



With contribution of
the LIFE programme
of the European Union

Альтернативные хладагенты. Введение

Содержание

- 1-Введение
- 2-R744 (диоксид углерода, CO₂)
- 3-R717 (аммиак, NH₃)
- 4-R32 (ГФУ)
- 5-R1234ze и R1234yf (ГФО)
- 6-Безопасность
- 7-Токсичность и воспламеняемость
- 8-Давление
- 9-Ограничения
- 10-Эффективность и рабочие параметры
- 11-Воздействие на окружающую среду
- 12-Доступность
- 13-Проблемы, связанные с утечками
- 14-Стандарты и законодательство
- 15-Вопросы для самопроверки и дальнейшие действия

	Type	Key facts	GWP ¹
R744	Carbon dioxide, CO ₂	High pressures	1
R717	Ammonia, NH ₃	Toxic and Lower flammability	0
R32	Hydro fluoro carbon, HFC	Lower flammability	675
R1234ze	Unsaturated HFC (aka hydro fluoro olefin, HFO)	Lower flammability	7
R1234yf	Unsaturated HFC (aka hydro fluoro olefin, HFO)	Lower flammability	4
R600a	Isobutane, C ₄ H ₁₀ , hydrocarbon (HC)	Higher flammability	3
R290	Propane, C ₃ H ₈ , hydrocarbon (HC)	Higher flammability	3
R1270	Propene (propylene), C ₃ H ₆ , hydrocarbon (HC)	Higher flammability	3



With contribution of
the LIFE programme
of the European Union

Предлагаем вашему вниманию программу комплексного обучения «REAL Alternatives 4 LIFE»

Этот Модуль является частью программы комплексного обучения техников, работающих в секторе холодильного, кондиционерного оборудования и тепловых насосов, предназначенной для повышения квалификации и уровня знаний в области безопасности, эффективности, надежности и ограничений использования альтернативных хладагентов. Программа включает в себя интерактивное дистанционное обучение, печатные учебные пособия, инструменты, аттестацию организаторами обучения, а также электронную библиотеку дополнительных ресурсов, доступную по адресу: www.realalternatives4life.eu

Программа «REAL Alternatives 4 LIFE» была разработана Консорциумом ассоциаций и учебных центров Европы и совместно финансируется ЕС при поддержке заинтересованных представителей отрасли. Содержание учебной программы разрабатывали преподаватели, производители и конструкторы стран Европы. Материалы доступны на хорватском, чешском, голландском, английском, французском, немецком, итальянском, польском, румынском, испанском и турецком языках.

Модули Программы:

1. **Альтернативные хладагенты. Введение. Безопасность, эффективность, надежность и надлежащие практики**
2. **Безопасность и управление рисками**
3. **Особенности проектирования систем на альтернативных хладагентах**
4. **Предотвращение и определение утечек альтернативных хладагентов**
5. **Техническое обслуживание и ремонт систем на альтернативных хладагентах**
6. **Ретрофит существующих систем на альтернативные хладагенты с низким ПГП**
7. **Законодательство и стандарты по альтернативным хладагентам**
8. **Влияние утечек хладагентов на экономику и окружающую среду**
9. **Обследование объектов и рекомендации по сокращению утечек хладагентов**

Вы можете изучать каждый Модуль по отдельности или пройти весь курс и аттестацию.

www.realalternatives4life.eu

Co-funded by:



Дополнительную информацию можно найти в электронной библиотеке.

В каждом Модуле вы найдете ссылки на источники дополнительной информации. После изучения Модуля вы сможете снова воспользоваться ссылками на библиотеку www.realalternatives4life.eu/e-library. Вы также можете добавить дополнительные ресурсы в библиотеку, например, ссылки на веб-ресурсы, технические руководства или презентации, если сочтете их полезными. Модуль 7 содержит полный перечень соответствующих законов и стандартов, упоминаемых в Программе.

Вы сможете пройти аттестацию, если захотите получить сертификат профессионального развития (CPD).

В конце каждого Модуля есть несколько простых вопросов для самопроверки, а также упражнений, которые помогут вам оценить свои знания.

Сертификация и аттестация доступны для тех, кто проходит обучение в учебных центрах, аккредитованных «REAL Alternatives 4 LIFE». Перечень лицензированных учебных центров опубликован на сайте.

Зарегистрируйтесь на www.realalternatives4life.eu, чтобы иметь возможность

получать актуальную информацию, новости и приглашения на мероприятия, связанные с обучением, повышением квалификации и развитием сектора холодильного оборудования.

Вы можете использовать и распространять этот материал

для индивидуального обучения. Авторские права на учебную брошюру и ее содержание принадлежат Институту Холода и партнерам. Материалы можно воспроизводить целиком или частями в учебных целях, отправив письменный запрос в Консорциум «REAL Alternatives», для передачи в Институт Холода (Великобритания), эл. почта: ior@ior.org.uk. Все вопросы о программе обучения или ее содержании также можно направлять по адресу: ior@ior.org.uk.

Краткая информация о Программе.

Эта программа обучения совместно финансировалась ЕС. Она была разработана для повышения квалификации техников в секторе холодильного и кондиционерного оборудования и тепловых насосов относительно безопасного использования альтернативных хладагентов. Она содержит в себе объективную и актуальную информацию в удобном формате. Консорциум проекта включает в себя учебные учреждения и профессиональные организации, а также представительные органы работодателей. Заинтересованные работодатели, производители, торговые ассоциации и профессиональные организации также предоставили учебные материалы, рекомендации о содержании программы и рецензировали программу по мере ее разработки. Ниже перечислены партнеры Консорциума:

Партнеры Консорциума:

- Европейская ассоциация подрядчиков холодильного оборудования, кондиционирования воздуха и тепловых насосов (Бельгия)
- Ассоциация техников по холодильному оборудованию (Италия)
- IKKE training centre Duisburg (Германия)
- Институт Холода (Великобритания)
- Международный институт холода
- Левен-Лимбургский университетский колледж (Бельгия)
- Лондонский университет Южного берега (Великобритания)
- Программа «PROZON» (Польша).

Заинтересованные стороны:

- Национальная конфедерация компаний по установке и обслуживанию оборудования (CNI) (Испания)
- Ассоциация по технологиям охлаждения и кондиционирования воздуха (CHKT) (Чехия)
- Ассоциация по холодильному, кондиционерному оборудованию и тепловым насосам (HURKT) (Хорватия)
- Ассоциация по холодильной технике (RGAR) (Румыния)
- Ассоциация предпринимателей холодильной промышленности (SOSIAD) (Турция)
- Ассоциация по технологиям охлаждения и кондиционирования воздуха (SZ CHKT) (Словакия)

Модуль 1.

Альтернативные хладагенты. Введение

Цель Модуля 1

Этот Модуль содержит общую информацию о хладагентах - альтернативах гидрофторуглеродам (ГФУ), обладающих высоким потенциалом глобального потепления (ПГП), а также сравнение их свойств, производительности, аспектов безопасности, воздействия на окружающую среду и простоты использования. Эти хладагенты используются в новых специально разработанных системах - они редко подходят для замены хладагентов в существующих системах. Основные альтернативные хладагенты обладают низким и нулевым ПГП, однако это не должно быть единственным критерием отбора, следует также учитывать другие характеристики хладагентов:

- рабочее давление;
- производительность – эффективность;
- совместимость с материалами, в том числе с компрессорным маслом;
- безопасность, включая воспламеняемость и токсичность;
- температурный глайд;
- простоту использования и уровень квалификации инженеров-конструкторов и техников, которые осуществляют монтаж, обслуживание и ремонт оборудования.

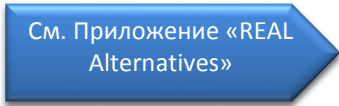
Это полезный справочный материал для всех специалистов, работающих в секторе охлаждения, кондиционирования воздуха и тепловых насосов (ОКВТН). Предполагается наличие знаний о системах на ГФУ-хладагентах, используемых в секторе ОКВТН.

Ограничения

Документ содержит вводную информацию по данной теме и не заменяет практической подготовки и навыков.

Дополнительная информация и ссылки

В конце Модуля вы найдете ссылки на ряд источников дополнительной полезной информации, которые прошли экспертную оценку и рекомендуются в качестве технического руководства для углубления знаний по указанным темам.



См. Приложение «REAL Alternatives»

Применение стандартов

Во избежание нарушения авторских прав в этом документе не были приведены тексты международных, европейских или национальных стандартов. Стандарты являются источником ценной информации, поэтому приведены ссылки на них, и их применение настоятельно рекомендуется.

Содержание

Ниже приведены рассматриваемые хладагенты:

- R744 (диоксид углерода, CO₂)
- R717 (аммиак, NH₃)
- R32 (ГФУ с более низким ПГП по сравнению с другими распространенными ГФУ)
- R1234ze (гидрофторолефин с низким ПГП)
- R290 (пропан), R1270 (пропилен) и R600a (изобутан).

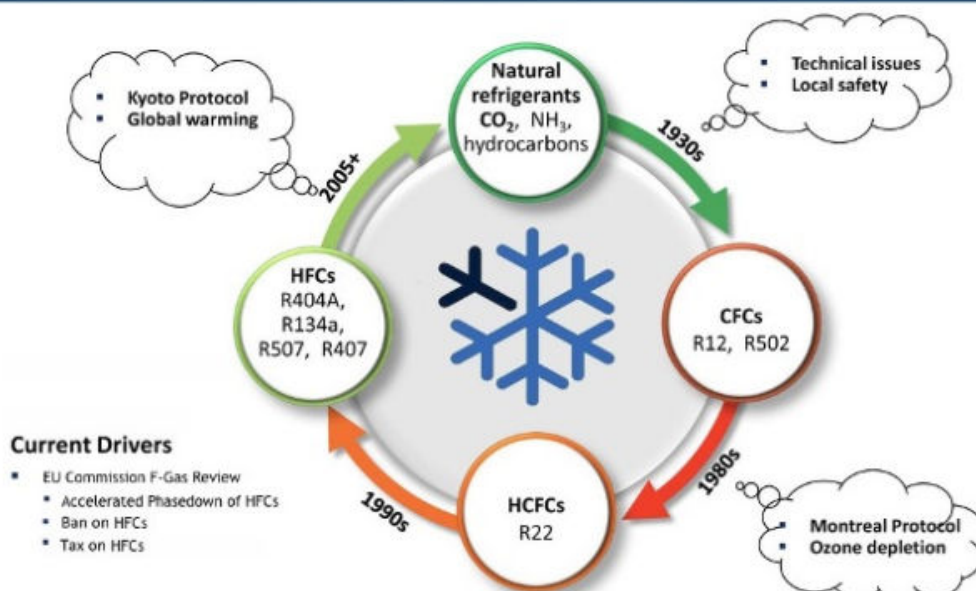
Краткая история

Чтобы узнать больше об истории разработки различных синтетических и альтернативных хладагентов, смотрите короткометражный фильм «Naturally cool», созданный Европейской инициативой по использованию природных хладагентов (Eurammon).

См. фильм «Naturally cool», созданный Eurammon

R744, R717 и R290 - одни из первых хладагентов, которые были использованы в компрессорных холодильных системах. После разработки ХФУ и ГХФУ их использование сократилось, при этом R744 и R290 использовались редко. R717 продолжает широко использоваться в промышленных системах. После вывода из обращения озоноразрушающих хладагентов¹ снова стали применяться R290 и другие углеводородные хладагенты. Одновременно были внедрены и широко используются ГФУ-хладагенты, но из-за высокого потенциала глобального потепления и интенсивности утечек в отдельных секторах использования был совершен переход на альтернативные хладагенты с более низким ПГП. К ним относится R744, который с 2000-го года используется в торговом холодильном оборудовании, а также ГФУ с невысоким ПГП.

The Closed CycleDriving Natural & Alternative Refrigerant Solutions



Источник: www.fridgehub.com

¹ Хлорфтороуглеродов (ХФУ) и гидрохлорфтороуглеродов (ГХФУ)

Основные свойства

Основные свойства упомянутых хладагентов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные свойства альтернативных хладагентов

	Хладагент	Ключевые факторы	ПГП ²	Температура насыщения ³	Секторы использования
R744	Диоксид углерода, CO ₂	Высокое давление	1	-78°C	Торговое холодильное оборудование, тепловые насосы, агрегированные холодильные установки
R717	Аммиак, NH ₃	Токсичность и низкая воспламеняемость	0	-33°C	Промышленное холодильное оборудование
R32	Гидрофторуглерод, ГФУ	Низкая воспламеняемость	675	-52°C	Сплит-системы кондиционирования воздуха
R1234ze	Ненасыщенный ГФУ (гидрофторолефин, ГФО)	Низкая воспламеняемость	7	-19°C	Чиллеры, сплит-системы кондиционирования воздуха, агрегированные холодильные установки
R1234yf	Ненасыщенный ГФУ (гидрофторолефин, ГФО)	Низкая воспламеняемость	4	-29,5°C	Чиллеры, системы кондиционирования воздуха, тепловые насосы
R600a	Изобутан, C ₄ H ₁₀ , углеводород (УВ)	Высокая воспламеняемость	3	-12°C	Бытовое и торговое холодильное оборудование малой производительности
R290	Пропан, C ₃ H ₈ , углеводород (УВ)	Высокая воспламеняемость	3	-42°C	Чиллеры, агрегированные холодильные установки
R1270	Пропилен, C ₃ H ₆ , углеводород (УВ)	Высокая воспламеняемость	3	-48°C	Чиллеры, агрегированные холодильные установки

Некоторые из этих хладагентов уже широко используются, остальные проходят испытания и находятся на начальном этапе внедрения. Из-за воспламеняемости и токсичности их использование часто лимитируется. В таблице ниже приведены секторы использования, которые наиболее подходят для их применения.

² Значения ПГП в соответствии с Регламентом (ЕС) №517:2014 О фторсодержащих парниковых газах

³ Температура насыщения паров при атмосферном давлении (1 бар), за исключением R744, для которого это температура поверхности твердого R744 при атмосферном давлении

Воспламеняющиеся хладагенты обладают низкой или высокой воспламеняемостью, которая определяется на основании концентрации хладагента в воздухе, необходимой для возгорания, теплоты сгорания и скорости распространения пламени. Низкая воспламеняемость не означает, что хладагент негорючий.

Таблица 2. Применение альтернативных хладагентов

Хладагент	Системы централизованного холодоснабжения	VRV, VRF	Сплит-системы кондиционирования воздуха/тепловые насосы	Чиллеры	Оборудование с выносным холодом	Агрегированные холодильные установки
R744						
R717						
R32						
R1234ze R1234yf						
R600a						
R290 и R1270						

В таблице приведены типы систем, для которых наиболее подходят указанные хладагенты – это не секторы их реального использования. В разделе ниже представлена дополнительная информация о существующих секторах использования.



Зеленый - эти системы подходят для использования указанного хладагента, а объем заправки хладагента **обычно** находится в пределах, указанных в стандарте EN378. Требуется некоторые изменения конструкции, например, переход на специальные электрические устройства и/или использование вентиляции.



Желтый – в этих системах могут использоваться и уже используются указанные хладагенты, но существуют ограничения относительно максимального объема заправки или практического предела концентрации хладагента, указанные в стандарте EN378 (см. Примечание 2 ниже). Требуется некоторые изменения конструкции, например, переход на специальные электрические устройства и/или использование вентиляции. В некоторых случаях производительность хладагента может ограничивать его использование.



Красный - эти системы не предназначены для использования указанных хладагентов, как правило, из-за того, что объем заправки хладагента превышает максимально допустимый объем, предусмотренный стандартом EN378-1-2016.

Примечания:

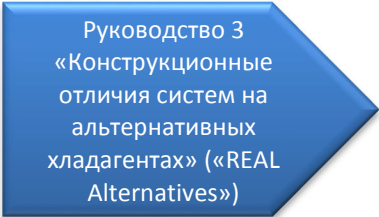
(1) VRV (системы с переменным объемом заправки хладагента) и VRF (системы с переменным расходом хладагента)

(2) Практический предел концентрации хладагента - концентрация хладагента, используемая для упрощенного расчета максимально допустимого количества хладагента в атмосфере помещения. Расчет производится на основании токсичности либо воспламеняемости хладагента. Полная информация представлена в стандарте EN378 Часть 1 – таблица E.1.

Пригодность альтернативных хладагентов для ретрофита

Большинство альтернативных хладагентов обычно не подходят для ретрофита систем, конструкция которых предусматривает использование обычных (негорючих) ГФУ или ГХФУ-хладагентов. Однако некоторые ГФО-хладагенты могут использоваться для ретрофита - см. Модуль 6.

Ниже приводится краткая информация о приведенных выше хладагентах. Более подробная информация представлена в Руководстве «Конструкционные отличия систем на альтернативных хладагентах».

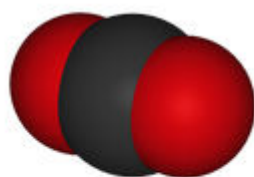


Руководство 3
«Конструкционные
отличия систем на
альтернативных
хладагентах» («REAL
Alternatives»)

R744 (диоксид углерода, CO₂), ПГП = 1

R744 имеет высокое рабочее давление, низкую критическую температуру (31°C) и высокую тройную точку. Его холодопроизводительность в 5 - 8 раз больше, чем у ГФУ, что позволяет уменьшить размер (габариты) компрессора и условный диаметр труб. Его свойства влияют на требования к конструкции и работе оборудования, особенно при высокой температуре окружающей среды. Этот хладагент имеет высокую температуру нагнетания, что требует наличия двухступенчатого цикла сжатия для низкотемпературных холодильных систем. В указанных справа пособиях содержится подробная информация о том, как эти свойства влияют на применение R744.

Руководства (Danfoss) «Торговое холодильное оборудование для пищевых продуктов на CO₂» и «CO₂ для промышленного



CO₂ molecule

R744 используется в приведенных ниже типах холодильных систем:

- Системы с вторичным контуром. R744 - вторичный хладоноситель, охлаждаемый в первичном контуре. R744 является летучим вторичным хладагентом, который, обладая высокой производительностью и плотностью, позволяет снизить требуемую мощность насоса по сравнению с другими вторичными хладоносителями, например, гликолем.
- Каскадные системы. Тепло, выделяемое в процессе конденсации R744, поглощается испаряющимся хладагентом в отдельной системе верхней ступени. В таких системах R744 работает ниже критической точки, а давление нагнетания на стороне высокого давления обычно ниже 40 бар. На второй ступени могут использоваться R744 (см. ниже), ГФУ, УВ, ГФО или R717.
- Транскритические системы. Тепло от R744 поступает в окружающий воздух и, при температуре окружающей среды выше 21°C, R744 будет находиться выше критической точки (31°C), то есть в надкритическом состоянии. R744 не конденсируется - он остается флюидом или сверхкритической жидкостью, пока его давление не упадет ниже критического (72,8 бар). Давление нагнетания, в надкритическом состоянии, как правило, составляет 90 бар.

Справочник по использованию (Danfoss) «Каскадные системы на УВ/ГФУ – CO₂»

Справочник Danfoss по применению CO₂.
Статья Danfoss «Транскритическое холодильное оборудование на

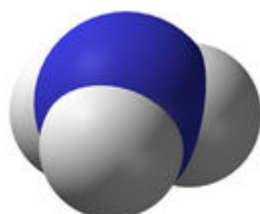
В Европе R744 использовался в нескольких тысячах единиц торгового и промышленного холодильного оборудования. Он также используется в тепловых насосах и агрегатированных холодильных установках.

Руководство по природным хладагентам в Европе (Shecco, 2014 г.)

Применение R744 требует наличия дополнительных навыков у инженеров-конструкторов и техников-холодильщиков, а также наличия новых комплектующих.

R717 (аммиак, NH₃), ПГП = 0

R717 имеет относительно высокую температуру фазового перехода при атмосферном давлении, обладает высокой токсичностью, низкой воспламеняемостью и резким запахом. Его запах может ощущаться уже при концентрации 3 мг/м³, то есть, ощущается при уровнях, которые значительно ниже опасных уровней концентрации (его ПДК/ПНК⁴ составляет 350 мг/м³). Это единственный широко используемый хладагент, который легче воздуха, и это означает, что в случае утечки он быстро рассеивается.



NH₃ molecule

Правила техники безопасности при работе с аммиаком (Институт Холода)

Относительно высокая температура фазового перехода означает, что многие низкотемпературные установки (например, продуктовые морозильные камеры и оборудование для шоковой заморозки) работают при давлении ниже атмосферного на стороне низкого давления.

R717 также работает при очень высоких температурах нагнетания. Таким образом, одноступенчатое сжатие обычно может применяться при температуре испарения выше -10°C. При более низкой температуре требуется использование цикла двухступенчатого сжатия с промежуточным охлаждением.

Из-за высокой токсичности R717 может применяться только в системах с очень малым объемом заправки хладагента или в промышленных системах (расположенных в местах без доступа широкого круга лиц). Как правило, это распределительные холодильники и предприятия по производству пищевых продуктов, где используются системы с промежуточным хладоносителем, в которых R717 выступает в роли первичного хладагента.

Ниже приведены некоторые примеры автономных систем на аммиаке:



Аммиак корродирует медь, поэтому используются стальные трубы и компрессоры с открытым приводом. Он также не смешивается с обычными минеральными маслами, в связи с чем дополнительным требованием к конструкции холодильных систем является отделение масла. Использование стальных труб, компрессоров с открытым приводом и необходимость установки маслоотделителей влияют на стоимость оборудования на аммиаке.

Видео («REAL Alternatives») Пример конструкции системы на аммиаке в электронной библиотеке

⁴ ПДК (ATEL)/ПНК (ODL), в зависимости от того, какое из значений ниже, в соответствии со стандартом EN378-1:2016

R32 (ГФУ), ПГП = 675

R32 - низковоспламеняемый ГФУ. Его производительность и рабочее давление аналогичны R410A, и он начинает использоваться в тех же секторах применения - тепловых насосах, сплит-системах кондиционирования воздуха и чиллерах. Для получения дополнительной информации о возможности применения этого хладагента необходимо всегда консультироваться с поставщиками оборудования.

Правила техники безопасности при работе с воспламеняющимися хладагентами (Институт Холода)



R32 molecule

Низкая воспламеняемость R32 ограничивает объем заправки хладагента, но не в той же степени, как для углеводородов, обладающих более высокой воспламеняемостью. Электрические устройства системы должны быть искробезопасными, на случай если утечка хладагента создаст воспламеняющуюся концентрацию вокруг электрического устройства.

Рабочее давление у R32 выше, чем у большинства ГФУ, но такое же, как у R410A. Максимальное давление на стороне высокого давления обычно составляет 35 бар.



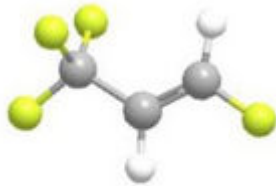
R32 air conditioning units in production

Производство кондиционеров на R32

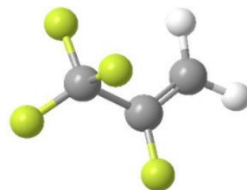
R1234ze и другие ГФО-хладагенты

Основными ГФО-хладагентами являются R1234ze и R1234yf. Это чистые вещества одного класса, состоящие из водорода, фтора и ненасыщенного углерода. Они оба обладают низкой воспламеняемостью и имеют очень низкий ПГП.

ГФО – гидрофторолефин, который является галогенизированным углеводородом, содержащим водород, фтор и ненасыщенный углерод.



R1234ze molecule
Молекула R1234ze



Молекула R1234yf

Отчет 19 «Хладагенты»
(«Bitzer»)

Правила техники безопасности при работе с воспламеняющимися хладагентами (Институт Холода)

Их низкая воспламеняемость ограничивает объем заправки хладагента, но не в той же степени, как для углеводородов, обладающих более высокой воспламеняемостью.

Электрические устройства системы должны быть искробезопасными, на случай если утечка хладагента создаст воспламеняющуюся концентрацию вокруг электрического устройства.

Температура фазового перехода R1234ze при атмосферном давлении по сравнению с другими хладагентами высокая, поэтому он будет работать с разрежением на стороне низкого давления систем, используемых в низкотемпературном оборудовании. Поэтому он наиболее подходит для средне- и высокотемпературного оборудования, например, водяных чиллеров. Холодопроизводительность R1234ze – ниже, в сравнении с другими ГФО, что требует использования более мощных компрессоров.

R1234ze доступен и используется в чиллерах и агрегатированных холодильных установках.

R1234yf широко используется в автомобильных кондиционерах. Он также начал применяться в торговых чиллерах. Так же, как и R1234ze, он будет работать с разрежением на стороне низкого давления систем, используемых в низкотемпературном оборудовании, в связи с чем он наиболее подходит для средне- и высокотемпературного оборудования, например, водяных чиллеров. Вместе с тем, его производительность аналогична R134a, поэтому возможно использование тех же компрессоров.

Коммерческое применение имеют и отдельные смеси на основе ГФО. Их ПГП ниже, чем у чистых ГФО, например, R404A и R134a, но некоторые из них являются воспламеняющимися. Дополнительная информация содержится в Модуле 5.

Информационный листок («Honeywell»): Solstice – полный спектр ... хладагентов

Вебсайт «Climalife» с информацией о хладагентах компании «Chemours»



examples of equipment using R1234ze



Примеры оборудования на R1234ze и R1234yf

Примеры оборудования на R1234ze

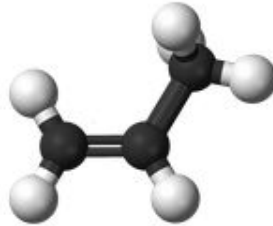
R290, R1270 и R600a (УВ), ПГП = 3

R290 (пропан), R1270 (пропилен) и R600a (изобутан) - углеводороды. Эти вещества обладают высокой воспламеняемостью, поэтому объем заправки хладагента во многих типах оборудования ограничен. Углеводороды (УВ) в основном применяются в агрегатированных холодильных установках, чиллерах и некоторых сплит-системах кондиционирования воздуха. Электрические устройства системы должны быть в искробезопасном исполнении, на случай если утечка хладагента создаст воспламеняющуюся концентрацию вокруг электрического устройства.

Правила техники безопасности при работе с воспламеняющимися хладагентами (Институт Холода)



Propane molecule



Propene molecule



Isobutene molecule

R290 и R1270 имеют схожие с R404A производительность и рабочее давление, и используются в высоко-, средне- и низкотемпературном торговом холодильном оборудовании. R600a имеет более высокую температуру фазового перехода, чем другие хладагенты, и работает с разрежением на стороне низкого давления в большинстве типов оборудования. Он используется в бытовом и торговом холодильном оборудовании очень малой производительности с минимальным уровнем утечек, поэтому попадание воздуха и влаги внутрь контура вследствие утечки хладагента происходит редко.

Также доступны УВ-смеси, например, Care 30 (пропан и изобутен) и Care 50 (пропан и этан). Они также обладают высокой воспламеняемостью и значительным температурным глайдом.



examples of equipment designed to contain hydrocarbon

Примеры оборудования на углеводородах

Безопасность

При использовании всех альтернативных хладагентов, рассмотренных в этом пособии, необходимо учитывать дополнительные аспекты безопасности, кроме тех, которые связаны с использованием ГФУ-хладагентов. К ним относятся:

- воспламеняемость;
- токсичность;
- высокое давление.

Аспекты безопасности, связанные с использованием альтернативных хладагентов приведены в таблице ниже. Система «светофор» отражает степень риска по сравнению с R404A.

Таблица 3. Аспекты безопасности, связанные с использованием альтернативных хладагентов (сравнение с R404A)

Хладагент	При вдыхании	Воспламеняемость	Давление	Другое
R744	Низкая токсичность	Невоспламеняющийся	Намного выше	Значительный рост давления в закрытых объемах (емкостях) с жидким CO ₂ с ростом температуры и высокий риск закачки в баллон холодного жидкого хладагента. Возможен переход R744 в твердую фазу.
R717	Высокая токсичность	Низкая воспламеняемость	Ниже	
R32	Асфиксиант	Низкая воспламеняемость	Выше	Высокотоксичные продукты разложения
R1234ze	Асфиксиант	Низкая воспламеняемость	Ниже	Высокотоксичные продукты разложения
R600a	Асфиксиант	Высокая воспламеняемость	Намного ниже	
R290	Асфиксиант	Высокая воспламеняемость	Аналогичное	
R1270	Асфиксиант	Высокая воспламеняемость	Аналогичное	

Зеленый – аналогичны R404A или не настолько серьезные;
 Оранжевый – немного серьезнее, чем при использовании R404A;
 Красный – намного серьезнее, чем при использовании R404A.

Минимизация возможности возникновения утечек способствует снижению риска использования всех хладагентов.

2 Классификация безопасности

Ниже приведены классификации безопасности в соответствии со стандартами ISO817:2014⁵ и EN378-1:2016⁶.

Группа опасности хладагента определяется классом токсичности (А или В) и категорией воспламеняемости (1, 2L, 2 или 3).

- Классы токсичности:
 - Класс А – низкая токсичность (большинство хладагентов относятся к Классу А);
 - Класс В – высокая токсичность (R717 относится к Классу В).
- Категории воспламеняемости:
 - 1 – без распространения огня;
 - 2L – низкая воспламеняемость;
 - 2 – воспламеняющиеся;
 - 3 – высокая воспламеняемость.

Классификация безопасности альтернативных хладагентов приведена в таблице ниже.

Таблица 2. Информация о безопасности

Хладагент	Группа опасности ^a	Нижний концентрационный предел воспламенения, (НКПВ) кг/м ³ ^b	Температура самовоспламенения, °С	Практический предел концентрации (ППНЧ), кг/м ³ ^c	ПДК / ПНК ^d
CO ₂ R744	A1	нет	нет	0,1	0,072
NH ₃ R717	B2L	0,116	630	0,00035	0,00022
ГФУ R32	A2L	0,307	648	0,061	0,30
ГФО R1234ze	A2L	0,303	368	0,061	0,28
ГФО R1234yf	A2L	0,289	405	0,058	0,47
УВ R600a	A3	0,043	460	0,011	0,059
УВ R290	A3	0,038	470	0,008	0,09
УВ R1270	A3	0,047	455	0,008	0,0017

- a. Группа опасности в соответствии со стандартом EN378-1.
- b. Нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ) (кг/м³) в соответствии со стандартом EN378-1.
- c. Практический предел концентрации хладагента при нахождении человека в помещении (ППНЧ) в соответствии со стандартом EN378-1. Для хладагентов группы А1 это предельная концентрация хладагента в помещении, не требующая срочных мер эвакуации в случае непреднамеренной разгерметизации холодильного контура и

⁵ Стандарт ISO 817:2014 «Хладагенты. Определения и классификация безопасности».

⁶ Стандарт EN378-1:2016 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды»; Часть 1 – основные требования, определения, классификация и критерии отбора

попадания всего количества хладагента в атмосферу помещения. Для воспламеняющихся хладагентов он приблизительно равен 20% нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ).

- d. Предельно допустимая концентрация (ПДК)/предельно-допустимое нижнее значение концентрации кислорода (ПНК) в соответствии со стандартом EN378-1 - это уровень, выше которого наступают неблагоприятные последствия в результате однократного или многократного воздействия в течение короткого промежутка времени (обычно менее 24 часов).

Ограничения на использование, например, максимальный объем заправки хладагента

В стандарте EN378⁷ предусмотрены ограничения на объем заправки хладагента в оборудовании в секторе ОКВТН:

- в таблице С.1 приведены ограничения для токсичных хладагентов, например, R717 и R744;
- в таблице С.2 приведены ограничения для воспламеняющихся хладагентов, например, УВ и хладагентов группы А2L.

Максимальный объем заправки хладагента зависит от:

- места размещения оборудования (например, размещения части или всего оборудования в помещении, где работает персонал);
- категории доступа в помещение, в котором располагается холодильное оборудование (например, неограниченный или только санкционированный доступ);
- типа системы (комфортного жизнеобеспечения людей или других направлений применения).

В таблице ниже приведены три категории доступа.

Таблица 5. Классификация помещений

Категория доступа	Помещения где ...	Примеры
a	Люди могут находиться в состоянии сна; Количество присутствующих людей не контролируется; Люди могут находиться без ознакомления с правилами техники безопасности	Больницы и дома-интернаты для престарелых и инвалидов Тюрьмы Театры, лекционные залы Супермаркеты, рестораны, гостиницы Транспортные терминалы Катки
b	Может находиться ограниченное количество людей, часть из которых должны быть обязательно ознакомлены с общими правилами техники безопасности (может быть комната или часть здания).	Лаборатории Производственные цеха Офисные здания
c	Могут находиться только лица с необходимым уровнем доступа,	Холодильные склады и скотобойни Нефтеперерабатывающие заводы

⁷ Стандарт EN378-1:2016, Приложение С

которые ознакомлены с общими правилами техники безопасности.

Помещения супермаркетов с ограниченным доступом
Промышленные предприятия (например, предприятия химической, пищевой промышленности)

Существует четыре класса холодильных систем по местоположению оборудования:

Класс I – все механическое оборудование размещено в помещении, где работает персонал;

Класс II – компрессоры размещены в машинном отделении или на открытом воздухе;

Класс III – все холодильное оборудование размещено в машинном отделении или на открытом воздухе;

Класс IV – все холодильное оборудование размещено в вентилируемом помещении.

Ниже приведены некоторые примеры ограничений объема заправки хладагента. Полная информация содержится в стандарте EN 378.

Пример 1 – Холодильная камера на R290 напольного типа с выносным холодом, расположенным снаружи

Хладагент Группы А3, расчет объема заправки согласно таблице С.2 стандарта EN 378-1:2016.

Для этого примера – Категория доступа - **b**.

Сектор применения – «другое».

Наземное расположение системы.

Класс размещения оборудования - II, поскольку выносной холод расположен снаружи.

В таблице С.2 максимальный объем заправки хладагента рассчитывается следующим образом:

$20\% \times \text{НКПВ} \times \text{емкость камеры}$ и не более 2,5 кг.

Размеры холодильной камеры: 3,5 м на 3 м на 2,4 м в высоту;

Емкость холодильной камеры = $3,5 \times 3 \times 2,4 = 25,2 \text{ м}^3$;

R290 НКПВ = $0,038 \text{ кг/м}^3$;

Максимальный объем заправки хладагента = $0,2 \times \text{НКПВ} \times \text{емкость}$

= $0,2 \times 0,038 \times 25,2 = 0,192 \text{ кг}$.

Менее 2,5 кг.



Пример 2 – Сплит-система кондиционирования воздуха на R32 с потолочным внутренним блоком

Хладагент Группы опасности A2L, расчет объема заправки согласно таблице С.2 стандарта EN 378-1:2016.

Для этого примера – Категория доступа - а.

Сектор применения – комфортное охлаждение/обогрев.

Класс размещения оборудования - II, компрессорно-конденсаторный блок (часть холодильного оборудования) расположен снаружи.

В таблице С.2 максимальный объем заправки хладагента рассчитывается следующим образом:

Уравнение С2 и не более чем $\text{м}^2 \times 1,5 \text{ кг}$

Уравнение С2:

$$M = 2,5 \times \text{НКПВ}^{1.25} \times h \times \sqrt{A}$$

M = максимальный объем заправки хладагента, кг

НКПВ = нижний концентрационный предел воспламеняемости, $\text{кг}/\text{м}^3$

h = высота установки, м

(0,6 для напольного, 1,0 оконного, 1,8 настенного, 2,2 потолочного оборудования)

A = площадь помещения, м^2

$$\text{м}^2 = 26 \times \text{НКПВ}$$

$$\text{НКПВ}_{\text{R32}} = 0,307 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$A = 9 \text{ м} \times 5,5 \text{ м} = 49,5 \text{ м}^2$$

$$M = 2,5 \times 0,307^{1.25} \times 2,2 \times \sqrt{49,5}$$

$$M = 8,84 \text{ кг.}$$

$$\text{Менее } \text{м}^2 \times 1,5 = 26 \times 0,307 \times 1,5 = 12 \text{ кг.}$$

Примечание. Стандартом EN 378 допускается увеличение объема заправки хладагента при условии обеспечения безопасности установкой дополнительного оборудования для обнаружения утечек/систем сигнализации, отсекающих клапанов и вентиляции.

Пример 3 - Система централизованного холодоснабжения торговых витрин и холодильных камер на R744

Хладагент Группы опасности A1, расчет объема заправки согласно таблице С.1 стандарта EN 378-1: 2016.

Для этого примера – Категория доступа а и b (торговый зал – Категория а, холодильные камеры с доступом только сотрудников магазина - Категория **b**).

Класс Размещения оборудования - II, поскольку компрессорно-конденсаторный агрегат находится снаружи.

В таблице С.1 указан максимальный объем заправки хладагента для оборудования, размещенного в торговом зале (Категория доступа **a**):

Предел токсичности x емкость камеры

Размеры торгового зала: 25 м на 50 м на 5 м
ПДК (ATEL) для R744: 0,072 кг/м³

$$M = 0,072 \times 25 \times 50 \times 5 = 450 \text{ кг}$$

Ограничений по объему заправки хладагента для холодильных камер (Категория доступа **b**) нет. Однако в разделе 9.1 стандарта EN 378-3:2016 указывается, что, если концентрация может превышать практический предел, необходимо использовать оборудование для обнаружения утечек, которое активирует аварийную сигнализацию. Для оборудования на R744 сигнализатор должен срабатывать при 50% ПДК/ПНК, т.е. при 0,5 x 0,072 для R744 (0,036 кг/м³). Примечание. Практический предел для R744 составляет 0,1 кг/м³, и в случае утечки хладагента из холодильных камер малой производительности он может быть превышен.

Кроме того, в таблице С.1 стандарта EN 378-3:2016 4.2 включены системы, расположенные снаружи, и указывается, что хладагент не должен попадать внутрь здания в случае утечки. Если существует риск того, что утечка хладагента может превысить безопасный предел, установленный стандартом EN378, в том числе в результате скопления или застоя, потребуется установка газоанализатора и системы сигнализации.

Пример 4 – Чиллер на R717, расположенный снаружи

Хладагент Группы опасности B2L расчет объема заправки согласно таблице С.1.

Класс размещения оборудования (наружного чиллера) – III. Ограничения объема заправки хладагента в зависимости от категории доступа не предусмотрены.

Кроме того, в таблицу С.1 стандарта EN 378-3:2016 4.2 включены системы, расположенные снаружи, и указывается, что хладагент не должен попадать внутрь здания в случае утечки. Если существует риск того, что утечка хладагента может превысить безопасный предел, установленный стандартом EN378, в том числе в результате скопления или застоя, потребуется установка газоанализатора и системы сигнализации.

Пример 5 – расчет минимальной емкости камеры для отдела кулинарии с объемом заправки R1270 равным 350 г

Хладагент Группы опасности A3, расчет объема заправки согласно таблице С.2 стандарта EN 378-1:2016.

Для этого примера – Категория доступа а.

Сектор применения – «другое».

Класс размещения оборудования - I (агрегатированная витрина).

В соответствии с таблицей С.2 максимальный объем заправки хладагента рассчитывается следующим образом:

$$20\% \times \text{НКПВ} \times \text{емкость камеры и не более } 1,5 \text{ кг}$$

$$\text{Минимальная емкость камеры} = \text{объем заправки} / 0,2 \times \text{НКПВ} = 0,35 / 0,2 \times 0,046 = 38 \text{ м}^3.$$

Эффективность и рабочие параметры

В таблице ниже приведены характеристики эффективности альтернативных хладагентов. R404A включен в таблицу для сравнения. Информация взята из программы «CoolPack», за исключением случаев, где указано иное.

Приведенные ниже значения – это сравнительные характеристики эффективности хладагентов, рассчитанные на основании теоретического цикла. Фактическое сравнение зависит от технологии компрессора, сектора применения, окружающей среды и типа системы. Данные / программное обеспечение производителей обеспечат более точное сравнение для конкретного оборудования.

Это в частности касается R744, ожидаемый коэффициент преобразования (COP) которого в системах и рабочих условиях, где он обычно используется, будет выше значения, приведенного в таблице.

Программа «Coolpack»

Отборочная программа «Bitzer»
Отчет 19
«Хладагенты»
(«Bitzer»), стр. 38, 39

Программа «Copeland Select 7.15»

Таблица 4. Сравнение производительности

Хладагент	Температура фазового перехода при 0 бар, °C	Необходимая производительность м ³ /ч	Коэффициент преобразования (COP)	Температура нагнетания, °C	Коэффициент сжатия ^a
R404A	-46	14,84	2,94	57	3,82
R744	-78	3,88	1,75 ^c	114	3,42
R717	-33	14,3	3,27	152	4,82
R32 ^b	-52	9,65	3,17	99,5	3,77
R1234ze ^b	-19	35,14	3,28	52	4,54
R600a	-12	47,13	3,26	51	4,40
R290	-42	17,35	3,18	59	3,61
R1270	-48	14,3	3,17	67	3,53

- Коэффициент сжатия - это давление на выходе, деленное на давление на входе в компрессор (бар абс.);
- Данные из базы Refprop⁸;
- Все коэффициенты преобразования, приведенные в этой таблице, являются теоретическими коэффициентами преобразования холодильного цикла. R744 работает выше критической точки в ориентировочном цикле; на практике коэффициент преобразования будет выше приведенного для сравнения выше.

Сравнение было проведено при следующих условиях:

Холодопроизводительность: 10 кВт
Температура испарения: -10°C
Температура конденсации: 35°C (R744 - транскритический и имеет температуру на выходе из конденсатора 35°C)
Перегрев: 5K

⁸ Refprop (База данных термодинамических и транспортных свойств жидкостей) доступна по адресу www.nist.gov

Переохлаждение: 2К
 Потери давления эквивалентны: 0,5К
 Изоэнтропийный КПД: 0,7.

На графиках ниже показаны объем заправки, требуемый для определенной холодопроизводительности, и величина коэффициента преобразования в сравнении с R404A в вышеуказанных рабочих условиях.

Рисунок 1. Объем требуемого хладагента по сравнению с R404A

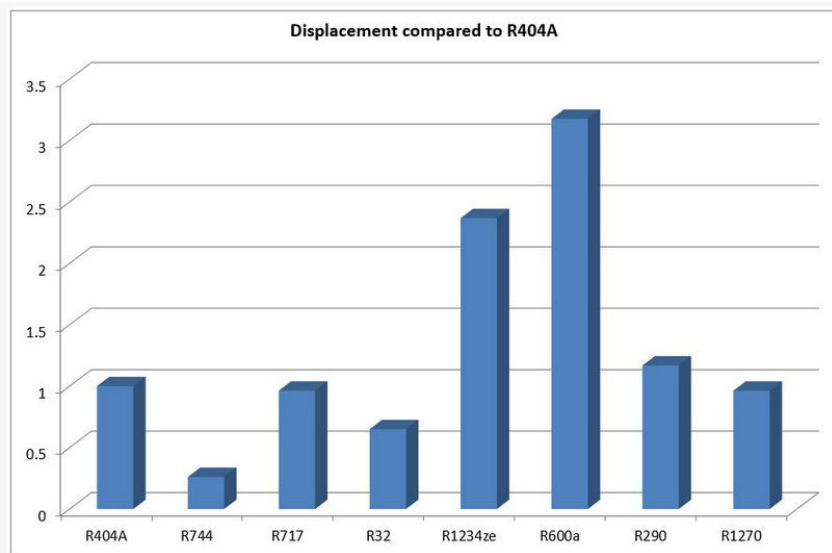
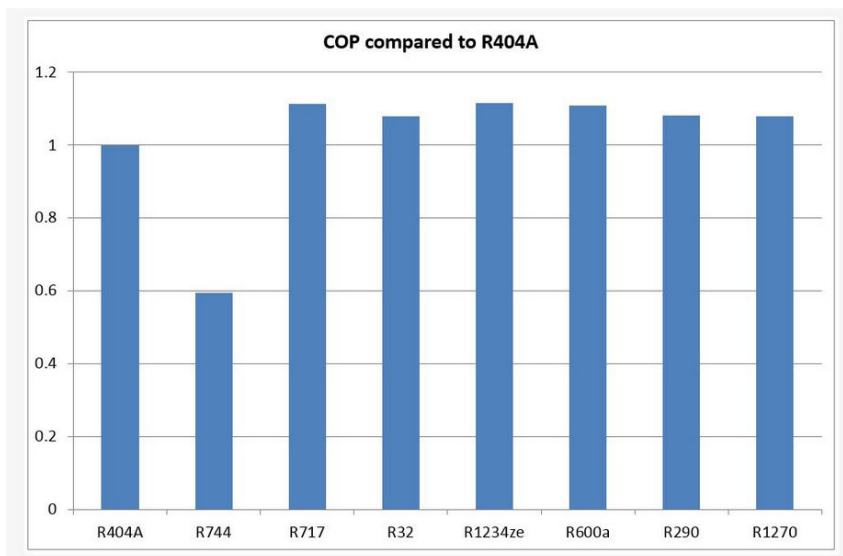


Рисунок 2. Коэффициент преобразования (COP) по сравнению с R404A



Обратите внимание, что коэффициент преобразования у R744 низкий, поскольку это сравнение теоретического цикла в условиях работы большинства холодильных систем (включая температуру конденсации 35°C). При этом, в рамках этого сравнения, R744 - выше критической температуры, в то время как в действительности давление на выходе будет регулироваться иначе, с целью обеспечения лучшего коэффициента производительности.

Коэффициент энергоэффективности

Для сравнения эффективности использования кондиционеров и тепловых насосов также может использоваться коэффициент энергоэффективности (EER) - отношение

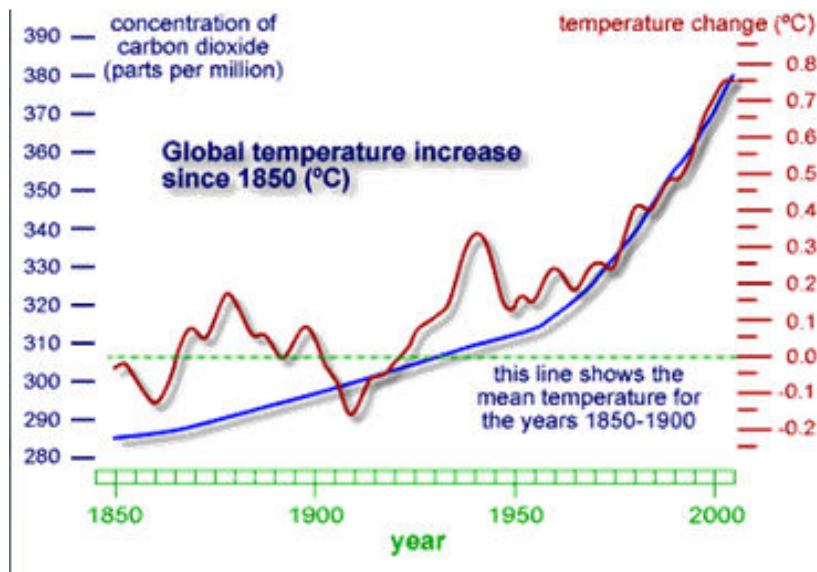
холодопроизводительности кондиционера (в кВт или БТЕ в час) к полной потребляемой мощности (в кВт или Вт) при заданных условиях испытаний. Коэффициент обычно определяется в соответствии со стандартом EN 14511-2:2011 «Кондиционеры, агрегатированные охладители жидкости и тепловые насосы с компрессорами с электроприводом для отопления и охлаждения помещений. Условия испытаний».

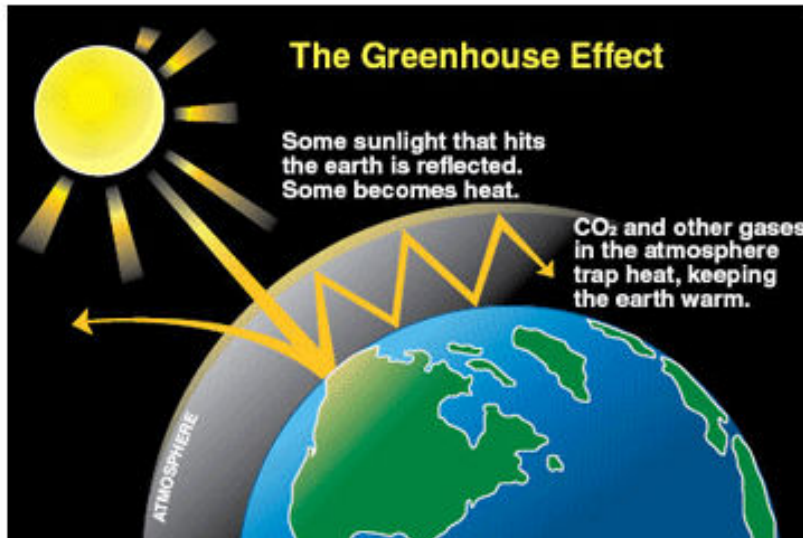
Воздействие на окружающую среду

Потенциал глобального потепления (ПГП)

В таблице 1 приведен прямой потенциал глобального потепления (ПГП) альтернативных хладагентов. Его не следует использовать в качестве единственного критерия при выборе хладагента для конкретного сектора применения. Воздействие ПГП хладагента значительно снижается, если при работе в нормальном режиме не происходит утечек хладагента, и обслуживание системы осуществляется без потерь хладагента. При этом, в результате пересмотра Регламента «F-газы» будет необходимо применять хладагенты с низким ПГП.

Хладагент	R744	R717	R32	R1234yf	R1234ze	УВ	R404A	R410A
ПГП	0	1	675	4	7	3	3922	2088





The greenhouse effect is thrown out of balance by too much man-made carbon dioxide.

Image courtesy of Washington State Department of Ecology

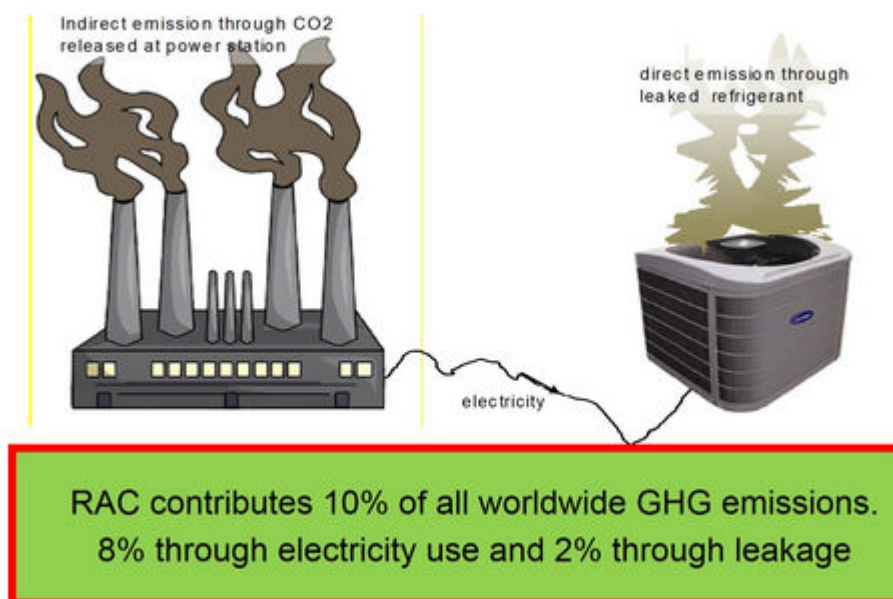
Полный эквивалентный вклад в парниковый эффект

Общее влияние системы и хладагента на изменение климата оценивается при помощи фактора TEWI – полный эквивалентный вклад в парниковый эффект⁹. Этот метод позволяет оценить воздействие системы на изменение климата в течение всего срока эксплуатации путем сложения:

прямого влияния (в связи с выбросом хладагента в атмосферу)

+

косвенного влияния на парниковый эффект эмиссии CO₂ в результате потребления энергии для обеспечения работы системы



⁹ Стандарт EN378, Часть 1, Приложение B

Это очень эффективный метод сравнения различных типов систем и хладагентов на этапе проектирования или для рассмотрения возможности проведения ретрофита, например, при переходе с R22.

Существует много способов минимизации фактора TEWI, в том числе:

- минимизация утечек хладагента (что снижает как прямое, так и косвенное влияние, поскольку негерметичные системы потребляют больше энергии);
- использование хладагентов с низким ПГП;
- минимизация холодильной нагрузки;
- максимальное повышение энергоэффективности за счет соответствующего проектирования и монтажа;
- правильное обслуживание систем;
- минимизация потерь хладагента в процессе технического обслуживания;
- сбор и рециклинг использованного хладагента (и изоляции, в которой использовался вспениватель, обладающий ПГП).

Фактор TEWI рассчитывается следующим образом:

TEWI = влияние потерь в результате утечек + влияние потерь при сборе + влияние потребления энергии:

влияние потерь в результате утечек = ПГП x L x n

влияние потерь при сборе = ПГП x m x (1- α_{recovery})

влияние потребления энергии = n x E_{annual} x β

где:

L = утечки (кг/год)

n = срок эксплуатации системы (лет)

m = объем заправки хладагента (кг)

α_{recovery} = коэффициент сбора / рециклинга (0 – 1)

E_{annual} = потребление энергии (кВт в год)

β = эмиссия CO₂ (кг/кВт.ч), примечание – сильно отличается в зависимости от страны.

Многие коэффициенты, использованные в приведенном расчете, значительно отличаются и зависят от типа системы. Вы можете выбирать коэффициенты самостоятельно на основании собственного опыта (например, утечек), использовать известные коэффициенты (например, β) или использовать рекомендуемые отраслевые коэффициенты (доступные в Великобритании на основании данных Британской ассоциации по холодильной технике).

Рекомендуемый метод
расчета фактора TEWI
(British Refrigeration
Association)

Для более точного сравнения разных типов систем рекомендуется использовать специальный фактор TEWI:

TEWI / (E_{useful cooling} + E_{heating} + E_{heat reclaim})

<http://sdfab.se/downloads/program/TEWI/>

где:

E_{useful cooling} – полезная холодопроизводительность (системы охлаждения) в кВт.ч/год

E_{useful heating} – полезная теплопроизводительность (тепловые насосы) в кВт.ч/год

E_{heat reclaim} – полезная утилизация тепла в кВт.ч/год.

Доступность хладагентов, компонентов, информации и квалифицированных инженеров/техников

В таблице 6 приведены данные о доступности для использования важных компонентов холодильных систем на альтернативных хладагентах. Простая система «светофор» позволяет быстро оценить доступность и отсутствие препятствий для использования. Зеленый цвет означает доступность, оранжевый - частичную доступность, красный - отсутствие в настоящее время.

Таблица 5. Доступность альтернативных хладагентов и сопутствующих элементов (по состоянию на февраль 2017 г.)

	Хладагент	Необходимые знания	Навыки / обучение	Компоненты	Инструменты и оборудование
R744	Хладагент (CO ₂) доступен для использования в емкостях различных размеров	Широкий спектр вариантов конструкции систем создает сложности для инженеров-конструкторов	Риски и разнообразие типов систем создают сложности для технических специалистов. Доступно обучение	Доступны для систем большой производительности; в меньшей степени для систем малой производительности	Доступны
R717	Хладагент (NH ₃) широко доступен для использования в емкостях различных размеров	Широко известен в промышленном секторе	Широко известен в промышленном секторе. Доступно обучение	Широко доступны в промышленном секторе	Широко доступны
R32	Доступен	Производители оборудования на R32 имеют глубокие знания	Очень ограниченный опыт и вопросы относительно источников воспламенения. Доступно обучение работе с УВ	Применение в кондиционерах с 2015 года	Широко доступны (подходит большинство инструментов и оборудования для работы с УВ)
R1234ze	Доступен только в ограниченных количествах, имеет высокую стоимость	Очень ограниченные знания	Очень ограниченный опыт, при этом можно использовать опыт работы с УВ. Доступно обучение работе с УВ	Компрессоров нет	Широко доступны (подходит большинство инструментов и оборудования для работы с УВ)
R1234yf	В наличии на рынке, имеет высокую стоимость	Ограниченные знания, при этом широко используется в	Очень ограниченный опыт, при этом можно использовать	Компрессоров нет	Широко доступны (подходит большинство инструментов и

		автомобильных кондиционерах	опыт работы с УВ. Доступно обучение работе с УВ		оборудования для работы с УВ)
R600a	Хладагенты (УВ) доступны для использования в емкостях различных размеров	Широко используется и имеются знания в бытовом секторе	Обширный опыт в бытовом секторе. Доступно обучение	Широко используются, доступны	Широко доступны, при этом установка для сбора хладагента в наличии только у одного поставщика
R290 R1270		Доступна информация о применении УВ в торговом холодильном оборудовании	Обширный опыт в торговом секторе. Доступно обучение	Широко используются в агрегатированных системах и чиллерах, доступны	

Проблемы, связанные с утечками

В этом разделе рассматриваются проблемы, связанные с утечками альтернативных хладагентов. Более подробная информация представлена в Модуле 4 «Предотвращение и определение утечек альтернативных хладагентов».

Пособие 4 («REAL Alternatives»)

Независимо от типа используемого хладагента необходимо минимизировать возможность возникновения утечек. Риски использования альтернативных хладагентов с низким ПГП обычно связаны с высоким давлением, горючестью или токсичностью, поэтому утечки являются аспектом безопасности. Кроме того, любая негерметичная система потребляет больше энергии и поэтому оказывает большее косвенное влияние на изменение климата.

Потенциал возникновения утечек обуславливается рядом факторов, таких, как рабочее давление, размер молекулы хладагента и размеры/тип системы. Общие данные приведены в таблице ниже, включая риски, связанные с утечками и легкость обнаружения утечек.

Таблица 6. Потенциал возникновения утечек, риски и легкость определения утечек

Хладагент	Потенциал возникновения утечек	Риски	Легкость определения
R744	<p>Высокий</p> <ul style="list-style-type: none"> Высокое рабочее давление Используется в системах большой производительности с множеством соединений Выпускается во время обслуживания оборудования 	Высокое давление во время работы и остановки оборудования	Легкое определение - доступно оборудование для определения
R717	<p>Средний</p> <ul style="list-style-type: none"> Среднее и низкое рабочее давление 	Токсичность и низкая воспламеняемость	Легкое определение – резкий запах, также доступно

	<ul style="list-style-type: none"> • Обычно используется в чиллерных системах с минимальным количеством соединений • Компрессоры открытого типа с уплотнителями вала 		оборудование для определения
R32	<p>Средний</p> <ul style="list-style-type: none"> • Среднее и высокое рабочее давление • Используется в кондиционерах, обычно с паяными соединениями 	Низкая воспламеняемость	Оборудование для определения становится доступным
R1234ze R1234yf	<p>Средний</p> <ul style="list-style-type: none"> • Среднее и низкое рабочее давление • Используется в чиллерных системах с минимальным количеством соединений 	Низкая воспламеняемость	Оборудование для определения становится доступным
R600a R290 R1270	<p>Низкий</p> <ul style="list-style-type: none"> • Среднее и низкое рабочее давление • Используется в системах с малым объемом заправки хладагента в соответствии с требованиями к хладагентам Группы опасности А3 	Высокая воспламеняемость	Оборудование для определения доступно

Обзор соответствующих стандартов и законодательства

В таблице ниже приведены наиболее полезные стандарты и регламенты, касающиеся применения альтернативных хладагентов. Дополнительная информация доступна в электронной библиотеке и в буклете «Дополнительные информационные ресурсы». Основные стандарты и законодательство более подробно анализируются в Модуле 7 «Законодательство и стандарты».

Таблица 7. Стандарты и регламенты

Документ	Название	Рекомендации (относительно воспламеняющихся хладагентов)
ISO 817:2014	Хладагенты. Система обозначений и классификация по безопасности	Четкая система обозначения хладагентов, которая включает в себя классификацию по безопасности (A1, A2, A3).
EN 378-1:2016	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны	Практический предел Максимальный объем заправки хладагента

	окружающей среды. Основные требования, определения, классификация и критерии выбора	
EN 378-2:2016	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Проектирование, конструкция, изготовление, испытания, маркировка и документация	Защита от избыточного давления Помещения с вентиляцией Имитация утечки воспламеняющихся хладагентов
EN 378-3:2016	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Размещение оборудования и защита персонала	Машинные отделения Датчики утечки хладагента
EN 378-4:2016	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт, сбор и восстановление	Ремонт систем на воспламеняющихся хладагентах Компетенция персонала, работающего с системами на воспламеняющихся хладагентах
EN 60079-0:2012+A1 2013	Взрывоопасные среды. Оборудование. Общие требования	Классификация горючих газов Классификация зон оборудования
EN 60079-10-1:2015	Взрывоопасные среды. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды	Зоны и классификация оборудования Имитация утечки Требования к движению воздуха
EN 60079-14:2014	Взрывоопасные среды. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок	Расположение источников воспламенения Электропроводка
EN 60079-15:2010	Взрывоопасные среды. Оборудование с видом взрывозащиты "n"	Электрооборудование и оболочки для потенциально взрывоопасных сред Маркировка электрооборудования
EN 60335-2-24:2010	Приборы электрические бытового и аналогичного назначения. Безопасность. Часть 2-24: Частные требования к холодильным аппаратам, морозильникам и льдогенераторам.	Системы с объемом заправки воспламеняющегося хладагента менее 150 г.
EN 60335-2-40:2012	Бытовые и аналогичные электрические приборы. Частные требования к электрическим тепловым насосам, кондиционерам и осушителям	Проектирование, использование и обслуживание кондиционеров на воспламеняющихся хладагентах.
EN 60335-2-89:2010	Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 2-89: Частные требования к торговому	Системы с объемом заправки воспламеняющегося хладагента менее 150 г, имитация утечки для классификации размещения.

	холодильному оборудованию со встроенным или дистанционным узлом конденсации хладагента или компрессором для предприятий общественного питания.	
ADR	Европейское соглашение о международной автомобильной перевозке опасных грузов	Перевозка автотранспортом горючих газов в системах или оборудовании
RID	Правила международной перевозки опасных грузов по железной дороге	Перевозка горючих газов в системах или оборудовании по железной дороге
ATEX	Директива ЕС определяющая минимальные требования по безопасности, охране труда и здоровья работников, подвергаемых потенциальному риску от воздействия взрывоопасной среды	Устанавливает требования относительно мест проведения работ с воспламеняющимися хладагентами

Модуль 1. Вопросы самопроверки

Ответьте на несколько вопросов, чтобы проверить свои знания:

Вопрос 1 -

ГФО - это:

- i. Соединение, содержащее водород, фтор и масло
- ii. Соединение, содержащее водород, фтор и углерод
- iii. Углеводород
- iv. Озоноразрушающий хладагент

Вопрос 2 –

Какой максимальный объем заправки R290 можно использовать в оборудовании в торговом зале супермаркета (Категория помещения а)?

- i. он не может быть использован
- ii. 150 г
- iii. 1,5 кг
- iv. ограничений нет

Вопрос 3 –

У какого альтернативного хладагента самый высокий ПГП?

- I. R717
- II. R32
- III. R744
- IV. R1270

Вопрос 4 –

В соответствии со стандартом EN 378, какой максимальный объем заправки R290 в системе непосредственного охлаждения помещения (размером 5 x 4 x 2,5 м), у которой компрессор, конденсатор и ресивер расположены за пределами помещения?

- I. 1,5 кг
- II. 0,38 кг
- III. 2,6 кг
- IV. 0,15 кг

(правильные ответы приведены в конце следующей страницы)

Что дальше?

Этот Модуль содержит общую информацию о наиболее распространенных альтернативных хладагентах. Документы, указанные в ссылке, содержат гораздо больше информации. Перейдите в электронную библиотеку по адресу www.realalternatives4life.eu/e-library, чтобы получить полезную дополнительную информацию.

Если вы хотите получить сертификат профессионального развития (CPD) «REAL Alternatives 4 LIFE», вам необходимо пройти аттестацию по окончании обучения в учебном центре, аккредитованном «REAL Alternatives 4 LIFE». Информация о процедуре аттестации доступна по адресу: <http://www.realalternatives4life.eu>

Вы можете продолжить самостоятельное обучение, используя Модули Программы «**Real Alternatives 4 LIFE Europe**»:

1. Альтернативные хладагенты. Введение. Безопасность, эффективность, надежность и надлежащие практики
2. Безопасность и управление рисками
3. Особенности проектирования систем на альтернативных хладагентах
4. Предотвращение и определение утечек альтернативных хладагентов
5. Техническое обслуживание и ремонт систем на альтернативных хладагентах
6. Ретрофит существующих систем на альтернативные хладагенты с низким ПГП
7. Законодательство и стандарты по альтернативным хладагентам
8. Влияние утечек хладагентов на экономику и окружающую среду
9. Обследование объектов и рекомендации по сокращению утечек хладагентов

Условия использования

Материалы Программы «REAL Alternatives 4 life» бесплатно предоставляются учащимся в учебных целях и не могут быть проданы, напечатаны, скопированы или воспроизведены без предварительного письменного разрешения. Авторские права на все материалы принадлежат Институту Холода (Великобритания) и партнерам. Материалы были разработаны экспертами и прошли экспертизу и апробацию, при этом Институт и партнеры не несут ответственности за возможные ошибки или неточности. © IOR 2015 г., редакция 2018 г.

Этот проект финансируется при поддержке Европейской Комиссии. Данный материал отражает только точку зрения автора, и Программа ЕС «LIFE» не несет ответственности за любое использование содержащейся в нем информации.

Финансирование и координация работ по переводу на русский язык данного документа осуществлена Региональным центром Программы развития ООН для стран Европы и СНГ в рамках проекта ПРООН-ГЭФ «Содействие в реализации ускоренного вывода из обращения ГХФУ в странах с переходной экономикой».

Перевод: Елена Карпенко, «Globe MPS Group»

Рецензия: Александр Бамбиза, технический координатор проекта ПРООН-ГЭФ в Беларуси

Координация: Селимкан Азизоглу, руководитель регионального проекта, Региональный центр Программы развития ООН для стран Европы и СНГ