, что меры предосторожности должны приниматься при работе со всеми типами хладагентов. Для получения дополнительной информации следует обратиться к производителю хладагента.

Извлечение хладагента, восстановление и повторное его использование

Всякий раз, когда старое оборудование демонтируется или обслуживается, важно, чтобы хладагент был извлечен из системы. Во время процесса извлечения также важно, чтобы хладагент был закачан в баллон, который пуст или который содержит тот же самый тип хладагента. Только компетентные инженеры или сертифицированные техники-холодильщики должны допускаться к работе с хладагентами.

10.6 Сокращение утечек

Важность ограничения выбросов хладагентов и источники утечек

Доступность ГХФУ для технического обслуживания существующего оборудования в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, будет постепенно снижаться в предстоящие годы, поскольку действия по сокращению ГХФУ набирают темп.

Владельцы оборудования с ГХФУ должны обеспечить ликвидацию утечек хладагента, конверсию или замену этого оборудования в соответствии с принятым графиком.

Если оборудование, такое как домашние холодильники, не имеет утечек, нет никакой необходимости в конверсии системы. Оборудование может работать до конца срока своей службы с первоначальной заправкой хладагента, так как не существует требования прекращать обслуживание оборудования, содержащего хлорсодержащие хладагенты.

Улучшение герметичности системы является мерой по рациональной эксплуатации оборудования, которая учитывает особенности компонентов и материалов, а также такие непредсказуемые события, как износ и механическое разрушение.

Ограничение выбросов затрагивает все процессы и процедуры, относящиеся к работе с хладагентом, такие как заправка или извлечение, а также к самой системе или ее компонентам, содержащим хладагенты. Меры по ограничению выбросов хладагентов включают в себя:

- Обязательства руководящего персонала осуществлять необходимые меры при проектировании, эксплуатации и обслуживании систем;
- Проектирование систем, обеспечивающих высокую герметичность;
- Использование необходимых приборов и устройств для идентификации и измерения утечек;
- Применение классификации по степени герметичности компонентов, таких как стыки, вентили и гибкие шланги;
- Обеспечение выполнения процедур работы с хладагентами «без выбросов»;
- Обеспечение адекватного высококачественного оборудования (датчики, мониторы в помещениях, где проводится работа с хладагентами, установки извлечения и регенерации, адаптеры, соединительные шланги и т.д.);
- Использование простой документации, фиксирующей движение хладагента;
- Определение операций и процедур обслуживания по сохранению хладагентов;
- Обучение технического персонала контролю за герметичностью систем для предотвращения утечек, а также его обучение навыкам практической работы по извлечению хладагентов.

Сокращение выбросов не ограничивается поддержанием надлежащей герметичности или правильным извлечением хладагента. Это всеобъемлющая система мер, которая относится ко всему жизненному циклу оборудования и должна учитываться на стадиях проектирования и монтажа нового оборудования и систем.

Меры по сокращению утечек

Усовершенствование конструкции всех компонентов системы в целях обеспечения герметичности и сокращения заправки хладагентом является ключевым направлением по сокращению утечек. Так же важно оценить вероятность и принять оперативные меры по предотвращению утечек из-за механических разрушений или открытия предохранительных клапанов.

Сокращение или даже устранение необходимости перезаправки хладагента должно быть целью при конструировании и эксплуатации всех видов оборудования.

Возможные меры по сокращению утечек хладагента меняются в зависимости от того, является ли установка стационарной или передвижной. Для стационарных установок ключевыми мероприятиями, улучшающими герметичность системы, являются:

- Минимизация заправки хладагента в системе;
- Выбор хладагента и проектирование системы для работы при более низком рабочем давлении;
- Минимизация числа соединений в системе;
- Применение сварных соединений вместо резьбовых соединений и арматуры;
- Ограничение выбросов через предохранительные клапаны;
- Выбор герметичных или полугерметичных компрессоров вместо сальниковых;
- Выбор герметично закрытых систем, менее склонных к утечке хладагента;
- Проведение опрессовки системы под рабочим давлением перед ее вакуумированием;
- Тщательное вакуумирование каждой системы с использованием глубокого вакуума или тройное вакуумирование до заправки; чем ниже вакуум, тем более вероятно, что эта система будет работать без утечек;
- Использование совместимых эластомеров и прокладочных материалов;
- Установка датчиков обнаружения хладагента вблизи оборудования вместе с сигнализацией раннего оповещения.

10.7 Перезаправка хладагентами прямого замещения

Так называемые хладагенты прямого замещения (дроп-ин) – это обычно азеотропные смеси, которые содержат ГФУ и углеводороды, чтобы гарантировать совместимость и смешиваемость существующего минерального или алкилбензолного масла в системе ГХФУ с хладагентом прямого замещения.

Безопасность	Все хладагенты, используемые в кондиционировании и промышленности охлаждения, потенциально опасны и требуют соблюдения мер техники безопасности. Проектирование, разработка системы, свойства хладагента и тесты по его безопасному применению для каждого хладагента индивидуальны. В некоторых случаях может потребоваться оснащение системы дополнительными детекторами для обнаружения хладагента и определения уровня концентрации кислорода с целью обеспечения ее безопасной эксплуатации как для обслуживающего персонала, так и для населения.
Совместимость	При выборе хладагента замены для существующей системы необходимо проверять его совместимость с компонентами системы и ее рабочими режимами (используемое масло, материалы изоляции двигателя и уплотнений компонентов, рабочее давление и т.д.).

Доступность	Необходимо убедиться, что выбранный хладагент коммерчески доступен в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе.
Стоимость	Так как стоимость хладагентов меняется в зависимости от спроса и предложения, необходимо проверять стоимость выбранного хладагента для того, чтобы обеспечить его наличие по доступной цене в будущем.

Общая процедура перезаправки

Общая процедура для перезаправки системы хладагентом прямого замещения:

- 1 Необходимо убедиться, что в системе отсутствуют утечки.
- 2 Хладагент ГХФУ извлекается из системы в специально предназначенный для этого контейнер (баллон).
- 3 В специальном журнале фиксируется вес извлеченного ГХФУ.
- 4 Осуществляется замена осушителя на линии жидкости (если требуется).
- 5 Проводится вакуумирование системы до 3–5 мбар / 2 мм.рт.ст.
- 6 Осуществляется заправка системы хладагентом прямого замещения в соответствии с инструкциями производителя (то есть: по весу и в жидкой фазе из баллона).
- 7 После запуска системы проводится оптимизация ее работы: регулировка ТРВ и предохранительных клапанов высокого и низкого давления и т.д.
- 8 Осуществляется полная проверка системы на утечки.
- 9 Наносится маркировка системы с новым хладагентом и удаляются старые маркировки для предотвращения путаницы в будущем.

Практические советы при проведении перезаправки

- 1 Перезаправка хладагентом прямого замещения никогда не обеспечивает равноценные параметры работы системы по сравнению с исходным хладагентом.
- 2 Если скрытая теплота хладагента прямого замещения больше, чем исходного хладагента, вероятно, что в конденсаторе будет наблюдаться более высокое давление.
- 3 Необходимо учитывать, что при использовании однокомпонентных хладагентов (ХФУ-12, ГХФУ-22 и др.) давление связано с температурой насыщения. Однако в случае использования смесевых хладагентов будут две температуры насыщения для каждого давления: точка начала кипения и точка росы.
- 4 Разницу между температурами «начала кипения» и «точки росы» называют «температурным глайдом».
- 5 Чем больше температурный глайд, тем вероятнее разделение смесевых хладагентов (или выкипание до пара при различных температурах) при нахождении в равновесии (т.е., когда система статична во время нерабочей части цикла).
- 6 Характерные для смесей разделение и утечки должны быть приняты во внимание в случае, когда система дает утечку в паровой фазе в статичном состоянии (нерабочая часть цикла), особенно, если температурный глайд превышает 1 °С. Возможно, в этом случае потребуются удалить существующую заправку и заменить ее свежим хладагентом.
- 7 Все смесевые хладагенты должны заправляться из баллона в жидкой фазе, чтобы предотвратить разделение смеси на фракции и в результате получить неправильную заправку.
- 8 Все азеотропные смеси хладагентов имеют R-номер в 400 ряду, то есть, R-417A, R-413A и т.д.

10.8 Модернизация (ретрофит) с заменяющими ГФУ хладагентами

В этом случае необходимо удалить минеральное масло из системы и заменить его полиолэфирным холодильным маслом прежде, чем заправлять систему хладагентом ГФУ из-за несовместимости между ГФУ хладагентом и минеральным маслом (ГФУ не растворимы в минеральных маслах).

Общая процедура ретрофита системы с ГХФУ с применением ГФУ хладагента следующая:

- 1 Необходимо обеспечить герметичность системы.
- 2 Хладагент ГХФУ извлекается из системы и перекачивается в чистый баллон.
- 3 Минеральное масло удаляется из системы и заменяется на рекомендованное количество полиолэфирного масла.
- 4 Система перезаправляется хладагентом ГХФУ, ранее извлеченным из системы.
- 5 Система запускается на необходимое для промывки от остатков минерального масла время.
- 6 После остановки системы из нее извлекается хладагент ГХФУ и перекачивается снова в чистый баллон.
- 7 Из системы сливают масляную смесь и перезаряжают новой порцией полиолэфирного масла.
- 8 Перезаряжают систему ранее извлеченным ГХФУ хладагентом.
- 9 Снова запускают систему в течение времени, достаточного для полной промывки от остатков минерального масла.
- 10 См. п.6.
- 11 Из системы сливают смесь полиолэфирного/минерального масла и проверяют ее на содержание минерального масла с помощью диагностического комплекта. Остаточное содержание минерального масла в этой смеси не должно превышать 5 % (предпочтительно даже меньше, чем 5 %), а содержанием полиолэфирного масла не должно быть менее 95 %.
- 12 Если остаток минерального масла выше 5 %, то процедуру промывки повторяют еще раз для снижения остаточной концентрации.
- 13 Как только остаточная концентрация минерального масла достигнет уровня ниже 5 %, систему заправляют полиолэфирным маслом рекомендованного объема.
- 14 Систему заправляют хладагентом ГФУ в соответствии с инструкциями производителя.
- 15 Систему запускают и проводят необходимые регулировки рабочих параметров.
- 16 Проводят полную проверку системы на утечки. Необходимо убедиться, что все крышки клапанов находятся на месте и герметичны.

10.9 Уменьшение климатического воздействия

Косвенные выбросы парниковых газов связаны с потреблением электроэнергии и являются основным источником, вызывающим эффект глобального потепления. В силу интенсивного использования ископаемого топлива электростанциями выбросы CO_2 могут достигать 0,8 кг на кВтч электрической энергии. Это вызывает существенный парниковый эффект в течение жизненного цикла устройства. Даже небольшое повышение эффективности системы может значительно уменьшить воздействие системы охлаждения на глобальное потепление в течение ее жизненного цикла.

Наряду с тем, что прямые выбросы могут быть предотвращены путем повышения герметичности системы, квалифицированная практика обслуживания также играет роль в сокращении косвенных выбросов. В нижеследующем разделе представлен краткий обзор различных апробированных на практике методов, обычно уменьшающих потребление энергии системой охлаждения.

Выбор хладагента

С точки зрения экономичности работы системы и снижения потребления энергии (то есть уменьшения воздействия на глобальное потепление) желательно, чтобы хладагент имел теплофизические и термодинамические характеристики, которые бы обеспечивали максимальную холодопроизводительность на единицу энергии, потребляемой электродвигателем компрессора, то есть, высокий холодильный коэффициент.

Наиболее важные свойства хладагента, которые влияют на холодопроизводительность и энергоэффективность:

1. Скрытая теплота испарения,
2. Удельный объем паровой фазы,
3. Степень сжатия,
4. Удельная теплоемкость хладагента в жидком и парообразном состояниях.

За исключением очень малых систем, высокая величина скрытой теплоты парообразования желательна в связи с тем, что массовый расход на единицу холодопроизводительности будет меньше. Когда высокая величина скрытой теплоты парообразования сопровождается низким удельным объемом паровой фазы, эффективность и холодопроизводительность компрессора значительно возрастают. Это не только уменьшает потребление энергии, но и уменьшает требования к объемной производительности компрессора, позволяя использовать более компактное оборудование. Однако если величина скрытой теплоты парообразования хладагента в малой системе слишком высока, то количество циркулирующего хладагента будет недостаточным для точного контроля потока жидкости. При прочих равных условиях хладагент, обеспечивающий самый низкий коэффициент сжатия, является наиболее приемлемым. Низкие коэффициенты сжатия дают в результате низкий расход энергии и высокую объемную производительность (коэффициент подачи). Этот фактор более важен для систем меньшего размера, так как это позволяет использовать небольшие компрессоры.

Теплообменники

Теплообменники, такие как испарители и конденсаторы, выигрывают при повышении коэффициента теплопроводности, так как улучшается интенсивность теплопередачи, особенно при охлаждении с применением жидкого теплоносителя. Также желательно, чтобы соотношение между давлением и температурой хладагента было таким, чтобы давление в испарителе было всегда выше атмосферного давления. Если давление на стороне низкого давления ниже атмосферного давления, возможно попадание значительного количества воздуха и влаги в систему в случае ее недостаточной герметичности. Достаточно низкие давления конденсации при нормальных атмосферных условиях также желательны, так как они позволяют использовать конструкцию конденсатора с уменьшенной толщиной стенки материалов, что позволяет снизить размер, вес и стоимость оборудования.

Температура испарения

Работа компрессора и эффективность холодильного цикла значительно отличаются в зависимости от эксплуатационных режимов систем. Температура испарения жидкости в испарителе и, соответственно, температура во всасывающей линии является самым важным фактором для выбора производительности компрессора. Большие изменения в производительности компрессора, которые сопровождаются изменениями в рабочей температуре всасывания – прежде всего результат изменения в плотности пара на входе в компрессор. Чем выше давление испарения, тем больше плотность пара во всасывающей линии. При данном объеме пара, поступающего в компрессор, масса хладагента будет выше при более высоком давлении всасывания, чем при низком. Это означает, что при заданном перемещении поршня масса хладагента, циркулирующая в компрессоре в единицу времени, увеличивается с увеличением давления всасывания. Более высокое давление всасывания приведет к более низкому удельному потреблению энергии системы охлаждения.

Температура конденсации

Холодопроизводительность компрессора уменьшается с увеличением температуры конденсации. Увеличение температуры конденсации при сохранении температуры всасывания на прежнем уровне приводит к росту коэффициента сжатия и уменьшению объемной производительности компрессора таким образом, что фактический объем пара, перемещенного компрессором за единицу времени, уменьшается. Поэтому даже если плотность пара, входящего в компрессор, остается одинаковой при всех температурах конденсации, фактическая масса хладагента, циркулирующая в компрессоре в единицу времени, уменьшается из-за сокращения объемной производительности компрессора. В оборудовании теплоперенос, в зависимости от температуры влажного термометра (см.: www.engineeringtoolbox.com/dry-wet-bulb-dew-point-air-d_682.html), может представлять преимущества перед теплопереносом в зависимости от температуры сухого термометра.

Эффективность компрессора

Технологии изготовления компрессоров изменяются, и результатом этого становится постоянное улучшение их эффективности. Кроме того, есть много различных типов компрессоров, доступных на рынке в настоящее время, которые имеют различающиеся рабочие характеристики и эффективность.

Существующие типы компрессоров:

1. Поршневые компрессоры;
2. Ротационные компрессоры;
3. Центробежные компрессоры;
4. Винтовые компрессоры;
5. Орбитальные или спиральные компрессоры.

У каждого типа компрессора есть определенные преимущества в его области применения. По большей части тип компрессора, используемый в любом отдельном применении, зависит от размера и типа установки, а также от хладагента, используемого в системе. Можно значительно уменьшить энергопотребление компрессора, изучив имеющиеся альтернативы и выбрав наиболее подходящий компрессор для данного применения.

Выбор размера трубопроводов

При выборе размера трубопроводов экономические соображения диктуют выбор трубопроводов наименьшей длины и диаметра. Однако перепад давления в линиях всасывания и нагнетания вызывает потерю производительности компрессора, что приводит к увеличению потребления энергии. Чрезмерный перепад давления в жидкостной линии вызывает вскипание жидкого хладагента, приводящего к неполадкам в работе расширительного вентиля. Трубопроводы подачи хладагента должны быть спроектированы из расчета перепада давления в 1 кПа (или менее) на линии нагнетания, всасывания и жидкостной линии.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Основные принципы по использованию углеводородных хладагентов в стационарных холодильных системах и системах воздушного кондиционирования ISBN 1 872719 13 9	Промышленный совет по охлаждению и воздушному кондиционированию (ПСОВК)
Отчет по хладагентам, 13-я Редакция – А 501-13	Bitzer International
Предотвращение выбросов, рециклирование и ретрофит ГХФУ, Джон Эллис, F.Inst.R., F.I.Diag.E, LCG	Эллис, обучение и консультирование ООО
Промышленное охлаждение и кондиционирование воздуха; Руководство по выбору хладагента – 2003, Составлено и подготовлено: С.А. Lommers, Dip.Mech.Eng., F.Airah, M.Ashrae, ISBN 0-949436-41-0	Австралийский институт охлаждения, воздушного кондиционирования и теплотехники Inc., (АИОВТ)
Проект руководящих принципов по веществам, разрушающим озоновый слой, охлаждению, воздушному кондиционированию и тепловым насосам (ХФУ и ГХФУ), декабрь 2005	Агентство охраны окружающей среды, Ирландия