



БЕЗОПАСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГХФУ-АЛЬТЕРНАТИВ В СЕКТОРЕ ХОЛОДИЛЬНОГО И КОНДИЦИОНЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Обзор для
развивающихся
стран

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME



Copyright © United Nations Environment Programme, 2018

Настоящее издание может быть воспроизведено целиком либо частично в любой форме в целях образования или в целях, не преследующих получение прибыли, без получения специального разрешения от правообладателя при условии упоминания источника. ЮНЕП будет признателен за получение экземпляра публикации, в которой данное пособие использовано в качестве источника.

Настоящее издание не может быть перепродано или использовано с какой-либо коммерческой целью без предварительного разрешения ЮНЕП.

Отказ от ответственности

Использованные обозначения и подача материала в настоящем издании не отражают каких-либо мнений ЮНЕП относительно правового статуса какой-либо страны, территории, города или местности или их властей, или делимитации их границ. Более того, вовсе не обязательно, чтобы высказанные взгляды отражали решения и политику, сформулированную ЮНЕП, равно как и упоминание торговых наименований или коммерческих процессов не означает поощрения последних.

Настоящее издание напечатано на 100% переработанной бумаге с применением растительных красок и прочих методов, щадящих окружающую среду. Наша политика распространения стремится свести к минимуму углеродный след ЮНЕП.

ЮНЕП поощряет применение экологически приемлемой практики в целом и в собственной деятельности. Данная публикация распечатана на 100% переработанной бумаге, с использованием чернил растительного происхождения и с применением других экологически безопасных практик. Наша политика распространения документов нацелена на снижение карбонового следа ЮНЕП.

Благодарность

Документ был подготовлен Отделом технологии, промышленности и экономики ЮНЕП (ОТПЭ ЮНЕП) Программы «OzonAction» в рамках рабочей программы ЮНЕП в рамках Многостороннего фонда для реализации Монреальского протокола.

Руководство Проектом:

Д-р Шамиля Наир-Бедуэль, руководитель программы «OzonAction», ЮНЕП

Управление Проектом:

Д-р Эзра Кларк, специалист по развитию потенциала, «OzonAction», ЮНЕП

Автор исследования: Даниэль Колборн, Re-phridge Ltd, Великобритания

Программа ЮНЕП «OzonAction» благодарит за помощь в рецензировании проекта документа и предоставление комментариев:

Асбьорна Вонсильда, Данфосс

Неманью Дзинич, консультанта, Сербия

Педро де Оливейро Серио, Heatcraft, Бразилия

Атула Багай, старшего регионального координатора, Южная Азия, «OzonAction», ЮНЕП

Халварта Коппена, координатора региональной сети, Европа и Центральная Азия, «OzonAction», ЮНЕП

Шаофенга Ху, координатора региональной сети, Юго-Восточная Азия, «OzonAction», ЮНЕП

Финансирование и координация работ по переводу на русский язык и подготовке обзора к изданию 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, научный координатор проекта ПРООН-ГЭФ в Беларуси

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

Макет и дизайн: Аурели Ек

Фото обложки: © Shutterstock

Фото: © Shutterstock (если не указано иное)

Использование фотографий оборудования и инструментов в этой брошюре не является поддержкой компаний или продуктов со стороны ЮНЕП.

Аннотация

С учетом прогресса в области отказа от гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) в соответствии с Монреальским протоколом по веществам, разрушающим озоновый слой, ожидается, что во всем мире, и особенно в развивающихся странах, значительно расширится использование «альтернативных хладагентов», например углеводородов, аммиака, диоксида углерода, ненасыщенных гидрофторуглеродов (ГФУ или ГФО) и ГФО-смесей. Многие альтернативные хладагенты обладают специфическими свойствами, относящимися к токсичности, горючести и высокому давлению, которые отличаются от свойств ранее использовавшихся хлорфторуглеродов (ХФУ) и гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ). При выполнении монтажа, технического обслуживания, ремонта и демонтажа холодильного и кондиционерного оборудования, необходимо детально анализировать и учитывать аспекты безопасности, особенно в случае, когда техникам-холодильщикам приходится работать с хладагентами, обладающими неизвестными им ранее свойствами. Поэтому важно, чтобы в секторе холодильного и кондиционерного оборудования внимание уделялось как техническим аспектам, так и аспектам безопасности, связанным с использованием этих хладагентов.

Данная публикация содержит обзор хладагентов - альтернатив ГХФУ, их свойств и подходящих сфер применения с точки зрения безопасности.

Предоставленная информация о горючих, обладающих повышенной токсичностью и работающих под более высоким давлением альтернативных хладагентах призвана обеспечить более глубокое понимание условий их использования, а также принятия необходимых мер для безопасного и надлежащего использования этих хладагентов.

Публикация предназначена для Национальных озоновых офисов (НОО) и других заинтересованных сторон развивающихся стран и содержит общую информацию и рекомендации для сотрудников НОО предоставляющих консультации и оказывающих поддержку национальным заинтересованным сторонам. Основное внимание в этой публикации уделено новым системам, поскольку в существующих системах, предназначенных для ГХФУ, настоятельно не рекомендуется использовать альтернативные хладагенты,

обладающие повышенной горючестью, токсичностью и/или работающие под более высоким давлением. Страны с переходной экономикой не являются развивающимися и использование ГХФУ в новом оборудовании полностью запрещено.

Также изложены актуальные требования и рекомендации Исполнительного комитета Многостороннего фонда Монреальского протокола

Содержание

Благодарность	3
Аннотация.....	4
Предисловие	6
1. Введение	7
2. Обзор хладагентов	9
3. Безопасное использование хладагентов	24
4. Детальный анализ хладагентов	34
5. Подходы Монреальского протокола к альтернативам ГХФУ и вопросам безопасности	55
6. Рекомендации для Национальных озоновых офисов (НОО)	59
7. Дополнительная литература	63
Приложение: сводные данные о хладагентах.....	64

Предисловие

1 января 2015 года развивающиеся страны достигли второго важного этапа процесса поэтапного отказа от гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) в соответствии с Монреальским протоколом по веществам, разрушающим озоновый слой - 10%-ного сокращения их производства и потребления. Поскольку многие альтернативы ГХФУ с низким ПГП являются горючими, токсичными и работают под высоким давлением, необходимо тщательно анализировать использование таких альтернативных хладагентов для обеспечения безопасности специалистов, выполняющих монтаж, обслуживание и эксплуатацию соответствующего оборудования. Это тем более важно, когда техника-холодильщикам приходится работать с хладагентами, обладающими неизвестными им ранее свойствами.

Программа ЮНЕП «OzonAction» оказывает помощь развивающимся странам в выполнении обязательств по Монреальскому протоколу, в частности связанные с поэтапным отказом от ГХФУ в ряде секторов. Очень важным в этом отношении для развивающихся стран является сектор холодильного и кондиционерного оборудования, требующий повышенного внимания, как к техническим аспектам, так и к аспектам безопасности применяемых хладагентов.

Поэтому мы рады представить вашему вниманию эту короткую публикацию о безопасном использовании ГХФУ-альтернатив. Несмотря на то, что данное руководство главным образом разработано как информационный ресурс для НОО, оно также может представлять интерес для техников - холодильщиков, холодильных ассоциаций и других заинтересованных сторон, имеющих отношение к сектору холодильного и кондиционерного оборудования.

Надеюсь, вы найдете это руководство интересным и информативным, а включенные в него обзор и практические рекомендации будут использованы в процессе перевода оборудования на использование ГХФУ-альтернатив. Программа ЮНЕП «OzonAction» планирует и в дальнейшем поддерживать ваши усилия по поэтапному отказу от ГХФУ и безопасному использованию неразрушающих озоновый слой и климатически безопасных энергоэффективных альтернатив.

Д-р Шамиля Наур-Бедуэль
*Руководитель программы «OzonAction»
Отдел технологии, промышленности и
экономики ЮНЕП*

1 | Введение



К 2030 году страны статьи 5 Монреальского протокола должны отказаться от гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ), в частности от ГХФУ-123 и ГХФУ-22; при этом в дальнейшем допускается их незначительное использование в секторе обслуживания существующего оборудования. Многие альтернативы, особенно с более низким ПГП, обладают свойствами, требующими повышенного внимания к вопросам их безопасного использования, по сравнению с обычными ГХФУ- и ГФУ-хладагентами. Несмотря на то, что альтернативы ГХФУ-123 (включая ГФУ-245fa, ГФУ-134a, а с недавнего времени и ГХФУ-1233zd) не представляют дополнительных рисков для безопасности, многочисленные альтернативы, которые могут использоваться для замены ГХФУ-22 в различных установках, обладают повышенной горючестью, токсичностью или более высоким рабочим давлением.

Несмотря на то, что многие из этих хладагентов уже применяются в странах, действующих в рамках статьи 5, при осуществлении перевода с ГХФУ-22 на альтер-

нативные хладагенты, важно ознакомиться с их свойствами и правилами обращения с ними. В частности, безопасное и успешное использование этих хладагентов требует наличия соответствующей политики и законодательства, минимальных навыков работы техников по обслуживанию и ремонту оборудования, соответствующих правил техники безопасности, обязательных процедур технического обслуживания, а также необходимых предохранительных устройств, установленных в соответствии с инструкциями производителя.

Данная публикация предназначена для предоставления Национальным озоновым офисам (НОО) информации о принципах использования и предназначении альтернативных хладагентов, а также о мерах, которые могут быть приняты для оказания поддержки промышленности и другим заинтересованным сторонам в обеспечении безопасного и ответственного использования выбранных альтернатив. Вопросы безопасности необходимо учитывать на всех этапах при произ-

водстве, монтаже, эксплуатации, сервисном обслуживании и выводе из эксплуатации систем.

Таким образом, данная публикация содержит:

- обзор основных безопасных для озонового слоя и климата альтернативных ГХФУ-22 хладагентов, включая их основные свойства
- возможные сферы применения этих альтернатив
- анализ различных этапов и заинтересованных сторон, оказывающих влияния на выбор хладагента
- общие вопросы безопасности использования хладагентов
- существующие классификации хладагентов и информацию о типах систем охлаждения¹
- сводный обзор правил безопасности, касающихся применения хладагентов
- примеры ограничений объема заправки, которые могут применяться к различным альтернативным хладагентам
- особенности использования альтернатив, обладающих повышенной горючестью, токсичностью и более высоким рабочим давлением
- отдельные примеры того, как Монреальский протокол и развивающиеся страны

подходят к решению вопросов безопасности при проектировании

- общие рекомендации специалистам НОО в части консультирования и поддержки национальных заинтересованных сторон

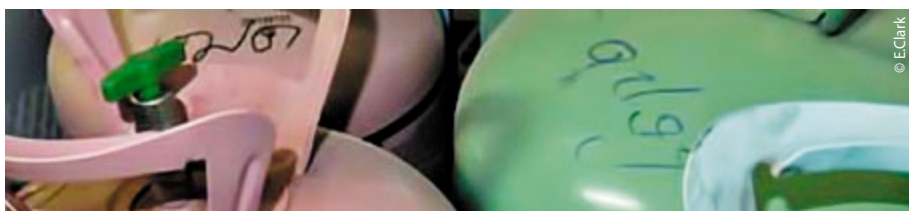
Основное внимание в этой публикации уделяется новым системам, поскольку настоятельно не рекомендуется использование обладающих повышенной горючестью, токсичностью и работающих под более высоким рабочим давлением альтернативных хладагентов в системах, работающих на ГХФУ.

В публикации не рассматриваются широко применяемые ГФУ-хладагенты, такие как ГФУ-134а, R-404А и R-407С, поскольку безопасность их применения существенно не отличается от ГХФУ-22. Информация, касающаяся применения этих веществ, широко освещена в литературе.

В публикации не рассматриваются широко применяемые ГФУ-хладагенты, такие как ГФУ-134а, R-404А и R-407С, поскольку безопасность их применения существенно не отличается от ГХФУ-22. Информация, касающаяся применения этих веществ, широко освещена в литературе.

¹ Термин «система охлаждения» используется для обозначения холодильного контура, используемого в средне- и низкотемпературных холодильных установках, кондиционерном оборудовании и тепловых насосах.

2 | Обзор хладагентов



Типы и выбор хладагентов

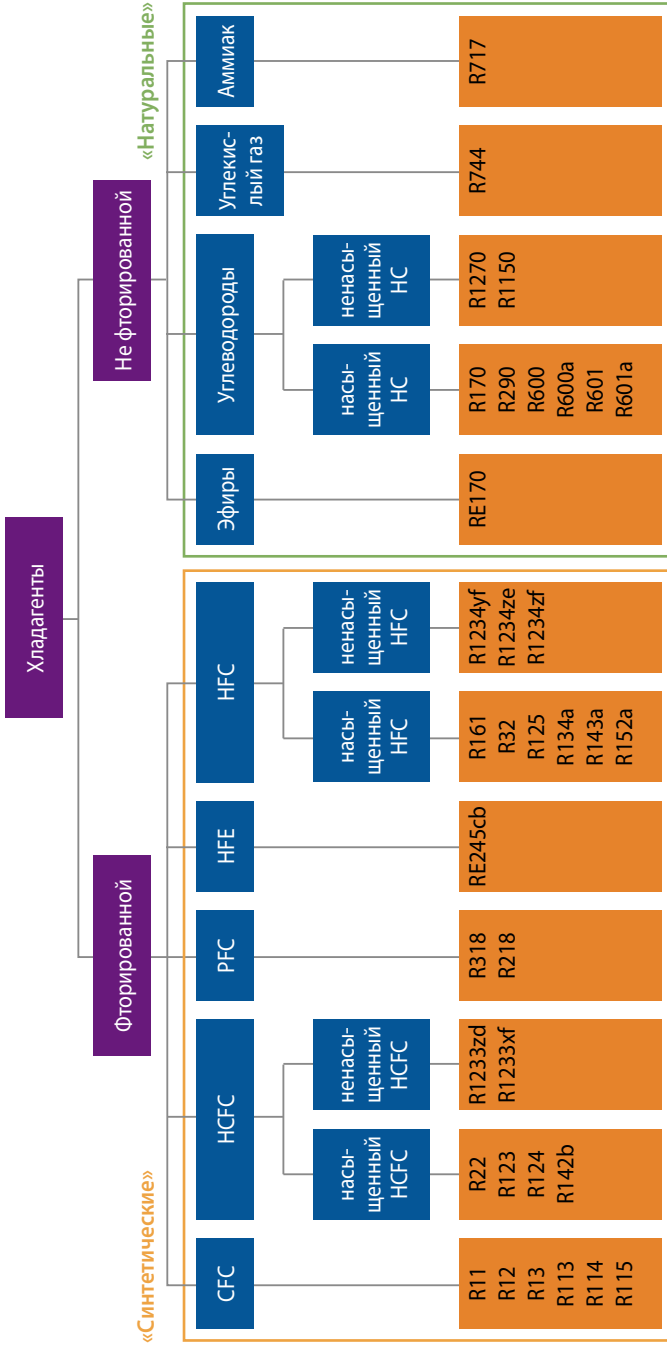
Существует ряд веществ, используемых в качестве хладагентов; основные из них (однокомпонентные вещества) представлены на рисунке 1.

Использование всех этих веществ, за исключением хлорфторуглеродов (ХФУ) и ГХФУ, не регулируется Монреальским протоколом; таким образом, их можно рассматривать в качестве альтернативных хладагентов. Среди них есть «синтетические» хладагенты и так называемые «природные» хладагенты.

В то время как некоторые из этих веществ могут использоваться в качестве чистых хладагентов, широко практикуется смешение двух или более веществ (иногда до семи) для достижения определенного набора желаемых

характеристик (связанных с давлением конденсации, горючестью, растворимостью в масле и т. д.).

Смеси хладагентов подразделяются на «зеотропные» и «азеотропные». Зеотропные смеси проявляют температурный гистерезис и изменение состава при фазовом переходе, при этом азеотропные смеси при фазовом переходе проявляют свойства чистых веществ. Некоторые зеотропные смеси, из-за небольшого температурного гистерезиса и состава, иногда классифицируются как «смеси хладагентов близкого к азеотропному составу», которые с практической точки зрения проявляют свойства чистых хладагентов.



Риснок 1. Категории и отдельные вещества в качестве хладагентов.

PFC – перфторуглерод
HFE – фторированный эфир

Хладагенты также классифицируются в зависимости от:

- озоноразрушающего потенциала (ОРП)
- потенциала глобального потепления (ПГП)
- свойств, относящихся к безопасности (горючесть, токсичность)
- рабочего давления

Указанные свойства влияют на выбор хладагента и часто определяют область его использования.

В таблице 1 приведены основные экологические характеристики наиболее распространенных хладагентов (ГХФУ-22, ГФУ-134а, R-404А и R-407С) и некоторых альтернативных хладагентов, обладающих существенно отличающимися характеристиками безопасности. В Приложении (стр. 42) представлен перечень всех используемых хладагентов (с R-номером) и некоторые актуальные характеристики.



Таблица 1. Основные экологические характеристики отдельных хладагентов

Хладагент	Химическое название или состав смеси (в % по массе)	ОРП†	ПГП‡		Хладагент-аналог*
			(100)	(20)	
ГХФУ-22	Хлордифторметан	0.05	1780	5310	–
ГФУ-32	Дифторметан	0	704	2530	R-410A
ГХФУ-123	2,2-дихлор-1,1,1-трифторэтан	0.03	79	292	–
ГФУ-134a	1,1,1,2-тетрафторэтан	0	1360	3810	ХФУ-12
ГФУ-152a	1,1-дифторэтан	0	148	545	ХФУ-12, ГФУ-134a
УВ-290	Пропан	0	5	18	ГХФУ-22
R-404A	125/143a/134a (44,0/52,0/4,0)	0	4200	6600	ГХФУ-22
R-407C	32/125/134a (23,0/25,0/52,0)	0	1700	4100	ГХФУ-22
R-410A	32/125 (50,0/50,0)	0	2100	4400	–
R-444A	32/152a/1234ze(E) (12,0/5,0/83,0)	0	90	330	ХФУ-12, ГФУ-134a
R-444B	32/152a/1234ze(E) (41,5/10/48,5)	0	310	1100	ГХФУ-22
R-445A	744/134a/1234ze(E) (6,0/9,0/85,0)	0	120	350	ХФУ-12, ГФУ-134a
R-446A	32/1234ze(E)/600 (68,0/29,0/3,0)	0	480	1700	R410A
R-447A	32/125/1234ze(E) (68,0/3,5/28,5)	0	600	1900	R410A
R-451A	1234yf/134a (89,8/10,2)	0	140	390	ХФУ-12, ГФУ-134a
R-451B	1234yf/134a (88,8/11,2)	0	150	430	ХФУ-12, ГФУ-134a
R-454A	32/R1234yf (35,0/65,0)	0	250	890	ГХФУ-22
R-454B	32/R1234yf (68,9/31,1)	0	490	1740	R410A
УВ-600a	Изобутан	0	4	15	ХФУ-12, ГФУ-134a
R-717	Аммиак	0	0	0	ГХФУ-22
R-744	Диоксид углерода	0	1	1	–
ГФУ-1234yf	2,3,3,3-тетрафтор-1-пропен	0	< 1	1	ХФУ-12, ГФУ-134a
ГФУ-1234ze(E)	Транс-1,3,3,3-тетрафтор-1-пропен	0	< 1	4	ХФУ-12, ГФУ-134a
УВ-1270	Пропен	0	2	7	ГХФУ-22

† нормативные значения ОРП; ‡ научные значения ПГП (ЮНЕП, 2014 г.)²

* «Хладагент-аналог» - хладагент, сопоставимый по рабочему и объемной холодопроизводительности

2 Раздел 2 Отчета Комитета технических решений в секторе холодильного, кондиционерного оборудования и тепловых насосов, оценка 2014 г., Программа ООН по окружающей среде, Найроби.

На рисунке 2 представлена схема основных рисков при использовании некоторых альтернативных хладагентов. Следует отметить, что на схеме отмечены основные риски, при этом их показатели внутри конкретного класса опасности могут находиться в достаточно широком диапазоне. Отмеченные здесь характеристики опасности более подробно рассматриваются в последующих разделах.

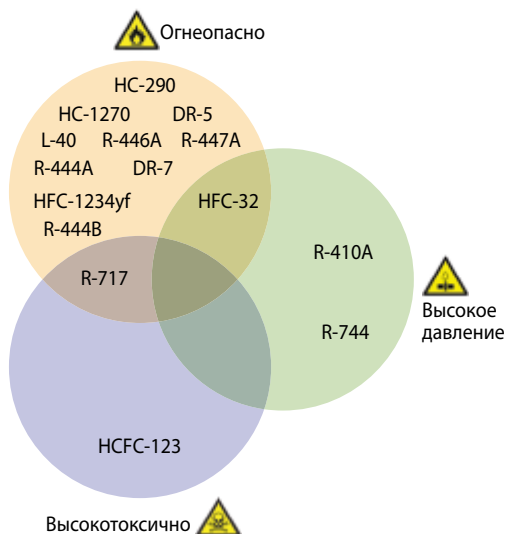


Рисунок 2. Схема основных рисков при использовании альтернативных хладагентов

В целом есть несколько важных факторов, которые необходимо учитывать при выборе альтернативного хладагента, а именно:

- нулевой ОРП
- влияние на изменение климата (прямые и косвенные (производство электроэнергии) выбросы)
- производительность (мощность и эффективность)
- вопросы безопасности, в том числе связанные с повышенной горючестью, токсичностью или более высоким рабочим давлением
- влияние на стоимость продукции
- наличие и стоимость хладагента
- наличие и стоимость компонентов холодильной системы
- навыки и технические знания, необходимые для использования
- возможность рециклинга

- хорошая стабильность в условиях эксплуатации и совместимость с компонентами холодильной системы

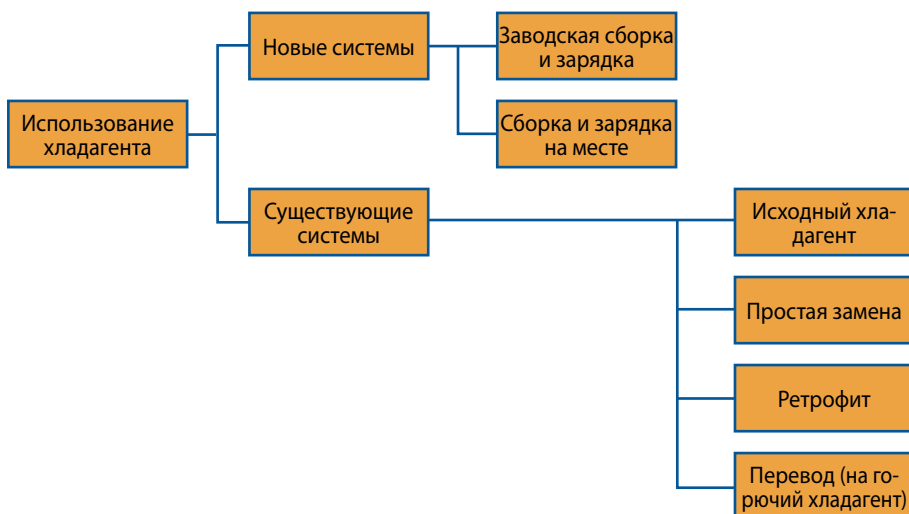
Выбор хладагента для конкретного направления использования является компромиссным решением с учетом вышеуказанных критериев. За исключением нулевого ОРП, остальные параметры необходимо сопоставлять для достижения оптимального их соотношения для каждого типа системы и направления использования. В частности, выбросы CO₂ должны включать в себя как «прямые», так и «косвенные» выбросы в течение срока службы. В литературе упоминается ряд подходов к анализу хладагентов, в том числе: суммарный коэффициент эквивалентного влияния на глобальное потепление (TEWI), суммарное воздействие на климат в течение жизненного цикла (LCCP), индикатор климатического воздействия Многостороннего фонда (MCII) и другие.

Направления использования хладагентов

Направления использования альтернативных хладагентов приведены на рисунке 3. Хладагенты могут использоваться в новых системах – заправка может проводиться на заводе, например, на производственной линии, или по месту монтажа системы, а также для замены старого хладагента в существую-

щих системах. В существующих системах управляемый хладагент может быть как того же типа, что и исходный, так и другого типа, что, как правило, требует определенной модификации оборудования или приводит к некоторому изменению производительности системы.

Рисунок 3. Основные направления использования хладагентов



Использование в новых системах

Новые системы обычно включают в себя системы заводского изготовления и заправки, а также системы, монтаж и заправка которых осуществляются по месту монтажа оборудования. К системам заводского изготовления и заправки относятся бытовые холодильники, подключаемые к стационарной электросети, торговое холодильное оборудование, оконные кондиционеры, сплит-системы кондиционирования воздуха, автономные чиллеры, крышные кондиционеры и т. д. К системам, монтаж и заправка которых осуществляются по месту монтажа, обычно относятся торговые холодильные шкафы или

холодильные камеры с выносным холодом, системы централизованного холодоснабжения супермаркетов, некоторые промышленные системы и т.д. Для систем заводского изготовления и заправки хладагента, под который проектируется конструкция и подбираются компоненты системы, хладагент обычно выбирает производитель. Для систем, монтаж и заправка которых осуществляются по месту монтажа оборудования, хладагент обычно выбирает подрядчик или конечные пользователи в индивидуальном порядке, а затем подбираются конструкция и компоненты системы.



Рисунок 4: Заправка оборудования на производственной линии

Использование в существующих системах

Несмотря на поэтапный отказ от ГХФУ существует необходимость проведения технического обслуживания и ремонта уже установленных систем до истечения их срока эксплуатации. Замена хладагента в существующих системах может быть более сложным процессом и требует глубокого анализа последствий.

При обслуживании этих систем выбор хладагента может быть подразделен на следующие категории:

- исходный хладагент
- простая замена (drop-in)³
- ретрофит
- перевод (на горючий хладагент)

Поскольку на сервисный сектор приходится около 60-80% продаж хладагентов, основная доля их потребления приходится на существующие системы. Потребление ГХФУ может быть сокращено за счет использования альтернативных хладагентов в существующем оборудовании. В случае замены хладагента и ретрофита систем на ГХФУ, необходимо учитывать ПГП нового хладагента, поскольку многие смеси имеют более высокий ПГП.

Для выбора нового хладагента для существующих систем имеется ряд критериев, в частности:

- схожая объемная холодопроизводительность в диапазоне нормальных рабочих температур испарителя и конденсатора;

Исходный хладагент

При использовании исходного хладагента после ремонта оборудования можно следовать обычной практике использования

- использование не приведет к снижению энергоэффективности;
- не превышает расчетного давления в системе при максимальной температуре конденсатора;
- схожий или несущественный температурный гистерезис, если исходный хладагент был однокомпонентным;
- аналогичные растворимость в масле и граница растворимости;
- негорючесть;
- более низкая токсичность;
- наличие на рынке (по разумной цене)
- нулевой ОРП, более низкий ПГП и в целом отсутствие дополнительного воздействия на окружающую среду

Существует ряд других параметров, которые необходимо учитывать. Однако в практическом плане маловероятно, что какой-либо из имеющихся на рынке хладагентов будет соответствовать всем вышеперечисленным критериям, поэтому выбор хладагента будет компромиссным решением.

Обратите внимание, что объем заправки заменяющего хладагента почти всегда будет отличаться от объема заправки исходного хладагента.

В любом случае перед заменой исходного хладагента рекомендуется проконсультироваться с производителем системы.

чистого, рециклированного или восстановленного хладагента (как правило, ГХФУ-22). Поэтому реализация программ рециклинга

³ Обычно для такого типа замены используется термин «простая замена». Однако ввиду отсутствия альтернатив, обладающих термодинамическими, химическими свойствами и характеристиками опасности, идентичными используемому хладагенту (например, ГХФУ-22), термин «простая замена» не является полностью корректным



Рисунок 5: Заправка системы кондиционирования воздуха ГХФУ-22

и восстановления в сочетании с выполнением замены хладагентов и ретрофита хо-

лодильных систем может помочь снизить спрос на ГХФУ-22.

Простая замена (drop-in)

Процедура простой замены (drop-in) предусматривает замену только хладагента, при которой ГХФУ заменяется смесевым хладагентом без замены смазочного масла, находящегося в системе, или любого другого компонента системы. Хладагенты, используемые в этом случае, иногда носят название «сервисных» или «переходных» смесей. Такая замена хладагента в большинстве случаев приводит к снижению производительности и/или эффективности, изменению

рабочего давления, температуры и мощности компрессора по сравнению с ГХФУ.

В настоящее время, для замены в рамках технического обслуживания ГХФУ-22 существует ряд хладагентов, которые должны обеспечивать производительность, аналогичную ГХФУ-22. Однако они редко выполняют такую задачу из-за более низкой мощности и/или эффективности.

Ретрофит

Ретрофит включает в себя замену не только хладагента, но и компонентов, таких как смазочное масло (хотя это не всегда необходимо), фильтр-осушитель (при необходимости), а также более масштабные процедуры, которые могут включать замену компрессора, расширительного устройства, продувку

и промывку для удаления остатков масла из системы. Ретрофит может быть намного более дорогостоящим, чем использование исходного хладагента, замена хладагента без дополнительных изменений в системе или даже замена установки.



Рисунок 6: Замена хладагента в кондиционере

Перевод на горючие хладагенты⁴

Перевод подразумевает замену исходного хладагента другим без замены компонентов холодильного контура и смазочного масла, которые необходимы при ретрофите; однако, учитывая тот факт, что заменяющий хладагент является горючим веществом, необходимо учесть наличие потенциальных источников воспламенения и принять необходимые меры к их устранению. Из-за того, что такой перевод является сложным процессом и может привести к непредвиденным рискам для безопасности, осуществлять его обычно не рекомендуется. Кроме того, такая замена хладагента может повлиять на мощность и/или эффективность, рабочее давление, температуру, смазывающие свойства и т.д. по сравнению с ГХФУ.

В некоторых странах существует практика такого перевода, при этом в других странах она запрещена законом. Несмотря на то, что горючие хладагенты могут обеспечить мощность и эффективность, близкие к ГХФУ-22, перевод на них может представлять значительную угрозу пожарной безопасности. В целом, углеводороды (УВ) не рекомендуется использовать в системах, конструкция которых не предусматривает этого. При переводе оборудования на УВ-хладагент следует строго соблюдать требования безопасности и практических руководств; источниками информации по использованию этих хладагентов являются пособие по безопасному использованию углеводородов (GIZ, 2010 г.), а также справочник по переводу оборудования на УВ (GIZ, 2011 г.) (см. раздел «Дополнительная литература», стр. 41).

4 На недавнем заседании Исполнительного комитета Многостороннего фонда было принято Решение №72/17, в котором говорится, что: «все субъекты, осуществляющие ретрофит и техническое обслуживание холодильного и кондиционерного оборудования на ГХФУ с использованием горючих или токсичных хладагентов, принимают на себя все связанные с этим обязательства и риски» (www.multilateralfund.org/72/English/1/7247.pdf). По сути это означает, что согласно Монреальского протокола такие субъекты не освобождаются от ответственности, и будут нести ответственность за любые неблагоприятные последствия, связанные с выбором горючих хладагентов для использования в не предназначенном для этого оборудовании.



Рисунок 7: Обслуживание крышной системы

Использование в новом холодильном, кондиционерном оборудовании и тепловых насосах

Практическое использование ГХФУ и различных альтернативных хладагентов можно обобщить на основании различных критериев отбора и компромиссных решений. В таблице 2 приведены существующие или потенциальные направления использования конкретных хладагентов.

Из таблицы видно, что альтернативные хладагенты, обладающие свойствами, требующими дополнительных мер безопасности, уже используются (отчасти) или могут быть использованы во всех секторах и подсекторах.

Таблица 2: Использование хладагентов по секторам

Сектор/ подсектор	ГХФУ-22	ХФУ-32	ГХФУ-123	ГФУ-152a	УВ-290	R-410A	R-444A	R-444B	R-445A	R-446A	R-447A	R-451A	R-451B	R454A	R454B	УВ-600a	R-717	R-744	ГФУ-1234yf	ГФУ-1234ze(E)	УВ-12/70	
Бытовое холодильное оборудование																						
– Холодильники и морозильники						п	п			п	п				и				п	п		
– Торговое холодильное оборудование																						
– Автономное оборудование			и	и		п	п			п	п				и		и	п	п	и		
– Оборудование с выносным холодом	и	п		и	и	и	п	п		п	п	п	п	п	п				и	п		и
– Системы централизованного холодоснабжения	и			[И]	[И]			п									[И]	и			[И]	
– Транспортные (мобильные) холодильные системы	и	п		п	п	и	п	п		п	п	п	п	п	п				и	п		п
– Холодильное оборудование большой производительности	и	п		и	и			п		п	п				п	п		и	и			и
Кондиционерное оборудование и тепловые насосы																						
– Автономное кондиционирование воздуха малой производительности	и			и	и	и	п	п				п	п							п		и
– Мини сплит-системы (без воздуховода)	и	и		и	и	и		п		п	п				п	п						и
Мульти сплит-системы	и	п				и		п		п	п				п	п						
– Сплит-системы (канальные)	и	п				и		п		п	п				п	п			и			
– Канальные сплит-системы и моноблочные установки	и	п		[И]	[И]	и		п		п	п				п	п			и			[И]
– Тепловые насосы для нагрева воды	и			и	и	и	п	п	п			п	п				п	и	и	п	п	и
– Тепловые насосы для отопления помещений	и	п		и	и	и	п	п	п	п	п	п	п	п	п	п		и	и	п	п	и
Чиллеры																						
– С компрессором	и	п		и	и	и	п	п	п	п	п	п	п	п	п	п		и	и	п	и	и
– С центробежным компрессором			и				п													п	п	
Транспортные кондиционеры																						
– Автомобильные кондиционеры				п	п		п	п				п	п						и	и		п
– Кондиционеры для крупногабаритных транспортных средств (общественный транспорт)	и	п				и	п	п	п	п	п	п	п	п	п				и	и		

Символы: **И** – текущее использование в промышленных масштабах

п – потенциальное использование в будущем
[] – вещество используется в другой системе

Оценка работы систем

Для обеспечения безопасности использования оборудования на протяжении всего срока его эксплуатации, как для населения, так и для персонала, важно проводить оценку каждого этапа эксплуатации: основные из них приведены на рисунке 8.

Слева на рисунке приведены ключевые этапы жизненного цикла оборудования, от разработки до демонтажа. В центральной колонке приведены примеры, касающиеся персонала, задействованного на этих этапах. Справа приведены примеры видов деятельности, для выполнения которых персонал должен быть компетентным, чтобы обеспечивать высокий уровень безопасности. Весь

указанный персонал должен знать свои обязанности, а руководители должны следить за тем, чтобы работники были осведомлены о своих обязанностях. Кроме того, очевидным является тот факт, что действия, предпринимаемые персоналом на каком-либо этапе эксплуатации оборудования, обычно имеют последствия на последующих этапах его эксплуатации.

В целом, поскольку основная часть жизненного цикла оборудования приходится на этап его использования, в этот период негативные последствия для безопасности наиболее существенны.



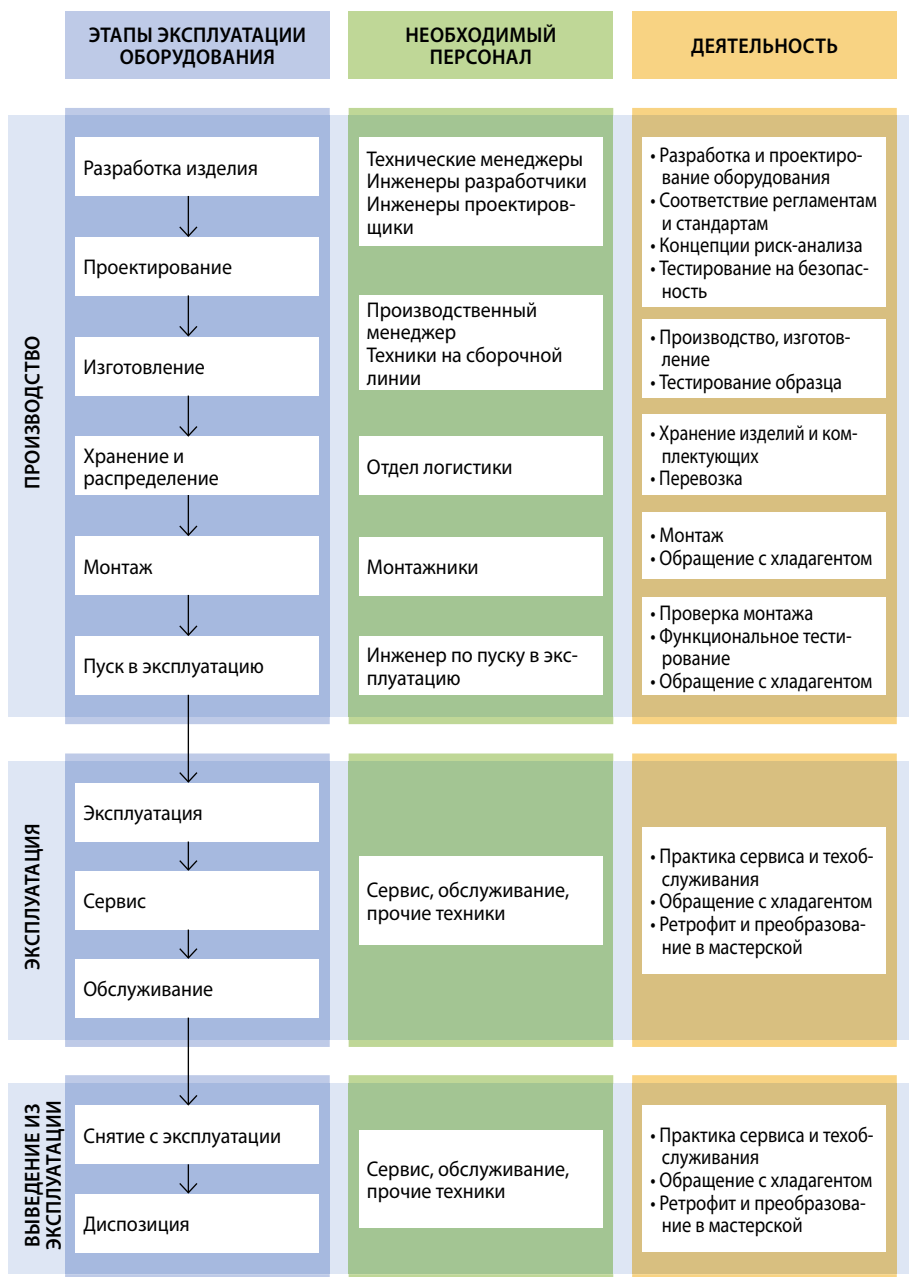


Рисунок 8. Основные этапы периода жизни оборудования, необходимый основной и дополнительный персонал, который может потребоваться для выполнения работ

Многие виды работ повторяются на разных этапах жизненного цикла оборудования, и это означает, что большинство задействованного персонала должно быть ознакомлено с техническими аспектами, связанными с разными видами работ. Например, весь персонал, участвующий в производстве, монтаже, обслуживании, ремонте и выводе из эксплуатации, должен быть ознакомлен с надлежащими практиками работы с хладагентами. Кроме того, весь персонал, участвующий в разработке, монтаже, вводе в эксплуатацию, обслуживании и ремонте, должен быть ознакомлен с требованиями безопасности в пределах их обязанностей. Таким образом, многие работы на разных этапах жизненного цикла оборудования связаны между собой.

В целом, при подготовке эксплуатационной и технической документации для обеспечения каждого этапа жизненного цикла оборудования, в целях обеспечения необходимого уровня безопасности, необходимо принимать во внимание следующие рекомендации:

- для помощи персоналу, задействованному на разных этапах жизненного цикла, будет полезно предоставить краткие, простые руководства, инструкции и т.д. по каждому виду деятельности, который они должны выполнять. Необходимо обеспечить, чтобы они были понятными и коллегально отрецензированными.

- необходимо обеспечить надлежащую, как теоретическую, так и практическую подготовку привлеченного персонала.
- необходимо изучить дополнительную литературу, руководства, инструкции, отраслевые рекомендации, документацию производителей, информацию поставщиков хладагентов и т. д., а также оригиналы правил и стандартов безопасности для гарантированного обеспечения использования корректной информации.⁵
- необходимо разработать и внедрить систему обмена информацией между персоналом, задействованным на разных этапах жизненного цикла оборудования. Благодаря такому обмену информацией, например, данными, полученными на местах, а также от техников и т.д. об утечках, сбоях в работе оборудования и отдельных компонентов, проблемах с ремонтом, мелких или крупных авариях и т. д. можно будет значительно повысить уровень безопасности в будущем.

Наконец, в инструкциях невозможно предусмотреть все ситуации, которые могут возникнуть, или все особенности различных типов оборудования. Поэтому важно, чтобы персонал понимал принципы, лежащие в основе правил, и таким образом мог адаптировать их к новому оборудованию или непредвиденным ситуациям.

5 см. Раздел «Дополнительная литература» на стр. 41

3 | Безопасное использование хладагентов



Обзор существующих рисков

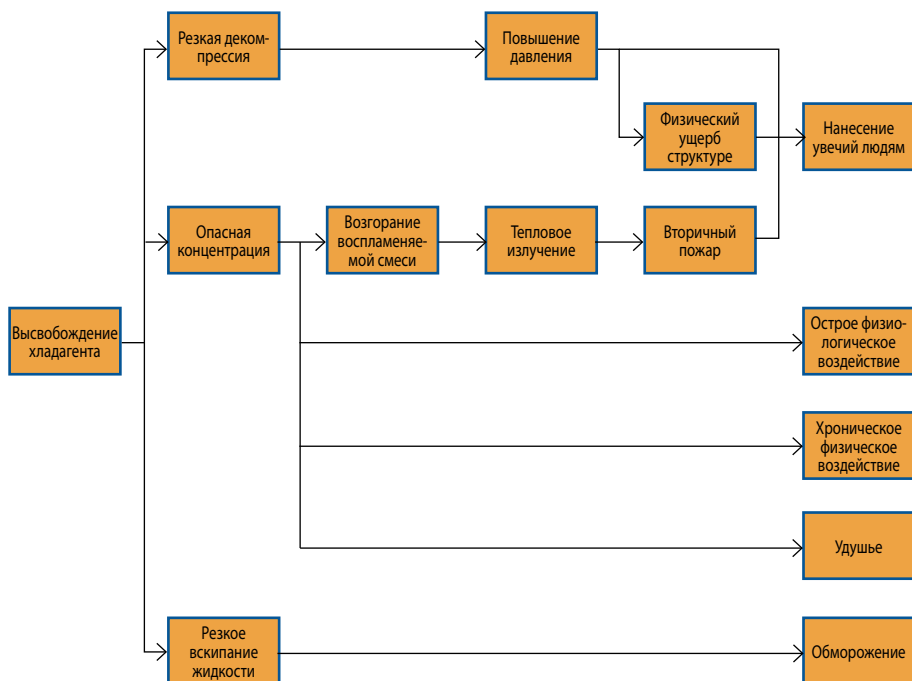
Все хладагенты представляют определенную угрозу безопасности из-за:

- асфиксии, которая наступает в связи с вытеснением кислорода, которое вызывает удушье
- обморожения, которое возникает при контакте холодного хладагента с кожей
- острого (например, потеря чувствительности, сердечная сенсibilизация) и хронического (например, поражение печени) токсического эффекта
- горючести и взрывоопасности, при которой хладагент быстро сгорает при воспламенении
- давления (выпуска), при котором от быстрого выделения газа возникает ударная волна

Риск, связанный с использованием хладагентов, может рассматриваться в контексте

первичных и вторичных последствий, представленных на рисунке 9. Фактически, выпуск хладагента может повлечь за собой ряд негативных последствий и нанести ущерб людям и имуществу. Последствия зависят от типа вещества и условий выпуска.

При внедрении и потенциально широком использовании горючих, обладающих повышенной токсичностью и/или работающих при повышенном давлении хладагентов, анализ вопросов безопасности становится особенно актуальным. Соответственно, следует уделять больше внимания правилам безопасности, регламентам и надлежащим практикам, которые непосредственно относятся к хладагентам, обладающим этими свойствами.



Существующие классификации хладагентов по опасности

Наиболее широко используемой классификацией веществ является разработанная ООН система классификации опасных грузов. Веществам присваивается буквенно-цифровое обозначение, связанное с их состоянием и безопасностью. В зависимости

от классификации вещества существуют общие правила, касающиеся обращения, маркировки и других аспектов. Пример систем классификации отдельных хладагентов приведен в таблице 3.

Номер, обозначающий состояние	Состояние	Индекс опасности	Опасность	Примеры
2	Сжиженный газ (под давлением)	A	Негорючий	ГХФУ-22, R-744
		F	Горючий	УВ-290, ГФУ-32
		TC	Токсичный и коррозионный	R-717

Таблица 3. Примеры классификации опасных веществ в соответствии с системой ООН

В холодильной промышленности применяется другая классификация, в рамках которой большинству хладагентов присваивается класс безопасности, который относится к токсичности и горючести. Система классификации описывается стандартами, например стандартом ISO 817.⁶

Классификация токсичности основывается на проявлении токсичности вещества при определенной его концентрации. Существует два класса токсичности:

- **Класс А:** продолжительный токсический эффект отсутствует при концентрации в воздухе ниже 400 ppm
- **Класс В:** продолжительный токсический эффект наблюдается при концентрации в воздухе ниже 400 ppm

Класс воспламеняемости определяется в зависимости от результатов стандартных испытаний на воспламеняемость, нижнего концентрационного предела воспламенения (LFL) и теплоты сгорания. В настоящее время существует четыре класса воспламеняемости (в соответствии со стандартом ISO 817):

- **Класс 1:** без распространения огня при испытании на воздухе при 60°C и стандартном атмосферном давлении
- **Класс 2L:** низкая воспламеняемость, по сравнению с классом 2; скорость ламинарного пламени менее 0,10 м/с
- **Класс 2:** воспламеняемость при испытании при 60°C и атмосферном давлении, при этом нижний концентрационный предел воспламенения (LFL) более 3,5% об. и теплота сгорания менее 19 000 кДж/кг
- **Класс 3:** высокая воспламеняемость при испытании при 60°C и атмосферном давлении, при этом нижний концентрационный предел воспламенения (LFL) равен или выше 3,5% об. и теплота сгорания равна или выше 19 000 кДж/кг

Как правило, более высокий класс токсичности (класс В, вместо класса А) и воспламеняемости (класс 3, вместо класса 1) означает более высокие требования к конструкции холодильного оборудования, обусловленные высоким риском, связанным с использованием хладагента (рисунок 10).



6 Стандарт Международной организации по стандартизации (ISO) 817:2007 «Хладагенты - обозначение и классификация безопасности»

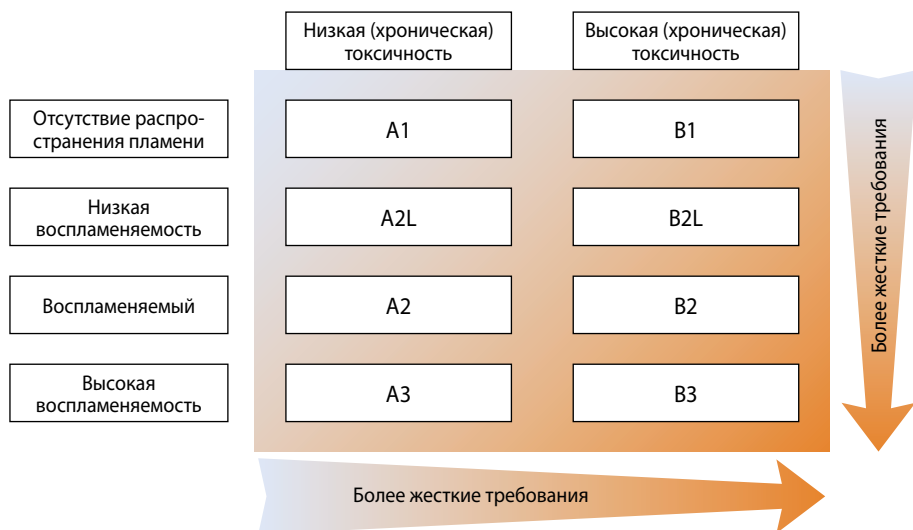


Рисунок 10. Классификация безопасности хладагентов в соответствии с ISO 817 и влияние на требования безопасности

Кроме буквенно-цифрового обозначения существуют три других параметра, которые определяются для каждого хладагента и помогают выбрать приемлемый объем заправки хладагента при заданных условиях (в зависимости от типа и способа монтажа холодильного оборудования).

- **Нижний предел воспламеняемости:** обычно применяется для хладагентов в качестве ограничения объема хладагента, который может быть выпущен в помещение или замкнутое пространство, и представляет собой наименьшее количество вещества, которое может гореть при наличии активного источника воспламенения.
- **Предел допустимой концентрации (ATEL):** может применяться для всех хладагентов в качестве ограничения объема хладагента, который может быть выпущен в помещение или замкнутое пространство, и представляет собой наименьшее количество вещества, которое может ока-

зать значительное токсическое действие на человека.

- **Практический предел (PL) и предел концентрации в помещении (RCL):** это еще одна мера обеспечения безопасности применения хладагентов, которая представляет собой уровень максимальной концентрации вещества в помещении, который не приведет к каким-либо нарушениям работы нервной системы (острым). Таким образом, это «минимально опасная» концентрация хладагента согласно коэффициенту безопасности. Для хладагентов классов A1, B и иногда A2L, практический предел (PL) и предел концентрации в помещении (RCL) обычно основываются на показателе предела допустимой концентрации (ATEL), а для хладагентов классов A2 и A3 – на нижнем концентрационном пределе воспламенения (LFL).

Классификация холодильных систем, вариантов размещения и помещений

Использование конкретного хладагента обусловливается характеристиками холодильной системы, окружающими условиями, а также допустимым объемом заправки хладагента в соответствии с общими стандартами безопасности (например, EN 378⁷, ISO 5149⁸). Существуют различные конструкции холодильных систем, варианты размещения компонентов системы и типы помещений.

Основные конструкции холодильных систем можно разделить на два типа: «непосредственного» и «косвенного» (с промежуточным хладоносителем) действия (в зависимости от объекта охлаждения или нагрева). При использовании системы непосредственного действия компоненты, содержащие хладагент, располагаются в помещении, которое подлежит охлаждению или нагреву (в холодильной камере, прилавке-витрине или кондиционируемом помещении), и в случае утечки хладагент может беспрепятственно попасть в охлаждаемое или нагреваемое пространство. В системах с промежуточным хладоносителем для передачи тепла между

охлаждаемым пространством и первичным контуром хладагента в качестве рабочего тела используется вода, рассол или гликоль; при этом, в случае утечки, существует лишь небольшая вероятность попадания хладагента в охлаждаемое или нагреваемое пространство, поэтому уровень риска, как правило, ниже.

На рисунке 11 приведены отдельные примеры систем непосредственного действия. Схема (a) может быть сплит-системой кондиционирования воздуха или холодильной камерой, схема (b) может быть витриной-холодильником, подключенной к внешнему конденсатору, схема (c) может быть канальной системой кондиционирования воздуха и схема (d) может быть включаемым в стационарную электросеть холодильным шкафом или мобильным кондиционером. Все схемы предусматривают наличие трубопроводов хладагента и/или деталей системы, содержащих хладагент, из которых может произойти утечка хладагента непосредственно в помещении.

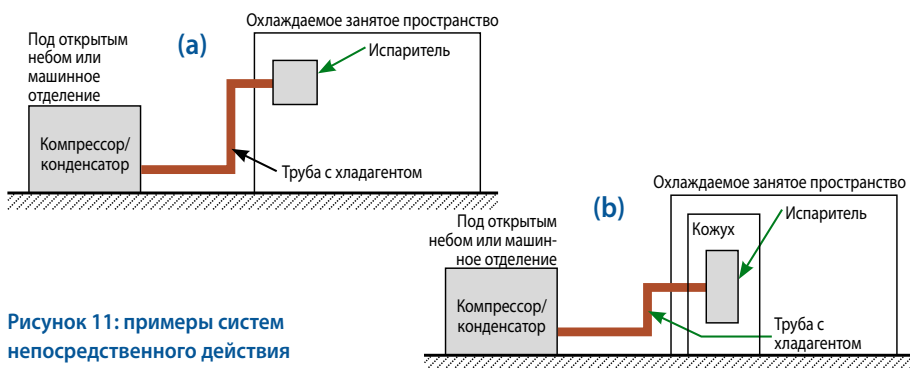


Рисунок 11: примеры систем непосредственного действия

7 Стандарт EN 378 «Холодильные системы и тепловые насосы – требования безопасности и охраны окружающей среды»

8 Стандарт ISO 5149 «Холодильные системы и тепловые насосы – требования безопасности и охраны окружающей среды»

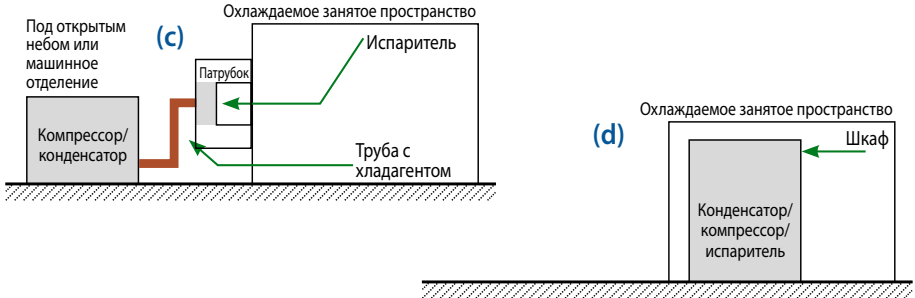


Рисунок 11: примеры систем непосредственного действия (продолжение)

На рисунке 12 приведены примеры систем с промежуточным хладагентом. Схема (e) может быть холодильным складом с рассольным охлаждением или системой кондиционирования воздуха с водяным охлаждением, а схема (f) может быть системой кондиционирования воздуха со змеевиком

с охлаждающей водой в центральном кондиционере. В обоих случаях трубопроводы хладагента или другие части контура не находятся непосредственно в занимаемом помещении, поэтому вероятность попадания хладагента в помещение в случае утечки крайне мала.

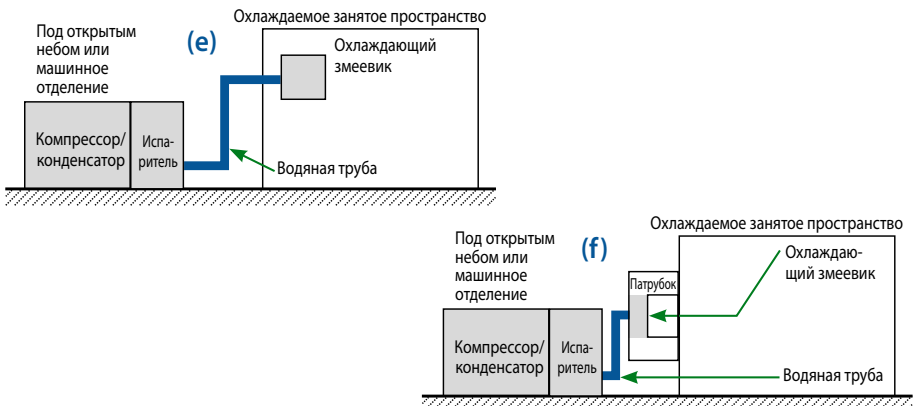


Рисунок 12: примеры систем с промежуточным хладагентом

«Размещение» систем означает предполагаемое использование пространства и уровень знания техники безопасности присутствующими в помещении. Существует четыре категории размещения:

- **Общественные помещения («общее» размещение):** «Категория А» - например, торговые площади в магазинах и части залов с открытым доступом
- **Частные помещения («контролируемое» размещение):** «Категория В» - например, офисы
- **Помещения с ограниченным доступом («авторизованное» размещение):** «Категория С» - например, мастерские, холодильные склады и т.д.
- **Помещения без постоянного присутствия человека** - например, машинные отделения и помещения с санкционированным доступом.

В помещениях Категории А уровень риска выше, поскольку в них может находиться неконтролируемое количество людей, большинство из которых не имеют представле-

ния о технике безопасности в случае чрезвычайной ситуации, поэтому требования к таким помещениям, как правило, более строгие. При этом, к помещениям с ограниченным доступом, в которых (как правило) находится лишь небольшое количество лиц с необходимым уровнем доступа, имеющих высокий уровень знаний техники безопасности, требования менее строгие.

На рисунке 13 вышеизложенная информация представлена схематично. «Более строгие» требования касаются обязательств по проектированию и изготовлению холодильного оборудования, которые могут включать в себя требования относительно:

- предельного объема заправки хладагента в системе
- количества предохранительных устройств (предохранительных клапанов, реле давления и температурных ограничителей), которые необходимо встроить в систему
- наличия дополнительных функций, таких как газообнаружение и механическая система вентиляции.

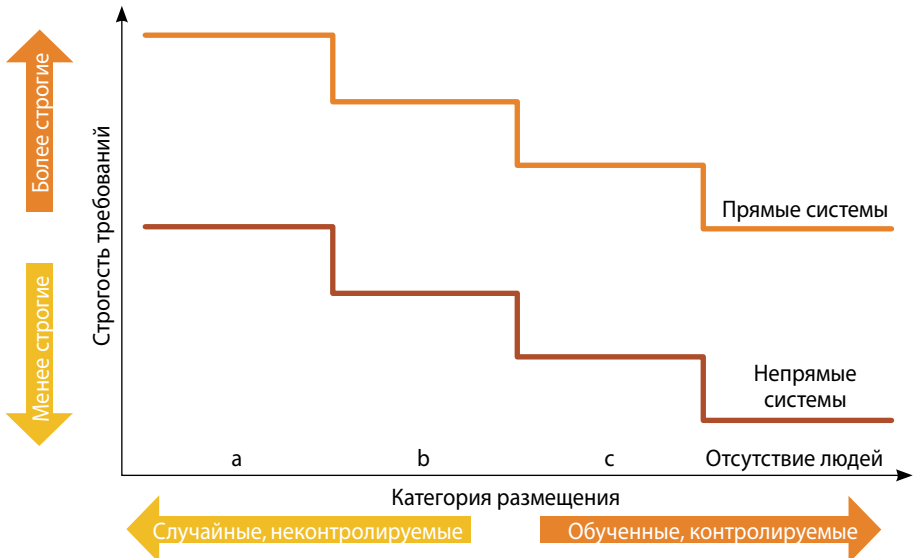


Рисунок 13. Строгость требований безопасности в разрезе категорий размещения и типов систем

Регламенты, стандарты безопасности и рекомендации⁹

В каждой стране существует большое количество регламентов, стандартов безопасности, норм практики и отраслевых руководств, которые помогают обеспечить безопасное использование горючих, более токсичных и работающих под более высоким давлением хладагентов. В Разделе «Дополнительная литература» (стр. 41) представлен расширенный список доступных публикаций.

Национальные и региональные регламенты являются руководящими с точки зрения специальных требований в сфере использования, конструкций и монтажа оборудования. Учитывая разнообразие стран статьи 5 Монреальского протокола, невозможно обобщить конкретные регламенты. Однако в большинстве регионов существуют регламенты, охватывающие следующие вопросы:

- безопасное использование и применение горючих веществ
- безопасное обращение с горючими веществами

- безопасная разработка и использование оборудования при повышенном давлении
- характеристика и контроль токсичных веществ.

Как правило, такие регламенты обеспечивают основу для оценки опасностей и снижения риска, и содержат только базовые практические требования, согласно которым оборудование должно быть «безопасным»; такая формулировка позволяет использовать новые вещества и установки, а также, по мере необходимости, новые технологические разработки. Поскольку большинство хладагентов работают под давлением, имеют некоторую степень токсичности, а также являются горючими, очевидной является необходимость анализа и учета большинства вышеупомянутых регламентов.

Следующий уровень включает в себя разработку стандартов безопасности (и отраслевых норм практики) для обеспечения более практического толкования положений



⁹ Для получения дополнительной информации см. http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/7679-e-International_Standards_in_RAC.pdf

регламентов. Иногда стандарты разрабатываются для конкретных типов оборудования или направлений использования (так называемые «вертикальные стандарты»), в то время как остальные стандарты носят более общий характер («горизонтальные стандарты»). Стандарты безопасности разрабатываются на международном (например, стандарты ISO, IEC), региональном (например, стандарты EN в Европе) и национальном уровнях. Часто между стандартами аналогичной области применения прослеживаются параллели или соответствие на вышеупомянутых уровнях; при этом некоторые страны могут принимать требования, отличающиеся от принятых на международном уровне. Основные международные и региональные стандарты, касающиеся проектирования и изготовления оборудования в соответствии с выбором хладагента, перечислены в таблице 4 вместе с соответствующими секторами использования.

Все упомянутые стандарты содержат основные требования, касающиеся использования горючих, более токсичных и работающих под более высоким давлением хладагентов (приведены в таблице 5). В целом, эти требования предназначены для смягчения потенциально более высокого риска для безопасности, связанного с использованием альтернативных хладагентов.

Стандарт безопасности - это, в первую очередь, набор руководящих принципов, которые были разработаны и согласовывались на консенсусной основе представителями, как правило, небольшого числа заинтересованных предприятий в течение нескольких лет. Следовательно, в опубликованных требованиях могут не учитываться (и часто не учитываются) новейшие технологии, а также может отдаваться предпочтение определенным технологиям, используемым предприятиями, участвующими в процессе согласования. Кроме того, стандарты постоянно

Таблица 4. Область применения международных и региональных стандартов безопасности холодильных систем

Сектор	IEC 60335-2-24 ¹⁰	IEC 60335-2-40 ¹¹	IEC 60335-2-89 ¹²	ISO 5149	ISO 13043 ¹³	EN 378
Бытовое холодильное оборудование	×					
Торговое холодильное оборудование			×	×		×
Промышленное холодильное оборудование				×		×
Транспортные (мобильные) холодильные системы				×		×
Воздухо-воздушные кондиционеры		×		×		×
Водонагревательные тепловые насосы		×		×		×
Чиллеры		×		×		×
Транспортные кондиционеры					×	

10 Стандарт IEC 60335-2-24 «Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Частные требования к холодильным приборам, морозилкам и устройствам для производства льда».

11 Стандарт IEC 60335-2-40 «Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Частные требования к электрическим тепловым насосам, воздушным кондиционерам и осушителям».

12 Стандарт IEC 60335-2-89 «Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Частные требования к торговому холодильному оборудованию со встроенным или дистанционным узлом конденсации хладагента или компрессором».

13 Стандарт ISO 13043 «Дорожный транспорт – холодильные установки, используемые в мобильных системах кондиционирования воздуха - Требования безопасности».

Таблица 5. Основные меры, которые необходимо принять при использовании более токсичных, работающих под более высоким давлением и/или горючих веществ

Горючесть	Более высокая токсичность	Более высокое давление
<ul style="list-style-type: none"> • Более строгие ограничения по объему заправки хладагента в оборудовании, которое находится в помещениях, где работает персонал • Использование систем газообнаружения, сигнальных устройств и аварийной вентиляции • Запрещение использования предметов, которые могут послужить источником воспламенения • Использование предупредительной сигнализации/указателей 	<ul style="list-style-type: none"> • Более строгие ограничения по объему заправки хладагента в оборудовании, которое находится в помещениях, где работает персонал • Ограниченное использование в густонаселенных районах • Использование систем газообнаружения, сигнальных устройств и аварийной вентиляции • Обеспечение средств индивидуальной защиты 	<ul style="list-style-type: none"> • Использование более плотных материалов/труб и компонентов, рассчитанных на более высокое давление • Использование дополнительных предохранительных клапанов и/или ограничителей давления • Более высокий уровень компетентности персонала, задействованного в изготовлении компонентов и установок

совершенствуются, и требования также со временем меняются, что в большинстве случаев учитывается. В силу указанных причин заинтересованные стороны, использующие такие стандарты, должны внимательно изучать их, и при необходимости проводить экспертизу для принятия надлежащих мер.

Отраслевые структуры, такие как технические институты и ассоциации, часто разрабатывают практические руководства и технические регламенты по безопасности. Они, как правило, содержат практическое толкование требований регламентов, и в опре-

деленной мере стандартов безопасности, и особенно полезны, когда официальные источники содержат ошибки (на исправление которых, из-за бюрократических процедур, может уйти много лет) или неточности, которые нуждаются в четкой интерпретации для отраслевых специалистов. Кроме того, информация также может быть адаптирована к местным условиям и практике, и предлагать альтернативные решения для обеспечения уровня безопасности, требуемого регламентами, но не предусмотренного стандартами безопасности.



4 | Детальный анализ хладагентов



Важные аспекты различных видов деятельности

Поскольку альтернативные хладагенты создают дополнительные риски для безопасности по сравнению с обычными хладагентами, необходимо соблюдать иные принципы их использования или принимать дополнительные меры предосторожности. В таблице 6 приведен перечень некоторых альтернативных хладагентов и их основных параметров безопасности, таких как класс безопасности, давление насыщения, нижний концентрационный предел воспламенения (LFL), предел допустимой концентрации (ATEL) и практический предел (PL), которые демонстрируют основные отличия от ГХФУ-22.

Очень важно учитывать эти «новые значения» параметров на протяжении всего срока использования хладагента.

В зависимости от этапа использования холодильного оборудования существуют различные меры, принятие которых особенно важно при работе с некоторыми альтернативными хладагентами. В таблице 7 приведена сводная информация о некоторых важных мерах, которые необходимо планировать и принимать для минимизации дополнительных рисков, связанных с переходом на горючие, более токсичные или работающие под более высоким давлением хладагенты.

Особое значение имеют аспекты, связанные с оценкой рисков, требованиями к конструкции систем, герметичности систем¹⁴, темами для обучения, инструментами и оборудованием, используемыми техниками-холодильщиками (более подробно рассматриваются

¹⁴ К полезным стандартам относится EN 15834 «Холодильные системы и тепловые насосы. Оценка герметичности компонентов и соединений».

далее). Стандарты, в частности EN 13313¹⁵, помогают определить критерии компетентности для обучения специалистов, выполняющих различные задачи.

Таблица 6: Данные о безопасности отдельных хладагентов¹⁶

Хладагент	Класс безопасности (ISO 817)	Давление насыщения при 25°C (бар, абс.)	LFL в % по объему содержания в воздухе (и г/м ³)	ATEL в % по объему содержания в воздухе (и г/м ³)	PL в % по объему содержания в воздухе (и г/м ³)
ГХФУ-22	A1	10.4	Нет	5.9% (209)	5.9% (209)
ГФУ-32	A2L	16.9	14.4% (306)	22% (468)	2.9% (61)
ГХФУ-123	B1	0.9	Нет	0.9% (57)	0.9% (57)
ГФУ-134a	A1	6.7	Нет	5.0% (210)	(250)
ГФУ-152a	A2	6.0	4.8% (130)	5.0% (140)	1.0% (27)
УВ-290	A3	9.5	2.1% (38)	5% (90)	0.4% (8)
R-404A	A1	12.5	Нет	13.0% (520)	13.0% (520)
R-407C	A1	11.9	Нет	8.8% (310)	8.2% (290)
R-410A	A1	16.6	Нет	14.8% (440)	14.2% (420)
R-444A*	A2L	7.1	7% (290)	6% (270)	1.4% (60)
R-444B*	A2L	10.6	7% (180)	8% (200)	1.4% (40)
R-445A*	A2L	7.4	8% (340)	6% (250)	1.5% (70)
R-446A*	A2L	13.7	8% (180)	3% (60)	1.6% (40)
R-447A*	A2L	13.8	9% (220)	11% (260)	1.9% (50)
R-451A*	A2L	6.8	7% (320)	9% (420)	1.4% (60)
R-451B*	A2L	6.8	7% (320)	9% (410)	1.4% (60)
R454A*	A2L	9.3	8% (290)	12% (470)	1.5% (60)
R454B*	A2L	12.8	10% (300)	16% (470)	2.0% (60)
УВ-600a	A3	3.5	1.8% (43)	2.9% (69)	0.4% (9)
R-717	B2L	10.0	16.7% (116)	0.03% (0.2)	0.03% (0.2)
R-744	A1	64.3	Нет	4.0% (72)	4.0% (72)
ГФУ-1234yf	A2L	6.8	6.2% (289)	10% (466)	1.2% (58)
ГФУ-1234ze(E)	A2L	5.0	6.5% (303)	5.9% (275)	1.3% (61)
УВ-1270	A3	11.5	2.7% (46)	0.1% (2)	0.5% (9)

* Данные об этих новых смесях официально не опубликованы, поэтому LFL, ATEL и PL были выражены приближенно и округлены

15 Стандарт EN 13313: 2008 «Холодильные системы и тепловые насосы. Компетентность персонала». См. Приложение (стр. 42) в котором приведены данные о безопасности большинства имеющихся на рынке хладагентов.

Важно, чтобы обращение с альтернативными хладагентами сопровождалось применением дополнительных мер безопасности.



Таблица 7. Основные аспекты, связанные с использованием горючих, более токсичных и работающих под более высоким давлением хладагентов

Вид деятельности	Важные аспекты
Разработка системы	<ul style="list-style-type: none"> Осведомленность о необходимости включения компонентов для снижения риска воспламенения/токсичности/давления Оценка риска воспламенения/токсичности/высокого давления Проверка безопасности
Проектирование	<ul style="list-style-type: none"> Соблюдение регламентов, стандартов (недопущение выпуска горючих веществ, утечек, источников возгорания) Утверждение независимой организацией
Изготовление	<ul style="list-style-type: none"> Надлежащее хранение хладагента, станции заправки, обнаружение утечек, система обеспечения безопасности на производстве Наличие надлежащих деталей и компонентов (например, безопасного электрооборудования) Обеспечение соответствующей подготовки персонала
Хранение и сбыт	<ul style="list-style-type: none"> Оценка соответствия транспортировки Оценка соответствия складского хранения Надлежащая маркировка/предупредительные надписи на упаковке
Монтаж	<ul style="list-style-type: none"> Наличие у техников надлежащего инструмента и оборудования для работы с хладагентом Обеспечение соответствующей подготовки техников-холодильщиков Разработка и соблюдение процедур безопасного ведения работ
Ввод в эксплуатацию	<ul style="list-style-type: none"> Обеспечение соответствующей подготовки инженеров Проверка герметичности и опрессовка Проверка предохранительных систем (детекторов газа, газообнаружение, аварийной вентиляции и сигнальных устройств)
Использование	<ul style="list-style-type: none"> Функциональность газообнаружения, аварийной вентиляции и сигнальных устройств систем большой производительности Конструкция и монтаж всех систем должны быть безопасными
Обслуживание	<ul style="list-style-type: none"> Обеспечение соответствующей подготовки техников-холодильщиков Наличие у техников надлежащего инструмента и оборудования для работы с хладагентом Разработка и соблюдение процедур безопасного ведения работ
Ремонт	<ul style="list-style-type: none"> Обеспечение соответствующей подготовки техников-холодильщиков Наличие у техников надлежащего инструмента и оборудования для работы с хладагентом Разработка и соблюдение процедур безопасного ведения работ
Вывод из эксплуатации	<ul style="list-style-type: none"> Обеспечение соответствующей подготовки техников-холодильщиков Наличие у техников надлежащего инструмента и оборудования для работы с хладагентом Разработка и соблюдение процедур безопасного ведения работ Соблюдение надлежащих и безопасных процедур вентиляции, при необходимости
Утилизация	<ul style="list-style-type: none"> Уведомление предприятия по утилизации об остаточном потенциально огнеопасном газе Надлежащая маркировка/предупредительные надписи на упаковке

Аспекты безопасности использования горючих хладагентов

Существует целый ряд старых и недавно разработанных горючих хладагентов. В Таблице 6 (стр. 23) перечислены основные данные о безопасности ныне используемых горючих хладагентов, а также некоторых хладагентов, которые изучаются перед выходом на рынок. Хотя горючие хладагенты многочисленны – степень их воспламеняемости изменяется в широком диапазоне. Можно видеть, что у некоторых из этих веществ относительно низкий нижний концентрационный предел воспламенения (LFL), например,

у УВ-290 нижний предел воспламеняемости 38 г/м³, а у других, например, ГФУ-1234yf он значительно выше, и составляет 289 г/м³. Существуют и другие характеристики воспламеняемости, например, минимальная энергия воспламенения, теплота сгорания и скорость горения, влияющие на легковоспламеняемость вещества и тяжесть последствий возгорания; все они в целом пропорциональны нижнему концентрационному пределу воспламенения (LFL).

Общая оценка риска

Риск возможного возгорания огнеопасной концентрации возникает в случае всех горючих хладагентов.

Возгорание вызывает незащищенный источник возгорания, скажем, электрическая искра, открытое пламя, очень горячая поверхность или иное событие, создающее достаточную энергию. Возгорание может случиться, когда хладагент вытекает и смешивается с воздухом в соответствующих пропорциях, т.е. между нижним и верхним пределами воспламеняемости. В зависимости от конструкции оборудования возгорание может возникнуть в охлаждаемом помещении, внутри корпуса оборудования, в других помещениях, где расположены трубы

или компоненты оборудования, или на открытом воздухе. К первоначальным последствиям относятся повышение давления («избыточное давление»), тепловое излучение и образование токсичных продуктов распада (в случае горючих ГФУ). В зависимости от условий, дальнейшие последствия могут включать в себя повреждение имущества и травматизм, возникновение вторичного пожара и токсическое воздействие продуктов распада на людей. На рисунке 14 представлены основные этапы оценки риска воспламенения. Обратите внимание, что недостаточно оценить риск, необходимо также определить и внедрить меры по снижению риска, чтобы избежать или минимизировать вероятность нежелательных последствий.



Рисунок 14. Основные этапы оценки риска воспламенения

Требования к проектированию холодильных систем

В случае горючих хладагентов соответствующие требования к проектированию (превышающие обычные требования к обычным хладагентам) можно найти в регламентах, стандартах, практических руководствах и промышленных директивах. В этих источниках описаны следующие основные вопросы, требующие решения:

- ограничение количества хладагента до объема, воспламенение которого маловероятно (т. е., ограничение объема заправки хладагента)
- проектирование системы и комплектующих под малые объемы заправки хладагента
- отказ от монтажа оборудования в уязвимых местах (где есть избыток потенциальных источников возгорания)
- гарантия высокой герметичности систем
- конструирование системы таким образом, чтобы не было потенциальных источников возгорания, от которых может загореться протекший хладагент (например, отсутствие искрящих компонентов, где может скапливаться протекший хладагент)
- более частое применение детекторов газа и вентиляционных систем для рассеивания протекшего хладагента
- применение необходимых предупредительных надписей на доступных компонентах системы, чтобы техники знали об опасности (например, маркировка «огнеопасный газ» близ точек заправки)
- включение необходимых сведений о воспламеняемости в документацию по монтажу и эксплуатации

В таблице 8 приведены примеры ограничения объема заправки на основании выбранных условий использования различных горючих хладагентов (с учетом того, что разные стандарты и директивы предусматривают разные ограничения объема заправки). Можно видеть, что для хладагентов с более высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (LFL) допускается больший объем заправки (в холодильном контуре), чем для хладагентов с более низким LFL. В случае, когда необходим больший объем заправки хладагента, в конструкции системы могут быть предусмотрены дополнительные функции, ограничивающие количество выпускаемого хладагента или его концентрацию в случае утечки. Например, использование запорных клапанов в контуре, которые запускаются детекторами газа

или автоматикой защиты и предотвращают утечку хладагента. Аналогичным образом, детекторы газа или другая автоматика могут использоваться для активации воздушного потока для рассеивания протекшего хладагента, чтобы его концентрация не достигла нижнего предела воспламеняемости. Кроме того, системы большой производительности можно разделить на системы меньшей производительности с меньшим объемом заправки хладагента. Такие меры могут позволить более широко применять горючие хладагенты. Для систем, монтируемых на открытом воздухе или в машинных отделениях, ограничения объема заправки хладагента обычно не предусмотрены. Стандарты, например EN 1127-1¹⁷, могут быть полезны при проектировании систем, в которых используются горючие хладагенты.

Основная тематика обучения

Как упоминалось ранее, весь персонал, задействованный на всех этапах использования оборудования на протяжении срока его эксплуатации, должен пройти обучение: работники завода, инженеры по системотехнике и техники на местах, по ряду тем (в дополнение к общим вопросам безопасности использования всех хладагентов). В таблице 9 представлен примерный перечень общих тем, по которым проводится обучение пер-

сонала, задействованного в использовании и обращении с горючими хладагентами. Как правило, весь персонал должен пройти обучение основным принципам работы, тогда как отдельные темы могут быть более актуальны для специалистов, участвующих в разработке и проектировании оборудования или обращении с хладагентами во время монтажа, обслуживания, ремонта и т. д. обслуживания.

17 Стандарт EN 1127-1 «Взрывоопасная атмосфера – предотвращение взрыва и защита. Основные понятия и методика».

Таблица 8. Примеры значений испытательного давления и объемов заправки для отдельных хладагентов и помещений в соответствии со стандартом ISO 5149

Класс хладагента	Хладагент	Пример расчетного испытательного давления ^a (бар, абс.)	Допустимый объем заправки для помещения площадью 15 м ² (комфорт) ^b (кг)	Допустимый объем заправки для помещения площадью 15 м ² (общий) ^c (кг)	Максимальный объем заправки для помещений (категория A/B) (кг)	Максимальный объем заправки на открытом воздухе или в машинном отделении	Максимальный объем заправки в вентилируемом помещении (кг)
A1	ГХФУ-22	32	11.3	11.3	PLxRV ^d	Нет ограничений	PLxRV ^d
	ГФУ-134a	22	9.4	9.4			
	R-404A	38	19.5	19.5			
	R-407C	36	11.6	11.6			
	R-410A	50	16.5	16.5			
	R-744	129 ^f	3.8	3.8			
A2L	ГФУ-32	51	1.3 – 4.9	2.3	12 (60 ^e)	Нет ограничений	60
	R-444A	22	1.2 – 4.6	2.2	11 (57 ^e)		57
	R-444B	32	0.7 – 2.5	1.4	7 (36 ^e)		36
	R-445A	22	1.5 – 5.5	2.5	13 (66 ^e)		66
	R-446A	41	0.7 – 2.2	1.4	7 (35 ^e)		35
	R-447A	42	0.9 – 3.3	1.7	9 (43 ^e)		43
	R-451A	21	1.4 – 5.1	2.4	12 (62 ^e)		62
	R-451B	21	1.4 – 5.1	2.4	12 (62 ^e)		62
	R-454A	29	1.2 – 4.6	2.2	11 (57 ^e)		57
	R-454B	39	1.3 – 4.7	2.2	12 (58 ^e)		58
	ГФУ-1234yf	21	1.2 – 4.5	2.2	11 (56 ^e)		56
	ГФУ-1234ze(E)	17	1.3-4.8	2.3	12 (59 ^e)		59
	A2	ГФУ-152a	20	0.5 – 1.7	1.0	3.4	Нет ограничений
A3 ^g	УВ-290	28	0.1 – 0.4	0.3	1.5 / 2.5	Нет ограничений	4.9
	УВ-600a	11	0.1 – 0.4	0.3	1.5 / 2.5		5.6
	УВ-1270	33	0.1 – 0.4	0.3	1.5 / 2.5		6.0
B1	ГХФУ-123	4	2.1	2.1	PLxRV	Нет ограничений	PLxRV
B2L	R-717	34	0.01	0.01	4.5	Нет ограничений	23

a При условии, что температура окружающей среды составляет 46°C, разность температур конденсатора 10 К, индивидуальный тест (в 1,43 раза больше максимального давления конденсатора).

b В зависимости от условий монтажа.

c Высота потолков помещения 2,5 м.

d Для систем с несколькими внутренними теплообменниками в зависимости от обстоятельств может быть разрешен больший объем заправки.

e Для систем с несколькими внутренними теплообменниками.

f В сверхкритических условиях (в транскритическом процессе), давление основывается на расчетном давлении (90 бар) для охладителя газа.

g УВ-хладагенты имеют значительно более низкую плотность, поэтому при одинаковом объеме заправки хладагента холодопроизводительность может быть в 2 - 3 раза выше. Примечание. Допустимый и максимальный объемы заправки рассчитываются на холодильный контур; ограничений по количеству отдельных холодильных контуров в помещении нет.

Примечание. Значения, приведенные в этой таблице, являются ориентировочными, и определение ограничений объема заправки хладагента для конкретных типов систем и мест монтажа оборудования должно основываться на стандарте; значения, приведенные в таблице, не должны применяться в качестве замены стандарта.

Таблица 9. Основная тематика обучения (список не является исчерпывающим)

Темы	Горючие	Более токсичные	Под более высоким давлением
Основные принципы			
• Как выполняется оценка риска воспламенения на системах и установках	X		
• Как выполняется оценка риска токсичности на системах и установках		X	
• Как выполняется оценка риска повышенного давления на системах и установках			X
• Знание паспорта безопасности вещества (материала) (MSDS)	X	X	X
• Характеристики воспламеняемости («огненный треугольник», НКПВ или LFL, энергия воспламенения, теплота сгорания и т.д.)	X		
• Характеристики токсичности (краткосрочные, долгосрочные, физиологические эффекты и т. д.)		X	
• Применимые стандарты безопасности и регламенты, относящиеся к оборудованию, работающему на горючих, высокотоксичных газах и газах под высоким давлением	X	X	X
• Разность в плотности хладагентов по сравнению с обычными хладагентами и последствия для величины объема заправки и заполнения баллонов	X		
• Разность в давлении хладагента по сравнению с обычными хладагентами и последствия для расчетного давления, размеров систем и давления в баллонах			X
• Поведение протекшего хладагента в разных условиях, т. е., поток более/менее плотного газа относительно воздуха в закрытых помещениях, комнатах, снаружи при безветренной погоде или при ветре, и влияние вентиляции	X	X	
Проектирование и конструкция систем			
• Классификация в рамках стандарта безопасности холодильного оборудования: воспламеняемость, токсичность, помещения, участки, типы систем	X	X	X
• Требования стандартов безопасности – определение пределов объема заправки (или минимальных размеров помещения), потребность в предохранительных устройствах (например, ограничители давления, сброс давления и т.д.), детекторы газа, вентиляция и т.д.	X	X	X
• Источники возгорания; типы источников возгорания, энергия искры, воздействие температуры и т.д.	X		
• Потребность в соответствующей защите от потенциальных источников возгорания и ее типы	X		
• Необходимость минимизации утечек и методы пресечения утечки	X	X	X
• Информационные требования, например, маркировка оборудования, ярлыки и знаки	X	X	X

Практика			
• Как выполняется оценка риска для создания и обслуживания безопасного рабочего места и выполнения работ на системе, содержащей горючие хладагенты	X		
• Как выполняется оценка риска для создания и обслуживания безопасного рабочего места и выполнения работ на системе, содержащей хладагенты повышенной токсичности		X	
• Как выполняется оценка риска для создания и обслуживания безопасного рабочего места и выполнения работ на системе, содержащей хладагенты, работающие под высоким давлением			X
• Выбор и применение соответствующих инструментов, оборудования и средств индивидуальной защиты при работе с горючими, более токсичными или работающими под более высоким давлением хладагентами	X	X	X
• Надлежащее применение огнетушителей	X		
• Стандартные процедуры безопасной заправки, сбора, извлечения, проветривания и т.д.	X	X	X
• Порядок реагирования при чрезвычайных ситуациях, например, в случае большого выброса или пожара, оказания первой помощи	X	X	X
• Предоставление нужной информации для табличек с техническими характеристиками, документации к оборудованию и для владельцев/операторов	X	X	
• Выбор соответствующих взаимозаменяемых компонентов для электроприборов, электрощитовых, компрессоров и т.д. и сохранение неприкосновенности опечатанных электрощитовых	X		
• Наличие и отсутствие одоранта	X		
• Ограничения на перемещение существующих систем/оборудования	X	X	X

Инструменты и оборудование

Важно, чтобы техники и инженеры, работающие непосредственно с горючими хладагентами, пользовались доступными и соответствующими инструментами и оборудованием. Несмотря на то, что зачастую определенные инструменты и оборудова-

ние в равной степени применимы для работы с большинством хладагентов, некоторые инструменты могут вызвать риск возгорания. Наиболее соответствующие инструменты и оборудование приведены в таблице 10.



© cm-green



© RDA-eng.com

Рисунок 15. Станция для сбора УВ-хладагентов (слева) и всех горючих хладагентов, кроме R-717 (справа)



© RDA-eng.com

Рисунок 16. Взрывобезопасный механический вентилятор, используемый для вентиляции помещений при работе с горючими хладагентами



© Mastercool

Рисунок 17. Набор электронных манометров для работы с горючими хладагентами, R-717 и хладагентами под высоким давлением (до 50 бар)



Рисунок 18. Предупреждающий знак «Огнеопасно! Газ!», который должен быть на баллонах для горючих хладагентов



© Bacharach Inc

Рисунок 19. Газовый детектор для хладагента - углеводорода (УВ)

Таблица 10. Инструменты и оборудование, применяемые при работе с горючими хладагентами

Оборудование	Комментарии
Течеискатели	Должны быть электронными и предназначаться для применения с соответствующими огнеопасными газами и горючими хладагентами (Рисунок 15).
Весы	Если весы электронные, то они должны быть пригодны для применения в зоне наличия горючего хладагента, что должно быть подтверждено изготовителем.
Манометрический коллектор с комплектом шлангов с отсекаателями	Материалы должны быть совместимы, должны выдерживать максимальное давление и, если прибор электронный, должны быть пригодными для применения в присутствии горючего хладагента (Рисунок 16).
Вакуумметр	Если прибор электронный, он должен быть пригоден для применения в присутствии горючего хладагента, что должно быть подтверждено изготовителем.
Вакуумный насос	Прибор должен быть пригоден для применения в присутствии огнеопасных газов (например, не со щеточным двигателем) или же должно быть обеспечено включение/выключение в месте, где он будет недосыгаем для утечки горючего хладагента.
Переходники к баллонам с хладагентом	Обеспечить наличие соответствующего переходника, чтобы гарантировать безопасное извлечение хладагента из баллона
Баллон для сбора и хранения хладагента	Должна быть маркировка с указанием максимального давления применяемого хладагента и с предупредительными надписями об огнеопасных газах. Также следует соблюдать правила обращения с баллонами, содержащими хладагент. (Рисунок 21, Рисунок 22)
Станция сбора хладагента	Должна быть пригодна для применения с данным типом хладагента и должна быть спроектирована для горючих хладагентов (Рисунок 19)
Шланг для выпуска хладагента	По причине незначительного воздействия прямых выбросов определенных горючих хладагентов на окружающую среду, особенно, углеводородов, вентиляция иногда выполняется вместо сбора (обычно при малом объеме заправки хладагента). В этом случае вентиляционный шланг должен быть достаточной длины для выпуска вещества в безопасное место на открытый воздух.
Механическая вентиляция	При работе с большими объемами заправки хладагента полезно применять безопасный вентиляционный прибор для уменьшения концентрации случайно выпущенного хладагента
Средства индивидуальной защиты	Стандартные средства - очки, перчатки, огнетушитель (Рисунок 23, Рисунок 24)

Аспекты безопасности использования токсичных хладагентов

Как видно из таблицы 6, существует один альтернативный хладагент, обладающий более высокой токсичностью - аммиак (R-717); это единственный хладагент, рассматриваемый в этом разделе. В таблице приведены некоторые основные аспекты безопасности,

которые свидетельствуют о том, что это горючий и высокотоксичный хладагент. Другим важным обстоятельством в связи с R-717 является то, что это мощное коррозионное вещество, способное впитывать влагу.

Общая оценка риска

При высокой токсичности хладагентов, и особенно R-717, главной опасностью является вдыхание вытекшего хладагента персоналом. Прочие опасности, хотя и менее распространенные, включают непосредственный контакт с жидким хладагентом и возможное воспламенение в огнеопасной концентрации. Чрезмерный контакт с токсичной концентрацией может возникнуть из-за случайного высвобождения хладагента в замкнутом или даже открытом пространстве, если выброс достаточно большой, а персонал не обеспечен средствами индивидуальной защиты. Особенно в случае R-717, побочные реакции могут возникнуть даже при крайне низких концентрациях в возду-

хе (порядка десятков или сотен частиц на миллион). Последствиями вдыхания могут быть раздражение глаз и носа, боль в горле, кашель, сдавленность в груди, воспаление, слёзотечение, светобоязнь, головная боль, помрачение сознания и смерть. Прямой контакт с кожей может вызвать глубокие ожоги, а вдыхание может вызвать ожог рта и горла. На рисунке 20 представлены основные этапы оценки риска использования высокотоксичных веществ. Обратите внимание, что недостаточно оценить риск, необходимо также определить и внедрить меры по снижению риска, чтобы избежать или минимизировать вероятность нежелательных последствий.

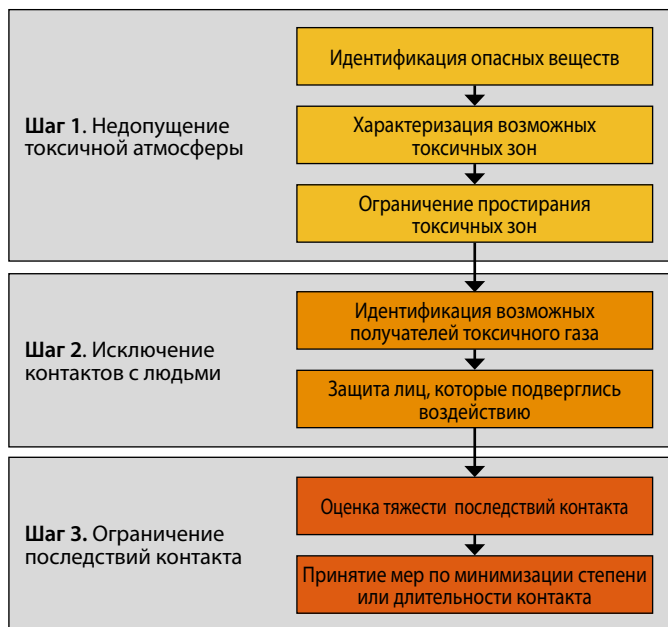


Рисунок 20. Основные этапы оценки риска токсичности

Требования к проектированию холодильных систем

В случае высокотоксичных хладагентов соответствующие требования к проектированию (превышающие обычные требования к обычным хладагентам) можно найти в регламентах, стандартах, практических руководствах и промышленных директивах. В этих источниках описаны следующие основные вопросы, требующие решения:

- ограничение количества хладагента до объема, который едва ли представляет риск токсичности (т. е., ограничение объема заправки хладагента)
- проектирование системы и комплектующих под малые объемы заправки хладагента
- отказ от монтажа оборудования в уязвимых местах (где находятся большие неконтролируемые группы работников)
- гарантия высокой герметичности систем
- более частое применение детекторов газа и вентиляционных систем для рассеивания протекшего хладагента

- обеспечение специальными средствами индивидуальной защиты: респираторами, одеждой и приспособлениями для промывки.
- применение необходимых предупредительных надписей на доступных компонентах системы, чтобы техники знали об опасности (например, предупредительные знаки близ точек заправки)
- включение необходимой информации о последствиях токсичности в документацию по монтажу и эксплуатации,

В таблице 8 (стр. 28) приведены примеры ограничения объема заправки на основании выбранных условий использования R-717 и ГХФУ-123 (с учетом того, что разные стандарты и директивы предусматривают разные ограничения объема заправки). Можно видеть, что, в частности, из-за очень низкого предела допустимой концентрации (ATEL) R-717, допустимый объем заправки (в холо-

дильном контуре) чрезвычайно мал. В зависимости от доступа в помещение, размещения и типа системы допускается большой объем заправки, кроме того, в конструкции системы могут быть предусмотрены дополнительные функции, ограничивающие

Основная тематика обучения

Как упоминалось ранее, весь персонал, задействованный на всех этапах использования оборудования на протяжении срока его эксплуатации, должен пройти обучение: работники завода, инженеры по системотехнике и техники на местах, по ряду тем (в дополнение к общим вопросам безопасности использования всех хладагентов). В таблице 9 (стр. 29) представлен примерный перечень общих тем, по которым проводится обучение персонала, задействованного в исполь-

Инструменты и оборудование

Важно, чтобы техники и инженеры, работающие непосредственно с высокотоксичными хладагентами, пользовались доступными и соответствующими инструментами и оборудованием. Несмотря на то, что зачастую определенные инструменты и оборудо-

вание выпускаемого хладагента. Для систем, монтируемых на открытом воздухе или в машинных отделениях, ограничения объема заправки хладагента обычно не предусмотрены.

вание и обращении с высокотоксичными хладагентами. Как правило, весь персонал должен пройти обучение основным принципам работы, тогда как отдельные темы могут быть более актуальны для специалистов, участвующих в разработке и проектировании оборудования или обращении с хладагентами во время монтажа, обслуживания, ремонта и т. д. оборудования.

вание в равной степени применимы для работы с большинством хладагентов, некоторые инструменты могут создать риск для безопасности. Наиболее соответствующие инструменты и оборудование приведены в таблице 11.



© testolimited.com

Рисунок 21. Газовый детектор для хладагента - аммиака (R-717)



© Howe Corporation - Chicago, Illinois USA

Рисунок 22. Насос для извлечения R-717



© Rolf Hühren

Рисунок 23. Образец приспособлений для защиты органов дыхания



© Rolf Hühren

Рисунок 24. Образец защитного костюма для работы с R-717

Таблица 11. Инструменты и оборудование, применяемые при работе с аммиаком (R-717)

Оборудование	Комментарии
Течеискатели	Должны быть электронными и предназначаться для применения с R-717 (Рисунок 15).
Манометрический коллектор с комплектом шлангов с отсекателями	Материалы должны быть совместимы с R-717, должны выдерживать максимальное давление и, если прибор электронный, должны быть пригодными для применения в присутствии R-717 (Рисунок 16).
Вакуумметр	Материалы должны быть совместимы с R-717.
Вакуумный насос	Прибор должен быть пригоден для применения в присутствии R-717.
Переходники к баллонам с хладагентом	Обеспечить наличие соответствующего переходника, чтобы гарантировать безопасное извлечение хладагента из баллона
Баллон для сбора и хранения хладагента	Должна быть маркировка с указанием максимального давления R-717, предупредительные надписи, и должен быть из материала, совместимого с R-717. Также следует соблюдать правила обращения с баллонами, содержащими хладагент (Рисунок 21, Рисунок 22)
Станция сбора хладагента	Должна быть пригодна для применения с R-717 (Рисунок 26)
Средства индивидуальной защиты	Помимо обычных средств индивидуальной защиты, в зависимости от количества хладагента, должна быть обеспечена специализированная защита дыхательных путей (изолирующие каскетные респираторы или дыхательные приборы). Помимо этого должна быть защитная одежда - лицевые щитки с прозрачным козырьком, газонепроницаемые очки, термоизолирующие перчатки, защитный костюм и капюшон, непроницаемые для R-717, и резиновые сапоги. Также душ или ванная для безопасности, и фонтанчик для промывки глаз (Рисунок 27, Рисунок 28, Рисунок 29).

Аспекты безопасности использования хладагентов с высоким рабочим давлением

Как видно из таблицы 6 (стр. 23), несмотря на то, что есть несколько хладагентов с давлением, превышающим давление ГХФУ-22, большинство из них попадают в диапазон давлений с превышением не более 50%. При этом альтернативный хладагент - двуокись углерода (R-744) имеет существенно бо-

лее высокое давление – обычно в шесть раз выше. У других, например, R-410A и ГФУ-32, давление значительно выше, чем то, к которому привыкли работающие с ГХФУ-22, так что уделение внимания вопросам давления все еще актуально.

Общая оценка риска

Все хладагенты, работающие под давлением (т.е., выше атмосферного 1,01 бар, абс.), опасны в плане быстрого высвобождения давления из-за случайного вскрытия или поломки компонентов, работающих под давлением. Такое высвобождение может вызвать травматизм из-за непосредственно взрывной волны или (чаще всего) осколков. Хладагенты, работающие под высоким давлением, способны причинять и намного больший вред (при прочих равных условиях). На рисунке 25 приведены основные этапы оценки риска веществ, работающих под давлением. Принципиально важно для всех хладагентов установить максимальный уровень давления, при котором будет работать оборудование или его компоненты, и

после этого спроектировать трубопровод и его комплектующие, которые смогут выдерживать такое давление (с учетом аспектов безопасности). Любой непредвиденный режим работы, который может привести к дополнительному повышению давления, следует регулировать при помощи предохранительных устройств, которые смогут безопасно остановить работу или сбросить давление. Таким образом, после оценки риска необходимо определить и внедрить меры по снижению риска, чтобы избежать или минимизировать вероятность нежелательных последствий. В основном, для хладагентов, работающих под высоким давлением, требуются всеобъемлющие меры по урегулированию последствий.



Рисунок 25. Основные этапы оценки риска высокого давления

Требования к проектированию холодильных систем

В случае хладагентов, работающих под высоким давлением, соответствующие требования к проектированию (превышающие обычные требования к обычным хладагентам) можно найти в регламентах, стандартах, практических руководствах и промышленных директивах. В этих источниках описаны следующие основные вопросы, требующие решения:

- гарантия высокой герметичности систем.
- проектирование комплектующих и трубопроводов, выдерживающих давление выше обычного
- тщательный подбор и применение дополнительных приборов обеспечивающих безопасность работы под давлением (ограничительные выключатели давления и клапаны сброса давления)
- применение необходимых предупредительных надписей на доступных компонентах системы, чтобы техники знали об опасности (например, знак высокого давления на оборудовании)
- включение необходимой информации о рабочем давлении в документацию по монтажу и эксплуатации

Основная тематика обучения

Как упоминалось ранее, весь персонал, задействованный на всех этапах использования оборудования на протяжении срока его эксплуатации, должен пройти обучение: работники завода, инженеры по системной технике и техники на местах, по ряду тем (в дополнение к общим вопросам безопасности использования всех хладагентов). В таблице 9 (стр. 29) представлен примерный перечень общих тем, по которым проводится обучение персонала, задействованного в

использовании и обращении с хладагентами, работающими под высоким давлением. Как правило, весь персонал должен пройти обучение основным принципам работы, тогда как отдельные темы могут быть более актуальны для специалистов, участвующих в разработке и проектировании оборудования или обращении с хладагентами во время монтажа, обслуживания, ремонта и т. д. оборудования.

Инструменты и оборудование

Важно, чтобы техники и инженеры, работающие непосредственно с хладагентами под высоким давлением, пользовались доступными и соответствующими инструментами и оборудованием. Несмотря на то, что зачастую определены инструменты и оборудо-

вание в равной степени применимы для работы с большинством хладагентов, некоторые инструменты могут создать риск для безопасности. Наиболее соответствующие инструменты и оборудование приведены в таблице 12.



Рисунок 26. Газовый детектор для хладагента - диоксида углерода (R-744)

© INFICON



Рисунок 27. Коллектор манометрический для работы с R-744 (до 160 бар)

© panimpex.com



© E.Clark

Рисунок 28. Баллон для сбора хладагента



© E.Clark

Рисунок 29. Основные средства защиты – очки и перчатки

Таблица 12. Инструменты и оборудование, применяемые при работе с хладагентами под высоким давлением

Оборудование	Комментарии
Течеискатели	Должны быть электронными и предназначаться для применения с соответствующими хладагентами (Рисунок 15).
Манометрический коллектор с комплектом шлангов с отсекаателями	Материалы должны выдерживать максимальное давление. В настоящее время для очень высокого давления не существует цифровых моделей (Рисунок 17).
Переходники к баллонам с хладагентом	Обеспечить наличие соответствующего переходника, чтобы гарантировать безопасное извлечение хладагента из баллона
Баллон для сбора и хранения хладагента	Должна быть маркировка с указанием максимального давления применяемого хладагента и предупредительными надписями о высоком давлении (см. также таблицу 10). Также следует соблюдать правила обращения с баллонами, содержащими хладагент. (Рисунок 21, Рисунок 22).
Шланг для выпуска хладагента	По причине незначительного воздействия прямых выбросов R-744 на окружающую среду, общепринято выполнять выпуск в атмосферный воздух вместо сбора. В этом случае вентиляционный шланг должен быть достаточной длины для выпуска вещества в безопасное место на открытый воздух.
Станция сбора и рециклинга хладагента	Должна быть пригодна для применения с соответствующим типом хладагента и должна быть правильно спроектирована, чтобы выдержать высокое давление хладагента.
Средства индивидуальной защиты	Стандартные средства - защитные очки и перчатки (Рисунок 23)



Рисунок 30. Огнетушитель



Рисунок 31. Предупредительные надписи/знаки

5 | Подходы Монреальского протокола к альтернативам ГХФУ и вопросам безопасности



Поддержка использования безопасных для климата альтернатив

В 2007 году, когда Стороны Монреальского протокола достигли соглашения об отказе от ГХФУ, это решение касалось не только проблемы разрушения озонового слоя. В решение (Решение XIX/6 Совещания Сторон Монреальского протокола), кроме сроков и этапов отказа от ГХФУ для стран статьи 5 и стран, не действующих в рамках статьи 5, также были включены более широкие рекомендации. Оно призывает Стороны «способствовать выбору альтернатив ГХФУ, которые минимизируют воздействие на окружающую среду, в частности на климат, а также здоровье человека, безопасность и экономику». На практике, при использовании хладагентов с низким ПГП, необходимо учитывать связанные с этим негативные последствия для безопасности и способы их устранения.

В 2013 году Секретариат Многостороннего фонда разработал важный документ для обсуждения, посвященный минимизации неблагоприятного воздействия на климат, связанного с отказом от ГХФУ в сервисном секторе холодильного оборудования (<http://www.multilateralfund.org/72/English/1/7242.pdf>). В документе содержатся полезные рекомендации для стран и исполнительных агентств по ГХФУ-альтернативам, а также конкретные рекомендации по обеспечению безопасности. Также в документе настоятельно рекомендуется разработать соответствующие регламенты и практические руководства, принять стандарты для безопасного внедрения хладагентов, обладающих повышенной горючестью, токсичностью и более высоким рабочим давлением, с указанием, что для этого может

потребуется дополнительная техническая поддержка. Вопрос обеспечения безопасности при проведении ретрофита был отдельно рассмотрен Исполнительным комитетом Многостороннего фонда в 2014 году в Решении №72/17, в котором говорится, что: «все субъекты, осуществляющие ретрофит и техническое обслуживание холодильного и кондиционерного оборудования на ГХФУ с использованием горючих или токсичных хладагентов, принимают на себя все связанные с этим обязательства и риски». С расширением рассмотрения использования ГХФУ-альтернатив, а также в свете обсуждений потенциального отказа от ГФУ в будущем,

вопрос безопасности альтернативных хладагентов становится все более актуальным. Во многих странах статьи 5 существует потребность в информации, обучении и повышении осведомленности о безопасном использовании альтернативных хладагентов.¹⁸ В остальных странах уже существует практика проведения учебных курсов, внедрены соответствующие стандарты, регламенты и практические руководства, которые могут служить хорошим примером и использоваться желающими для разработки аналогичных инициатив и внедрения ряда ГХФУ-альтернатив с низким ПГП.

Примеры мер, реализуемых в развивающихся странах

В большинстве стран статьи 5 Монреальского протокола вопрос обеспечения безопасности еще не решается на систематической и институциональной основе. Однако есть

несколько примеров принятия мер, направленных на решение вопросов безопасного использования альтернативных хладагентов.

Обучение

Большинство страновых планов поэтапного отказа от ГХФУ (НРМР) включают в себя компонент по обеспечению повышения квалификации и обучения техников-холодильщиков. Компонент, посвященный аспектам безопасности, интегрирован в учебные инициативы во многих странах. Он может представлять собой конкретный учебный план или специальные модули и информационные материалы по безопасности горючих, токсичных и работающих под высоким давлением хладагентов. Многие из этих учебных курсов включают в себя практические занятия, а также оценку компетентности. В Индии, например, обучение техников по обслуживанию в рамках НРМР включает в себя модуль, посвященный аспектам безопас-

ности, связанным с ГХФУ-альтернативами. Тематика обучения охватывает важность соблюдения безопасности при обслуживании оборудования, руководство по профилактическому и аварийному обслуживанию, а также информацию об инструментах и оборудовании, необходимых для технического обслуживания и ремонта. Кроме того, рассматриваются практические подходы и процедуры предотвращения аварий и обеспечения готовности к чрезвычайным ситуациям в случае их возникновения. Указанные темы все чаще рассматриваются на заседаниях представителей региональных сетей и тематических совещаниях, организуемых Программой содействия соблюдению (САР) ЮНЕП «OzonAction».

18 <http://conf.montreal-protocol.org/meeting/mop/cop10-mop26/presession/English/MOP-26-9E.pdf>

Стандарты

Другой важной мерой является принятие стандартов безопасности. Во многих случаях это требует сотрудничества НОО с национальным органом по сертификации/стандартам (например, Национальным бюро стандартов). Например, в Китае и Сингапуре был разработан стандарт безопасности по обращению с природными хладагентами. В Королевстве Бахрейн и Кувейте страновые планы поэтапного отказа от ГХФУ (HFC) включают в себя разработку и внедрение национальных стандартов и кодексов установившейся практики для оборудования и установок, работающих на углеводородах и R-717, а также кодексов установившейся практики для эксплуатации и обслуживания такого оборудования. Это включает в себя международные кон-

сультационные услуги, консультационные семинары, выезды на места в южные страны, подготовку проектов и анализ кодексов/стандартов, пилотное внедрение кодексов/стандартов до окончательного согласования и публикации, а также инструктаж заинтересованных сторон по новым кодексам/стандартам. Сотрудникам Национальных озоновых офисов и национальным экспертам рекомендуется пройти подготовку по вопросам разработки и внедрения эффективных процедур сертификации. Например, в рамках ряда учебных мероприятий, организованных Программой «OzonAction», представители стран прошли обучение европейским стандартам сертификации (Мозамбик).

Анализ рисков

В Китае была проведена серия оценок рисков и исследований безопасности альтернативных хладагентов. В частности, был проанализирован риск возгорания углеводородов в бытовых кондиционерах в случае утечки, образования концентрационных пределов воспламенения, избыточного давления, пожара и т.д.¹⁹ Такие исследования очень важны для понимания и принятия обоснованных решений по применению альтернативных хладагентов и необходимых мер безопасности. В страновом плане

поэтапного отказа от ГХФУ (HFC) Мексики запланировано проведение испытаний безопасности применения углеводородов в системах кондиционирования воздуха. На основании проведенной оценки уровня безопасности и потенциальных факторов риска, связанных с использованием выбранного оборудования, будут подготовлены рекомендации по разработке стандартов безопасности для этого сектора холодильной техники.

19 Zhang et al., Research on the flammability hazards of an air-conditioner using refrigerant R-290. International Journal of Refrigeration, Volume 36, Issue 5, August 2013, Pages 1483–1494

6 | Рекомендации для Национальных озоновых офисов (НОО)



Общий подход

В случае если НОО рассматривает возможность применения альтернативных хладагентов, которые создают дополнительный риск для безопасности, важно понимать возможные последствия такого применения и разработать для НОО и заинтересованных сторон соответствующие планы действий. Данные вопросы необходимо решать стратегически и внедрять необходимые меры, например:

- определить вещества, которые могут быть использованы
- определить все заинтересованные стороны, которые будут вовлечены в процесс внедрения конкретных альтернативных хладагентов
- определить темы, которые необходимо обсудить, а также масштабы обсуждения
- провести соответствующие семинары, конференции, тренинги и т.д. для распространения необходимой информации и развития навыков
- определить потребность в конкретных

инструментах, оборудовании или механизмах и содействовать их выбору и приобретению

- создать тематическую группу и систему обратной связи для обеспечения непрерывного обсуждения, а также совершенствования практики и знаний.

Необходимо использовать все соответствующие инструменты и методы для обеспечения максимального уровня безопасности на всех этапах, от проектирования продукции или оборудования на производственном предприятии до демонтажа холодильного оборудования в конце срока эксплуатации. Внедрение соответствующих мер может обеспечить несколько уровней защиты, а также минимизацию риска, связанного с применением альтернативных хладагентов. Общие принципы использования альтернативных хладагентов могут включать в себя меры, изложенные в следующих разделах.

Информационные мероприятия

Обеспечение информированности всех заинтересованных сторон (помимо техников-холодильщиков). В частности, организация и проведение информационных мероприятий в секторе холодильного и кондиционерного

оборудования, а также мероприятий для представителей других сфер: архитекторов, инженерно-технического персонала, управляющих зданий, менеджеров по эксплуатации объектов, конечных пользователей и т.д.

Обучение

Обеспечение высокого уровня безопасности путем организации обучения техников-холодильщиков и инженеров сектора, занимающихся вопросами проектирования оборудования, выбора компонентов, конструкции систем, монтажом, наладкой и т.д. Это будет способствовать повышению уровня безопасности, улучшению знаний, качества работы, информированности, при-

менению передовых технологий и т.д. Для этого необходимо сосредоточить внимание на внедрении процедур сертификации, регистрации и лицензирования техников и инженеров. В этом случае целесообразно также определить необходимые уровни квалификации специалистов для допуска к работе с конкретными типами систем.

Изменения в культуре

Во многих регионах «культура безопасности» недостаточно внедрена в секторе холодильного и кондиционерного оборудования. В связи с этим необходимо реализовать меры, направленные на обеспечение большего внимания аспектам безопасности

(а также смежным вопросам, например, предотвращению утечек, повышению эффективности и т.д.). Это может быть сделано при помощи законодательства, повышения уровня информированности и внедрения стимулов.

Медленно, но верно

Внедрение альтернативных хладагентов должно быть контролируемым и стабильным процессом, чтобы рабочая практика и процедуры менялись взвешенно и регламентированно. Одним из подходов может быть поэтапное внедрение новых хладагентов, сначала, например, в простых системах с постепенным переходом на более слож-

ные установки. Еще одним вариантом может быть внесение изменений в существующие или новые процедуры аттестации техников, согласно которым только высококвалифицированные техники-холодильщики могут быть допущены к работе с, например, углеводородами (УВ), а также использование систем аккредитации.

Национальные эксперты

Создание реестра экспертов в стране или регионе для решения соответствующих вопросов обеспечения безопасности. Для этого органы власти могут содействовать тому, чтобы техники на местах стали «национальными экспертами», которые будут собирать информацию, работать с предприятиями,

используемыми альтернативные хладагенты, и обучать персонал. Кроме того, можно предоставить полномочия организациям или экспертам для проведения проверки соблюдения соответствующих правил и обеспечения необходимого уровня безопасности.

Регламенты и стандарты

Органы власти могут внедрить правовые и другие инструменты, такие как стандарты безопасности. Если такие стандарты уже применяются, органы власти могут определить процедуру внесения изменений в существующие правила и стандарты для обеспечения более эффективного исполь-

зования альтернативных хладагентов. При этом важно, чтобы регламенты и стандарты не были чрезмерно директивными, поскольку это может привести к неправильному применению.

Партнеры

При отсутствии знаний или опыта, следует искать поддержку у партнеров. Некоторые холодильные учреждения, ассоциации, университеты, лаборатории, министерства и правительственные ведомства предлагают компаниям поддержку и консультации относительно использования холодильных

систем. К другим организациям, к которым можно обратиться, относятся отраслевые ассоциации, технические институты, агентства развития и международные фонды, национальные органы власти, органы стандартизации и аккредитации.

Разработка политики безопасности

Проблем, связанных с безопасностью, следует избегать всем заинтересованным лицам на любом этапе, поскольку они могут привести к остановке производственного процесса, системным неисправностям в рамках определенной конструкции, травматизму персонала, населения, а также нарушению определенной технологии. Поэтому

рекомендуется разработать процедуру институционального контроля для предотвращения ущерба в результате аварии.

Такая процедура включает в себя следующие этапы:

- i) определение опасностей
- ii) оценка рисков

- iii) выбор мер предосторожности
- iv) внедрение руководящих принципов
- v) проверка применения руководящих принципов
- vi) информирование руководства
- vii) внесение изменений в правила или процедуры, при необходимости

Это определяет основу политики безопасности, которая должна охватывать все виды деятельности организации, в том числе подбор персонала для выполнения конкретных работ, операций с оборудованием и мате-

риалами, проектирования оборудования и продуктов, определение порядка работы, предоставления услуг и т.д. Ключевые положения политики должны гарантировать извлечение уроков из ошибок и успешной практики, проведение проверок безопасности, принятие мер в соответствии с результатами проверок и их документирование, проверку персонала на всех уровнях, а также привлеченных подрядчиков, регулярный анализ политики и руководящих принципов обеспечения безопасности.



7 | Дополнительная литература



Australian Institute of Refrigeration, Airconditioning and Heating (AIRAH) – Flammable Refrigerant Safety Guide,
http://www.airah.org.au/imis15_prod/Content_Files/TechnicalPublications/Flammable-Refrigerant-Safety-Guide-2013.pdf

BRA (British Refrigeration Association) – Guide to Flammable Refrigerants,
http://www.feta.co.uk/uploaded_images/files/BRA%20Guide%20to%20Flammable%20Refrigerants%20-%20Issue%201%20-%20Oct%2012.pdf

Eurammon – information sheets,
<http://www.eurammon.com/information-materials>

GIZ Proklima – Guidelines for the safe use of flammable refrigerants in the production of room air-conditioners,
<http://www.giz.de/expertise/downloads/giz-2012-Guidelines-Safety-AC.pdf>

GIZ Proklima – Guidelines for the safe use of hydrocarbon refrigerants,
<http://www.giz.de/expertise/downloads/Fachexpertise/giz2010-en-guidelines-safe-use-of-hydrocarbon.pdf>

GIZ Proklima - Operation of split air-conditioning systems with hydrocarbon refrigerant,
<http://www.giz.de/expertise/downloads/giz2011-en-split-air-conditioning.pdf>

International Institute of Ammonia Refrigeration (IIAR) – CO2 Handbook,
<http://www.iiar.org/iiar/ItemDetail?iProductCode=01BOO-EN0402>

Institute of Refrigeration – Safety Code of Practice for Refrigerating Systems Utilising A2/A3 Refrigerants,
<http://www.iior.org.uk/ROEW5TVYAI>

Institute of Refrigeration – Safety Code of Practice for Refrigerating Systems Utilising ammonia –
<http://www.iior.org.uk/X6EXMVYYAD>

Institute of Refrigeration – Safety Code of Practice for Refrigerating Systems Utilising carbon dioxide,
<http://www.iior.org.uk/P8EXMV1JAD>

KHLim - NARECO2, Natural Refrigerant CO2 handbook,
<http://shecco.com/files/NaReCO2-handbook-2009.pdf>

UNEP – International Standards in Refrigeration and Air-conditioning
http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/7679-e-International_Standards_in_RAC.pdf

Приложение. Сводные данные о хладагентах²⁰

Таблица А1. Сводные данные об однокомпонентных хладагентах

Обозначение хладагента	Химическая формула	Химическое название	Молекулярный вес	Температура начала кипения (°С)	ПДК/ПНК (кг/м ³)	НКПВ (кг/м ³)	Класс безопасности	Продолжительность пребывания в атмосфере (лет)	Радиационная активность (Вт/м/ррм)	ПГП (100 лет)	ПГП (20 лет)	ОРП	Метановая группа											
													ХФУ-11	ХФУ-12	ХФУ-13	ВРС-13В1	РФС-14	ГХФУ-22	ГФУ-23	НСС-30	ГФУ-32	УВ-50	ХФУ-113	ХФУ-114
	CCl ₃ F	трихлорфторметан	137,4	24	0,0062	NF	A1	52	0,26	5 160	7 090	1												
	CCl ₂ F ₂	дихлордифторметан	120,9	-30	0,088	NF	A1	102	0,32	10 300	10 800	0,73												
	CClF ₃	хлортрифторметан	104,5	-81	ND	NF	A1	640	0,25	13 900	10 900	1												
	CBrF ₃	бромтрифторметан	148,9	-58	ND	NF	A1	72	0,30	6 670	7 930	15,2												
	CF ₄	тетрафторметан (тетрафторид углерода)	88,0	-128	0,40	NF	A1	50000	0,09	6 630	4 880													
	CHClF ₂	хлордифторметан	86,5	-41	0,21	NF	A1	12	0,21	1 780	5 310	0,034												
	CHF ₃	трифторметан	70,0	-82	0,15	NF	A1	228	0,18	12 500	10 800													
	CH ₂ Cl ₂	дихлорметан (хлористый метилен)	84,9	40	ND	NF	B1	0,4	0,03	9	33													
	CH ₂ F ₂	дифторметан (фтористый метилен)	52,0	-52	0,30	0,307	A2L	5,4	0,11	704	2 530													
	CH ₄	метан	16,0	-161	ND	0,032	A3	12,4	3,63e-4	30	85													
													Этановая группа											
	CCl ₂ FCClF ₂	1,1,2-трихлор-1,2,2-трифторэтан	187,4	48	0,02	NF	A1	93	0,30	6 080	6 560	0,81												
	CClF ₂ CClF ₂	1,2-дихлор-1,1,2,2-тетрафторэтан	170,9	4	0,14	NF	A1	189	0,31	8 580	7 710	0,5												
	CClF ₂ CF ₃	хлорпентафторэтан	154,5	-39	0,76	NF	A1	540	0,20	7 310	5 780	0,26												
	CF ₃ CF ₃	гексафторэтан	138,0	-78	0,68	NF	A1	10000	0,25	11 100	8 210													
	CHCl ₂ CF ₃	2,2-дихлор-1,1,1-трифторэтан	152,9	27	0,057	NF	B1	1,3	0,15	79	292	0,01												
	CHClFCF ₃	2-хлор-1,1,1,2-тетрафторэтан	136,5	-12	0,056	NF	A1	5,9	0,20	527	1 870	0,02												
	CHF ₂ CF ₃	пентафторэтан	120,0	-49	0,37	NF	A1	31	0,23	3 450	6 280													

Обозначение хладагента	Химическая формула	Химическое название	Молекулярный вес	Температура начала кипения (°C)	ПДК/ПНК (кг/м³)	НКПВ (кг/м³)	Класс безопасности	Продолжительность пребывания в атмосфере (лет)	Радиационная активность (Вт/м/ррт)	ПГП (100 лет)	ПГП (20 лет)	ОРП
ГФУ-134a	CH ₂ FCF ₃	1,1,1,2-тетрафторэтан	102,0	-26	0,21	NF	A1	14	0,16	1360	3810	
ГФУ-142b	CH ₃ CCF ₂	1-хлор-1,1-дифторэтан	100,5	-10	0,10	0,329	A2	18	0,19	2070	5140	0,057
ГФУ-143a	CH ₃ CF ₃	1,1,1-трифторэтан	84,0	-47	0,48	0,282	A2L	51	0,16	5080	7050	
ГФУ-152a	CH ₃ CHF ₂	1,1-дифторэтан	66,1	-25	0,14	0,130	A2	1,6	0,10	148	545	
УВ-170	CH ₃ CH ₃	этан	30,1	-89	0,0086	0,038	A3			5,5	20	
Эфиры												
HE-E170	CH ₃ OCH ₃	метоксиметан (диметиловый эфир)	46,1	-25	0,079	0,064	A3	0,015	0,02	1	1	
Пропановая группа												
PFC-218	CF ₃ CF ₂ CF ₃	октафторпропан	188,0	-37	0,34	NF	A1	2600	0,28	8900	6640	
ГФУ-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	1,1,1,2,3,3,3-гептафторпропан	170,0	-16	0,19	NF	A1	36	0,26	3140	5250	
ГФУ-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	1,1,1,3,3,3-гексафторпропан	152,0	-1	0,34	NF	A1	242	0,24	8060	6940	
ГФУ-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	1,1,1,3,3-пентафторпропан	134,0	15	0,19	NF	B1	7,9	0,24	882	2980	
УВ-290	CH ₃ CH ₂ CH ₃	пропан	44,1	-42	0,09	0,038	A3	12,5 Дней		5	18	
Циклические органические соединения												
PFC-C318	-(CF ₂) _n	октафторциклобутан	200,0	-6	0,65	NF	A1	3200	0,32	9540	7110	

Обозначение хладагента	Химическая формула	Химическое название	Молекулярный вес	Температура начала кипения (°C)	ПДК/ПНК (кг/м³)	НКПВ (кг/м³)	Класс безопасности	Продолжительность пребывания в атмосфере (лет)	Радиационная активность (Вт/м/ррт)	ПГП (100 лет)	ПГП (20 лет)	ОРП
Углеводороды												
УВ-600	C_4H_{10}	бутан	58,1	0	0,0024	0,038	A3			4	15	
УВ-600a	C_4H_{10}	2-метилпропан (изобутан)	58,1	-12	0,059	0,043	A3	6,0 дней		~20	74	
УВ-601	C_5H_{12}	пентан	72,2	36	0,0029	0,035	A3	3,4 дней		~20	74	
УВ-601a	C_5H_{12}	2-метилбутан (изопентан)	72,2	27	0,0029	0,038	A3	3,4 дней		~20	74	
Неорганические соединения												
R-702	H_2	Водород	2,0	-253			A3					
R-704	He	Гелий	4,0	-269		NF	A1					
R-717	NH_3	Аммиак	17,0	-33	0,00022	0,116	B2L					
R-718	H_2O	Вода	18,0	100		NF	A1					
R-720	Ne	Неон	20,2	-246		NF	A1					
R-728	N_2	Азот	28,0	-196		NF	A1					
R-740	Ar	Аргон	39,9	-186		NF	A1					
R-744	CO_2	Двуокись углерода	44,0	-78с	0,072	NF	A1		1,37e-5	1	1	

		Ненасыщенные органические соединения											
Обозначение хладагента	УВ-1150	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	этен (этилен)	28,1	-104	ND	0,036	A3					
Химическая формула	ГХФУ-1233zd(E)	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCl}$	транс-1-хлор-3,3,3-трифтор-1-пропен	130,5	18,1	0	NF	A1	26,0 дней	0,04	1	5	0,000 34
Химическое название	ГФУ-1234yf	$\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$	2,3,3-тетрафтор-1-пропен	114,0	-29,4	0,47	0,289	A2L	10,5 дней	0,02	<1	1	
	ГФУ-1234ze(E)	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHF}$	транс-1,3,3,3-тетрафтор-1-пропен	114,0	-19,0	0,28	0,303	A2L	40,4 дней	0,04	<1	4	
	УВ-1270	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	пропен (пропилен)	42,1	-48	0,0017	0,046	A3	0,35 дней		1,8	6,6	
Молекулярный вес													
Температура начала кипения (°C)													
ПДК/ПНК (кг/м³)													
НКПВ (кг/м³)													
Класс безопасности													
Продолжительность пребывания в атмосфере (лет)													
Радиационная активность (Вт/м/ррт)													
ППП (100 лет)													
ППП (20 лет)													
ОРП													

Таблица А.2. Сводные данные о зеотропных смесях хладагентов

Обозначение хладагента	Состав хладагента (масса %)	Молекулярный вес	Bubble Point/Температура конденсации (°C)	ПДК/ПНК (кг/м ³)	НКПВ (кг/м ³)	Класс безопасности	ПГП (100 лет)	ПГП (20 лет)	ОПТ
R-401A	R-22/152a/124 (53,0/13,0/34,0)	94,4	-34,4/-28,8	0,10	NF	A1	1 100	3 500	0,02
R-401B	R-22/152a/124 (61,0/11,0/28,0)	92,8	-35,7/-30,8	0,11	NF	A1	1 200	3 800	0,03
R-401C	R-22/152a/124 (33,0/15,0/52,0)	101	-30,5/-23,8	0,083	NF	A1	880	2 800	0,02
R-402A	R-125/290/22 (60,0/2,0/38,0)	101,5	-49,2/-47,0	0,27	NF	A1	2 700	5 800	0,01
R-402B	R-125/290/22 (38,0/2,0/60,0)	94,7	-47,2/-44,9	0,24	NF	A1	2 400	5 600	0,02
R-403A	R-290/22/218 (5,0/75,0/20,0)	92	-44,0/-42,3	0,24	0,480	A2	3 100	5 300	0,03
R-403B	R-290/22/218 (5,0/56,0/39,0)	103,3	-43,8/-42,3	0,29	NF	A1	4 500	5 600	0,02
R-404A	R-125/143a/134a (44,0/52,0/4,0)	97,6	-46,6/-45,8	0,52	NF	A1	4 200	6 600	
R-406A	R-22/600a/142b (55,0/4,0/41,0)	89,9	-32,7/-23,5	0,14	0,302	A2	1 800	5 000	0,04
R-407A	R-32/125/134a (20,0/40,0/40,0)	90,1	-45,2/-38,7	0,31	NF	A1	2 100	4 500	
R-407B	R-32/125/134a (10,0/70,0/20,0)	102,9	-46,8/-42,4	0,33	NF	A1	2 800	5 400	
R-407C	R-32/125/134a (23,0/25,0/52,0)	86,2	-43,8/-36,7	0,29	NF	A1	1 700	4 100	
R-407D	R-32/125/134a (15,0/15,0/70,0)	91	-39,4/-32,7	0,25	NF	A1	1 600	4 000	
R-407E	R-32/125/134a (25,0/15,0/60,0)	83,8	-42,8/-35,6	0,27	NF	A1	1 500	3 900	
R-407F	R-32/125/134a (30,0/30,0/40,0)	82,1	-46,1/-39,7	0,32	NF	A1	1 800	4 200	
R-408A	R-125/143a/22 (7,0/46,0/47,0)	87	-45,5/-45,0	0,33	NF	A1	3 400	6 200	0,02
R-409A	R-22/124/142b (60,0/25,0/15,0)	97,4	-35,4/-27,5	0,12	NF	A1	1 500	4 400	0,03
R-409B	R-22/124/142b (65,0/25,0/10,0)	96,7	-36,5/-29,7	0,12	NF	A1	1 500	4 400	0,03

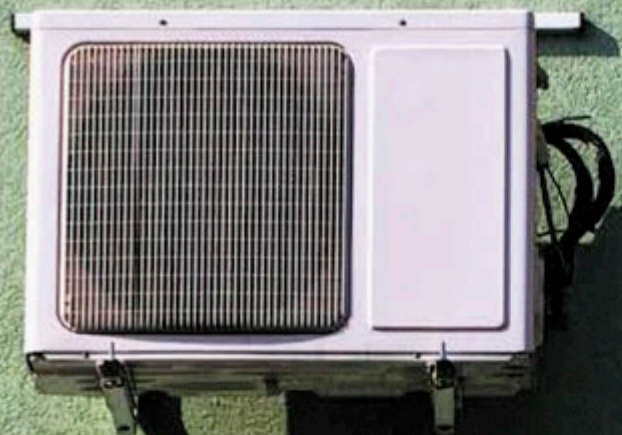
Обозначение хладагента	Состав хладагента (масса %)	Молекулярный вес	Bubble Point/ Температура конденсации (°C)	ДАК/ЛНК (кг/м ³)	НКПВ (кг/м ³)	Класс безопасности	ПГП (100 лет)	ПГП (20 лет)	ОРП
R-410A	R-32/125 (50,0/50,0)	72,6	-51,6/-51,5	0,42	NF	A1	2 100	4 400	
R-410B	R-32/125 (45,0/55,0)	75,6	-51,5/-51,4	0,43	NF	A1	2 200	4 600	
R-411A	R-1270/22/152a (1,5/87,5/11,0)	82,4	-39,7/-37,2	0,074	0,186	A2	1 600	4 700	0,03
R-411B	R-1270/22/152a (3,0/94,0/3,0)	83,1	-41,6/-41,3	0,044	0,239	A2	1 700	5 000	0,03
R-412A	R-22/218/143b (70,0/5,0/25,0)	88,2	-36,4/-28,8	0,17	0,329	A2	3 000	5 800	0,02
R-413A	R-218/134a/600a (9,0/88,0/3,0)	104	-29,3/-27,6	0,21	0,375	A2	2 000	4 000	
R-414A	R-22/124/600a/142b (51,0/28,5/4,0/16,5)	96,9	-34,0/-25,8	0,10	NF	A1	1 400	4 100	0,03
R-414B	R-22/124/600a/142b (50,0/39,0/1,5/9,5)	101,6	-34,4/-26,1	0,096	NF	A1	1 300	3 900	0,03
R-415A	R-22/152a (82,0/18,0)	81,9	-37,5/-34,7	0,19	0,188	A2	1 500	4 500	0,03
R-415B	R-22/152a (25,0/75,0)	70,2	-23,4/-21,8	0,15	0,13	A2	560	1 700	0,009
R-416A	R-134a/124/600 (59,0/39,5/1,5)	111,9	-23,4/-21,8	0,064	NF	A1	1 000	3 000	0,008
R-417A	R-125/134a/600 (46,6/50,0/3,4)	106,7	-38,0/-32,9	0,057	NF	A1	2 300	4 800	
R-417B	R-125/134a/600 (79,0/18,3/2,7)	113,1	-44,9/-41,5	0,069	NF	A1	3 000	5 700	
R-417C	R-125/134a/600 (19,5/78,8/1,7)	103,7	-32,7/-29,2		NF	A1	1 700	4 200	
R-418A	R-290/22/152a (1,5/96,0/2,5)	84,6	-41,2/-40,1	0,20	0,31	A2	1 700	5 100	0,03
R-419A	R-125/134a/E170 (77,0/19,0/4,0)	109,3	-42,6/-36,0	0,31	0,25	A2	2 900	5 600	
R-419B	R-125/134a/E170 (48,5/48,0/3,5)	105,2	-37,4/-31,5			A2	2 300	4 900	
R-420A	R-134a/142b (88,0/12,0)	101,8	-25,0/-24,2	0,18	NF	A1	1 400	4 000	0,007
R-421A	R-125/134a (58,0/42,0)	111,7	-40,8/-35,5	0,28	NF	A1	2 600	5 200	
R-421B	R-125/134a (85,0/15,0)	116,9	-45,7/-42,6	0,33	NF	A1	3 100	5 900	
R-422A	R-125/134a/600a (85,1/11,5/3,4)	113,6	-46,5/-44,1	0,29	NF	A1	3 100	5 800	

Обозначение хладагента	Состав хладагента (масса %)	Молекулярный вес	Bubble Point/ Температура конденсации (°C)	ДАК/ННК (кг/м ³)	НКПВ (кг/м ³)	Класс безопасности	ПГП (100 лет)	ПГП (20 лет)	ОРП
R-422B	R-125/134a/600a (55,0/42,0/3,0)	108,5	-40,5/-35,6	0,25	NF	A1	2 500	5 100	
R-422C	R-125/134a/600a (82,0/15,0/3,0)	113,4	-45,3/-42,3	0,29	NF	A1	3 000	5 700	
R-422D	R-125/134a/600a (65,1/31,5/3,4)	109,9	-43,2/-38,4	0,26	NF	A1	2 700	5 300	
R-422E	R-125/134a/600a (58,0/39,3/2,7)	109,3	-41,8/-36,4		NF	A1	2 500	5 100	
R-423A	134a/227ea (52,5/47,5)	126	-24,2/-23,5	0,30	NF	A1	2 200	4 500	
R-424A	R-125/134a/600a/600/601a (50,5/47,0/0,9/1,0/0,6)	108,4	-39,1/-33,3	0,10	NF	A1	2 400	5 000	
R-425A	R-32/134a/227ea (18,5/69,5/12)	90,3	-38,1/-31,3	0,27	NF	A1	1 500	3 700	
R-426A	R-125/134a/600/601a (5,1/93,0/1,3/0,6)	101,6	-28,5/-26,7	0,083	NF	A1	1 400	3 900	
R-427A	R-32/125/143a/134a (15,0/25,0/10,0/50,0)	90,4	-43,0/-36,3	0,29	NF	A1	2 200	4 600	
R-428A	R-125/143a/290/600a (77,5/20,0/0,6/1,9)	107,5	-48,3/-47,5	0,37	NF	A1	3 700	6 300	
R-429A	R-E170/152a/600a (60,0/10,0/30,0)	50,8	-26,0/-25,6	0,098	0,052	A3	21	77	
R-430A	R-152a/600a (76,0/24,0)	64	-27,6/-27,4	0,10	0,084	A3	120	430	
R-431A	R-290/152a (71,0/29,0)	48,8	-43,1/-43,1	0,10	0,044	A3	46	170	
R-432A	R-1270/E170 (80,0/20,0)	42,8	-46,6/-45,6	0,002 1	0,039	A3	1,6	5,5	
R-433A	R-1270/290 (30,0/70,0)	43,5	-44,6/-44,2	0,005 5	0,036	A3	4	15	
R-433B	R-1270/290 (5,0/95,0)	44	-42,7/-42,5	0,025	0,025	A3	4,8	17	
R-433C	R-1270/290 (25,0/75,0)	43,6	-44,3/-43,9	0,006 6	0,032	A3	4,2	15	
R-434A	R-125/143a/134a/600a (63,2/18,0/16,0/2,8)	105,7	-45,0/-42,3	0,32	NF	A1	3 300	5 800	
R-435A	R-E170/152a (80,0/20,0)	49	-26,1/-25,9	0,09	0,069	A3	30	110	
R-436A	R-290/600a (56,0/44,0)	49,3	-34,3/-26,2	0,073	0,032	A3	12	43	
R-436B	R-290/600a (52,0/48,0)	49,9	-33,4/-25,0	0,071	0,033	A3	12	45	
R-437A	R-125/134a/600/601 (19,5/78,5/1,4/0,6)	103,7	-32,9/-29,2	0,081	NF	A1	1 700	4 200	
R-438A	R-32/125/134a/600/601a (8,5/45,0/44,2/1,7/0,6)	99,1	-43,0/-36,4	0,079	NF	A1	2 200	4 700	

Обозначение хладагента	Состав хладагента (масса %)	Молекулярный вес	Bubble Point/ Температура конденсации (°C)	ПДК/ПНК (кг/м ³)	НКПВ (кг/м ³)	Класс безопасности	ПГП (100 лет)	ПГП (20 лет)	ОРП
R-439A	R-32/125/600a (50,0/47,0/3,0)	71,2	-52,0/-51,8	0,34	0,304	A2	2 000	4 200	
R-440A	R-290/134a/152a (0,6/1,6/97,8)	66,2	-25,5/-24,3	0,14	0,124	A2	170	590	
R-441A	R-170/290/600a/600 (3,1/54,8/6,0/36,1)	48,3	-41,9/-20,4	0,006 3	0,032	A3	5,6	20	
R-442A	R-32/125/134a/152a/227ea (31,0/31,0/30,0/3,0/5,0)	81,8	-46,5/-39,9	0,33	NF	A1	1 900	4 200	
R-443A	R-1270/290/600a (55,0/40,0/5,0)	43,5	-44,8/-41,2			A3	4	15	
R-444A	R-32/152a/1234ze(E) (12,0/5,0/83,0)	96,7	-34,3/-24,3			A2L	93	330	
R-444B	R-32/1234ze(E)/152a (41,5/48,5/10)	72,8	-44,6/-34,9			A2L	310	1 100	
R-445A	R-744/134a/1234ze(E) (6,0/9,0/85,0)	103,1	-50,3/-23,5			A2L	120	350	
R-446A	R-32/1234ze(E)/600 (68,0/29,0/3,0)	62	-49,4/-44,0			A2L	480	1 700	
R-447A	R-32/125/1234ze(E) (68,0/3,5/28,5)	63	-49,3/-44,2			A2L	600	1 900	
R-448A	R-32/125/1234yf/134a /1234ze(E) (26/26/20/21/7)	86,4	-45,9/-39,8			A1	1 400	3 100	
R-449A	R-134a/125/1234yf/32 (26/25/25/24)	87,4	-46,0/-39,9			A1	1 400	3 200	
R-450A	R-1234ze(E)/134a (58/42)	108,7	-23,4/-22,8			A1	570	1 600	
R-451A	R-1234yf/134a (89,8/10,2)	112,7	-30,8/-30,5			A2L	140	390	
R-451B	R-1234yf/134a (88,8/11,2)	112,6	-31,0/-30,6			A2L	150	430	
R-452A	R-1234yf/32/125 (30/11/59)	103,5	-47,0/-43,2			A1	2 100	4 000	

Таблица А.3. Сводные данные об азеотропных смесях хладагентов

Обозначение хладагента	Состав хладагента (масса %)	Молекулярный вес	Bubble Point/Температура конденсации (°C)	ПДК/ПНК (кг/м ³)	НКПВ (кг/м ³)	Класс безопасности	ПГП (100 лет)	ПГП (20 лет)	ОРП
R-500	R-12/152a (73,8/26,2)	99,3	-33,6/-33,6	0,12	NF	A1	7 600	8 100	0,5
R-501	R-22/12 (75,0/25,0)	93,1	-40,5/-40,3	0,21	NF	A1	3 900	6 700	0,2
R-502	R-22/115 (48,8/51,2)	111,6	-45,3/-45,0	0,33	NF	A1	4 600	5 600	0,1
R-503	R-23/13 (40,1/59,9)	87,2	-88	ND	NF	A1	13 000	11 000	0,6
R-504	R-32/115 (48,2/51,8)	79,2	-57	0,45	NF	A1	4 100	4 200	0,1
R-507A	R-125/143a (50,0/50,0)	98,9	-47,1/-47,1	0,53	NF	A1	4 300	6 700	
R-508A	R-23/116 (39,0/61,0)	100,1	-87,4/-87,4	0,23	NF	A1	12 000	9 200	
R-508B	R-23/116 (46,0/54,0)	95,4	-87,4/-87,0	0,2	NF	A1	12 000	9 400	
R-509A	R-22/218 (44,0/56,0)	124	-40,4/-40,4	0,38	NF	A1	5 800	6 100	0,01
R-510A	R-E170/600a (88,0/12,0)	47,2	-25,2/-25,2	0,087	0,056	A3	3,3	9,8	
R-511A	R-290/152a (95,0/5,0)	44,8	-42,18/-42,1	0,092	0,038	A3	12	44	
R-512A	R-134a/152a (5,0/95,0)	67,2	-24,0/-24,0	0,14	0,124	A2	210	710	
R-513A	R-1234yf/134a (56/44)	108,4	-29,2			A1	600	1 700	



О программе «ОзонЭкшн» при ОТПЭ ЮНЕП

Согласно Монреальскому протоколу по веществам, разрушающих озоновый слой, страны всего мира предпринимают конкретные целенаправленные меры по сокращению и упразднению производства и потребления искусственных химических веществ, разрушающих слой стратосферного озона – защитную оболочку Земли.

Цель Монреальского протокола заключается в поэтапном выведении ОРВ, в том числе, ХФУ, галонов, бромистого метила, четыреххлористого углерода, метилхлороформа и ГХФУ. 197 правительств присоединились к данному многостороннему природоохранному соглашению и предпринимают действия.

Программа «ОзонЭкшн» при ОТПЭ ЮНЕП содействует развивающимся странам и странам с переходной экономикой в достижении и поддержании соблюдения Монреальского протокола. С помощью нашей программы страны способны принимать обоснованные решения по альтернативным технологиям, благотворной для озона политике и правоприменению.

Программа «ОзонЭкшн» работает в двух основных сферах деятельности:

- помощь развивающимся странам от имени ЮНЕП в качестве исполняющего агентства Многостороннего фонда по исполнению Монреальского протокола посредством Программы содействия исполнению (САР).
- Конкретное партнерство с двусторонними агентствами и правительствами.

Партнерства ЮНЕП в рамках Монреальского протокола вносят вклад в достижение целей развития тысячелетия и выполнения Балийского стратегического плана.

Для справок:

Доктор Шамила Наир-Бедуэй, Руководитель филиала ЮНЕП «ОзонЭкшн»,
Отдел технологии, промышленности и экономики

15 rue de Milan, 75441 Paris CEDEX 09

Tel: +331 4437 1455, Fax: +331 4437 1474

Email: shamila.nair-bedouelle@unep.org

Web: <http://www.unep.org/ozonaction/>

Об Отделе технологий, промышленности и экономики ЮНЕП

Отдел технологий, промышленности и экономики ЮНЕП (UNEP Division of Technology, Industry and Economics - DTIE) помогает правительствам, местным властям, и лицам, принимающим решения в бизнесе и промышленности, разрабатывать и применять политику и практику, нацеленные на устойчивое развитие.

Отдел работает для содействия следующему:

- > Устойчивое потребление и производство,
- > Эффективное использование возобновляемых источников энергии,
- > Правильное управление химическими веществами,
- > Включение затрат на охрану окружающей среды в разработку политики.

Директорат, расположенный в Париже, координирует деятельность через следующие организации:

- > **Международный центр природоохранной технологии - ИЕТС** (Осака, Шига), который осуществляет программы по управлению комплексными отходами, и программой по управлению по чрезвычайной ситуации, в особенности акцентируясь на странах Азии.
- > **Устойчивое потребление и производство** (Париж), что содействует устойчивому потреблению и производству как вклад в человеческое развитие через глобальные рынки
- > **Химические вещества** (Женева); организация содействует ускорению действий в мировом масштабе с целью тщательного управления химическими веществами, и улучшения химической безопасности во всём мире.
- > **Энергия** (Париж), организация, которая способствует внедрению политики в области энергии и транспорта для устойчивого развития и поощряет инвестиции в возобновляемые источники энергии и энергетическую эффективность.
- > **ОзонЭкшн** (Париж), программа поддерживает поэтапное выведение озоноразрушающих веществ в развивающихся странах и в странах с переходной экономикой для обеспечения выполнения Монреальского протокола.
- > **Экономика и торговля** (Женева)), помогает странам интегрировать рассмотрение экономической и торговой политики, а также работает с финансовым сектором для внедрения политики устойчивого развития.

Деятельность ЮНЕП ОТПЭ концентрируется на повышении осведомлённости, улучшении передачи знаний и информации, содействии технологическому сотрудничеству и партнерству, и выполнению международных конвенций и соглашений.

Для более подробной информации
смотрите: www.unep.org

www.unep.org

United Nations Environment Programme
P.O. Box 30552 Nairobi, Kenya
Tel.: +254-(0)20-762 1234
Fax: +254-(0)20-762 3927
E-mail: uneppub@unep.org



Для более подробной информации,
свяжитесь:
UNEP DTIE
Программа ОзонЭкшн

15 rue de Milan, 75441 Paris CEDEX 09, France
Tel: +33 1 4437 1450
Fax: +33 1 4437 1474
ozonaction@unep.org
unep.org/ozonaction

Многие альтернативные хладагенты для гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) обладают специфическими свойствами, относящимися к токсичности, горючести и высокому давлению, которые отличаются от свойств ранее использовавшихся хладагентов. Поэтому важно, чтобы в секторе холодильного и кондиционерного оборудования внимание уделялось как техническим аспектам, так и аспектам безопасности, связанным с использованием этих хладагентов. Данная публикация содержит обзор альтернативных хладагентов, их свойств и подходящих сфер применения с точки зрения безопасности. В ней даются рекомендации для Национальных озоновых офисов (НОО) и других заинтересованных сторон в развивающихся странах относительно предоставления консультаций и поддержки национальным заинтересованным сторонам в выборе и внедрении альтернативных хладагентов.



Multilateral Fund
for the Implementation of the Montreal Protocol