



**ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

ОЗОНОВЫЙ ЦЕНТР КЫРГЫЗСТАНА



ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОФТОРУГЛЕРОДОВ

Бишкек 2017

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

ОЗОНОВЫЙ ЦЕНТР КЫРГЫЗСТАНА

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ГИДРОФТОРУГЛЕРОДОВ**

БИШКЕК 2017

Основные направления использования ГФУ, г. Бишкек. Б.:2017 – 99 с.

В данной брошюре рассмотрены проблемы и возможности, связанные с использованием ГФУ с высоким ПГП, в качестве альтернативы озоноразрушающим веществам, в промышленных и торговых оборудованьях и технологиях, а также рассмотрены меры, которые необходимо принять для улучшения практики применения ГФУ. Брошюра включает вопросы, касающиеся издержек, безопасности и энергоэффективности, альтернативных веществ и технологий. Рассмотрены все соответствующие рыночные и отраслевые секторы, а именно холодильное оборудование, стационарные кондиционеры и тепловые насосы, транспортные кондиционеры, изоляционные пеноматериалы и аэрозоли.

Данная брошюра рекомендуется для специалистов по холодильным технологиям, кондиционированию воздуха, тепловым насосам, секторов пеноматериалов и аэрозолей.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение и принятая система обозначения хладагентов.....	3
2. Обзор основных направлений использования ГФУ.....	6
3. Бытовое холодильное оборудование.....	15
4. Торговое холодильное оборудование.....	19
5. Промышленное холодильное оборудование.....	28
6. Транспортные (мобильные) холодильные системы.....	37
7. Автономное оборудование кондиционирования воздуха малой производительности.....	45
8. Раздельное оборудование кондиционирования воздуха малой производительности.....	50
9. Раздельное оборудование кондиционирования воздуха большой производительности и другие системы типа воздух-воздух.....	56
10. Чиллеры с водяным охлаждением для систем кондиционирования воздуха.....	62
11. Тепловые насосы, работающие только на нагрев.....	68
12. Транспортные кондиционеры.....	76
13. Изоляционные пеноматериалы.....	82
14. Аэрозольная продукция.....	88
15. Глоссарий терминов и технических определений.....	94

1. Введение и принятая система обозначения хладагентов

В настоящей брошюре приведена справочная информация по **использованию ГФУ**.

Обзор основных направлений использования ГФУ содержит анализ существующих направлений использования ГФУ. В нем освещен спрос на ГФУ в основных секторах применения и представлены сведения о возможностях применения альтернатив с более низким ПГП.

Остальные части брошюры касаются основных секторов конечного потребления. Каждая из них составлена по типовому шаблону, предполагающему освещение проблем, существующих в соответствующих секторах. Секторы разбиты на подсекторы, что важно, поскольку технические проблемы в подсекторах весьма различаются. Также данная брошюра содержит глоссарий терминов и определений.

Часть	Раздел	Тема	Подсекторы/системы
	1	Указатель для данной брошюры	
Вводная часть	2	Обзор основных направлений использования ГФУ	
Часть I: Холодильное оборудование	3	Бытовое холодильное оборудование	Холодильники и морозильники
	4	Торговое холодильное оборудование	Автономное оборудование Оборудование с выносным холодильным агрегатом Системы централизованного холодоснабжения
	5	Промышленное холодильное оборудование	Системы малой и средней производительности Системы централизованного холодоснабжения большой производительности Холодильные системы большой производительности с вторичным контуром хладоносителя
	6	Транспортные (мобильные) холодильные системы	Холодильные системы грузовых автомобилей (фургоны, грузовики, трейлеры) Холодильные контейнеры для смешанной перевозки грузов Судовые холодильные системы
	7	Автономное оборудование кондиционирования воздуха малой производительности	Мобильные кондиционеры; оконные моноблоки; внутристенные моноблоки; автономные кондиционеры воздуха с регенеративным теплообменником
	8	Раздельное оборудование кондиционирования воздуха малой производительности	Одиночные сплит-системы мощностью менее 12 кВт
	9	Раздельное оборудование кондиционирования воздуха большой	Крупногабаритные одиночные сплит-системы и мульти сплит-системы VRF - Системы с переменным расходом

Часть II: Стационарные кондиционеры и тепловые насосы		производительности и другие системы типа воздух- воздух	хладагента Канальные и агрегатированные моноблочные крышные системы
	10	Чиллеры с водяным охлаждением для систем кондиционирования воздуха	Чиллеры малой и средней мощности Чиллеры большой мощности
	11	Тепловые насосы, работающие только на нагрев	Системы отопления помещений: бытовые/коммерческие Системы нагрева воды: бытовые/коммерческие Системы отопления помещений большой производительности
Часть III: Транспортные кондиционеры	12	Транспортные кондиционеры	Автомобильные кондиционеры Кондиционеры для крупногабаритных транспортных средств (автобусы, поезда и т.п.)
Часть IV: Пеноматериалы	13	Изоляционные пеноматериалы	Гибкие панели; Сэндвич-панели со стальным покрытием; Тепло-звукоизоляция оборудования; Монтажная пена; Пеноблоки; Изоляция труб; Пенополиуретановое покрытие
Часть VI: Аэрозоли	14	Аэрозольная продукция	Дозирующие ингаляторы (ДИ) Аэрозоли немедицинского назначения
	15	Глоссарий терминов и технических определений	

Принимаемая система обозначения хладагентов

В данной брошюре упоминается большое количество веществ, изменяющих свое агрегатное состояние и используемых в качестве хладагентов. Это, в частности, вещества, уже выведенные из обращения по Монреальскому протоколу (как например, ХФУ), так и ГФУ, являющиеся основным предметом Семинара, а также различные возможные альтернативы с более низким ПГП.

В брошюре использована следующая система обозначения хладагентов:

- 1) для чисто органических веществ используются наименования соответствующих «групп веществ», например, ГФУ или УВ
- 2) смеси двух и более веществ обозначаются «R-номером», например, R-404A
- 3) неорганические вещества обозначаются R-номером, например, аммиак - R-717

R-номера – это система классификации, используемая для хладагентов. Каждый R-номер выдается Американским обществом инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха (ASHRAE).

Везде, где возможно, используется групповое наименование, потому что это дает читателю более полезную информацию о типе рассматриваемого вещества.

Все групповые названия приведены ниже в таблице. Поскольку в смеси часто входят компоненты из двух и более групп, то для всех смесей проще использовать R-номера

Краткое название группы веществ	Полное общее название (наименование)	Примеры	Примечания
ГФУ	Гидрофторуглероды	ГФУ-134a	ГФУ были внедрены в 1990-х годах как альтернатива ХФУ и

		ГФУ-125 ГФУ-32	ГХФУ.
УВ	Углеводороды	УВ-290 (пропан) УВ-600а (изобутан)	УВ используются в качестве альтернативы с низким ПГП для различных секторов использования, включая ОКВТН ¹ , пеноматериалы и аэрозоли.
ГФО	Гидрофторолефины	ГФО-1234ze ГФО-1234yf	ГФО – это недавно разработанные химические вещества, используемые как альтернативы с низким ПГП для различных секторов использования, включая ОКВТН, пеноматериалы и аэрозоли. ГФО также называют ненасыщенными ГФУ (нГФУ). Термин «ГФО» широко используют потребители и поставщики.
ХФУ	Хлорфторуглероды	ХФУ-11 ХФУ-12	ХФУ выведены из обращения в результате реализации Монреальского протокола
ГХФУ	Гидрохлорфторуглероды	ГХФУ-22 ГХФУ-123	ГХФУ находятся в процессе вывода из обращения в результате реализации Монреальского протокола
Смеси 2 и более компонентов		R-404A R-410A R-507A	Смеси широко используются в ОКВТН ¹ . Серия 400 – это неазеотропные смеси. Серия 500 – это азеотропные смеси.
Неорганические вещества		R-717 (аммиак) R-744 (CO ₂)	R-717 и R-744 – это альтернативы с низким ПГП, используемые основным в системах ОКВТН.

¹ ОКВТН: охлаждение, кондиционирование воздуха и тепловые насосы

2. Обзор основных направлений использования ГФУ

2.1. Введение

В этом разделе представлен краткий обзор секторов экономики, в которых используются ГФУ. Каждое направление подробно рассматривается в следующих главах, с 3 по 14.

Чтобы оценить потенциал сокращения спроса на ГФУ, важно понять основные направления их применения и рассмотреть возможности и ограничения использования альтернатив с более низким ПГП. До 1990 года ГФУ почти не использовались. В то время нынешние секторы экономики, в которых используются ГФУ, потребляли озоноразрушающие вещества (ОРВ), в основном ХФУ и ГХФУ. Поскольку в соответствии с Монреальским протоколом ОРВ начали выводиться из обращения, то ГФУ стали одними из наиболее значимых химических соединений, выбранных в качестве заменителей ОРВ.

В некоторых секторах потребления ОРВ, существовала возможность перехода на альтернативы, не содержащие фторуглероды. Например, значительная часть крупнейшего сектора потребления ОРВ – аэрозольной продукции – смогла перейти на такие пропелленты, как углеводороды, или на качественно иные технологии, такие как: пульверизаторы или шариковые аппликаторы. Вместе с тем, в некоторых существенных секторах потребления, например, в секторе холодильного оборудования и кондиционеров, ГФУ стали привлекательной альтернативой благодаря своей негорючести и низкой токсичности. ГФУ были разработаны в качестве замены ОРВ. Производство ГФУ быстро выросло, поскольку необходимо было обслуживать потребности ключевых секторов, рассмотренных ниже в разделе 4.

В этой главе вкратце освещены следующие темы:

- a) наиболее распространенные ГФУ
- b) главные секторы потребления ГФУ и их подсекторы
- c) имеющиеся возможности сокращения текущих объемов потребления и потерь (выбросов) ГФУ

Тенденции использования ГФУ в разных секторах экономики и разных регионах мира быстро меняются. В странах статьи 5, потребление ГФУ растет вследствие вывода из обращения ОРВ экономического роста. В некоторых странах, не действующих в рамках статьи 5, потребление ГФУ сокращается вследствие реализации политики, направленной на предотвращение изменения климата. Достоверных данных об объемах производства и потребления ГФУ на глобальном уровне относительно немного. Как следствие, некоторые данные, приведенные в этой главе, представляют собой оценки, сделанные на основе ряда опубликованных источников, включая исчерпывающие данные из конкретных регионов вкупе с результатами исследований по моделированию потребления. Эти данные следует рассматривать не как точные показатели, а как полезные показатели, описывающие ключевые секторы потребления ГФУ.

2.2 Химические вещества гидрофторуглероды (ГФУ)

ГФУ образуют большую группу фторуглеродных химических соединений. Каждая из них состоит из различных комбинаций водорода, фтора и углерода. Имеется 19 разных ГФУ, ПГП¹ которых

¹ Все значения потенциала глобального потепления (ПГП) приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК. Количество в тоннах CO₂-эквивалента рассчитывается путем умножения количества соответствующего ГФУ в метрических тоннах на его ПГП

– от 100 до почти 15000. В секторе преобладают лишь несколько ГФУ: На рис. 1 показано, в общемировом объеме потребления, выраженном в метрических тоннах, 90% приходится на пять видов ГФУ: ГФУ-134а, ГФУ-125, ГФУ-143а, ГФУ-32 и ГФУ-152а.

Рисунок 1. Структура глобального потребления ГФУ (мт), 2012 г.

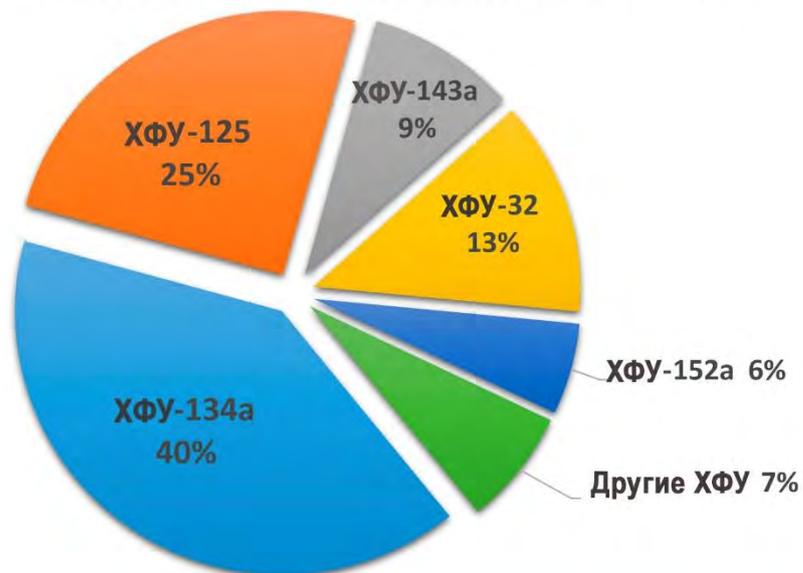
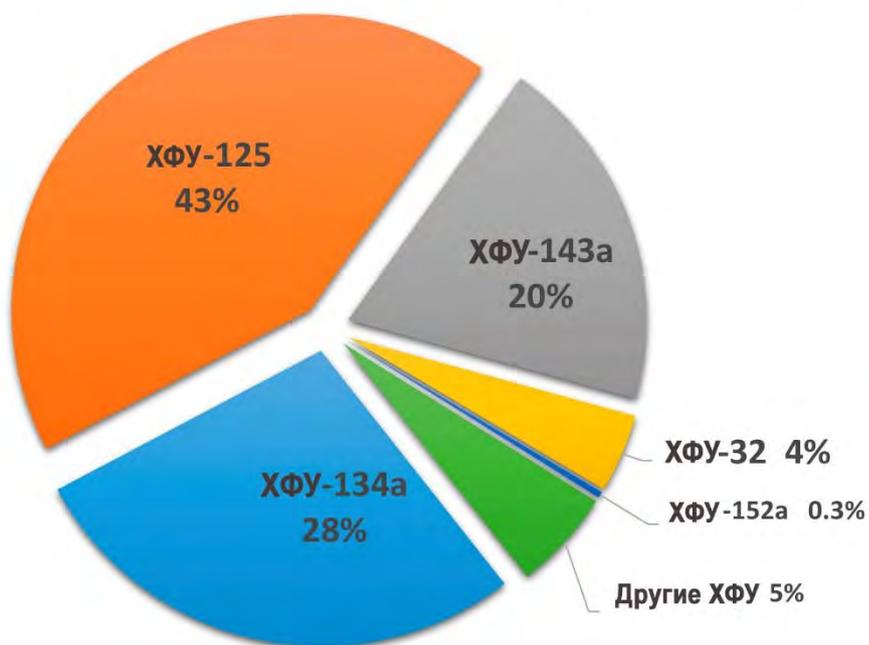


Рисунок 2. Структура глобального потребления ГФУ (т CO₂), 2012 г.



Если рассматривать данные, выраженные в тоннах CO₂-эквивалента, то три из этих ГФУ составляют основную часть общего потребления. На рис. 2 показано, что на ГФУ-134а, ГФУ-125 и ГФУ-143а приходится около 90% потребления, в соответствии с ПГП. ГФУ-32 и ГФУ-152а составляют меньшую часть общего потребления, в соответствии с ПГП, поскольку оба обладают намного более низким ПГП, чем три преобладающих вида ГФУ.

Большую часть категории «другие ГФУ» на рисунках 1 и 2 составляет потребление еще трех видов ГФУ: ГФУ-245fa, ГФУ-365mfc и ГФУ-227ea.

2.3 Смеси ГФУ

Из преобладающих ГФУ, представленных на рис. 1 и 2, только ГФУ-134а используется в значительных количествах в качестве чистого вещества. ГФУ-125, ГФУ-143а и ГФУ-32 используются как компоненты смесей, применяемых преимущественно в секторе охлаждения и кондиционирования воздуха. ГФУ-152а используется в смесях для производства аэрозольной продукции и изготовления пено-изоляционных материалов. Имеется большое количество смесевых хладагентов, причем это число существенно увеличивается по мере того, как в ответ на региональные меры контроля за использованием ГФУ с высоким ПГП на рынке быстро появляются новые смеси.

В системе нумерации хладагентов ASHRAE насчитывается уже свыше 60 разных смесей. Как и в случае с чистыми ГФУ, в использовании преобладает небольшое число смесей ГФУ. В частности, в 2012 году тремя основными смесями ГФУ (более 90% общего потребления всех смесей, взвешенного по ПГП) были:

- R-404A
- R-410A
- R-407C

2.4 Направления использования ГФУ

ГФУ используются в основном в 5 секторах. Это:

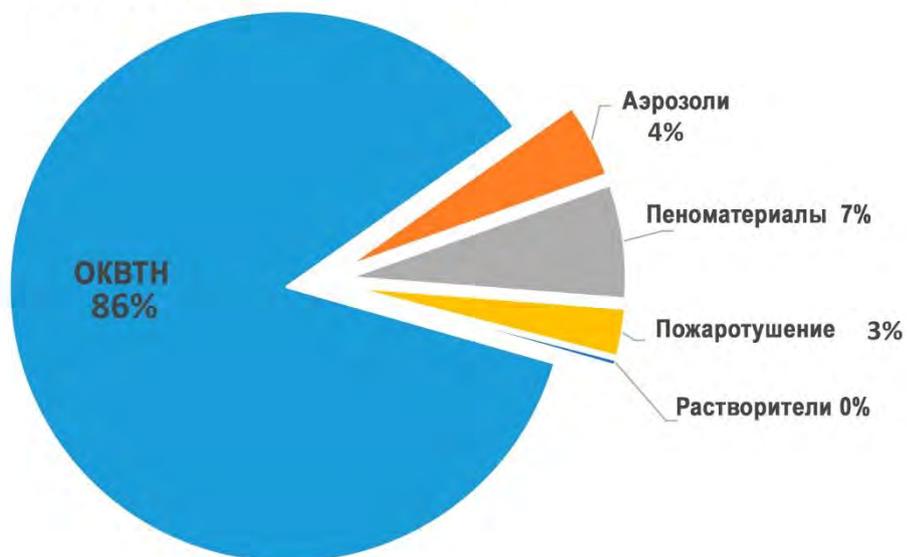
- а) охлаждение, кондиционирование воздуха, тепловые насосы (ОКВТН)
- б) изоляционные пеноматериалы
- в) аэрозольная продукция
- г) системы пожаротушения
- д) растворители

Структура потребления в этих секторах представлена на рис. 3 (в метрических тоннах) и рис. 4 (в тоннах CO₂-эквивалента, в соответствии с ПГП).

Рисунок 3. Секторы, использующие ГФУ, в % от общего потребления (мт), 2012 г.



Рисунок 4. Секторы, использующие ГФУ, в % от общего потребления (т CO₂), 2012 г.



Комментарии по направлениям использования ГФУ

Основным направлением использования является охлаждение, кондиционирование воздуха и тепловые насосы (ОКВТН). На его долю приходится 79% потребления ГФУ в метрических тоннах. Этот показатель возрастет до 86% при перерасчете с учетом ПГП этих веществ. Это увеличение

обусловлено тем, что для оборудования в этом секторе требуются ГФУ с более высоким средним ПГП, чем для других основных направлений. По оценкам, средний ПГП ныне используемых хладагентов-ГФУ составляет около 2200.

На долю производства аэрозольной продукции и пеноматериалов приходится в совокупности почти 20% потребления ГФУ в метрических тоннах, но используемые ГФУ имеют в среднем более низкий ПГП, чем используемые в ОКВТН, поэтому в объеме потребления, в перерасчете с учетом ПГП, они занимают всего лишь 11%. Средний ПГП ГФУ, используемых сейчас в качестве пенообразователей и аэрозольных пропеллентов, составляет около 1000.

Такие направления использования ГФУ, как системы пожаротушения и растворители для очистки, очень малы по сравнению с ОКВТН, аэрозольной продукцией и пеноматериалами. В системах пожаротушения применяются ГФУ с высоким ПГП, однако используемые объемы очень малы.

ГФУ-134а используется по всем трем основным направлениям (ОКВТН, аэрозольная продукция, пеноматериалы).

Остальными ГФУ-хладагентами, которые использовались в секторе ОКВТН в 2012 году, большей частью были смеси.

ГФУ-227еа используется в малых количествах для производства аэрозольной продукции, пеноматериалов и в системах пожаротушения.

Таблица 2.1: Основные ГФУ, используемые в главных секторах потребления

Направление использования	Основные ГФУ	ПГП
ОКВТН	R-404A	3922
	R-410A	2088
	R-407C	1774
	ГФУ-134а	1430
Аэрозольная продукция	ГФУ-134а	1430
	ГФУ-152а	124
	ГФУ-227еа	3220
Пеноматериалы	ГФУ-134а	1430
	ГФУ-245fa	1030
	ГФУ-365mfc / ГФУ-227еа	960 - 1100
Пожаротушение	ГФУ-227еа	3220
	ГФУ-125	3500
	ГФУ-23	14800
Растворители	ГФУ-4310mee	1640

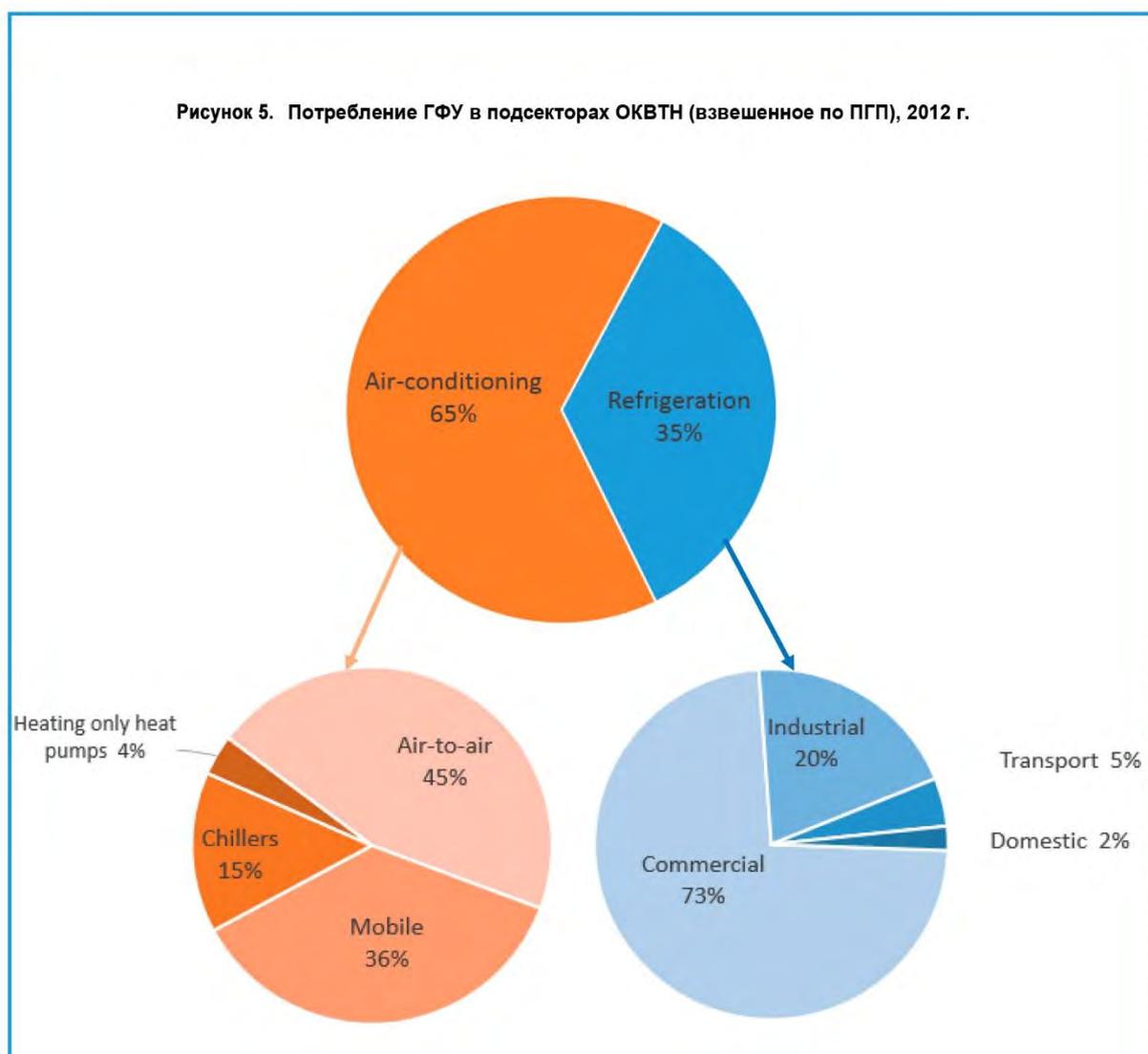
2.5 Подробнее об ОКВТН

Поскольку на сектор ОКВТН приходится такая большая доля потребления ГФУ, важно понять структуру потребления ГФУ с разбивкой по подсекторам этого сектора. По оценкам, 65% мирового потребления ГФУ (взвешенного по ПГП) на рынке ОКВТН составляет потребление, связанное с кондиционированием воздуха и тепловыми насосами, а 35% - с охлаждением.

Сектор ОКВТН можно подразделить на четыре подсектора кондиционирования воздуха / тепловых насосов и четыре подсектора охлаждения, как показано на рис. 5.

Основными направлениями потребления ГФУ в подсекторе кондиционирования воздуха (около 80% общего потребления) являются воздушно-воздушные системы кондиционирования воздуха и транспортные (мобильные) холодильные системы. Воздушно-воздушный подсектор включает значительную долю реверсивных агрегатов, работающих и как кондиционеры, и как тепловые насосы, использующие воздух как источник тепла.

В подсекторе холодильного оборудования в использовании ГФУ преобладает коммерческое и промышленное холодильное оборудование: на него приходится свыше 90% общего потребления.

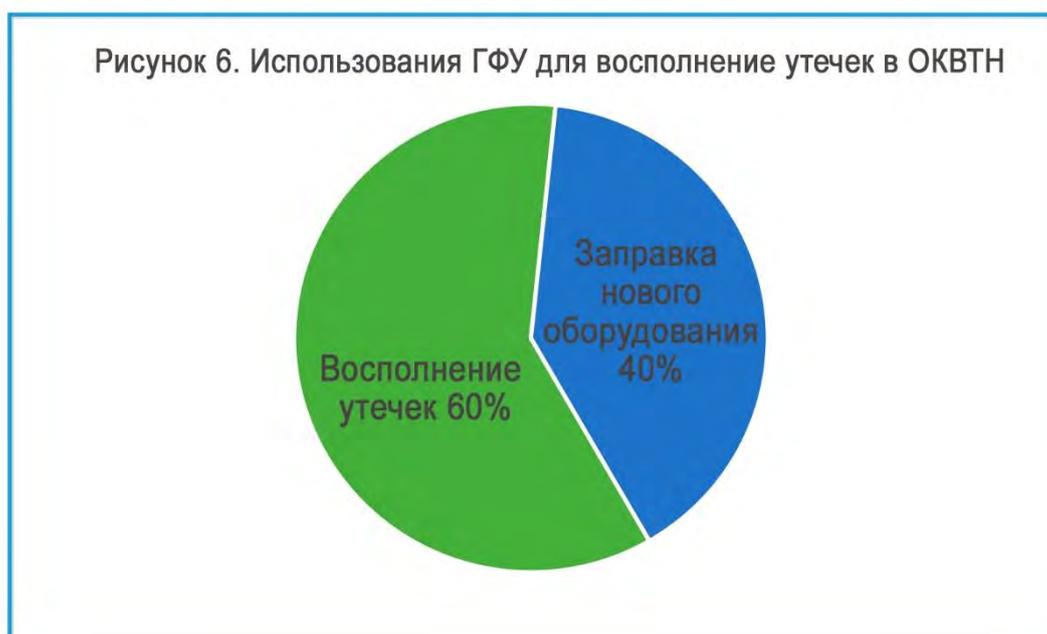


Использование ГФУ в новом оборудовании ОКВТН и для технического обслуживания

На рис. 6 изображена структура потребления ГФУ с разбивкой на два направления: заправку нового оборудования и техническое обслуживание и ремонт. Во многих системах ОКВТН имеет место относительно высокий уровень утечек; более половины общего потребления ГФУ приходится на восполнение хладагента, потерянного вследствие значительных утечек или более серьезных происшествий, вызвавших полную потерю хладагента (например, дорожно-транспортного происшествия, в котором был поврежден автомобильный кондиционер).

Уровень утечек в разных сегментах сектора ОКВТН существенно различается. Тремя секторами, где традиционно наблюдаются высокие уровни утечек, являются коммерческое холодильное оборудование большой производительности, промышленное холодильное оборудование и транспортные (мобильные) холодильные системы. Очень низкие уровни утечек характерны для герметичных холодильных систем малой производительности (а именно, бытовых холодильников). Надлежащим образом, установленные сплит-системы кондиционирования воздуха отличаются намного более низким уровнем утечек, нежели коммерческое холодильное оборудование.

Эти высокие уровни утечек иллюстрируют важность усилий по уменьшению утечек в рамках инициативы по сокращению использования ГФУ.



2.6 Подробнее о других направлениях использования

Аэрозольная продукция

Применение ГФУ в качестве аэрозольных пропеллентов можно разделить на 2 подсектора:

- На **аэрозольные препараты** (дозированные ингаляторы (ДИ)), используемые для принятия лекарств, действующих на органы дыхания, приходится около 35-45% общего потребления ГФУ при производстве аэрозольной продукции. В большинстве ДИ применяется ГФУ-134а. Приблизительно в 5% используется ГФУ-227еа.
- На **технические аэрозоли и новые аэрозоли** приходится около 25-35% общего потребления ГФУ: это преимущественно ГФУ-134а и некоторое количество ГФУ-152а.

Вспененные теплоизоляционные материалы

Применение ГФУ в качестве пенообразователя можно разделить на 2 подсектора:

- **Производство экструдированного пенополистирола** составляет около 40-50% общего потребления ГФУ в этом секторе.
- **Производство полиуретановых пеноматериалов** (на основе полиуретана, полиизоцианата и пенофенопластов) составляет около 50-60% общего потребления ГФУ в этом секторе. Крупнейшие потребители ГФУ в подсекторе полиуретановых пеноматериалов – звуко-теплоизоляция оборудования, сэндвич-панели, монтажная пена, на которые приходится 75% общего потребления.

2.7 Возможности для сокращения потребления ГФУ

Возможности для снижения нынешних уровней потребления ГФУ делятся на 4 основные группы:

- 1) **Применение в новом оборудовании альтернатив с более низким ПГП.** По мере истечения срока службы старого оборудования возникает необходимость его замены, то есть возможность использования подходящей альтернативы с более низким ПГП. В некоторых случаях есть хорошие технические возможности для применения альтернативы с очень низким ПГП (например, с ПГП ниже 10, как у R-744, УВ-290 или ГФО-1234ze). Это позволит сократить потребление, в соответствии с ПГП, почти на 100%. В некоторых подсекторах соображения стоимости или безопасности могут обусловить использование альтернативы на основе ГФУ с умеренным ПГП. Существует ряд альтернатив с более низким ПГП, в диапазоне от 200 до 700, которые обеспечат сокращение потребления, в соответствии с ПГП, на 60-90%.
- 2) **Применение в существующем оборудовании, где целесообразны альтернативы с более низким ПГП.** В то время как ретрофит многих типов оборудования, содержащего ГФУ, включая герметичные холодильные системы, нецелесообразен, можно безопасно провести ретрофит многих типов оборудования с большим зарядом, а именно централизованных агрегатированных торговых холодильных систем. Во многих из этих систем охлаждения с применением ГФУ используется R-404A, хладагент с очень высоким ПГП – 3922. Доказано, что замена R-404A во многих системах экономически эффективна. Можно провести ретрофит существующего оборудования путем замены хладагента на негорючий хладагент, похожий по свойствам на R-404A, но имеющий ПГП в диапазоне 1400-2100, что позволит уменьшить потребление, в соответствии с ПГП, на 50-70%. Во многих случаях, после ретрофита, холодильная система имеет более высокую энергоэффективность, чем старая система на R-404A, что обеспечивает экономию затрат на электроэнергию и сокращение выбросов CO₂, связанных с энергией. Это важный вариант быстрого решения задачи сокращения потребления ГФУ.
- 3) **Предотвращение утечек.** В секторе ОКВТН использование ГФУ для восполнения потерь, вызванных утечками, составляет, по оценкам 55-65% общего потребления ГФУ. Есть прекрасные возможности для сокращения утечек. Это – еще одна стратегия, которая может обеспечить быстрое уменьшение потребления ГФУ.
- 4) **Использование извлеченных ГФУ.** Когда срок службы старого оборудования, содержащего ГФУ, истекает, важно обеспечить утилизацию (сбор и подготовку для повторного использования) старых ГФУ. Это уменьшает выбросы по окончании срока службы и создает возможность для повторного использования утилизированного хладагента. Использование извлеченного хладагента (система квотирования) может служить важной стратегией для стимулирования утилизации хладагента по истечении срока службы старого оборудования.

2.8 Техническая разработка альтернатив с низким ПГП

Отмечается быстрое развитие альтернатив с низким ПГП используемым ГФУ. Этот процесс стимулируется в основном принятием в некоторых регионах нормативных актов, предписывающих уменьшать потребление ГФУ. В главах 3-14 описаны и проанализированы многочисленные альтернативы с низким ПГП. Всего лишь пять лет назад многие из них были недоступны.

Эти альтернативы делятся на две группы:

- существующие альтернативы (углеводороды, R-744 (CO₂), R-717 (аммиак) и ГФУ-32), для которых разработаны новые технологии, обеспечивающие повышение эффективности, решение проблем безопасности или сокращение затрат. Следует отметить, что эти новые разработки не обязательно могут быть применимы ко всем направлениям использования или во всех климатических условиях. В последние годы идет масштабный инновационный процесс и количество установленных систем, в которых используются эти альтернативы, возрастает в геометрической прогрессии. Яркий пример – использование R-744 в холодильном оборудовании для супермаркетов: доступные сегодня холодильные системы имеют более высокую энергоэффективность и более эффективны экономически, чем те, что были доступны 5 лет назад.
- внедрение новых химических веществ, которые ранее не были коммерчески доступны. Это касается новых ГФУ веществ (также известных как ненасыщенные ГФУ) и смесей ГФО с ГФУ. Первое из этих веществ появилось около 5 лет назад. Сейчас доступны или в стадии разработки несколько чистых веществ и множество смесей хладагентов.

Ожидается, что техническая разработка этих и других альтернатив с низким ПГП продолжится в следующие 5-10 лет.

3. Бытовое холодильное оборудование

3.1 Описание сектора использования

Этот сектор использования включает бытовое холодильное оборудование, используемое для хранения охлажденных и замороженных продуктов питания и напитков.

Подсекторы направления. К данному сектору относятся холодильники, морозильники и холодильники с морозильными камерами. Информация, приведенная здесь, не разделена по подсекторам, поскольку во всех типах бытового холодильного оборудования применяется практически одинаковая технология.

Типичная конструкция систем. Большинство бытовых холодильных приборов – это герметичные системы заводского изготовления с электропитанием, в которых используется парокомпрессионный холодильный цикл.

Альтернативные технологии. В небольшой части вышеупомянутых приборов используется цикл абсорбционной машины с теплоэлектронагревателем. Эти приборы эксплуатируются в условиях, где необходим низкий уровень шума (например, в гостиничном номере) или где отсутствует электроснабжение (например, на катере), однако высокая стоимость и более низкая энергоэффективность делают их непригодными для массового применения. В настоящее время проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию различных альтернативных технологий, однако вероятность того, что такие системы в следующие 10 лет составят конкуренцию нынешним парокомпрессионным системам, мала.

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ. До 1990 года в большинстве холодильных приборов использовался ХФУ-12. В странах статьи 5, приблизительно с 1993 года наметился переход на ГФУ-134а. Многие страны впоследствии перешли на системы, использующие углеводород R-600а, который ныне является преобладающим хладагентом для нового бытового холодильного оборудования. В Северной Америке УВ в значительной мере не применяются. ГХФУ в этом секторе не используются.

Таблица 3.1: Бытовое холодильное оборудование: характеристика оборудования, использующего ГФУ

Стандартное количество хладагента	0.1 - 0.3 кг
Стандартная холодопроизводительность	0.1 - 0.5 кВт
Используемые ГФУ-хладагенты	ГФУ-134а (ПГП 1430 ¹)
Холодильный контур	Герметичный (замкнутый парокомпрессионный цикл)
Изготовление/монтаж	Заводского изготовления
Стандартное размещение оборудования	Помещения категории А (доступ для лиц, не знакомых с мерами предосторожности)
Типичная годовая	< 0.5%

¹ Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК

интенсивность утечек	
Основной источник выбросов ГФУ	Потери в конце срока службы
Приблизительная разбивка годовой потребности в хладагенте	Новое оборудование: 95% Обслуживание: 5%

3.2 Альтернативы ныне используемым ГФУ-хладагентам

Таблица 3.2: Альтернативы с более низким ПГП для бытового холодильного оборудования

Хладагент	ПГП	Класс воспламеняемости ²	Примечания
УВ-600а	3	3	Уже широко используется в большинстве регионов
R-1234yf	4	2L	Сейчас не используются, однако изучается возможность их применения в случаях, где необходим большой объем заправки хладагента (более 0,15 кг), и в странах, где действуют ограничения на применение УВ
ГФО-1234ze	7	2L	

В этом подсекторе широко используются углеводороды (УВ). В 2014 году Комитет по техническим альтернативам в производстве холодильного оборудования (RTOC) по результатам проведенных исследований пришел к выводу, что к 2020 году в 75% новых бытовых холодильных приборах будет использоваться R-600а, причем без какого-либо вмешательства регулирующих органов. В ЕС R-600а уже используется более, чем в 90% нового бытового холодильного оборудования.

3.3 Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

ГФУ-134а – невоспламеняющийся. R-600а относится к категории высокой воспламеняемости, поэтому при конструировании холодильников, в которых он применяется, следует особое внимание уделять требованиям безопасной эксплуатации. Сейчас в мире эксплуатируется свыше 500 млн. холодильников и морозильников с этим хладагентом. Вопросы безопасности, связанные с повышенной воспламеняемостью, успешно решены. Стандарт безопасности IEC 60335-2-24 позволяет использовать в бытовой технике до 0.15 кг R-600а при условии соблюдения надлежащих норм проектирования. Для большинства бытовой техники на R-600а требуется значительно меньше 0,15 кг (такое оборудование требует (в килограммах) приблизительно в два раза меньше хладагента, чем при использовании R-134а).

В США и Канаде УВ широко не используются. Стандарт UL 250 не позволяет использовать более 0,057 кг, что ограничивает сферу применения УВ малогабаритными

² Классы воспламеняемости в соответствии со стандартами ISO 817 и ISO 5149

3 = высокая воспламеняемость; 2 = воспламеняемые; 2L = низкая воспламеняемость; 1 = без распространения огня

холодильниками и морозильниками (большинство техники, продаваемой в США, требует большего количества хладагента).

В большинстве регионов мира можно ожидать широкого внедрения УВ. Если УВ нельзя использовать из-за региональных норм безопасности или в крупногабаритных бытовых холодильниках (т.е. требующих более 0,15 кг хладагента), то в качестве подходящей альтернативы с низким ППП можно применить ГФО-1234yf или ГФО-1234ze. При этом, вопросы безопасности все равно необходимо учесть, так как эти ГФО относятся к категории низкой воспламеняемости. В таких стандартах, как IEC 60335-2-24, на данный момент не проводится различие между классами воспламеняемости, что препятствует использованию хладагентов с низкой воспламеняемостью.

Наличие на рынке

R-600a для бытового холодильного оборудования широко доступен на рынке, как и соответствующие компоненты (например, компрессоры).

ГФО в этом направлении еще не используются. Компрессоров, оптимизированных под применение ГФО-1234yf или ГФО-1234ze в бытовом холодильном оборудовании, пока немного.

Стоимость

Для использования R-600a необходимы первоначальные капиталовложения для обеспечения безопасности на предприятиях, работающих с большими количествами УВ. После осуществления этих инвестиций текущие затраты несколько уменьшаются, так как количество R-600a для заправки невелико, и этот хладагент хорошо подходит для конструкций с высокой энергоэффективностью. Затраты на электроэнергию за период эксплуатации можно сократить благодаря высокой энергоэффективности систем на УВ. Страны, где сейчас используются УВ в бытовой холодильной технике, осуществили переход с ГФУ-134a на R-600a совершенно добровольно, что демонстрирует наличие положительного коммерческого стимула для перехода на УВ.

Стоимость использования ГФО не определена. Первоначальные капиталовложения в серийное производство могут быть ниже, чем для УВ, так как легче решать вопросы воспламеняемости. ГФО более дорогостоящи, чем ГФУ-134a, поэтому может иметь место небольшое увеличение удельных затрат в расчете на один холодильник.

Энергоэффективность

R-600a обладает очень хорошими термодинамическими и химическими свойствами и может использоваться для производства высокоэффективных бытовых холодильников. Большинство нового оборудования, в котором используются УВ, имеют эффективность, как оборудование с ГФУ-134a, или выше.

Энергоэффективность холодильников на ГФО пока не известна.

Возможность применения в странах с жарким климатом

Дополнительных трудностей в проектировании бытовых холодильных систем с использованием R-600a для эксплуатации в странах с жарким климатом нет (по сравнению с системами, использующими R-134a). В условиях жаркого климата давление конденсации R-600a будет значительно ниже, чем у R-134a.

Возможности ретрофита существующего оборудования

Ретрофит существующего бытового холодильного оборудования и малогабаритных герметичных систем нецелесообразен.

Обучение

Техники по обслуживанию и ремонту холодильников на R-600a должны пройти обучение работе с хладагентами, обладающих высокой воспламеняемостью. В регионах, где УВ уже используются, в том числе в странах статьи 5, существует хорошая практика проведения учебных курсов.

Сведение к минимуму выбросов ГФУ из существующего оборудования

Большинство случаев выбросов ГФУ из бытовых холодильников происходит в конце срока службы (интенсивность эксплуатационных утечек очень низкая, и такие утечки возникают в основном из-за случайного повреждения). Необходимо обеспечить возможность рециркулирования хладагента по окончании срока службы, чтобы свести эти выбросы к минимуму.

4. Торговое холодильное оборудование

4.1 Описание сегмента холодильного оборудования

Этот сектор включает торговые холодильные системы и оборудование, используемые для хранения и выкладки (экспозиции) товаров на предприятиях розничной торговли продуктами питания и напитками (в супермаркетах, универсамах, магазинах и т.п.) и предприятиях общественного питания (в ресторанах, гостиницах и т.п.).

Подсекторы сегмента холодильного оборудования

В этом секторе используется три разных вида оборудования. Это:

- a) **автономное оборудование с герметичным контуром:** небольшие системы с встроенным агрегатом, в которых используется технология, похожая на применяемую в бытовых холодильниках
- b) **оборудование с выносным холодом:** «сплит-системы» с испарителем в охлаждаемом пространстве (как, например, витрина в розничной торговле), подключенные к компрессорно-конденсаторному блоку, установленному отдельно.
- c) **системы централизованного холодоснабжения:** большие системы распределения с несколькими охлаждающими испарителями, подключенными к установленной отдельно компрессорной установке и внешнему конденсатору.

Каждый подсектор обладает разными характеристиками, особенно по количеству заправленного в систему хладагента. Возможные варианты применения альтернативных хладагентов в этих подсекторах существенно различаются.

Поддерживаемые температурные режимы

Коммерческое холодильное оборудование обеспечивает создание и поддержание двух основных температурных режимов:

среднетемпературного (СТ) для охлажденных продуктов, хранящихся при температуре от 0°C до +8°C

низкотемпературного (НТ) для замороженных продуктов, хранящихся при температуре от -18°C до -25°C

Типичная конструкция систем

Почти во всех торговых холодильных системах используются парокompрессионные холодильные агрегаты непосредственного испарения (НИ). В большинстве современных ГФУ-систем используется одноступенчатое сжатие. Каждая система рассчитана на обеспечение конкретного уровня температуры (СТ или НТ). Автономные системы обслуживают только одну тепловую нагрузку (например, одну продуктовую витрину). Системы с выносным холодом могут обслуживать до трех объектов, а централи (централизованные системы) – множество охлаждаемых витрин и холодильных камер.

Альтернативные технологии

Другие виды охлаждения, кроме парокompрессионных, не применяются. Альтернативой широко используемым установкам непосредственного охлаждения для централизованных систем являются установки косвенного охлаждения, чиллер которых охлаждает вторичный хладоноситель (например, этиленгликоль, рассол или диоксид углерода под давлением), который, циркулируя, обеспечивает охлаждение. Эти системы требуют намного меньше первичного хладагента, чем системы НИ. Для повышения энергоэффективности может применяться многоступенчатое сжатие.

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ

До 1990 г. в большинстве СТ-систем использовался ХФУ-12, а в большинстве НТ-систем - R-502. В странах, не действующих в рамках статьи 5, с конца 1980-х годов в новом оборудовании около десяти лет использовался R-22, но к настоящему времени большинство этого оборудования заменено. Начиная приблизительно с 1997 г. в качестве хладагента и в низкотемпературном, и в среднетемпературном оборудовании стал широко применяться R-404A¹. В странах статьи 5, по-прежнему используется в основном R-22, а в новом оборудовании все шире применяется R-404A.

Таблица 4.1: Коммерческое холодильное оборудование: характеристики оборудования, работающего на ГФУ

Подсектор:		Автономное оборудование	Оборудование с выносным холодом	Системы централизованного холодоснабжения
Стандартное количество хладагента	количество	0.1 - 0.5 кг	1 - 10 кг	20 - 200 кг
Стандартная холодопроизводительность		0.1 - 1 кВт	2 - 20 кВт	40 - 200 кВт
Широко используемые ГФУ-хладагенты		R-404A (ПГП 3922 ²) R-134a (ПГП 1430)		
Холодильный контур		Герметичный, с непосредственным испарением	Распределенное непосредственное испарение	
Изготовление/монтаж		Заводского изготовления	Разводка трубопроводов по месту монтажа оборудования	
Стандартное размещение оборудования		Помещения категории А (доступ для лиц, не знакомых с мерами предосторожности)		
Типичная годовая интенсивность утечек		< 1%	5% - 20%	10% - 30%
Основной источник выбросов ГФУ		Потери в конце срока службы	Эксплуатационные утечки	Эксплуатационные утечки
Приблизительная разбивка годовой потребности в хладагенте	Новые системы	90%	50%	30%
	Обслуживание	10%	50%	70%

¹ R-507A тоже используется в коммерческих холодильных системах, хотя и не так широко, как R-404A. Замечания относительно R-404A в этом разделе касаются также R-507A.

² Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК



Автономное оборудование с герметичным контуром



Компрессорно-конденсаторный агрегат малой производительности:

1 компрессор и конденсатор подключены к 1-2 прилавкам-витринам в розничном магазине

Система централизованного холодоснабжения:

Компрессорная станция подключена к многочисленным прилавкам-витринам супермаркета и к отдельно установленному конденсатору



Автономные системы заводского изготовления отличаются небольшой заправкой хладагента и низкой интенсивностью утечек.

Для более крупных конденсаторных агрегатов и централизованных систем требуется большое количество трубопроводов и хладагента для монтажа по месту установки. Это обуславливает значительно большее количество заправляемого в систему хладагента и вероятность возникновения утечек в большом объеме. В централизованных системах основная доля используемого ГФУ приходится на восполнение утечек.

R-404A – основной ГФУ-хладагент, используемый во всех трех подсекторах сегмента торгового холодильного оборудования, как в средне-, так и в низкотемпературных системах. Он имеет очень высокий ПГП (3922). Во многих странах на долю R-404A приходится более 90% потребления ГФУ (в соответствии с ПГП) в коммерческом секторе.

4.2 Альтернативы ныне используемым ГФУ-хладагентам

Альтернативы с низким ПГП представлены в Таблице 4.2.

Автономное оборудование с герметичным контуром

В этом подсекторе широко используются углеводороды (УВ). В частности, уже эксплуатируется свыше трех миллионов морозильных ларей, в которых используется УВ-290. Кроме того, в сегменте имеется целый ряд других видов автономных систем на УВ, например, прилавки-витрины для розничной торговли, охладители воды и генераторы льда. В шкафах охлаждения напитков в бутылках успешно используется R-744. ГФО-1234yf и ГФО-1234ze – возможные альтернативы для случаев, где использование УВ ограничено региональными правилами пожарной безопасности, так как они отличаются более низкой воспламеняемостью. Разработаны невоспламеняющиеся смеси ГФУ/ГФО, по свойствам похожие на ГФУ-134a, ПГП которых – около 600.

Таблица 4.2: Альтернативы с более низким ПГП для коммерческого холодильного оборудования

Хладагент	ПГП	Класс воспламеняемости ³	Примечания
Альтернативы для замены R-404A (могут использоваться и в новом оборудовании, и для ретрофита существующего оборудования)			
R-407A	2107	1	В Европе эти смеси широко используются как альтернативы R-404A (как в новых системах, так и для ретрофита). Могут иметь более высокую энергоэффективность, чем системы на R-404A. Недавно разработанные смеси, по свойствам похожие на R-404A, но с более низким ПГП. На данный момент опыт их промышленной эксплуатации ограничен.
R-407F	1825	1	
R-448A	1387	1	
R-449A	1397	1	
Альтернативы – только для нового оборудования			

³ Классы воспламеняемости в соответствии со стандартами ISO 817 и ISO 5149

3 = высокая воспламеняемость; 2 = воспламеняемые; 2L = низкая воспламеняемость; 1 = без распространения огня

УВ-600a	3	3	<p>Углеводороды (УВ) подходят для автономного оборудования (например, для морозильных ларей и шкафов охлаждения напитков в бутылках) и уже широко применяются как в странах статьи 5, так и в других странах.</p> <p>Возможность применения УВ можно рассматривать для оборудования с выносным холодом очень малой производительности с условием соблюдения правил безопасности.</p> <p>УВ используются в ряде крупных супермаркетов, где установлено множество автономных агрегатов, с конденсаторами водяного охлаждения.</p> <p>УВ могут использоваться как первичный хладагент в системах косвенного охлаждения и каскадных системах на R-744.</p>
УВ-290	3	3	
УВ-1270	2	3	
R-744 (CO ₂)	1	1	<p>Автономное оборудование: используется в шкафах для охлаждения напитков в бутылках и другом оборудовании</p> <p>Оборудование с выносным холодом: использование имеет место, но высокие капитальные затраты создают препятствие для оборудования малой производительности.</p> <p>Централизованные системы: в новых системах широко используются транскритические и каскадные циклы охлаждения.</p>
R-717 (аммиак)	0	2L	Используется в косвенных системах, но энергоэффективность может быть низкой
ГФО-1234yf	4	2L	Сейчас не применяются, но рассматривается возможность их использования в автономных системах и среднетемпературном оборудовании с выносным холодом.
ГФО-1234ze	7	2L	
R-450A	601	1	Недавно разработанные смеси, по термодинамическим свойствам похожие на ГФУ-134a. Рассматривается возможность их применения в среднетемпературных системах.
R-513A	631	1	
R-451A	140	2L	
R-451B	150	2L	
Смеси, ожидающие присвоения номера ASHRAE	150 - 300	2L	Разрабатываемые смеси, по свойствам похожие на R-404A. Рассматривается возможность их применения в низко- и среднетемпературном оборудовании с выносным холодом.
R-446A	460	2L	Недавно разработанные смеси, по свойствам похожие на R-410A. Рассматривается возможность их применения в оборудовании с выносным холодом.
R-447A	582	2L	
ГФУ-32	675	2L	Рассматривается возможность применения в оборудовании с выносным холодом.

Оборудование с выносным холодом

Сложный подсектор, потому что объем заправляемого хладагента относительно велик, а воспламеняемость – весьма важный вопрос. В сегменте имеются разнообразные невоспламеняющиеся альтернативы хладагенту R-404A с ПГП в диапазоне 1400-2100. Они

могут использоваться в новом оборудовании, а некоторые – для ретрофита существующих систем. Есть невоспламеняющиеся альтернативы ГФУ-134а с ПГП около 600. Возможный вариант – R-744, однако достижение высокой энергоэффективности и низких капитальных затрат оказывается проблемой для оборудования с выносным холодом. В стадии разработки находятся различные хладагенты низкой воспламеняемости (класс 2L), которые можно будет безопасно использовать во многих системах с выносным холодом при условии надлежащего соблюдения правил безопасности.

Централизованные системы – новое оборудование

В новых системах сейчас широко используется R-744, особенно в Европе. В регионах с мягким климатом популярностью пользуются транскритические бустерные системы с этим хладагентом⁴. В умеренном климате популярны транскритические бустерные системы на R-744. В условиях жаркого климата более выгодным с точки зрения энергоэффективности считается использование каскадных систем⁵, однако последние новшества в разработке транскритических систем (например, параллельное сжатие и эжектор) позволяют эффективно использовать бустерные системы в относительно жарком климате. Есть целый ряд других альтернатив, которые также можно использовать в новых централизованных системах. Например, в отдельных случаях использовать автономные УВ-агрегаты с охлаждающим водяным контуром.

Централизованные системы – существующее оборудование

Существуют различные варианты для ретрофита существующих систем с заменой R-404A. Есть несколько невоспламеняющихся альтернатив с ПГП в диапазоне 1400-2100. Практические исследования показали, что ретрофит может обеспечить повышение энергоэффективности на 5-10%, особенно в среднетемпературных системах.

4.3 Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

Автономные системы. Использование УВ – безопасный вариант для многих автономных систем, так как необходимый объем заправки хладагента мал. В некоторых странах, включая США, правила техники безопасности ограничивают допустимое количество УВ-хладагента в системе. Недавно программа SNAP Агентства по охране окружающей среды США опубликовала перечень ряда УВ, допустимых для применения в автономном коммерческом холодильном оборудовании. В случаях, где невозможно применять хладагенты с высокой воспламеняемостью, можно рассмотреть возможность использования других хладагентов, перечисленных в табл. 4.2, в том числе относящихся к классам воспламеняемости 1 и 2L. Гидрофторолефины (ГФО) обладают низкой воспламеняемостью (2L), однако вопросы безопасности все равно необходимо учитывать. В таких стандартах, как IEC 60335-2-89, на

⁴ R-744 имеет очень низкую критическую температуру (всего лишь 31оС, тогда как у большинства хладагентов она превышает 70оС). Это существенно влияет на то, как работают системы с этим хладагентом. Это в значительной степени влияет на работу систем, в которых используется R-744. В транскритических бустерных системах используется непосредственное испарение R-744 и для низко-, и для среднетемпературного охлаждения, при этом тепло отводится в атмосферу из конденсатора/воздушного охладителя R-744. Если температура окружающей среды ниже 20оС, то система работает в обычном субкритическом режиме. В жаркую погоду система работает с отводом тепла при температуре выше критической.

⁵ Каскадные системы позволяют избежать работы при температурах выше критической температуры R-744. В них используется непосредственное испарение R-744 для низкотемпературного охлаждения и вторичная система с R-744 под давлением для среднетемпературного охлаждения. Тепло отводится через «каскадный охладитель», в котором используется другой хладагент. Этот охладитель обычно размещается в специальном машинном отделении или на крыше, поэтому в нем может использоваться целый ряд хладагентов, включая УВ-290, R-717, ГФО-1234ze или ГФО-1234yf. Использование каскадной схемы удерживает температуру R-744 на уровне гораздо ниже его критической температуры при любой температуре окружающей среды, что обеспечивает повышенную эффективность в жарком климате.

данный момент не делается различия между классами воспламеняемости, что препятствует использованию хладагентов с низкой воспламеняемостью.

Оборудование с выносным холодом. Потенциально сложный подсектор с точки зрения безопасности. Системы обычно слишком велики для использования УВ. R-744 – возможный вариант, однако стоимость и энергоэффективность могут быть проблемой для таких небольших систем. Еще один вариант – использование альтернатив с низкой воспламеняемостью, например, R-32, чистых ГФО и смесей ГФО/ГФУ. Нормы безопасности, возможно, необходимо будет откорректировать для использования хладагентов с низкой воспламеняемостью в оборудовании с выносным холодом.

Централизованные системы. Широкое использование R-744 в некоторых регионах показывает, что этот хладагент можно безопасно и экономически эффективно использовать в централизованных системах. Значительные улучшения конструкции систем и специализированных комплектующих за последние 5 лет позволяют обеспечить значительное повышение эффективности таких новейших систем. Важная конструктивная проблема – предотвращение утечек, так как R-744 обладает очень высоким рабочим давлением.

Наличие на рынке

Автономные системы. В большинстве регионов оборудование, в котором применяются УВ, относительно доступно. В течение следующих 5 лет, вероятно, появится намного более широкий спектр УВ, R-744, смесей ГФУ/ГФО и автономного оборудования на ГФО.

Оборудование с выносным холодом. Опыт промышленного применения R-744 и хладагентов с низкой воспламеняемостью в данном подсекторе незначителен. Необходима существенная работа, как по разработке компонентов, так и норм безопасности, без которой масштабное использование маловероятно.

Централизованные системы. Обеспечена достаточная доступность оборудования на R-744, в ряде регионов, в частности, в ЕС. В достаточной степени доступны также централизованные системы, выполненные на автономных агрегатах с водяным охлаждением.

Стоимость

Автономные системы. Капитальные затраты на УВ-агрегаты близки к затратам на ГФУ-агрегаты, однако следует учитывать и определенные инвестиционные вложения заводо-производителей такого оборудования, связанные с обеспечением безопасного обращения с воспламеняющимися хладагентами. Стоимость оборудования на R-744 и ГФО-1234yf, вероятно, несколько более высока из-за более высокой стоимости комплектующих (в случае с R-744) или хладагента (в случае с ГФО).

Оборудование с выносным холодом. Если хладагенты с низкой воспламеняемостью приемлемы, то в стоимости аппаратной части большой разницы не будет, однако некоторые хладагенты с более низким ППП могут стоить дороже, чем R-404A. Малые системы на R-744 сейчас значительно дороже систем на ГФУ.

Централизованные системы. Системы на R-744 сейчас обходятся дороже, чем системы на R-404A – как правило, на 10-20%. Вместе с тем, эта разница в цене уменьшается по мере расширения масштабов использования. Некоторое новейшее оборудование стоит максимум на 5% дороже, чем существующие системы на ГФУ.

Энергоэффективность

Автономные системы. УВ-системы отличаются более высокой эффективностью, чем нынешние конструкции, в которых применяются ГФУ. Данных по ГФО и смесям ГФО/ГФУ немного, но, возможно, по эффективности они равны R-404A или превосходят его.

Оборудование с выносным холодом. Информации об эффективности использования

ГФУ-32, ГФО и смесей ГФО/ГФУ в данном оборудовании еще нет. Ожидается, что эффективность будет более высокая, чем у нынешнего оборудования на R-404A.

Централизованные системы. Системы на R-744 могут обладать более высокой эффективностью, чем существующие системы на R-404A. В условиях холодного и умеренного климата хорошую эффективность демонстрируют транскритические системы на R-744. В условиях жаркого климата для достижения высокой эффективности может потребоваться применение каскадных систем, однако использование таких новшеств, как технология параллельного сжатия и эжектор, позволяет эффективно эксплуатировать транскритические системы в более жарком климате, нежели считалось ранее.

Возможность применения в странах с жарким климатом

Автономные системы. Дополнительных трудностей в проектировании автономных систем на УВ или ГФО для эксплуатации в условиях жаркого климата нет (по сравнению с системами на R-404A или R-134a). R-744 сложнее использовать с высокой эффективностью в оборудовании малой производительности в условиях жаркого климата, и этот хладагент может подходить не для всех видов автономного оборудования.

Оборудование с выносным холодом. Данных об эффективности новых смесей ГФО/ГФУ пока нет. Для среднетемпературных систем наилучшим вариантом в условиях жаркого климата могут быть смеси, по свойствам схожие с R-134a, так как они обладают низким давлением нагнетания. Для низкотемпературных систем более целесообразным вариантом могут быть смеси, по свойствам схожие с R-404A. Хладагенты с более высоким давлением, как, например, R-32, и новые смеси, аналогичные по свойствам R-410A, могут быть более сложными в использовании из-за высокой температуры нагнетания, но эту проблему можно с определенными дополнительными затратами смягчить с помощью впрыска жидкости и пара.

Централизованные системы. Транскритические системы на R-744 обладают более низкой энергоэффективностью и меньшей эффективностью в условиях жаркого климата, но эту проблему можно смягчить с помощью ряда новшеств (как то параллельного сжатия и эжектора). В странах с жарким климатом R-744 можно применять в каскадной конструкции, где этот хладагент используется в субкритических условиях, при этом пар будет отводиться в отдельный высокотемпературный охлаждающий контур (где можно использовать целый ряд хладагентов, например, УВ, аммиак или ГФО-1234ze). Каскадные схемы, которые уже используются в ряде существующих установленных систем, продемонстрировали высокую энергетическую и экономическую эффективность.

Возможности ретрофита существующих систем

Существуют широкие возможности ретрофита **централизованных** систем на R-404A путем замены его на различные хладагенты с намного более низким ПГП (см. табл. 4.2). Ретрофит централизованных торговых холодильных систем может привести к значительному сокращению потребления ГФУ уже на раннем этапе.

Есть также возможности ретрофита оборудования с выносным холодом (хотя это обычно дает меньшую экономическую эффективность, чем ретрофит централизованных систем). Для автономных систем ретрофит нецелесообразен.

Обучение

Углеводороды. Техники по обслуживанию и ремонту должны пройти обучение работе с хладагентами, обладающими высокой воспламеняемостью. В регионах, где УВ уже используются, существует хорошая практика проведения учебных курсов. Обучение эксплуатации автономного оборудования проводится повсеместно. Обучение использованию хладагентов, обладающих высокой воспламеняемостью в больших системах (например, в охладителях каскадных систем) менее распространено.

ГФУ/ГФО, обладающие низкой воспламеняемостью. Для обслуживания систем, в которых используются хладагенты, обладающие низкой воспламеняемостью, обучение

также играет важную роль. Эти системы еще не применяются широко в коммерческом холодильном оборудовании, поэтому курсов обучения на данный момент мало.

R-744. Системы на R-744 находятся под намного более высоким давлением, чем системы на ГФУ, значительно отличаясь от последних конструктивно. Для работы с такими системами техническому персоналу необходимо пройти основательное дополнительное обучение. В регионах, где этот хладагент уже применяется, существует хорошая практика проведения учебных курсов.

По всем новым хладагентам необходимо также обеспечить подготовку конструкторов и проектировщиков.

Сведение к минимуму выбросов ГФУ из существующего оборудования

Автономные системы. большей частью выбросы ГФУ из автономных систем имеют место в конце срока службы (интенсивность эксплуатационных утечек очень низкая, и такие утечки возникают в основном из-за случайного повреждения). Необходимо обеспечить сбор и рециркулирование хладагента по окончании срока службы, чтобы свести эти потенциальные выбросы к минимуму.

Оборудование с выносным холодом и централизованные системы. Выбросы в основном имеют место из-за утечек на протяжении срока службы этого оборудования. Применение надлежащих практик при проектировании, монтаже и обслуживании может привести к значительному уменьшению утечек. Практические исследования показали, что для **имеющихся действующих систем** можно добиться уменьшения утечек в среднем с более чем 20% до менее чем 10% в год. Продемонстрировано, что проектирование в соответствии с надлежащими практиками уменьшает утечки из **разработанных и установленных в соответствии с новыми требованиями систем** в среднем до уровня значительно ниже 5% в год. Минимизация утечек дает значительную финансовую выгоду, так как она помогает обеспечить достижение максимальной энергоэффективности. При техническом обслуживании оборудования важно предотвращать попадание хладагента в атмосферу. По окончании срока службы, соблюдая надлежащие процедуры сбора, можно извлечь и восстановить значительно более 95% хладагента из старых систем.

Интересно отметить, что многие альтернативы с низким ПГП требуют намного более высокого уровня проектирования для обеспечения низкого уровня утечек. Системы на R-744 работают под очень высоким давлением, поэтому предотвращение утечек играет чрезвычайно важную роль. Необходимо также препятствовать утечке горючих хладагентов, для сведения к минимуму рисков для безопасности. Новые смеси ГФО/ГФУ будут более дорогими, что послужит движущим фактором минимизации утечек. Применение тех же надлежащих практик проектирования к традиционным системам на ГФУ позволит значительно сократить уровни утечек. Следует поощрять соблюдение надлежащих практик предотвращения утечек хладагентов.

5. Промышленное холодильное оборудование

5.1 Описание сегмента холодильного оборудования

Данный сектор включает холодильные системы, используемые в производственной и перерабатывающей отраслях. Большая часть промышленного холодильного оборудования используется для переработки и хранения пищевых продуктов и напитков, а также производства нефтехимической продукции, химических веществ и фармацевтических препаратов. Холодильное оборудование используется в ряде других производственных процессов, а именно при производстве пластмассовых изделий и полупроводников. Промышленное холодильное оборудование также используется в больших холодильных складах, на ледовых катках и в крытых лыжных сооружениях.

Подсекторы сегмента холодильного оборудования

Сектор промышленного холодильного оборудования сложно охарактеризовать, поскольку существует очень широкий диапазон требований к охлаждению с точки зрения температурного уровня, требуемой холодопроизводительности и технологий производства. Многие промышленные системы – это оборудование с большой производительностью (несколько МВт) и объемом заправки хладагента в несколько тонн. Однако не все промышленные системы представляют собой агрегаты большой производительности – на многих заводах используются многочисленные холодильные системы малой и средней производительности.

Для облегчения понимания принципа использования хладагентов, сектор промышленного холодильного оборудования был разделен на три подсектора, для выделения сфер, в которых уже используются хорошие альтернативы ГФУ, и тех, которые могут оказаться более проблемными. Это:

- a) **Системы малой и средней производительности** - обычно предназначены для обеспечения конкретной требуемой холодопроизводительности. Эти системы часто расположены близко к объекту охлаждения.
- b) **Системы централизованного холодоснабжения большой производительности (с использованием первичного хладоносителя)¹**. Данные системы используются для охлаждения большой производительности в скороморозильных аппаратах с интенсивным движением воздуха, в технологических теплообменниках и хладокомбинатах. Первичный хладоноситель подается из центрального машинного отделения (в котором находятся холодильные компрессоры высокой производительности) в несколько испарителей, обслуживающих один или несколько объектов охлаждения. Первичный хладоноситель часто циркулирует на значительных расстояниях (сотен метров).
- c) **Холодильные системы большой производительности с вторичным контуром хладоносителя²**. Первичный хладоноситель используется для охлаждения вторичного хладоносителя, который подается к нескольким объектам охлаждения.

Поддерживаемые температурные режимы

Промышленные системы работают в широком диапазоне температур. Значительная часть промышленных систем (особенно тех, которые используются для обработки пищевых продуктов и напитков) работают в тех же температурных режимах, что и коммерческое холодильное

¹ Первичный хладоноситель - это вещество, используемое в парокомпрессионном цикле. Холодный жидкий первичный хладоноситель испаряется для обеспечения охлаждения. Полученный пар затем сжимается и конденсируется.

² Вторичный хладоноситель передает охлаждение объекту охлаждения. Он охлаждается в парокомпрессионном чиллере. Большинство вторичных хладоносителей представляют собой жидкости, такие как ледяная вода (при температуре выше 0°C) или антифриз, а именно гликоль или рассол (при температуре ниже 0°C). К остальным типам вторичных хладоносителей относятся водные/ледяные смеси (лед тает и обеспечивает охлаждение) и летучие жидкости, такие как CO₂ (жидкость испаряется и обеспечивает охлаждение).

оборудование:

- среднетемпературном (СТ) для охлажденных продуктов, хранящихся при температуре от 0°C до +8°C
- низкотемпературном (НТ) для замороженных продуктов, хранящихся при температуре от -18°C до -25°C

Некоторые промышленные агрегаты работают при гораздо более низких температурах, от - 25°C до ниже -150°C. В промышленных системах тепловых насосов может использоваться оборудование, аналогичное промышленному холодильному оборудованию - они работают при температурах намного выше, чем холодильные системы.

Типичная конструкция систем

Учитывая широкий спектр направлений промышленного применения, в данном секторе также существует наибольшее разнообразие конструкций систем:

- в большинстве систем используется парокомпрессионный цикл.
- в большинстве систем малой и средней производительности используются воздухоохладители непосредственного испарения (НИ).
- во многих системах малой производительности используются конденсаторы воздушного охлаждения.
- в большинстве систем централизованного холодоснабжения большой производительности (с использованием первичного хладагента) используются затопленные испарители, циркуляция хладагента в которых осуществляется принудительно (насосами), либо самотеком за счет гравитации
- в чиллерах большой производительности для систем с вторичным контуром хладагента часто используются затопленные испарители, при этом в чиллерах
- меньшей производительности могут использоваться воздухоохладители непосредственного испарения (НИ).
- в системах большой производительности обычно используются испарительные конденсаторы или конденсаторы водяным охлаждением.
- в низкотемпературных системах (например, для охлаждения продуктов до температуры ниже -20°C) обычно используется двухступенчатая компрессия для повышения эффективности и снижения температуры нагнетания.
- в очень низкотемпературных системах (например, для охлаждения продуктов ниже - 40°C) используются каскадные системы³.
- в криогенных системах большой производительности (например, установках для сжижения воздуха, которые производят жидкий кислород и жидкий азот) обычно используются воздушные холодильные установки⁴.

Альтернативные технологии

Тепловые абсорбционные и адсорбционные холодильные системы находят применение и экономически эффективны в том случае, если для обеспечения их работы используется источник бросового тепла. Сорбционные системы могут использоваться в регионах, где электрические сети ненадежны.

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ

Промышленность является единственным сектором использования холодильного оборудования, в котором до 1990 года применялось значительное количество природных хладагентов. В частности, широко использовался R-717 (аммиак). Также, в нефтехимическом секторе, было специализированное применение углеводородов (УВ) и применение воздушного цикла в криогенных агрегатах. В большинстве систем малой и средней производительности до 1990 года использовались ХФУ-12, ГХФУ-22 и R-502. Начиная с 1997 года, в странах, не действующих в рамках статьи 5, применяются различные ГФУ, включая R-404A⁵ и R-134a. ГХФУ-

³ В каскадной системе низкотемпературный холодильный контур передает тепло в контур более высокой температуры. Два контура разделены и в них используются разные первичные хладагенты.

⁴ Воздушный цикл создает охлаждающий эффект за счет расширения сжатого воздуха.

⁵ R-507A также используется в промышленных системах, хотя и не так широко, как R-404A. Замечания относительно R-404A в этом разделе касаются также R-507A.

22 был выведен из обращения и повсеместно заменен в странах, не действующих в рамках статьи 5. В странах статьи 5, R-22 продолжает широко использоваться, при этом в некоторых промышленных чиллерах используется ГХФУ-123.

Технические характеристики ГФУ-систем

Основные характеристики приведены в табл.5.1.

В значительной доле новых холодильных **систем малой и средней производительности** в странах, не действующих в рамках статьи 5, используются ГФУ. В данном диапазоне производительности использование R-717 часто считается экономически неэффективным. R-404A является доминирующим ГФУ-хладагентом, используемым в промышленных системах малой и средней производительности. Его ПГП⁶ - 3922.

Во многих **промышленных холодильных системах** используются ГФУ, в частности R-134a используется в чиллерах большой производительности и R-407C и R-410A в установках малой и средней производительности. В значительной доле промышленных чиллеров большой производительности используется R-717.

В большинстве **систем централизованного холодоснабжения большой производительности** используется либо R-717, либо R-22. ГФУ-смеси не подходят для использования в системах большой производительности из-за температурного гистерезиса (который может привести к фракционированию в затопленных испарителях).

Таблица 5.1: Промышленное холодильное оборудование: характеристики оборудования, работающего на ГФУ

Подсектор:		Системы малой и средней производительности	Системы централизованного холодоснабжения большой производительности	Промышленные чиллерные системы
Стандартное количество хладагента		10 - 100 кг	250 - 5000 кг	100 - 2000 кг
Стандартная холодопроизводительность		20 - 100 кВт	100 - 5000 кВт	200 - 5000 кВт
Широко используемые ГФУ-хладагенты (с ПГП)		R-404A (3922) ГФУ-134a (1430)	Не используются мало используются R-404A и R-507A; широко используется ГХФУ-22	ГФУ-134a (1430) ГФУ-407C (1774) ГФУ-410A (2088)
Холодильный контур		Непосредственное испарение	Поддача вторичного хладоносителя	Затопленный чиллер
Изготовление/монтаж		Разводка трубопроводов по месту монтажа оборудования		Заводского изготовления
Стандартное размещение оборудования		Помещения категории С (разрешенный доступ для лиц, ознакомленных с мерами предосторожности)		
Основной источник выбросов ГФУ		эксплуатационные утечки	эксплуатационные утечки	эксплуатационные утечки
Типичная годовая интенсивность утечек		5% - 10%	4% - 8%	2% - 5%
Приблизительная разбивка годовой потребности в хладагенте	Новые системы	30%	30%	40%
	Обслуживание	70%	70%	60%

⁶ Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК



Компрессоры системы
централизованного холодоснабжения
большой производительности



Промышленная система малой
производительности -
испаритель в холодильной камере



Промышленный гликолевый
чиллер

5.2 Альтернативы ныне используемым ГФУ-хладагентам

Таблица 5.2: Альтернативы с более низким ПГП для промышленного холодильного оборудования

Хладагент	ПГП	Класс воспламеняемос ти ⁷	Примечания
Альтернативы для замены R-404A (могут использоваться и в новом оборудовании, и для ретрофита существующего оборудования)			
R-407A	2107	1	В Европе эти смеси широко используются как альтернативы R-404A (как в новых системах, так и для ретрофита). Могут иметь более высокую энергоэффективность, чем системы на R-404A. Недавно разработанные смеси, по свойствам похожие на R-404A и R-407F, но с более низким ПГП. На данный момент опыт их промышленного применения или доступность ограничены.
R-407F	1825	1	
R-448A	1387	1	
R-449A	1397	1	
Альтернативы – только для нового оборудования			
R-717 (аммиак)	0	2L	Широко используемый хладагент в системах большой производительности и чиллерах. Данный хладагент является важной

⁷ Классы воспламеняемости в соответствии со стандартами ISO 817 и ISO 5149
3 = высокая воспламеняемость; 2 = воспламеняемые; 2L = низкая воспламеняемость; 1 = без распространения огня

			альтернативой для промышленного применения. Он имеет высокую токсичность и сильный едкий запах. Требуется соблюдение различных мер безопасности, что может затруднить экономически эффективное использование R-717 для систем малой и средней производительности.
УВ-290 УВ-1270	3 2	3 3	Используются в промышленных системах большой производительности (централизованных и чиллерах), в частности на нефтехимических заводах, которые перерабатывают сырье с высокой воспламеняемостью. Необходимо соблюдать соответствующие меры безопасности. УВ реже используются в промышленных системах малой и средней производительности.
R-744 (CO ₂)	1	1	Последние 10 лет R-744 используется в ряде промышленных агрегатов большой производительности, а именно в холодильных складах и сублимационных сушилках. Возможность применения R-744 можно рассматривать для некоторых систем малой и средней производительности.
ГФО-1234ze	7	2L	Применяется в промышленных чиллерах в качестве альтернативы ГФУ-134а. Также разрабатываются другие ГФО, а именно ГФО-1233zd и ГФО-1336mzz, которые подходят для чиллеров низкого давления (в качестве альтернативы для ГХФУ-123).
R-450A R-513A R-451A R-451B	601 631 140 150	1 1 2L 2L	Недавно разработанные смеси, по свойствам похожие на ГФУ-134а. Рассматривается возможность их применения в среднетемпературных системах малой и средней производительности.
Смеси, ожидающие присвоения номера ASHRAE	150 to 300	2L	Разрабатываемые смеси, по свойствам похожие на ГФУ-404А. Рассматривается возможность их применения в низкотемпературных системах малой и средней производительности.
R-446A R-447A	460 582	2L 2L	Недавно разработанные смеси, по свойствам похожие на ГФУ-410А. Рассматривается возможность их применения в системах малой и средней производительности.
ГФУ-32	675	2L	Рассматривается возможность применения в системах малой и средней производительности.

Системы малой и средней производительности

Сложный подсектор с точки зрения наличия альтернатив с более низким ПГП, поскольку объем заправляемого хладагента относительно велик, а воспламеняемость – весьма важный вопрос. Многие из этих систем имеют недостаточно большую производительность для обеспечения экономической эффективности использования R-717. Возможной стратегией может быть отказ от использования R-404A (как в новом оборудовании, так и для ретрофита существующего оборудования) на раннем этапе. В некоторых регионах доступны различные невоспламеняющиеся альтернативы с ПГП в диапазоне 1400–2100. Для использования в среднетемпературных агрегатах, появляются новые невоспламеняющиеся смеси с ПГП около 600. Достижение более низкого ПГП возможно при использовании смесей ГФО/ГФУ, обладающие низкой воспламеняемостью. Для промышленных систем малой и средней производительности возможным вариантом является R-744, технология применения которого разрабатывается для супермаркетов.

Системы централизованного холодоснабжения большой производительности

R-717 часто является лучшей альтернативой, поскольку уже широко используется. R-744 имеет практические преимущества при использовании в некоторых агрегатах (например, он хорошо

подходит для комбинированных установках для нагрева - охлаждения) и может иметь очень высокую эффективность при использовании в морозильных агрегатах.

Холодильные системы

Существует несколько экономически эффективных альтернатив. R-717 уже используется в промышленных чиллерах большой производительности, и можно рассматривать возможность использования углеводородов (чиллеры могут быть размещены в специальных машинных отделениях или на открытом воздухе, что поможет решить вопросы безопасности). Чиллеры на ГФО-1234ze используются и подходят для многих промышленных холодильных агрегатов. Также могут использоваться чиллеры низкого давления на других ГФО.

Альтернативная конструкция систем

Выбор подходящего хладагента с низким ПГП может быть облегчен путем выбора альтернативной конструкции системы. В особенной степени это касается систем малой и средней производительности:

- на заводах, где используется большое количество систем малой и средней производительности, можно заменить несколько систем малой производительности на центральную систему большей производительности. Использование R-717 и/или R-744 во многих случаях может быть более экономически эффективным и обеспечит более высокую энергоэффективность. Тем не менее, следует соблюдать осторожность, если объекты охлаждения работают при разных температурных режимах, поскольку эффективность системы может снизиться при использовании центральной системы на самом низком температурном режиме.
- также можно рассмотреть переход от воздухоохладителей непосредственного испарения (НИ) или систем централизованного холодоснабжения (с первичным хладоносителем) к использованию центрального чиллера с вторичным контуром хладоносителя. Это уменьшит объем хладагента первого контура и упростит решение проблем, связанных с воспламеняемостью, путем ограничения доступа в машинное отделение. Опять же, следует учитывать вопрос энергоэффективности, поскольку некоторые системы с вторичным контуром хладоносителя, в которых используется гликоль или рассол, менее эффективны, чем воздухоохладители непосредственного испарения или системы централизованного холодоснабжения. Также может быть рассмотрено использование R-744 в качестве испаряемого вторичного хладоносителя для некоторых промышленных агрегатов - это может повысить эффективность систем с вторичным контуром хладоносителя.

5.3. Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

Системы малой и средней производительности. В случае выбора невоспламеняющихся ГФУ-альтернатив, новых проблем в сфере безопасности не возникнет. Для минимизации ПГП может потребоваться использование смесей ГФО/ГФУ, обладающих низкой воспламеняемостью – необходимо обеспечить соблюдение соответствующих стандартов безопасности. R-744 - возможная альтернатива для некоторых промышленных систем малой и средней производительности, в которых используются компоненты и технологии, применяемые в настоящее время в супермаркетах.

Системы централизованного холодоснабжения большой производительности. R-717 уже широко используется, существует должное понимание вопросов безопасности. На промышленных аммиачных заводах в странах статьи 5, недавно были зафиксированы несчастные случаи со смертельным исходом, связанные с несоблюдением стандартов и правил безопасности. Необходимо обеспечить хорошую подготовку конструкторов и проектировщиков, а также техников по обслуживанию и ремонту. Стоит отметить, что многие новые ГФУ- и ГФО/ГФУ-смеси не подходят для использования в системах большой производительности с затопленными испарителями из-за температурного гистерезиса.

Холодильные системы. R-717 уже широко используется, существует должное понимание вопросов безопасности. Некоторые новые ГФО хорошо подходят для холодильных систем, и их использование может быть проще, чем R-717 (поскольку они менее токсичны). Следует учитывать

более низкую воспламеняемость ГФО (это не сложнее, чем использование R-717, который также обладает низкой воспламеняемостью). УВ-чиллеры также иногда используются в агрегатах малой, средней и большой производительности в нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслях, где соблюдаются меры безопасности при работе с углеводородами.

Наличие на рынке

Системы малой и средней производительности. Обеспечена хорошая доступность некоторых невоспламеняющихся альтернатив R-404A с ПГП в диапазоне 1800-2100. В настоящее время опыт использования альтернатив с более низким ПГП, подходящих для промышленных систем малой и средней производительности (например, ГФО/ГФУ-смесей или R-744) ограничен. Необходима работа по разработке промышленных компонентов, оптимизированных для данных хладагентов.

Системы централизованного холодоснабжения большой производительности. Системы на R-717, широко доступны. R-744 гораздо менее распространен, хотя его использование в ряде агрегатов рассматривается. Многие компоненты R-744 доступны, но требуется разработка дополнительных компонентов для широкого спектра промышленных агрегатов.

Холодильные системы. Чиллеры на R-717 широко доступны. В 2014 году был представлен ряд новых моделей чиллеров на ГФО, а в течение 5 лет будет доступен широкий спектр промышленных чиллеров на ГФО. УВ-чиллеры доступны в Европе и во многих других странах.

Стоимость

Системы малой и средней производительности. В отношении новых систем, переход от R-404A к R-407A или R-407F практически не влияет на стоимость. Вопросы стоимости, связанные с использованием альтернатив с более низким ПГП, представленных в таблице 5.2, пока не ясны. При использовании невоспламеняющихся альтернатив, основные дополнительные затраты, вероятно, будут связаны с хладагентом, хотя это лишь небольшая доля от общей стоимости. Для использования альтернатив, обладающих низкой воспламеняемостью существует потребность в дополнительных инвестициях, связанных с мерами безопасности, но они не должны быть значительными. Системы на R-744, вероятно, будут более дорогостоящими в данном диапазоне производительности - возможно увеличение стоимости на 20-40%, хотя пока нет данных о расходах в данном секторе.

Системы централизованного холодоснабжения большой производительности. R-717 - это самая дешевая альтернатива для многих агрегатов.

Холодильные системы. В случае если ранее использовался чиллер на ГФУ-134a, УВ-чиллер имеет аналогичную стоимость, и вполне вероятно, что ГФО-чиллер также будет иметь аналогичную стоимость.

Энергоэффективность

Системы малой и средней производительности. Использование R-407A и R-407F вместо R-404A, вероятно, приведет к повышению энергоэффективности, особенно для СТ-систем. Опыт использования новых ГФО/ГФУ-смесей ограничен, хотя ранние испытания показывают, что они, вероятно, будут иметь аналогичную или более высокую эффективность по сравнению с существующими системами, в которых используется R-404A. R-744, вероятно, будет иметь хорошую эффективность при соответствующей конструкции системы.

Системы централизованного холодоснабжения большой производительности. Системы на R-717 хорошо подходят для обеспечения высокой эффективности как в средне-, так и в низкотемпературном режиме. R-744 может быть очень эффективным и обеспечить дополнительные возможности для регенерации тепла.

Холодильные системы. Чиллеры на ГФО-1234ze, как ожидается, будут иметь эффективность, аналогичную существующим системам на ГФУ-134a. ГФО-1233zd может обеспечить повышенную

эффективность, которая обеспечивалась чиллерами низкого давления на ГХФУ-123. Углеводороды (УВ) имеют аналогичную или более высокую эффективность, чем ГФУ-134а. R-744 может использоваться в качестве испаряемого вторичного хладоносителя вместо гликоля или рассола - это может обеспечить значительное повышение эффективности.

Возможность применения в странах с жарким климатом

Системы малой и средней производительности. Может быть разработано новое оборудование для эффективной работы в условиях жаркого климата с использованием ГФУ-407А, ГФУ-407F, УВ и различных невоспламеняющихся и низковоспламеняющихся ГФО/ГФУ-смесей. R-744 может эффективно использоваться в условиях жаркого климата только в каскадной конфигурации - это может быть слишком дорого для промышленных систем малой и средней производительности.

Системы централизованного холодоснабжения большой производительности. Системы, в которых используется R-717, могут применяться в условиях жаркого климата при условии использования конденсаторов с водяным охлаждением или испарительных конденсаторов. Для работы в НТ-диапазоне важно использовать двухступенчатое сжатие. Системы на R-744 могут эффективно использоваться в условиях жаркого климата только при условии каскадной конфигурации, например, в каскаде с R-717 на высокой ступени и R-744 на низкой ступени.

Холодильные системы. Чиллеры на R-717, УВ и ГФО могут быть спроектированы для работы в условиях жаркого климата без снижения эффективности по сравнению с ГФУ-134а.

Возможности ретрофита существующих систем

Системы малой и средней производительности. Ретрофит существующих систем на R-404А может быть проведен с использованием различных хладагентов с гораздо более низким ПГП в диапазоне 1400-2100 (см. табл. 5.2). Ретрофит промышленных систем малой и средней производительности может привести к значительному сокращению потребления ГФУ уже на раннем этапе.

Ретрофит систем централизованного холодоснабжения и холодильных систем большой производительности обычно не является подходящим решением.

Обучение

R-717. Техники по обслуживанию и ремонту должны пройти обучение работе с R-717, а именно в части использования хладагента, обладающего повышенной токсичностью. Во многих странах существует хорошая практика проведения учебных курсов для техников по работе с R-717.

ГФУ/ГФО с низкой воспламеняемостью. Для обслуживания систем, в которых используются хладагенты, обладающие низкой воспламеняемостью, обучение также играет важную роль. Эти системы еще широко не применяются, поэтому учебных курсов на данный момент мало.

R-744. Системы на R-744 находятся под намного более высоким давлением, чем системы на ГФУ, значительно отличаясь от последних конструктивно. Для работы с такими системами техническому персоналу необходимо пройти основательное дополнительное обучение. В регионах, где этот хладагент уже применяется, существует хорошая практика проведения курсов повышения квалификации техников-холодильщиков для монтажа и обслуживания коммерческого холодильного оборудования. При этом учебные курсы для техников по промышленным холодильным установкам менее распространены.

Углеводороды. Техники по обслуживанию и ремонту должны пройти обучение работе с хладагентами, обладающими высокой воспламеняемостью. Существует хорошая практика проведения учебных курсов, однако лишь небольшая часть техников по промышленным холодильным установкам имеют навыки работы с УВ-системами большой производительности.

По всем новым хладагентам необходимо также обеспечить подготовку конструкторов и проектировщиков.

Сведение к минимуму выбросов ГФУ из существующего оборудования

Системы малой и средней производительности. Большой частью выбросы ГФУ имеют место из-за утечек в конце срока службы. В промышленных системах малой производительности по месту монтажа оборудования часто используются медные трубопроводы и резьбовое соединение, которые могут быть подвержены утечкам. Применение передового опыта в проектировании и обслуживании может обеспечить значительное сокращение утечек. Выбросов ГФУ во время обслуживания и в конце срока службы можно избежать за счет использования эффективных процедур извлечения и восстановления хладагента с использованием соответствующего оборудования.

Системы централизованного холодоснабжения большой производительности. Во всех системах на R-717 используются стальные трубопроводы. Интенсивность утечек относительно низкая из-за прочности стальных трубопроводов и предотвращения утечек хладагента повышенной токсичности. Некоторые промышленные системы на ГХФУ-22 имеют гораздо более высокий уровень утечек, который можно предотвратить за счет улучшения обслуживания.

Холодильные системы. Чиллерные системы – это оборудование заводского изготовления, имеющее потенциал очень низкого уровня утечек при условии применения современных практик проектирования и технического обслуживания.

6. Транспортные (мобильные) холодильные системы

6.1 Описание сегмента холодильного оборудования

Данный сектор включает холодильные системы, используемые в различных видах транспорта. Большинство транспортных (мобильных) холодильных систем используются для перевозки замороженных или охлажденных пищевых продуктов и напитков.

Подсекторы сегмента холодильного оборудования

Транспортные (мобильные) холодильные системы можно разделить на три подсектора:

- a) Холодильные системы грузовых автомобилей (фургоны, грузовики, трейлеры)
- b) Холодильные контейнеры для смешанной перевозки грузов
- c) Судовые холодильные системы (включая рефрижераторные суда, рыболовные суда и пассажирские лайнеры)

Поддерживаемые температурные режимы

Пищевые продукты и напитки транспортируются в двух основных температурных режимах¹:

- среднетемпературном (СТ) для охлажденных продуктов, хранящихся при температуре от 0°C до +8°C
- низкотемпературном (НТ) для замороженных продуктов, хранящихся при температуре от -18°C до -25°C

Важной особенностью большинства транспортных (мобильных) холодильных систем является способность работать в любом из этих температурных режимов. Стационарные системы обычно работают только в одном температурном режиме, тогда как транспортные системы регулярно переключаются с СТ на НТ и обратно. Также, для автомобильного транспорта общим требованием является обеспечение одновременного охлаждения в отдельных отсеках в обоих температурных режимах.

Транспортные системы эксплуатируются в условиях значительного изменения температуры окружающей среды в зависимости от маршрута следования транспорта. Холодильные контейнеры для смешанной перевозки грузов могут использоваться при температуре окружающей среды от -30°C до +50°C.

Типичная конструкция систем

В большинстве транспортных (мобильных) холодильных систем используется парокомпрессионный холодильный цикл непосредственного испарения (НИ). Существует широкий спектр конструкций:

- Малогабаритные транспортные средства (например, фургоны для доставки покупок) имеют компрессор, приводимый в движение через ременный привод двигателем транспортного средства; охлаждение может обеспечиваться только при работе двигателя транспортного средства.
- Крупногабаритные транспортные средства имеют специализированный дизельный двигатель, питающий холодильную систему, как правило, через механическое соединение, позволяя ей работать при выключенном основном двигателе автомобиля.

¹ Непродовольственные товары могут перевозиться при гораздо более низких температурах (например, сжиженный природный газ). Некоторые пищевые продукты транспортируются при более высоких температурах, например, бананы (до +15°C)

- В некоторых дорожно-транспортных средствах используются компрессоры с электрическим приводом, при этом электричество производится либо основным двигателем автомобиля, либо специализированным дизельным генератором.
- Холодильные контейнеры для смешанной перевозки грузов имеют компрессоры с электроприводом. Если контейнер находится на борту судна, он подключается к электросети судна. Если контейнер находится в трейлере, он подключается к генератору основного дизельного двигателя или специализированному дизельному генератору.
- Судовые холодильные системы намного крупногабаритнее, чем системы дорожных транспортных средств или контейнеров, и могут иметь разнообразные конструкции. Некоторые аспекты, приведенные в Главе 5 по промышленному холодильному оборудованию, применимы к судовым системам.

Альтернативные технологии

Эвтектические плиты для охлаждения применяются редко. Плиты содержат материал с фазовым переходом, который обычно замораживается в стационарной холодильной установке. Охлаждение груза, перевозимого транспортным средством, осуществляется по мере того, как материал плавится во время перевозки (принцип аналогичный пакету со льдом, используемому в бытовых холодильных камерах). Также возможно обеспечить охлаждение посредством подачи жидкого азота или CO₂, хотя это, как правило, дорогостоящий вариант с точки зрения затрат на энергоресурсы.

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ. До 1990 года в большинстве транспортных систем и контейнеров использовались R-502 или ХФУ-12. С 1997 года R-404A² или ГФУ-134а использовались в странах, не действующих в рамках статьи 5, а в последнее время в странах статьи 5. ГХФУ-22 по-прежнему широко применяется в судовых холодильных системах, используемых в странах статьи 5.

Таблица 6.1: Транспортные (мобильные) холодильные системы: характеристики оборудования, работающего на ГФУ

Подсектор:	Холодильные системы грузовых автомобилей	Холодильные контейнеры	Судовые холодильные системы
Стандартное количество хладагента	1 - 8 кг	4 - 8 кг	20 - 1000 кг
Стандартная холодопроизводительность	3 - 10 кВт	5 - 15 кВт	40 - 2000 кВт
Широко используемые ГФУ-хладагенты	R-404A (ПГП ³ 3922) ГФУ-134а (ПГП 1430)		
Холодильный контур	Компрессор с дизельным или электрическим приводом, НИ	Компрессор с электрическим приводом, НИ	Различные
Изготовление/монтаж	Малой производительности:	Заводского изготовления	По месту монтажа оборудования

² R-507A тоже используется в транспортных (мобильных) холодильных системах, хотя и не так широко, как R-404A. Замечания относительно R-404A в этой главе касаются также R-507A.

³ Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК

		по месту монтажа оборудования Большой производительности: заводского изготовления		
Стандартное размещение оборудования		Различное расположение влияет на вопросы техники безопасности		
Типичная годовая интенсивность утечек		8% - 20%	3% - 12%	5% - 30%
Основной источник выбросов ГФУ		Эксплуатационные утечки	Эксплуатационные утечки	Эксплуатационные утечки
Приблизительная разбивка годовой потребности в хладагенте	Новые системы	40%	50%	20%
	Обслуживание	60%	50%	80%



Малотоннажный авторефрижератор, компрессор расположен рядом с основным двигателем транспортного средства

Прицеп-рефрижератор со специализированным дизельным двигателем и системой охлаждения





Холодильный контейнер для смешанной перевозки грузов со специализированной системой охлаждения



Генератор чешуйчатого льда для рыболовного траулера

В **малогабаритных дорожных транспортных средствах** холодильный компрессор обычно расположен в главном отсеке двигателя - трубопровод хладагента устанавливается возле кузова автомобиля для подключения компрессора к испарителю, установленному внутри охлаждаемого отсека, а конденсатор устанавливается на уровне крыши.

В **крупногабаритных дорожных транспортных средствах** обычно имеется заводская предварительно заправленная холодильная установка, установленная на передней части прицепа-рефрижератора. Они оснащены дизельным двигателем малой мощности и заводским холодильным контуром - монтажные работы не связаны с трубопроводами хладагента.

В **холодильных контейнерах для смешанной перевозки грузов** также имеются предварительно заправленные специализированные холодильные агрегаты заводского изготовления.

Судовые холодильные системы бывают различных типов, в зависимости от выполняемых функций. Существуют специализированные суда для перевозки навалочных грузов (например, сжиженного природного газа) и для хранения рыбы на рыболовных судах. Пассажирские лайнеры предусматривают наличие систем охлаждения большой производительности для хранения пищевых продуктов и кондиционирования воздуха.

6.2 Альтернативы ныне используемым ГФУ-хладагентам

Таблица 6.2: Альтернативы с более низким ПГП для холодильных систем грузовых автомобилей и холодильных контейнеров

Хладагент	ПГП	Класс воспламеняемости ⁴	Примечания
R-744 (CO ₂)	1	1	Для использования в крупногабаритных транспортных средствах и холодильных контейнерах для смешанной перевозки грузов разрабатывается транскритический R-744. Использование R-744 требует внесения значительных изменений в конструкцию транспортных (мобильных) холодильных систем и Разработки множества новых компонентов. Некоторые системы были опробованы в 2014 году, и можно ожидать, что R-744 может быть широко доступен для транспортных агрегатов к 2020 году.
R-407A	2107	1	Опыт использования данных смесей в транспортных (мобильных) холодильных системах в качестве альтернативы R-404A ограничен. В условиях жаркого климата необходимо решить вопрос высокой температуры на выходе из компрессора, например, путем использования впрыска жидкости.
R-407F	1825	1	
R-448A	1387	1	Недавно разработанные смеси, по свойствам похожие на R-407A и R-407F, но с более низким ПГП. На данный момент опыт их применения и доступность в секторе транспортных (мобильных) холодильных систем ограничен, но они могут быть пригодны в качестве альтернатив R-404A в новых системах. В условиях жаркого климата необходимо решить вопрос высокой температуры на выходе из компрессора, например, путем впрыска жидкости.
R-449A	1397	1	
R-452A	2141	1	Новая смесь, ориентированная на сектор транспортных (мобильных) холодильных систем; альтернатива R-404A с низкой температурой нагнетания в условиях жаркого климата.
R-450A	601	1	Недавно разработанные смеси, по свойствам похожие на ГФУ-134a. Рассматривается возможность их применения в новых транспортных холодильных системах и холодильных контейнерах, в которых в настоящее время
R-513A	631	1	

⁴ Классы воспламеняемости в соответствии со стандартами ISO 817 и ISO 5149

3 = высокая воспламеняемость; 2 = воспламеняемые; 2L = низкая воспламеняемость; 1 = без распространения огня

			используется ГФУ-134а.
ГФУ-32	675	2L	Недавние разработки демонстрируют высокую эффективность и приемлемые риски для использования определенных воспламеняющихся хладагентов, включая УВ и ГФУ-32. Использование воспламеняющихся хладагентов требует соблюдения специальных мер безопасности и разработки новых конструкций.
УВ-290	3	3	
УВ-1270	2	3	

В таблице 6.2 приведены альтернативы, которые могут использоваться в транспортных (мобильных) холодильных системах и холодильных контейнерах. Были проведены испытания с использованием ГФУ-32 и углеводородов; использование воспламеняющихся хладагентов требует соблюдения надлежащих мер безопасности, конструкторских разработок, обеспечения контроля качества, обслуживания и обучения. Рассматривается возможность использования других низковоспламеняющихся хладагентов с ПГП в диапазоне 150-700.

В судовых холодильных системах может использоваться более широкий спектр альтернатив, которые не представлены в таблице 6.2. Многие варианты, проанализированные в Главе 5 (промышленное холодильное оборудование), пригодны к применению. R-717 и R-744 используются, например, в холодильных системах рыболовных судов. ГФО, подходящие для промышленных чиллеров большой мощности (например, ГФО-1234ze), могут применяться в холодильных системах пассажирских судов.

6.3 Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

Транспортные (мобильные) холодильные системы и холодильные контейнеры. Воспламеняемость - очень важный фактор. Большинство транспортных средств передвигаются по различным странам и должны соответствовать требованиям кодов безопасной перевозки опасных грузов ООН или IMO-CSC в отношении хладагентов. Данные коды не предусматривают ограничений на использование менее 12 кг воспламеняющихся хладагентов. Однако, необходимо также обеспечить соблюдение ряда национальных правил безопасности, которые могут быть более жесткими.

Использование невоспламеняющихся хладагентов облегчает решение данной проблемы. Многие из хладагентов, приведенных в таблице 6.2, невоспламеняющиеся. Использование R-744 обеспечит минимальный ПГП. В 2014 году Агентство по охране окружающей среды США заявило, что R-744 является приемлемым для применения в транспортных (мобильных) холодильных системах. Невоспламеняющиеся фторуглеродные альтернативы R-404A имеют ПГП в диапазоне 1400-2100.

Наличие запасных частей и навыков технического обслуживания и ремонта является важным фактором, поскольку транспортные (мобильные) холодильные системы могут потребовать обслуживания в удаленном месте. Это может сильно повлиять на выбор альтернатив и усиливает аргументы в пользу применения подхода, согласованного на мировом уровне.

Для обеспечения надлежащей сохранности пищевых продуктов может потребоваться сертификация транспортных (мобильных) холодильных систем. Соглашение ООН о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (Соглашение АТР/СПС ООН) охватывает транспортные средства с регулируемой температурой. Соглашение применяется в более чем 50 странах и устанавливает стандарты производительности для кузовов

автомобилей и холодильных установок. Соблюдение положений Соглашения АТР имеет большое значение при использовании новых хладагентов.

Судовые холодильные системы. Использование R-717 (аммиака) возможно в холодильных установках судов, не являющихся пассажирскими, учитывая, что экипаж может быть обучен соблюдению мер безопасности. Он уже используется в ряде судовых холодильных установок, в том числе на рыболовных траулерах. R-717 может не подойти для холодильных систем пассажирских судов.

Наличие на рынке

Холодильные системы автомобилей. Вероятно, в некоторых регионах, в течение следующих 5 лет в новом оборудовании будут широко использоваться альтернативы R-404A. Темпы разработок агрегатов на R-744 зависят от результатов текущих испытаний.

Холодильные контейнеры для смешанной перевозки грузов. Системы на R-744 были протестированы и доступны на рынке. Также становятся доступными различные ГФУ-альтернативы R-404A с более низким ПГП. Один из производителей холодильных контейнеров для смешанной перевозки грузов объявил о возможном использовании УВ-холодильных систем в 2018-19 гг. с учетом ограничений будущего законодательства.

Судовые холодильные системы. Наличие альтернатив для судовых холодильных систем может быть обусловлено наличием разработок для промышленных холодильных агрегатов. Системы на R-717 уже широко доступны. Использование R-744 требует масштабной разработки систем и компонентов. ГФО-чиллеры могут стать широкодоступными в течение 5 лет.

Стоимость

Холодильные системы автомобилей и холодильные контейнеры. ГФУ-альтернативы, а именно R-452A, будут иметь такую же стоимость, как и системы на R-404A. Хладагент может быть дороже, но это не увеличит общую стоимость системы больше чем на несколько процентов. Объем расходов на использование R-744 в транспортных (мобильных) холодильных системах пока не известен. Также не известен объем расходов на холодильные контейнеры для смешанной перевозки грузов на ГФУ-32 или УВ.

Судовые холодильные системы. Использование R-717 может быть на 10-30% дороже, чем использование ГХФУ-22, но затраты в течение срока службы могут быть ниже благодаря более высокой эффективности. Чиллеры на ГФО-1234ze будут немного дороже, чем системы на ГФУ-134a, из-за более высокой цены на хладагент.

Энергоэффективность

Холодильные системы автомобилей и холодильные контейнеры. Ожидается, что при использовании ГФУ-альтернатив энергоэффективность будет выше, чем у существующих систем на R-404A. Эффективность систем на R-744 будет зависеть от температуры окружающей среды. В умеренном климате (например, при температуре ниже 20°C) эффективность может быть выше, чем при использовании систем на R-404A. В более жарких условиях эффективность будет снижаться. Во многих густонаселенных регионах средняя температура окружающей среды для стандартной эксплуатации холодильных систем автомобилей достаточно низкая для обеспечения более высокой эффективности использования R-744. Ожидается, что УВ и ГФУ-32 будут иметь эффективность, аналогичную ГФУ-134a.

Судовые холодильные системы. Системы на R-717 и каскадные системы на R-744 имеют потенциал обеспечения более высокой эффективности, чем системы на R-404A. Эффективность чиллеров на ГФО-1234ze, как ожидается, будет равна эффективности систем на ГФУ-134a.

Возможность применения в странах с жарким климатом

Холодильные системы автомобилей и холодильные контейнеры. В условиях жаркого климата использование некоторых ГФУ-альтернатив может не быть оптимальным из-за высоких температур нагнетания. R-452A - вариант для использования в условиях жаркого климата. R-744, вероятно, будет иметь более низкую эффективность в условиях жаркого климата.

Судовые холодильные системы. Разработка нового оборудования, предназначенного для использования в условиях жаркого климата, не предусматривает никаких дополнительных проблем. На большинстве судов уже требуется установка холодильных систем, которые могут работать в условиях жаркого климата, а использование конденсаторов с водяным охлаждением снижает температуру конденсации до приемлемых уровней.

Возможности ретрофита существующих систем

Холодильные системы автомобилей и холодильные контейнеры. Ретрофит транспортных (мобильных) холодильных систем на R-404A вряд ли будет широко распространен. Технически возможно перевести их на хладагенты с более низким ПГП, но соблюдение положений Соглашения АТР может значительно повысить конверсионные затраты, поскольку может потребоваться повторная сертификация транспортного средства. В большинстве случаев переход на хладагенты с более низким ПГП будет происходить при замене старого оборудования.

Судовые холодильные системы. Существует потенциал для ретрофита судовых холодильных систем на R-404A с использованием ГФУ-альтернатив с более низким ПГП, однако в настоящее время опыт проведения такого ретрофита ограничен.

Обучение

R-744. Системы на R-744 работают под намного более высоким давлением, чем системы на ГФУ, значительно отличаясь от последних конструкционно. Для работы с такими системами техническому персоналу необходимо пройти дополнительное обучение. Если для сектора транспортных (мобильных) холодильных систем технология на R-744 будет одобрена, возникнет необходимость обучения технических специалистов в регионах поставки оборудования на R-744.

R-717. В некоторых сферах судоходной отрасли (например, на рыболовных судах) в холодильных системах уже используется R-717, а также имеется квалифицированный технический персонал. Если использование R-717 расширится, потребуется дополнительное обучение на базе существующих учебных курсов.

Другие горючие хладагенты. Если возникнет необходимость использования горючих хладагентов (например, УВ или ГФУ-32) в холодильных системах автомобилей или холодильных контейнерах, потребуются новые инициативы в области обучения.

Сведение к минимуму выбросов ГФУ из существующего оборудования

Большой частью выбросы ГФУ имеют место за счет утечек в течение срока службы транспортных (мобильных) холодильных систем. Применение современных практик в области проектирования, технического обслуживания и ремонта может обеспечить значительное сокращение утечек. При техническом обслуживании оборудования важно предотвращать попадание хладагента в атмосферу. По окончании срока службы, соблюдая надлежащие процедуры сбора, можно извлечь и восстановить более 95% хладагента из старых систем.

7. Автономное оборудование кондиционирования воздуха малой производительности

7.1 Описание сектора использования

Этот сектор использования включает герметичные кондиционеры малой производительности, используемые для охлаждения небольших помещений в жилых и коммерческих зданиях.

Подсекторы направления

Данное направление включает мобильные кондиционеры, оконные моноблоки, внутрискрипные моноблоки, автономные кондиционеры с регенеративным теплообменником. Информация, приведенная здесь, не разделена по подсекторам, поскольку во всех типах автономного оборудования кондиционирования воздуха малой производительности применяются аналогичные альтернативы ГФУ. Оконные моноблоки и внутрискрипные моноблоки доминировали в секторе оборудования кондиционирования воздуха малой производительности, однако в большинстве стран они стали менее популярны и повсеместно заменялись на раздельное оборудование кондиционирования воздуха малой производительности. В некоторых странах автономные кондиционеры воздуха с регенеративным теплообменником все еще часто встречаются в гостиничном секторе.

Типичная конструкция систем

Во всех системах используется парокомпрессионный цикл прямого расширения. Они автономны, при этом компрессор, испаритель и конденсатор расположены в одном блоке. Оборудование представляет собой системы заводского изготовления, в которых используются герметичные компрессоры и трубопроводы. В мобильных кондиционерах используется гибкая система воздушных каналов для подачи наружного воздуха в конденсатор и для вывода нагретого воздуха наружу. Конденсаторы оконных и внутрискрипных моноблоков расположены за пределами помещения, а испарители расположены в помещении.

Альтернативные технологии

В настоящее время альтернативные технологии не применяются.

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ

До 1990 года в данном секторе использовались ХФУ-12 и ГХФУ-22. С середины 1990-х годов страны, не действующих в рамках статьи 5, начали использовать R-407C, а в последнее время перешли на использование R-410A. В странах статьи 5 все еще широко используется ГХФУ-22.

Таблица 7.1: Автономное оборудование кондиционирования воздуха: характеристики оборудования, использующего ГФУ

Стандартное количество хладагента	количество	0.2 - 2 кг
Стандартная холодопроизводительность		2 - 7 кВт
Используемые хладагенты	ГФУ-	R-407C (ПГП 1774 ¹) R-410A (ПГП 2088)

¹ Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК

Холодильный контур	Герметичный парокомпрессионный цикл
Изготовление/монтаж	Заводского изготовления
Стандартное размещение оборудования	Помещения категории А (доступ для лиц, не знакомых с мерами предосторожности)
Типичная годовая интенсивность утечек	< 1%
Основной источник выбросов ГФУ	Потери в конце срока службы
Приблизительная разбивка годовой потребности в хладагенте	Новое оборудование: 90% Обслуживание: 10%



Мобильный кондиционер

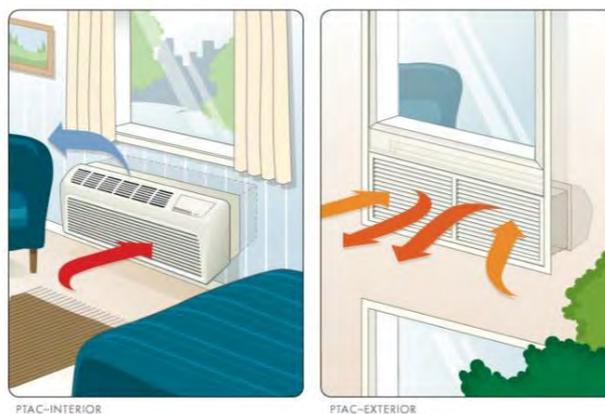


Оконный моноблок



Внутренний моноблок

Автономный кондиционер с регенеративным теплообменником (вид снаружи и изнутри)



7.2 Альтернативы ныне используемым ГФУ-хладагентам

Таблица 7.2: Альтернативы с более низким ПГП для автономного оборудования кондиционирования воздуха малой производительности

Хладагент	ПГП	Класс воспламеняемости ²	Примечания
УВ-290	3	3	В данном секторе используются углеводороды, так как в большинстве случаев расход хладагента небольшой.
R-441A	6	3	
ГФУ-32	675	2L	Хладагент, обладающий низкой воспламеняемостью, значительно более низким ПГП и характеристиками, аналогичными R-410A.
R-446A	460	2L	Недавно разработанные смеси, обладающие низкой воспламеняемостью и характеристиками, аналогичными ГФУ-410A.
R-447A	582	2L	

В настоящее время R-410A является основным ГФУ-хладагентом в новых системах.

УВ-290 может использоваться с хорошей эффективностью. ГФУ-32 и новые смеси R-446A и R-447A – вариант, обладающий низкой воспламеняемостью, при этом ожидается, что производительность будет аналогичной или более высокой, чем у R-410A.

В ЕС, начиная с 2020 года, планируется введение запрета на использование ГФУ с ПГП выше 150 в мобильных автономных кондиционерах. Для производителей, осуществляющих экспорт в ЕС, это обеспечивает мощный стимул для внедрения УВ-290 вместо хладагентов, обладающих низкой воспламеняемостью (см. Табл. 7.2). Агентство по охране окружающей среды США недавно признало УВ-290, R-441A и ГФУ-32 приемлемыми для использования в автономном оборудовании кондиционирования воздуха.

² Классы воспламеняемости в соответствии со стандартами ISO 817 и ISO 5149

3 = высокая воспламеняемость; 2 = воспламеняемые; 2L = низкая воспламеняемость; 1 = без распространения огня

7.3 Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

Требуемый объем заправки хладагента выше, чем для бытовых холодильников, но достаточно низок для использования углеводородов, либо ГФУ-хладагентов с пониженной воспламеняемостью, при условии соблюдения установленных требований безопасности.

Наличие на рынке

Отдельные модели, в которых используется УВ-290, уже доступны в некоторых регионах. Ожидается, что следующие модели, в которых используются УВ-290 и ГФУ-32 будут доступны в течение следующих 3-5 лет. В настоящее время в данном секторе наблюдается низкая коммерческая активность, связанная с использованием R-446A и R-447A.

Стоимость

Ожидается, что стоимость кондиционеров на ГФУ-32 будет аналогичной или ниже стоимости кондиционеров на R-410A. Стоимость кондиционеров на R-446A и R-447A пока не известна.

Энергоэффективность

Ожидается, что кондиционеры на УВ-290 и ГФУ-32 будут иметь одинаковую или более высокую энергоэффективность, чем кондиционеры на R-410A.

Эффективность кондиционеров на R-446A и R-447A пока не известна, но ожидается, что она будет аналогичной или более высокой, чем у кондиционеров на R-410A.

Возможность применения в странах с жарким климатом

Дополнительных трудностей в проектировании систем на УВ-290 и ГФУ-32 для эксплуатации в условиях жаркого климата нет (по сравнению с системами на R-410A). Оба этих хладагента имеют более высокую критическую температуру, чем R-410A, поэтому их проще использовать в странах с жарким климатом. Ситуация относительно новых смесей R-446A и R-447A еще не ясна, хотя они также имеют более высокую критическую температуру, чем R-410A, что выгодно в условиях жаркого климата.

Основной проблемой в условиях жаркого климата является достижение баланса между энергоэффективностью и предельным уровнем заправки хладагентом в соответствии с требованиями безопасности. Тепловая нагрузка на м² выше, чем в более прохладном климате, что приводит к увеличению объема заправки хладагента на м² охлаждаемой площади. Несколько стран с жарким климатом повышают минимальные требования к энергоэффективности, что приведет к еще большему объему заправки хладагента. Это может создать дополнительные препятствия для использования УВ-290 в кондиционерах большой производительности.

Возможности ретрофита существующего оборудования

Ретрофит существующего ГФУ-оборудования в данном секторе нецелесообразен.

Обучение

Углеводороды. Техники по обслуживанию и ремонту должны пройти обучение работе с хладагентами, обладающими высокой воспламеняемостью. Существует хорошая практика проведения учебных курсов для техников по обслуживанию и ремонту бытовых холодильников, которые могут быть адаптированы для включения вопросов по работе с автономным оборудованием кондиционирования воздуха.

ГФУ/ГФО с низкой воспламеняемостью. Для обслуживания систем, в которых используются хладагенты, обладающие низкой воспламеняемостью, обучение также играет важную роль. Эти хладагенты еще не используются широко в данном секторе, поэтому курсов обучения нет.

Сведение к минимуму выбросов ГФУ из существующего оборудования

Большей частью выбросы ГФУ из автономного оборудования кондиционирования воздуха имеют место в конце срока службы. Необходимо обеспечить сбор и рециркулирование хладагента по окончании срока службы, чтобы свести эти выбросы к минимуму.

8. Раздельное оборудование кондиционирования воздуха малой производительности

8.1 Описание сектора использования

Данный сектор включает раздельно агрегатированное оборудование кондиционирования воздуха малой производительности, используемое для охлаждения отдельных помещений в жилых и коммерческих зданиях. Это большой сектор с точки зрения потребления хладагента и он продолжает расти. Сплит-системы малой производительности доминируют среди оборудования кондиционирования воздуха мощностью менее 12 кВт. Они стали более популярны, чем альтернативные агрегаты, а именно оконные и внутристенные моноблоки.

Подсекторы направления

Данный сектор не разделен на подсекторы.

Типичная конструкция систем

Во всех агрегатах используется парокомпрессионный цикл непосредственного испарения (НИ). Каждая система состоит из двух заводских узлов - внутреннего блока и наружного блока. Внутренний блок включает испаритель и устанавливается внутри охлаждаемого помещения. Он обычно расположен на уровне потолка или высоко на стене, хотя некоторые модели предназначены для установки на уровне пола. Наружный блок включает компрессор и конденсатор. Эти два блока соединяются по месту монтажа оборудования при помощи трубопроводов хладагента. В наружный блок во время производства обычно предварительно заправляется хладагент. Большинство ныне доступных моделей на рынке являются «реверсивными» - они могут работать в качестве кондиционера в жаркую погоду или обеспечивать нагрев в качестве теплового насоса воздух-воздух в холодную погоду. В режиме обогрева внутренний блок функционирует как конденсатор, а наружный блок - как испаритель.

Альтернативные технологии

Опыта использования альтернативных технологий практически нет. Опыт использования испарительных охладителей («портативных охладителей»), которые могут применяться в сухих климатических условиях, очень ограничен.

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ

До 1990 года в данном секторе использовался в качестве хладагента ГХФУ-22. С середины 1990-х годов страны, не действующие в рамках статьи 5, начали использовать R-407C и быстро перешли на R-410A. В странах статьи 5, все еще широко используется ГХФУ-22, несмотря на широкую доступность ГФУ-410A.

Таблица 8.1: Раздельное ГФУ-оборудование кондиционирования воздуха малой производительности: характеристики оборудования, использующего ГФУ

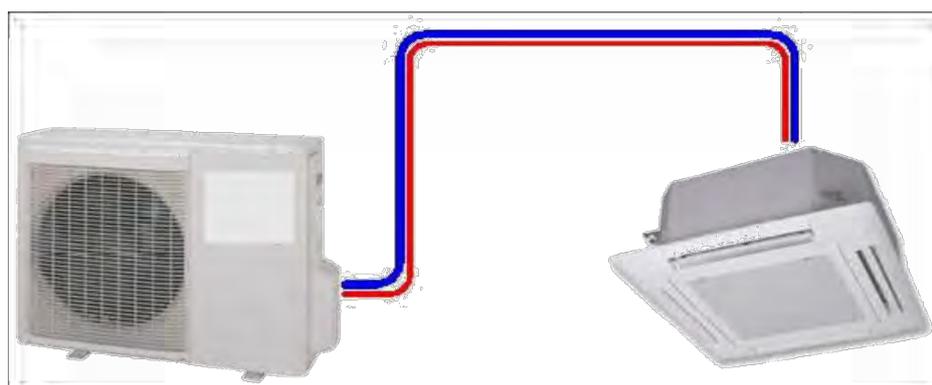
Стандартное количество хладагента	0.5 - 3 кг
Стандартная холодопроизводительность	2 - 12 кВт
Используемые ГФУ-хладагенты	R-407C (ПГП 1774 ¹) R-410A (ПГП 2088) ГФУ-32 (ПГП 675)

¹ Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК

Холодильный контур	Парокомпрессионный цикл непосредственного испарения
Изготовление/монтаж	Блоки заводского изготовления с монтажом трубопровода хладагента по месту расположения оборудования
Стандартное размещение оборудования	Помещения категории А (доступ для лиц, не знакомых с мерами предосторожности)
Типичная годовая интенсивность утечек	1% - 4%
Основной источник выбросов ГФУ	Потери в конце срока службы
Приблизительная разбивка годовой потребности в хладагенте	Новое оборудование: 80% Обслуживание: 20%



Раздельно агрегатированное оборудование кондиционирования воздуха: настенный внутренний блок и наружный блок



Раздельно агрегатированное оборудование кондиционирования воздуха: наружный блок и потолочный внутренний блок



*Раздельно агрегатированное оборудование кондиционирования воздуха:
внутренний блок напольного уровня*

8.2 Альтернативы ныне используемым ГФУ-хладагентам

Таблица 8.2: Альтернативы с более низким ПГП для раздельно агрегатированного оборудования кондиционирования воздуха малой производительности

Хладагент	ПГП	Класс воспламеняемости ²	Примечания
УВ-290 УВ-1270	3 2	3	УВ-290 и УВ-1270 используются в раздельно агрегатированном оборудовании кондиционирования воздуха малой производительности в Европе в течение нескольких лет, а в Юго-Восточной Азии и Индии с 2012 года. Применение УВ в некоторых системах в этом секторе может рассматриваться с учетом объема заправки хладагента, местоположения внутреннего блока и размеров помещения.
ГФУ-32	675	2L	ГФУ-32 используется в раздельно агрегатированном оборудовании кондиционирования воздуха малой производительности в Юго-Восточной Азии и Индии с 2012 года и в Европе с 2013 года. В настоящее время у нескольких крупных производителей кондиционеров имеется ряд

² Классы воспламеняемости в соответствии со стандартами ISO 817 и ISO 5149

3 = высокая воспламеняемость; 2 = воспламеняемые; 2L = низкая воспламеняемость; 1 = без распространения огня

			моделей на основе ГФУ-32.
R-446A R-447A	460 582	2L 2L	Рассматривается возможность использования недавно разработанных смесей, по свойствам близких к R-410A, в отдельно агрегатированном оборудовании кондиционирования воздуха малой производительности.

R-410A является основным ГФУ-хладагентом, который используется в новом отдельно агрегатированном оборудовании кондиционирования воздуха. Он позволяет использовать компактные компрессоры и обеспечивает хорошую эффективность. Альтернативы должны соответствовать

этим характеристикам. В настоящее время нет экономически эффективной невоспламеняющейся альтернативы R-410A. Для того, чтобы использовать альтернативу с более низким ПГП, необходимо перейти на один из воспламеняющихся вариантов, представленных в таблице 8.2. Если использование воспламеняющихся хладагентов неприемлемо из-за требований безопасности и строительных норм, необходимо использовать невоспламеняющийся R-410A. Использование других невоспламеняющихся ГФУ, а именно ГФУ-134a, нецелесообразно, поскольку эффективность снизится, а размеры труб и теплообменника придется увеличивать. Это приведет к большему объему заправки хладагента и возможно, не позволит уменьшить объем заправки (рассчитанного с учетом ПГП).

УВ-290 может использоваться в некоторых моделях отдельно агрегатированного оборудования кондиционирования воздуха, обеспечивая хорошую эффективность, если количество хладагента будет сведено к минимуму и/или будут соблюдены требуемые меры безопасности.

ГФУ-32 использовался рядом производителей и доступен во многих регионах. В Японии почти во всех системах мощностью менее 7 кВт используется только ГФУ-32, также доступны нескольких моделей мощностью более 7 кВт.

В настоящее время внедряются смеси R-446A и R-447A, и ожидается, что в данном секторе будут представлены варианты с еще более низкой воспламеняемостью.

Альтернативы, имеющие определенный уровень воспламеняемости, должны применяться с соблюдением соответствующих правил безопасности.

Использование чистых ГФО, а именно ГФО-1234yf, требует наличия гораздо большего компрессора и не рассматривается. R-744 не может обеспечить уровень эффективности существующих систем при одинаковой стоимости.

8.3 Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

Углеводороды могут использоваться в некоторых моделях при условии, что конструкция соответствует стандартам или нормам безопасности³. Допустимый объем заправки хладагента зависит от размера помещения и местоположения внутреннего блока. В потолочных или настенных блоках возможно использование большего количества хладагента. Допустимое количество хладагента для напольных внутренних блоков очень мало. В зависимости от размера помещения, в некоторых странах допустимое количество

³ например, ISO 5149 или EN 378

УВ-290 составляет 0,5-1,5 кг для настенных и потолочных моделей. В некоторых регионах может возникнуть необходимость пересмотра правил безопасности для разрешения на использование УВ.

ГФУ-32, R-446A и R447A имеют низкую воспламеняемость и могут использоваться в большинстве сплит-систем малой производительности (с мощностью охлаждения менее 12 кВт). В некоторых регионах может возникнуть необходимость пересмотра правил безопасности для разрешения использования данных хладагентов. Сплит-системы большей производительности представлены в разделе «Раздельное оборудование кондиционирования воздуха большой производительности и другие системы типа воздух-воздух», в которой проанализировано использование хладагентов, обладающих низкой воспламеняемостью в оборудовании большей производительности.

Наличие на рынке

Некоторые модели на УВ-290 доступны, в том числе в некоторых странах статьи 5, а именно в Индии уже реализовано значительное количество блоков на ГФУ-32 и продажи этих систем быстро растут.

Некоторые производители рассматривают возможность использования R-446A и R-447A. Сроки появления в продаже не ясны.

Стоимость

Системы на ГФУ-32 и УВ-290 являются конкурентоспособными по стоимости с аналогичным оборудованием на R-410A.

Энергоэффективность

Системы на хладагенте ГФУ-32 могут обеспечить более высокую энергоэффективность, чем аналогичное оборудование на R-410A.

Системы на УВ-290 и УВ-1270 могут обеспечить более высокую энергоэффективность, чем аналогичное оборудование на R-410A. Как и в отношении любого типа хладагента, существует выбор между энергоэффективностью и объемом заправки хладагента. Для использования хладагента с более высоким классом воспламеняемости необходимо минимизировать объем заправляемого хладагента. Однако, для достижения максимальной энергоэффективности, может потребоваться увеличить объем заправки хладагента (например, при использовании больших по размерам теплообменников с более низким перепадом температур). Это ограничит размеры раздельного УВ-оборудования кондиционирования воздуха, способного обеспечить требуемую эффективность.

Возможность применения в странах с жарким климатом

В настоящее время системы на R-410A используются в странах с жарким климатом. ГФУ-32 и УВ-290 имеют более высокие критические температуры, чем R-410A, что делает их более подходящими для использования в условиях жаркого климата, чем R-410A. Недавние исследования показали, что снижение производительности и холодильного коэффициента УВ-290 относительно ГХФУ-22 в условиях жаркого климата составляет не более 3%. Относительно ГФУ-32 различные исследования показывают снижение холодильного коэффициента в пределах 10% от уровня ГХФУ-22 в условиях жаркого климата.

Основной проблемой в условиях жаркого климата является достижение баланса между энергоэффективностью и предельно допустимым объемом заправки хладагента для обеспечения безопасности. Большая тепловая нагрузка на м², чем в более прохладном климате, приводит к увеличению требуемого объема заправки хладагента на м² охлаждаемого пространства. Несколько стран с жарким климатом подняли минимальные требования к энергоэффективности, что привело к увеличению объема заправки хладагента.

Это усложняет применение хладагентов, обладающих высокой воспламеняемостью в отдельном оборудовании кондиционирования воздуха в условиях жаркого климата.

Возможности ретрофита существующего оборудования

Ретрофит существующего в данном секторе ГФУ-оборудования нецелесообразен.

Обучение

Углеводороды. Техники по обслуживанию и ремонту должны пройти обучение работе с хладагентами, обладающими высокой воспламеняемостью. В настоящее время не хватает техников, которые имеют опыт обслуживания и ремонта отдельно агрегированного УВ-оборудования кондиционирования воздуха. Производители, использующие УВ-290, разработали учебные программы для техников по монтажу, обслуживанию и ремонту оборудования.

ГФУ-32, R-446A и R447A. Важно организовать повышение квалификации специалистов по обслуживанию и ремонту систем, в которых используются хладагенты, обладающие низкой воспламеняемостью. Производители, использующие ГФУ-32, разработали учебные программы для техников по монтажу, обслуживанию и ремонту оборудования.

Сведение к минимуму выбросов ГФУ из существующего оборудования

Большой частью выбросы ГФУ из отдельно агрегированного оборудования кондиционирования воздуха малой производительности имеют место в конце срока службы. Для максимального снижения таких выбросов необходимо использовать оборудование для извлечения хладагента до демонтажа сплит-систем. В качестве альтернативы хладагент может закачиваться в наружный блок, который затем может быть отправлен на завод для рециркулирования хладагента.

Отдельное оборудование кондиционирования воздуха малой производительности включает в себя заводские внутренние и наружные блоки и трубопроводы хладагента, которые монтируются по месту установки. Последние заводские блоки имеют чрезвычайно низкий уровень утечек. Трубопроводы хладагента, которые монтируются по месту установки, могут иметь низкий уровень утечек, при условии монтажа согласно рекомендованным производителями процедурам. Многие сплит-системы малой производительности работают в течение всего срока службы без дозаправки хладагента.

9. Раздельное оборудование кондиционирования воздуха большой производительности и системы типа воздух-воздух

9.1 Описание сектора

Данный сектор включает различные типы систем кондиционирования воздуха, в которых используются воздухоохладители непосредственного испарения (НИ) для охлаждения воздуха, подаваемого в отдельное помещение или целое здание. В данный сектор не входит автономное оборудование кондиционирования воздуха малой производительности и раздельное оборудование кондиционирования воздуха малой производительности. В него также не входят чиллеры.

Подсекторы направления

Данный сектор разделен на три подсектора

- a) Крупногабаритные одиночные сплит-системы и мульти сплит-системы
- b) VRF - Системы с переменным расходом хладагента
- c) Канальные и агрегатированные моноблочные крышные системы

Типичная конструкция систем

Во всех системах используется парокомпрессионный цикл непосредственного испарения (НИ).

Крупногабаритные одиночные сплит-системы и мульти сплит-системы концептуально очень похожи на одиночные сплит-системы малой производительности. Крупногабаритные одиночные сплит-системы - это просто увеличенная версия сплит-систем малой производительности, состоящая из одиночного внутреннего блока и наружного блока. Мульти сплит-системы могут иметь несколько внутренних блоков (до 8), подключенных к одному наружному блоку. Самые современные модели - реверсивные (т.е. обеспечивают охлаждение воздуха в теплую погоду и нагрев в холодную погоду).

VRF - системы с переменным расходом хладагента представляют собой сложные мульти сплит-системы, в которых несколько наружных блоков могут обеспечивать работу множества внутренних блоков (до 64). Некоторые из этих систем предназначены для одновременного нагрева и охлаждения воздуха в разных частях одного здания (каждый внутренний блок может быть индивидуально настроен для обеспечения нагрева либо охлаждения воздуха).

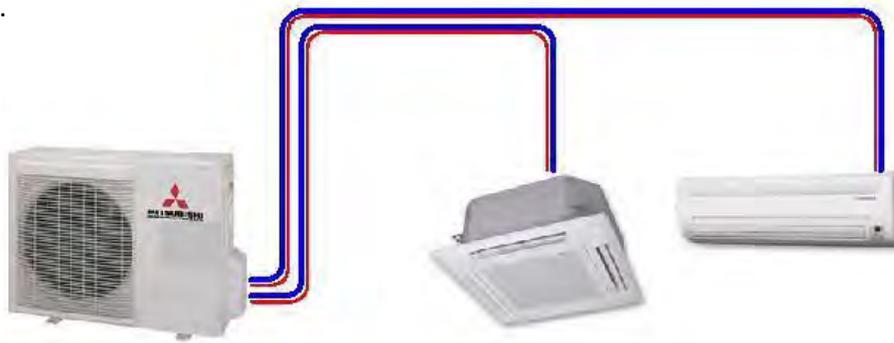
Канальные и агрегатированные моноблочные крышные системы обеспечивают охлаждение зданий через канальную вентиляционную систему. Воздухоохладитель непосредственного испарения (НИ) агрегатирован в систему вентиляции для обеспечения возможности охлаждения поступающего в здание воздуха.

Альтернативные технологии

Опыта использования альтернативных технологий в настоящее время нет.

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ

До 1990 года в данном секторе использовались ХФУ-12 и ГХФУ-22. С середины 1990-х годов в ряде стран, не действующих в рамках статьи 5, начал применяться R-407C, который быстро уступил место R-410A. В странах статьи 5 все еще широко используется ГХФУ-22.

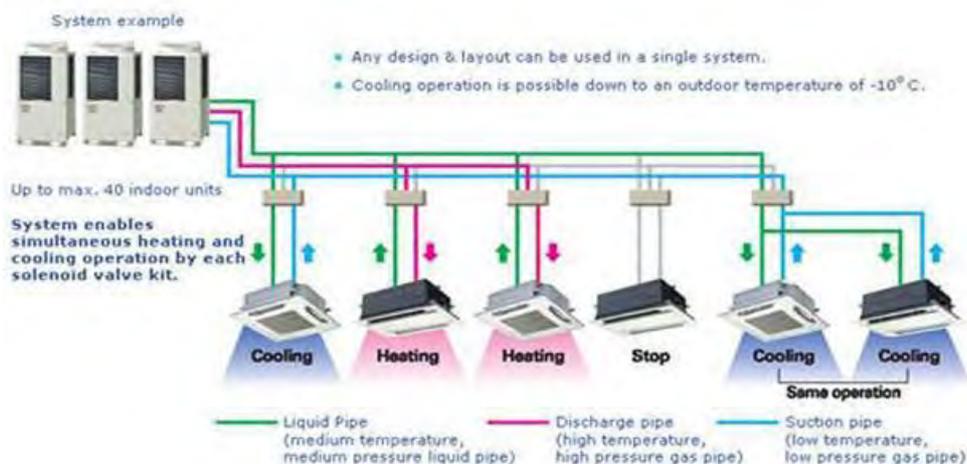


Мульти сплит-система с потолочным и настенным внутренними блоками, присоединенными к одиночному внешнему блоку

Таблица 9.1: Оборудование кондиционирования воздуха большой производительности (системы воздух-воздух): характеристики оборудования, использующего ГФУ

Подсектор:		Крупногабаритные одиночные сплит-системы и мульти сплит-системы	VRF - Системы с переменным расходом хладагента	Канальные и агрегатированные моноблочные крышные системы
Стандартное количество хладагента		3 - 10 кг	5 - 100 кг	5 - 100 кг
Стандартная холодопроизводительность		10 - 40 кВт	12 - 150 кВт	12 - 200 кВт
Широко используемые ГФУ-хладагенты		R-407C (ПГП 1774 ¹) R-410A (ПГП 2088)		
Холодильный контур		Непосредственное испарение		
Изготовление/монтаж		Внутренние и внешние блоки заводского изготовления; разводка трубопроводов хладагента по месту монтажа оборудования		Заводского изготовления или сборка по месту монтажа
Стандартное размещение оборудования		Помещения категории А (доступ для лиц, не знакомых с мерами предосторожности)		
Типичная годовая интенсивность утечек		1% - 4%	1% - 5%	2% - 6%
Основной источник выбросов ГФУ		Потери в конце срока службы	Потери в конце срока службы	Эксплуатационные утечки
Приблизительная разбивка годовой потребности в хладагенте	Новые системы	75%	65%	50%
	Обслуживание	25%	35%	50%

¹ Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК



VRF - система, обеспечивающая одновременное охлаждение и нагрев воздуха через 6 внутренних блоков, подключенных к 3 внешним блокам

Агрегатированная моноблочная крышная система, включающая воздухоочиститель и воздухоохладитель непосредственного испарения (НИ)



9.2 Альтернативы ныне используемым ГФУ-хладагентам

Таблица 9.2: Альтернативы с более низким ППП для оборудования кондиционирования воздуха большой производительности (систем воздух-воздух)

Хладагент	ППП	Класс воспламеняемости ²	Примечания
ГФУ-32	675	2L	ГФУ-32 используется в отдельно агрегатированном оборудовании кондиционирования воздуха малой производительности в Японии с 2012 года и в Европе с 2013 года. Он также подходит для мульти сплит-систем, VRF-систем с переменным расходом хладагента и канальных систем, при условии соблюдения ограничений на объем заправки хладагента, предусмотренных правилами безопасности.

R-446A	460	2L	Недавно разработанные смеси по свойствам похожие на R-410A. Это возможная альтернатива для мульти сплит-систем, VRF-систем с переменным расходом хладагента и канальных систем, при условии соблюдения ограничений на объем заправки хладагента, предусмотренных правилами безопасности.
R-447A	582	2L	
R-450A	601	1	Недавно разработанные смеси по свойствам похожие на ГФУ-134а. Негорючие хладагенты являются возможной альтернативой для канальных и агрегатированных моноблочных крышных систем. Хладагенты, обладающие низкой воспламеняемостью, также могут быть пригодны для данных систем, при условии соблюдения ограничений на объем заправки хладагента, предусмотренных правилами безопасности. Данные хладагенты не считаются приемлемыми для мульти сплит-систем и VRF-систем с переменным расходом хладагента из-за высоких капитальных затрат и недостаточно высокой эффективности.
R-513A	631	1	
R-451A	140	2L	
R-451B	150	2L	
ГФО-1234yf	4	2L	Данные ГФО также по свойствам похожи на ГФУ-134а. Можно рассматривать их использование для канальных и агрегатированных моноблочных крышных систем, при условии соблюдения ограничений на объем заправки хладагента, предусмотренных правилами безопасности.
ГФО-1234ze	7	2L	
R-744	1	1	R-744 может использоваться в системах кондиционирования воздуха большой производительности, как правило, в канальных системах. Эффективность приемлема только в условиях нежаркого климата.

В данных подсекторах очень проблематично найти подходящие альтернативы с низким ПГП.

R-410A является основным ГФУ-хладагентом, который используется в новых сплит-системах. Он позволяет использовать компактные компрессоры и обеспечивает хорошую эффективность. Альтернативы должны соответствовать этим характеристикам.

Для большинства систем кондиционирования воздух-воздух большой производительности количество УВ-хладагента превышает максимально допустимые объемы заправки, рекомендуемые стандартами безопасности.

² Классы воспламеняемости в соответствии со стандартами ISO 817 и ISO 5149

3 = высокая воспламеняемость; 2 = воспламеняемые; 2L = низкая воспламеняемость; 1 = без распространения огня

R-744 не является приемлемым вариантом в более жарком климате, поскольку эффективность будет низкой, а стоимость - высокой. Он может применяться в прохладных погодных условиях для кондиционирования воздуха, например, в зданиях с большим внутренним теплопритоком от компьютеров и другого оборудования.

Для многих агрегатов в данных подсекторах возможно использование хладагентов с низкой воспламеняемостью. Это будет зависеть от объема заправки хладагента, месторасположения внутреннего блока и размеров помещения. В некоторых из этих агрегатов начинает использоваться ГФУ-32, также могут использоваться R-446A и R-447A.

Для **сплит-систем и VRF-систем с переменным расходом хладагента R-410A** в настоящее время является единственной негорючей альтернативой. Использование негорючего ГФУ-134a в качестве альтернативы не приемлемо для данных подсекторов, поскольку это приведет к увеличению капитальных затрат и снижению эффективности.

В **канальных и агрегатированных моноблочных крышных системах** иногда используется ГФУ-134a, поэтому можно рассматривать возможность применения какой-либо негорючей альтернативы ГФУ-134a с ПГП около 600. В некоторых случаях (в зависимости от конструкции системы и соблюдения правил безопасности) можно также рассматривать смеси, обладающие низкой воспламеняемостью и ПГП около 150 или ГФО с ПГП равным 1.

9.3 Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

Углеводороды не могут использоваться из-за слишком высоких необходимых объемов заправки хладагента, за исключением случаев использования специальных конструкций.

ГФУ-32, R-446A и R447A имеют низкую воспламеняемость и могут безопасно использоваться в мульти сплит-системах, VRF-системах с переменным расходом хладагента и канальных системах. Уровень допустимого объема заправки хладагента зависит от размеров помещения, расположения внутреннего блока и особенностей системы безопасности. Объем заправки хладагента на уровне 15-60 кг приемлем для большинства одиночных сплит-систем, мульти сплит-систем, VRF-систем с переменным расходом хладагента и канальных систем. В некоторых регионах может возникнуть необходимость корректировки правил безопасности³ для обеспечения возможности использования данных альтернатив.

В канальных системах можно использовать негорючие альтернативы ГФУ-134a (такие как R-450A и R-513A).

Наличие на рынке

Некоторые модели крупногабаритных сплит-систем на ГФУ-32 уже продаются в Японии (только в регионах, где объем заправки хладагента соответствует стандартам безопасности), и продажи данных систем растут. Использование его в VRF-системах с переменным расходом хладагента требует дополнительной работы по вопросам безопасности.

Некоторые производители допускают возможность использования R-446A и R-447A. Сроки наличия в продаже пока не ясны.

Стоимость

Системы на ГФУ-32 являются конкурентоспособными по стоимости с аналогичным оборудованием на R-410A в подсекторе систем малой производительности. Более высокая стоимость ГФО/ГФУ смесей может иметь некоторое влияние вследствие большего объема заправки хладагента в мульти сплит-системах, VRF-системах с переменным расходом

³ например, ISO 5149 или EN 378

хладагента и канальных системах. Для обеспечения соблюдения требований безопасности для этих крупногабаритных систем, могут потребоваться дополнительные затраты на дополнительные средства безопасности, а именно детекторы утечки газа, установку вентиляции и отсечных клапанов.

Энергоэффективность

Системы на ГФУ-32 могут обеспечить более высокую энергоэффективность, чем аналогичное оборудование на R-410A.

Эффективность R-446A и R-447A пока не известна, но ожидается, что она будет аналогичной или более высокой, чем у R-410A.

Возможность применения в странах с жарким климатом

ГФУ-32, R-446A, R-447A, R-450A, R-513A, R-451A, R-451B имеют более высокую температуру конденсации, чем R-410A, что делает их более подходящими для использования в условиях жаркого климата, чем R-410A.

Основной проблемой в условиях жаркого климата является достижение баланса между энергоэффективностью и максимальным объемом заправки системы хладагентом. Тепловая нагрузка на м² выше, чем в более прохладном климате, что приводит к увеличению объема заправки хладагента на м² охлаждаемого пространства. Отдельные страны с жарким климатом увеличили минимальные требования к энергоэффективности, что привело к увеличению необходимого объема заправки хладагента. Это усложняет использование горючих хладагентов в крупногабаритном оборудовании системы воздух-воздух кондиционирования воздуха в условиях жаркого климата.

Возможности ретрофита существующего оборудования

Ретрофит существующего в данном секторе ГФУ-оборудования нецелесообразен.

Обучение

ГФУ-32, R-446A, R-447A, R-451A и R-451B. Важно организовать обучение обслуживанию и ремонту систем с хладагентами, обладающими низкой воспламеняемостью. Производители, использующие ГФУ-32, разработали учебные программы для техников по монтажу, обслуживанию и ремонту оборудования.

Сведение к минимуму выбросов ГФУ из существующего оборудования

Большой частью выбросы ГФУ из некоторых систем с относительно высокой интенсивностью утечек (например, некоторых канальных систем) имеют место в течение срока службы. Для максимального сокращения утечек необходимо обеспечить соблюдение надлежащих практик монтажа и обслуживания.

Сплит-системы и VRF-системы с переменным расходом хладагента состоят из заводских внутренних и наружных блоков, которые устанавливаются по месту монтажа и обвязываются трубопроводами хладагента. Современные заводские блоки имеют чрезвычайно низкий уровень утечек. Трубопроводы, которые монтируются по месту, имеют низкий уровень утечек, при условии монтажа согласно рекомендованным производителями процедурам.

Соблюдение надлежащих процедур рециркулирования в конце срока службы очень важно, так как данные системы могут содержать большой объем хладагента. Перед демонтажем старой системы хладагент из нее необходимо собрать и рециркулировать, чтобы предотвратить его выбросы в атмосферный воздух, либо закачать хладагент в наружный блок, который затем может быть отправлен на завод для рециркулирования хладагента.

10. Чиллеры с водяным охлаждением для систем кондиционирования воздуха

10.1 Описание сектора использования

Данный сектор включает чиллеры с водяным охлаждением, которые используются для систем кондиционирования воздуха в зданиях и промышленного охлаждения. Большинство больших зданий, в которых требуется обеспечить кондиционирование воздуха, охлаждаются при помощи систем с водяным охлаждением с центральным чиллером. В некоторых странах в небольших зданиях также используются чиллеры с водяным охлаждением (вместо крупногабаритных систем кондиционирования воздух-воздух).

Подсекторы направления

Данный сектор разделен на два подсектора

- a) Чиллерные системы малой и средней мощности
- b) Чиллерные системы большой мощности

Типичная конструкция систем

В большинстве чиллерных систем используется парокомпрессионный цикл. В больших зданиях чиллеры располагаются в машинных отделениях. Охлажденная вода подается в вентиляционные установки или воздухораспределители, подающие кондиционированный воздух. Охлажденная вода конденсатора подается в градирню. Для кондиционирования воздуха в небольших зданиях чиллеры могут располагаться на открытом воздухе и в них могут использоваться конденсаторы с воздушным охлаждением.

В чиллерных системах малой и средней мощности часто используется испаритель непосредственного испарения (НИ) и конденсатор с воздушным охлаждением. Обычно в них используются спиральные, поршневые или малогабаритные винтовые компрессоры.

В чиллерных системах большой мощности обычно используются затопленные испарители, конденсаторы с водяным охлаждением и крупногабаритные винтовые или центробежные компрессоры.

Приводы с переменной скоростью часто используются для повышения эффективности при уменьшении нагрузки.

Альтернативные технологии

Тепловые абсорбционные холодильные чиллеры в своей основе обычно имеют бромистолитиевую холодильную систему и могут использоваться вместо парокомпрессионных систем с электрическим приводом. Могут также рассматриваться адсорбционные системы с твердыми адсорбентами (например, вода/силикагель). Сорбционные системы являются экономически эффективными только при наличии подходящего источника бросового тепла, поскольку они менее эффективны, чем парокомпрессионные системы. Они также могут использоваться в местах, где электрические сети ненадежны или имеют низкую пропускную способность.

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ

До 1990 года в этом секторе использовались ХФУ-11 и ХФУ-12 в центробежных чиллерах большой мощности и ГХФУ-22 в чиллерах малой и средней мощности. К 1995 году чиллеры большой мощности на ХФУ-12 были заменены новыми конструкциями на ГФУ-134а; чиллеры на ХФУ-11 были переведены на ГХФУ-123. Начиная с 2000 года, чиллеры малой и средней

мощности были переведены с ГХФУ-22 на R-407C, а затем на R-410A. В странах, не действующих в рамках статьи 5, ГХФУ-123 будет выведен из обращения к 2020 году. По мере приближения срока вывода из обращения (2020 г.) рынок чиллеров на ГХФУ-123 сокращается. Новые чиллеры на ГХФУ-123 и ГХФУ-22 по-прежнему доступны в странах статьи 5.



Обычный чиллер с воздушным охлаждением малой мощности для эксплуатации на открытом воздухе

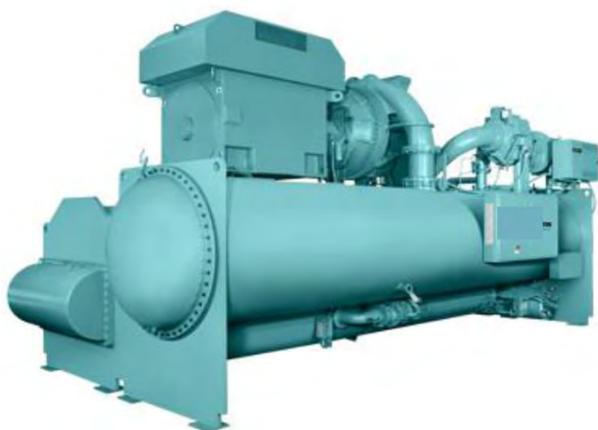
Таблица 10.1: Чиллеры для систем кондиционирования воздуха: характеристики оборудования, использующего ГФУ

Подсектор:	Чиллерные системы малой и средней мощности*	Чиллерные системы большой мощности*
Стандартное количество хладагента	40 - 500 кг	500 - 13 000 кг
Стандартная холодопроизводительность	50 - 750 кВт	750 - 10 000 кВт
Используемые ГФУ-хладагенты	R-407C (ПГП ¹ 1774) R-410A (ПГП 2088)	ГФУ-134a (ПГП 1430)
Холодильный контур	Воздухоохладитель непосредственного испарения (НИ), конденсатор воздушного охлаждения Спиральный, поршневой или малогабаритный винтовой компрессор	Затопленный испаритель, конденсатор с водяным охлаждением Большой винтовой или центробежный компрессор
Изготовление/монтаж	Заводское изготовление, часто предварительно заправлены хладагентом. Некоторые крупногабаритные системы заправляются хладагентом после завершения монтажа.	
Стандартное размещение оборудования	В машинном зале (чиллеры с водяным охлаждением) или на открытом воздухе (чиллеры с воздушным охлаждением)	

¹ Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК

Типичная годовая интенсивность утечек		2% - 4%	2% - 4%
Основной источник выбросов ГФУ		Эксплуатационные утечки	Эксплуатационные утечки
Приблизительная разбивка годовой потребности в хладагенте	Новое оборудование	65%	50%
	Обслуживание	35%	50%

* Мощность, указанная в таблице 1, является ориентировочной. Могут быть доступны системы меньшей и большей мощности.



Обычные центробежные чиллеры среднего давления на R-134a (слева) и низкого давления на R-123 (справа)

10.2 Альтернативы ныне используемым ГФУ-хладагентам

Таблица 10.2: Альтернативы с более низким ПГП для чиллеров с водяным охлаждением

Хладагент	ПГП	Класс воспламеняемости ²	Примечания
Чиллеры с центробежными компрессорами			
ГФО-1234ze	7	2L	Разрабатывается для использования в центробежных чиллерах большой мощности в качестве альтернативы ГФУ-134а.
ГФО-1233zd	5	1	Новые вещества, подходящие для использования в центробежных чиллерах низкого давления, в качестве альтернативы ГХФУ-123.
ГФО-1336mzz	9	1	
R-718 (вода)	0	1	Вода может использоваться в качестве хладагента в чиллерных системах, но для этого требуется очень большой рабочий объем компрессора.

Чиллеры с поршневыми компрессорами			
ГФО-1234ze	7	2L	Уже используется в ряде чиллеров малой и средней мощности.
ГФУ-32	675	2L	Производительность аналогична R-410A и подходит для чиллеров малой и средней мощности.
R-446A R-447A	460 582	2L 2L	Недавно разработанные смеси по свойствам похожие на R-410A. Рассматривается возможность использования в чиллерах малой и средней мощности.
R-717 (аммиак)	0	2L	Подходит для чиллеров средней и большой мощности с винтовыми компрессорами. Чаще используется в промышленных чиллерах, но может также применяться для кондиционирования воздуха.
УВ-290 УВ-1270	3 2	3 3	Подходят для чиллеров малой и средней мощности. Широко распространены в Европе.
R-450A R-513A	601 631	1 1	Недавно разработанные смеси по свойствам похожие на ГФУ-134a. Подходят для чиллеров средней мощности с винтовыми компрессорами

Существует ряд различных альтернатив с низким ПГП, которые хорошо подходят для использования в чиллерах. Большинство чиллеров располагаются в машинном отделении или на открытом воздухе. Это облегчает решение проблем в части соблюдения требований безопасности, связанных с воспламеняемостью и токсичностью, и позволяет использовать большую заправку хладагентов, перечисленных в таблице 2. Использование горючих хладагентов требует соблюдения особых мер безопасности и строительных норм. Некоторые машинные отделения расположены в «труднодоступных» местах, например, подвалах. Использование горючих и высокотоксичных хладагентов в таких местах может создать дополнительные затруднения.

Несколько лет назад начались испытания новых хладагентов с низким ПГП для чиллеров. Некоторые альтернативные хладагенты были представлены в перечнях продукции, однако пока не ясно, какие из них будут выбраны для более широкой коммерциализации. Очевидной является необходимость достижения баланса между ПГП, энергоэффективностью, безопасностью и общей стоимостью затрат. Затраты на разработку существенны для всего спектра компрессоров и чиллеров.

10.3 Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

При условии расположения чиллера в машинном отделении или на открытом воздухе, существует несколько ограничений относительно объема заправки различных подходящих хладагентов. Это обеспечивает для производителей чиллеров широкий спектр альтернатив

² Классы воспламеняемости в соответствии со стандартами ISO 817 и ISO 5149

3 = высокая воспламеняемость; 2 = воспламеняемые; 2L = низкая воспламеняемость; 1 = без распространения огня

с низким ПГП. Необходимо соблюдать меры безопасности, предусмотренные для соответствующих классов воспламеняемости и токсичности.

Для некоторых хладагентов могут существовать ограничения относительно использования в подвальных помещениях и других «труднодоступных» местах.

Наличие на рынке

Различные конструкции чиллеров на альтернативах с низким ПГП уже доступны на рынке, включая системы на ГФО-1234ze, ГФО-1233zd, УВ и R-717.

Ожидается, что в ближайшие несколько лет появится много новых моделей чиллеров на хладагентах с низким ПГП.

Стоимость

Стоимость чиллеров на ГФО-1234ze будет аналогичной или немного выше, чем чиллеров на ГФУ-134а.

УВ-чиллеры являются конкурентоспособными по отношению к стоимости систем на R-410А, однако стоимость монтажа может быть выше из-за необходимости соблюдения мер безопасности.

Стоимость аммиачных чиллеров значительно выше, особенно для систем малой мощности. Стоимость центробежных чиллеров низкого давления на ГФО-1233zd или ГФО-1336mzz пока неизвестна, но, ожидается, что они будут конкурентоспособными по отношению к стоимости чиллеров на ГХФУ-123.

Энергоэффективность

За последние 10 лет было достигнуто значительное повышение эффективности чиллеров с водяным охлаждением за счет внедрения многочисленных технических усовершенствований. Ожидается, что высокая эффективность может быть достигнута для всех хладагентов, перечисленных в таблице 2, при условии использования наилучших практик проектирования.

Возможность применения в странах с жарким климатом

Чиллеры малой/средней мощности. Многие чиллеры малой мощности имеют воздушное охлаждение и будут работать при очень высоких температурах конденсации в условиях жаркого климата. Чиллеры на УВ-290 и УВ-1270 могут быть разработаны для обеспечения хорошей работы в условиях жаркого климата. ГФУ-32, R-446А и R-447А имеют более высокие критические температуры, чем R-410А, и, ожидается, что они будут лучше работать в условиях жаркого климата, чем R-410А, но не всегда, также как и ГХФУ-22.

Чиллеры большой мощности. Большинство чиллеров большой мощности имеют водяное охлаждение и относительно просты в использовании в условиях жаркого климата, если охлажденная вода охлаждается в градирне. Это помогает избежать чрезвычайно высоких температур конденсации. Однако, если воды недостаточно, использование градирни может оказаться неприемлемым. При использовании сухого воздухоохладителя температура конденсации будет намного выше. Хладагенты ГФО-1234ze, 1233zd и 1336mzz, имеют высокие критические температуры, которые позволяют использовать их при высокой температуре конденсации, несмотря на то, что высокий коэффициент сжатия может создать трудности для некоторых типов центробежных компрессоров.

Возможности ретрофита существующего оборудования

Центробежные чиллеры. Ретрофит существующих ГФУ-чиллеров, в которых используются центробежные компрессоры, нецелесообразен.

Чиллеры с поршневыми компрессорами. Технически целесообразно провести ретрофит чиллеров с объемными компрессорами малой и средней мощности. Это было широко реализовано с целью замены ГХФУ-22 в чиллерах с водяным охлаждением. Однако в настоящее время ретрофит ГФУ-чиллеров практически не проводится.

Обучение

ГФУ/ГФО с низкой воспламеняемостью. Для обслуживания чиллеров, в которых используются хладагенты, обладающие низкой воспламеняемостью, обучение играет важную роль. Обучение обеспечивается производителями новых моделей чиллеров с использованием данных хладагентов.

Углеводороды. Техники по обслуживанию и ремонту должны пройти обучение работе с хладагентами, обладающими повышенной воспламеняемостью. Существует хорошая практика проведения учебных курсов, однако лишь немногие техники-кондиционерщики обладают навыками работы с УВ-системами большой мощности.

R-717. Техники по обслуживанию и ремонту должны пройти обучение работе с R-717, особенно учитывая повышенную токсичность этого хладагента. Во многих странах существует хорошая практика проведения курсов для техников по работе с R-717, однако лишь немногие техники по кондиционерам знают принципы работы с R-717.

Сведение к минимуму выбросов ГФУ из существующего оборудования

Чиллерные системы – это оборудование заводского изготовления с потенциально очень низким уровнем утечек при условии применения современных практик проектирования, технического обслуживания и ремонта.

Чиллеры содержат большой объем хладагента и важно использовать соответствующее оборудование для его рециркулирования (сбора с целью повторного использования) во время проведения технического обслуживания, ремонта и в конце срока службы.

Чиллеры низкого давления (например, на ГХФУ-123 или ГХФО-1233zd) могут работать при давлении в испарителе ниже атмосферного. При этом существует возможность попадания воздуха в контур хладагента. Для предотвращения выброса хладагента при отводе воздуха следует использовать соответствующее автоматическое воздухоотделительное оборудование.

11. Тепловые насосы, работающие только на нагрев

11.1 Описание сектора использования

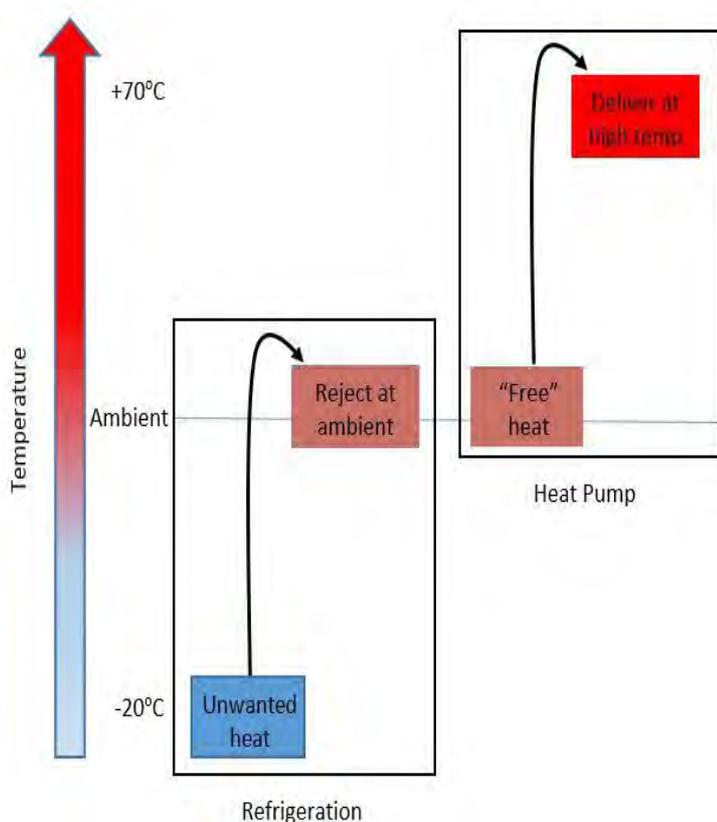
Данный сектор включает разновидности тепловых насосов, используемые для получения тепловой энергии. В него не входят реверсивные кондиционеры/воздухо-воздушные тепловые насосы.

Вводные комментарии о тепловых насосах. Работа тепловых насосов основана практически на той же технологии, что и в холодильных системах - единственное различие

заключается в диапазонах температур, в которых они работают (см. рис. слева).

Холодильная установка, предназначенная для производства холода, забирает тепло при низкой температуре (ниже температуры окружающей среды) и отдает это тепло при более высокой температуре (чуть выше температуры окружающей среды). Тепловой насос, предназначенный для нагрева, забирает тепло из подходящего источника (обычно при температуре, близкой к температуре окружающей среды или выше), и отдает это тепло при более высокой температуре (часто в диапазоне 30°C-90°C).

При этом используется оборудование аналогичное холодильному оборудованию: испаритель для съема (отбора) тепла, компрессор, конденсатор для отдачи тепла и подходящий хладагент. Поскольку тепловые насосы работают при более



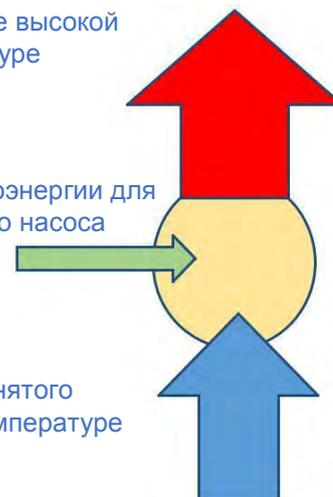
высоких температурах, чем холодильные системы, для них могут потребоваться другие хладагенты.

Роль тепловых насосов. Тепловые насосы «перемещают тепло» с низкого уровня температуры (где тепло бесполезно) на более высокий температурный уровень, вследствие чего тепло может использоваться для отопления здания или производственного процесса. Количество энергии, необходимое для перемещения тепла, зависит от разности температур между источником тепла и потребителем тепла (называемое «подъемом температуры»). При низкотемпературном повышении для перемещения большого количества тепла требуется относительно мало энергии. Например, тепловой насос может обеспечить 4 кВт тепла при

4 кВт «полезного тепла» при более высокой температуре

1 кВт электроэнергии для теплового насоса

3 кВт тепла, снятого при низкой температуре



потреблении всего 1 кВт энергии - это потенциально очень эффективный способ подачи тепла. Роль тепловых насосов особо велика, если для питания компрессора используется низкоуглеродная электрическая энергия, что позволяет получать тепло при значительно более низких выбросах CO₂, чем при использовании котельной установки на ископаемом топливе.

Подсекторы направления

Сектор использования тепловых насосов очень обширен. Тепловые насосы используются в жилых, коммерческих и промышленных сферах, и их тепловая мощность варьируется от нескольких кВт до нескольких МВт. В данном разделе представлен лишь краткий обзор некоторых основных направлений использования тепловых насосов - она не содержит исчерпывающего анализа всех применений.

Тепловые насосы можно классифицировать несколькими способами. Важным параметром является тип и уровень температуры источника тепла. Основные типы источников тепла:

- a) окружающий воздух
- b) вода (например, речная или грунтовая вода)
- c) земля, как при температуре окружающей среды, так и при более высокой температуре (например, в геотермальном источнике тепла)
- d) бросовое тепло (например, промышленное бросовое тепло, сточные воды или тепло, отводимое их холодильных установок)

Тепловые насосы также классифицируются в зависимости от способа подачи тепла. Например:

- a) отопление помещений через систему воздуховодов
- b) отопление помещений при помощи системы горячего водоснабжения (радиаторы или подогрев полов)
- c) нагрев воды бытового или промышленного назначения

Соответствующие комбинации источников и потребителей тепла определяют рабочую температуру тепловых насосов и имеют решающее значение при выборе подходящего хладагента. Конкретные примеры тепловых насосов, данные по которым приведены в этом разделе, включают:

- 1) Отопление жилых помещений при помощи воздушного теплового насоса для нагрева воды для системы подогрева полов
- 2) Нагрев воды для бытового использования в жилых помещениях
- 3) Тепловой насос системы центрального отопления большой производительности, использующий тепло муниципальной канализационной системы

Данные примеры приведены для иллюстрации некоторых сфер применения тепловых насосов. В этом разделе не рассматриваются системы реверсивного кондиционирования воздуха/тепловые насосы воздух-воздух. Они широко используются для кондиционирования воздуха, а также в качестве тепловых насосов воздух-воздух в условиях прохладной или холодной погоды. Соответствующие хладагенты для реверсивных систем воздух-воздух рассматриваются в разделах «Раздельное оборудование кондиционирования воздуха малой производительности» и «Раздельное оборудование кондиционирования воздуха большой производительности (системы воздух-воздух)».

Для некоторых направлений использования возможно объединение холодильной установки с тепловым насосом. Например: (а) в супермаркетах, где обеспечивается охлаждение витрин с пищевыми продуктами и отопление других помещений, и (б) в промышленных пастеризаторах, обеспечивающих одновременный нагрев и охлаждение пастеризуемой жидкости.

Типичная конструкция систем

Во многих тепловых насосах используется пароконденсационный цикл. В большинстве систем малой и средней производительности используется непосредственное испарение (НИ). В системах большой производительности часто используются затопленные испарители.

Альтернативные технологии

Для тепловых насосов могут использоваться различные альтернативные технологии. Важным примером является механическая рекомпрессия пара. Иногда это называют «тепловым насосом с открытым циклом». Она применяется в некоторых промышленных системах испарения или дистилляции. Выделяемый пар является источником бросового тепла; он сжимается и затем

конденсируется в теплообменнике с передачей тепла процессу испарения. Изучаются различные типы тепловых насосов с внутренней адсорбцией и адсорбционным циклом, однако неясно, станет ли какая-либо из этих технологий коммерчески успешной. Адсорбционные системы большой производительности иногда используются в промышленности.

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ

Во многих тепловых насосах до 1990 года использовался ХФУ-12. В высокотемпературных тепловых насосах использовались различные ГФУ, включая ГФУ-134а, R-410А и ГФУ-245fa.



Воздушный тепловой насос для отопления помещений



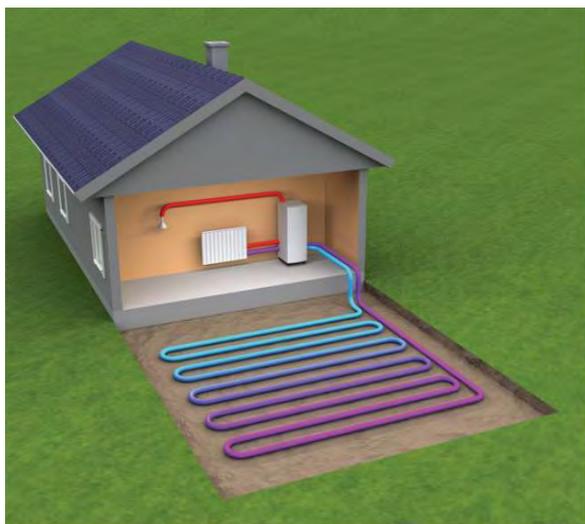
Воздушный тепловой насос для нагрева воды бытового назначения

Таблица 11.1: Тепловые насосы, работающие только на нагрев: характеристики оборудования, использующего ГФУ

Подсектор:	Отопление жилых помещений (источник воздух-вода)	Нагрев воды бытового назначения в жилых помещениях, (источник воздух)	Система центрального отопления большой производительности, (источник сточные воды)
Стандартное количество хладагента	3 - 6 кг	1 - 2 кг	250 - 7000 кг
Стандартная холодопроизводительность	4 - 20 кВт	1 - 5 кВт	500 - 5000 кВт
Широко используемые ГФУ-хладагенты	R-410A (ПГП ¹ 2088)	ГФУ-134a (ПГП 1430)	
Холодильный контур	Заводские герметичные отдельные системы непосредственного испарения или предварительно заправленные отдельные блоки		Чиллер заводского изготовления
Изготовление/монтаж	Заводское изготовление, предварительно заправлены хладагентом. Разводка трубопроводов хладагента по месту монтажа оборудования для блочных систем.		
Стандартное размещение оборудования	Испаритель часто расположен на открытом воздухе. Конденсатор отдельных систем обычно расположен в помещении.		Ограниченный доступ

¹. Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК

Типичная годовая интенсивность утечек		< 1%	< 1%	2% - 5%
Основной источник выбросов ГФУ		Потери в конце срока службы	Потери в конце срока службы	Эксплуатационные утечки
Приблизительная разбивка годовой потребности в хладагенте	Новые системы	90%	90%	50%
	Обслуживание	10%	10%	50%



Грунтовый тепловой насос для отопления помещений



Грунтовая разводка трубопровода



Тепловой насос центрального отопления большой производительности, использующий бросовое тепло очищенных сточных вод

11.2 Альтернативы ныне используемым ГФУ-хладагентам

В таблице 11.2 приведены альтернативные хладагенты, подходящие для трех направлений использования тепловых насосов, приведенных в качестве примера в данном разделе. Как говорилось ранее, существует много других направлений использования тепловых насосов, для которых могут потребоваться другие альтернативные хладагенты.

Таблица 11.2: Альтернативы с более низким ПГП для тепловых насосов, работающих только на нагрев

Хладагент	ПГП	Класс воспламеняемости ²	Примечания
Подогрев полов жилых помещений (источник воздух-вода)			
УВ-600а	3	3	Если воздушные тепловые насосы безопасно расположены полностью на открытом воздухе, можно использовать хладагенты, обладающие высокой воспламеняемостью с обеспечением хорошей эффективности.
УВ-290	3	3	
ГФУ-32	675	2L	Может быть рассмотрено использование хладагентов, обладающих низкой воспламеняемостью в наружных и некоторых внутренних агрегатах.
R-446A	460	2L	Недавно разработанные смеси по свойствам похожие на R-410A. Также рассматриваются.
R-447A	582	2L	
Нагрев воды бытового назначения в жилых помещениях, (источник воздух)			
R-744 (CO ₂)	1	1	R-744 хорошо подходит для нагрева воды из-за большого температурного диапазона нагрева воды (например, от 10°C до 70°C, с одноступенчатым нагревом). В Японии используется несколько миллионов агрегатов, установленных при государственной поддержке. Водонагреватели на R-744 за пределами Японии практически не встречаются.
ГФУ-32	675	2L	ГФУ-32 недавно представлен в Японии для использования в водонагревателях.
Системы центрального отопления большой производительности, (источник сточные воды)			
R-717	0	2L	Используется в ряде установок центрального

² Классы воспламеняемости в соответствии со стандартами ISO 817 и ISO 5149

3 = высокая воспламеняемость; 2 = воспламеняемые; 2L = низкая воспламеняемость; 1 = без распространения огня

(аммиак)			отопления и обогрева помещений большой производительности, в частности в Северной Европе.
ГФО-1234ze	7	2L	Рассматривается для использования в тепловых насосах с центробежными компрессорами большой мощности в качестве альтернативы ГФУ-134а.
ГФО-1233zd ГФО-1336mzz	5 9	1 1	Недавно представленные хладагенты, подходящие для центробежных компрессоров низкого давления. Могут использоваться в тепловых насосах большой производительности, особенно с высокой температурой подачи (в качестве альтернативы ГФУ-245fa).

11.3 Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

Некоторые тепловые насосы могут быть расположены на открытом воздухе или в машинных залах с ограниченным доступом. Некоторые могут устанавливаться в помещении или часть контура хладагента может располагаться в помещении. В зависимости от расположения частей контура хладагента, можно рассматривать ряд горючих альтернатив. Они могут безопасно использоваться при соблюдении действующих требований безопасности.

Наличие на рынке

Тепловые насосы для отопления жилых помещений, работающие на горючих хладагентах доступны в ограниченном количестве, но ситуация может значительно измениться в течение следующих 5 лет, особенно в отношении использования хладагентов, обладающих низкой воспламеняемостью.

Тепловые насосы для нагрева воды на R-744 широко доступны, особенно в Японии. Недавно с целью повышения эффективности и снижения стоимости начали использоваться новые хладагенты, такие как ГФУ-32.

Тепловые насосы для систем центрального отопления большой производительности часто создаются по индивидуальному проекту (так же, как и промышленные холодильные системы большой производительности). Уже используется ряд аммиачных систем большой производительности. ГФО-системы уже используются и могут рассматриваться для использования в новых моделях.

Стоимость

Экономическая эффективность тепловых насосов, работающих только на нагрев зависит от общей стоимости затрат за срок службы теплового насоса и соответствующей конкурирующей технологии (например, газовых котлов). При нынешних ценах на энергоносители тепловые насосы, работающие только на нагрев, являются финансово непривлекательным сектором, однако во многих странах существуют схемы финансовой

поддержки стимулирования спроса. При условии использования «низкоуглеродной» электросети, тепловые насосы станут очень привлекательными с позиции сокращения выбросов CO₂, но будут экономически эффективными только при условии введения оплаты для конечных потребителей за выбросы CO₂ от конкурирующих альтернатив (газовых котлов).

Финансовая ситуация в секторе реверсивных тепловых насосов для кондиционирования воздуха/тепловых насосов воздух-воздух обычно отличается. Необходимы капитальные затраты для обеспечения охлаждения в летний период. Отопление в зимний период может быть обеспечено благодаря небольшому дополнительному капиталовложению.

Использование некоторых альтернативных хладагентов, перечисленных в таблице 11.2, может привести к небольшому увеличению затрат по сравнению с ныне используемыми ГФУ. Например, система центрального отопления большой производительности содержит значительное количество хладагента, при этом ГФО-1234ze дороже, чем ГФУ-134a. Однако стоимость хладагента составляет небольшой процент от общей стоимости теплового насоса. Тепловые насосы малой производительности на R-744 могут быть значительно дороже, чем ГФУ-системы.

Энергоэффективность

Ожидается, что многие альтернативы, перечисленные в таблице 11.2, можно будет использовать с примерно той же эффективностью, что и у ныне используемых ГФУ. R-744 может иметь более низкую эффективность, за исключением использования в некоторых типах водонагревателей.

Важнейшей проблемой, связанной с энергоэффективностью тепловых насосов, является повышение температуры системы (разница в температуре источника и потребителя тепла). Выбор конструкции системы, а именно обычных радиаторов водяного отопления или системы теплых полов, гораздо больше повлияет на эффективность теплового насоса, чем выбор хладагента.

Возможность применения в странах с жарким климатом

Проблемы, связанные с применением в странах с жарким климатом, отсутствуют, поскольку тепловые насосы подают тепло при температуре, значительно превышающей температуру окружающей среды.

Возможности ретрофита существующего оборудования

Как правило, ретрофит существующих систем тепловых насосов с использованием альтернативного хладагента не является целесообразным.

Обучение

Углеводороды. Техники по обслуживанию и ремонту должны пройти обучение работе с хладагентами, обладающими повышенной воспламеняемостью. В регионах, где УВ уже используются в бытовых холодильниках, существует хорошая практика проведения учебных курсов. Техников, которые прошли обучение использованию УВ в бытовых тепловых насосах, гораздо меньше. Объем хладагента в тепловом насосе намного выше, чем в холодильном оборудовании, и это повышает риски во время технического обслуживания и ремонта и, следовательно, требования к подготовке.

ГФУ/ГФО, обладающие низкой воспламеняемостью. Для обслуживания и ремонта систем, в которых используются хладагенты, обладающие низкой воспламеняемостью, обучение играет важную роль. Они еще мало используются в тепловых насосах, работающих только на нагрев. Наблюдается быстрый рост использования хладагентов, обладающих низкой воспламеняемостью в реверсивных тепловых насосах для кондиционирования воздуха/тепловых насосах воздух-воздух. Обучение работе с данными системами проводится и может быть расширено на сектор тепловых насосов, работающих только на нагрев.

Сведение к минимуму выбросов ГФУ из существующего оборудования

Большей частью выбросы ГФУ из должным образом установленных тепловых насосов, работающих только на нагрев (отопление помещений) имеют место в конце срока службы. Чтобы свести выбросы к минимуму, хладагент необходимо извлечь и собрать до демонтажа системы. Для извлечения хладагента, оборудование для рециркулирования может использоваться по месту монтажа агрегата. В качестве альтернативы, для сбора хладагента, моноблочные системы могут быть отправлены на завод для рециркулирования. Хладагент в сплит-системах можно закачивать в наружный блок, который затем можно отправить на завод для рециркулирования.

12. Транспортные кондиционеры

12.1 Описание сегмента холодильного оборудования

Данный сектор включает транспортные системы кондиционирования воздуха, используемые для охлаждения кабины водителя и пассажирского салона наземных транспортных средств, в том числе автомобилей, микроавтобусов, грузовых автомобилей, автобусов, сельскохозяйственных транспортных средств и поездов.

Кондиционирование воздуха также осуществляется на судах, с применением технологий, аналогичных описанным в (системы воздух-воздух большой производительности) и (водяные чиллеры). Судовые кондиционеры в данном разделе не рассматриваются.

Подсекторы сектора

Данный сектор разделен на два подсектора

- a) Автомобильные кондиционеры (используемые в легковых автомобилях и микроавтобусах)
- b) Кондиционеры для крупногабаритных транспортных средств (автобусов, поездов и т.п.)

Типичная конструкция систем

Во всех системах используется парокompрессионный цикл с непосредственным испарением.

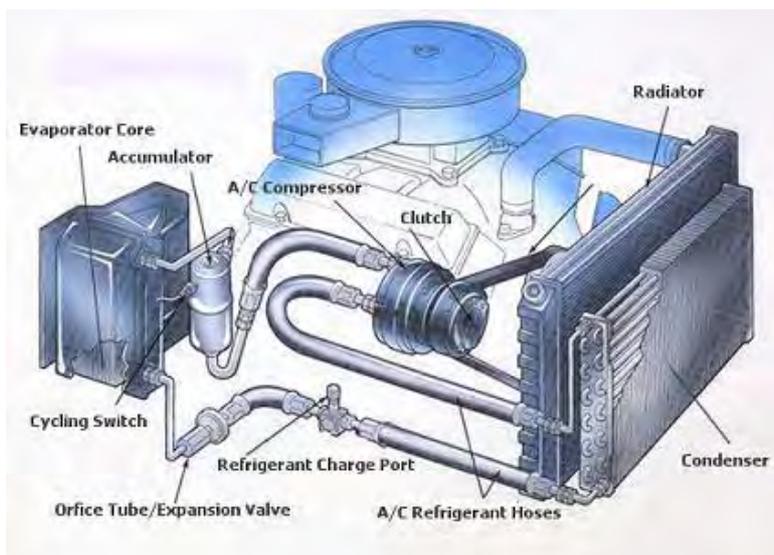
В **автомобильных кондиционерах (используемых в легковых автомобилях и микроавтобусах)** обычно используются компрессоры, которые приводятся в движение ремнем от двигателя автомобиля. Компрессор и конденсатор отдельно расположены в моторном отсеке транспортного средства, а испаритель обычно расположен в вентиляционном канале между моторным отсеком и пассажирским салоном. Основные агрегаты соединены гибкими шлангами. Система собирается и заправляется на линии производства транспортного средства. В отдельных современных конструкциях автомобильных кондиционеров используются компрессоры с электрическим приводом - это нововведение призвано обеспечить их функционирование при выключенном основном двигателе (например, в гибридных транспортных средствах) и в электромобилях.

Кондиционеры для крупногабаритных транспортных средств (автобусов, поездов)

часто расположены в отдельном отсеке, содержащем все агрегаты системы. Кондиционеры изготавливаются на заводе и предварительно заправляются хладагентом. Они монтируются заводом-изготовителем транспортного средства (например, на крышу). Компрессор иногда имеет электрический привод, который приводится в действие электричеством от основной системы электропитания транспортного средства (например, от электросети электропоезда или генератора, подключенного к основному двигателю). Некоторые кондиционеры снабжаются специальным дизельным двигателем для выработки электроэнергии или непосредственного привода компрессора. В некоторых кондиционерах в автобусах компрессор расположен рядом с двигателем транспортного средства и приводится в движение через ременное соединение.

Альтернативные технологии

Альтернативные технологии отсутствуют. Однако из-за изменений в автомобильных двигательных установках (например, гибридные транспортные средства, электромобили, системы стоп-старт) проектировщики транспортных кондиционеров рассматривают различные новые технологии, включая аккумуляторы холода с фазовым переходом, использование вторичного контура и реверсивных систем для обеспечения отопления салона автомобиля при помощи теплового насоса.



Транспортный кондиционер:
схема

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ

До 1990 года во всех транспортных кондиционерах (в легковых автомобилях и микроавтобусах) применялся ХФУ-12. В странах, не действующих в рамках статьи 5, в начале 1990-х годов в большинстве новых автомобилей начал применяться ГФУ-134а. Он является стандартным хладагентом для кондиционеров малогабаритных автомобилей во всем мире. В кондиционерах крупногабаритных транспортных средств, в странах, не действующих в рамках статьи 5, до 2000 года широко использовался ГХФУ-22. В современных системах применяются хладагенты, представленные в таблице 12.1. В странах статьи 5, в отдельных новых системах все еще используется ГХФУ-22.

Таблица 12.1: Транспортные кондиционеры: характеристики оборудования, работающего на ГФУ

Подсектор:	Легковые автомобили и микроавтобусы	Крупногабаритные транспортные средства
Стандартное количество хладагента	0.4 - 0.8 кг	2 - 20 кг
Стандартная холодопроизводительность	3 - 5 кВт	10 - 30 кВт
Широко используемые ГФУ-хладагенты	ГФУ-134а (ПГП 1430 ¹)	R-410A (ПГП 2088) R-407C (ПГП 1774) ГФУ-134а (ПГП 1430)
Холодильный контур	Система непосредственного испарения (НИ) с компрессором, приводимым в движение ремнем от двигателя автомобиля	Система непосредственного испарения (НИ) с электроприводом или приводом от двигателя

¹ Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК

Изготовление/монтаж	Компоненты устанавливаются на производственной линии автомобилей	Агрегат заводского изготовления, предварительно заправленный хладагентом	
Стандартное размещение оборудования	В моторном отсеке и системе вентиляции	В отдельном корпусе (например, на крыше)	
Типичная годовая интенсивность утечки	2% - 10%	5% - 15%	
Основной источник выбросов ГФУ	Эксплуатационные утечки	Эксплуатационные утечки	
Приблизительная разбивка годовой потребности в хладагенте	Новые системы	70%	40%
	Обслуживание	30%	60%



Крышный автобусный кондиционер с электроприводом



Крышный кондиционер для ж.д. вагона с электроприводом

12.2 Альтернативы ныне используемым ГФУ-хладагентам

Таблица 12.2: Альтернативы с более низким ПГП для транспортных кондиционеров

Хладагент	ПГП	Класс воспламеняемости ²	Примечания
Легковые автомобили и микроавтобусы			
ГФО-1234yf	4	2L	Используется в ЕС в соответствии с Директивой ЕС по транспортным кондиционерам и в США в рамках соблюдения регламента по выбросам ПГ.
R-744 (CO ₂)	1	1	Готов для использования некоторыми автопроизводителями
R-444A	93	2L	Недавно разработанные смеси, рассматриваемые некоторыми производителями
R-445A	120	2L	

Крупногабаритные транспортные средства (автобусы, поезда и т.п.)			
ГФО-1234yf	4	2L	По производительности схож на ГФУ-134а, и подходит для систем, в которых согласно правилам безопасности можно использовать хладагент, обладающий низкой воспламеняемостью.
ГФУ-32	675	2L	Данные хладагенты по эффективности похожи на R-410А, и подходят для систем, в которых согласно правилам безопасности можно использовать хладагент, обладающий низкой воспламеняемостью.
R-446А	460	2L	
R-447А	582	2L	
R-744 (CO ₂)	1	1	Рассматриваются производителями автобусов и поездов. В некоторых автобусных кондиционерах R-744 уже используется.
R-450А	601	1	Новые негорючие смеси по производительности похожие на ГФУ-134а
R-513А	631	1	

В подсекторе систем для автомобилей и микроавтобусов идет интенсивная разработка альтернатив с низким ПГП, обусловленная региональным законодательством, вводящим запрет на использование ГФУ-134а (например, Директива ЕС по транспортным кондиционерам) либо стимулированием внедрения веществ с низким ПГП (например, регламент по выбросам ПГ в США). Основными рассматриваемыми альтернативами являются ГФО-1234yf и R-744. Однако на сегодняшний день только ГФО-1234yf нашел коммерческое применение. Многие автопроизводители предпочитают использовать ГФО-1234yf, так как это требует лишь незначительной модификации системных компонентов. Были проведены масштабные испытания этого хладагента, обладающего низкой воспламеняемостью (при объеме заправки хладагента около 0,5 кг), которые показали, что его применение безопасно. Некоторые автопроизводители рассматривают возможность перехода на R-744. Использование углеводородов рассматривалось некоторыми поставщиками оборудования, но большинство автопроизводителей не заинтересованы в использовании хладагентов, обладающих высокой воспламеняемостью.

Поиск подходящей альтернативы для использования в кондиционерах крупногабаритных транспортных средств (автобусов, поездов) потенциально сложнее, так как объем заправки хладагента в этих системах значительно выше, чем в автомобильных кондиционерах. Если существует возможность безопасного использования хладагента, обладающего низкой воспламеняемостью, существует ряд альтернатив с потенциально более низким ПГП, по сравнению с ныне используемыми ГФУ. Если требуется использовать негорючий хладагент, возможным вариантом является R-744, хотя его эффективность при использовании в условиях жаркого климата является проблемой. R-450А и R-513А - негорючие альтернативы с ПГП около 600 и по свойствам похожие на ГФУ-134а; они могут быть использованы в некоторых кондиционерах автобусов и поездов.

12.3 Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

Автомобильные кондиционеры (используемые в легковых автомобилях и микроавтобусах). Масштабные испытания, проведенные автопроизводителями показали,

² Классы воспламеняемости в соответствии со стандартами ISO 817 и ISO 5149

3 = высокая воспламеняемость; 2 = воспламеняемые; 2L = низкая воспламеняемость; 1 = без распространения огня

что ГФО-1234yf, обладающий низкой воспламеняемостью, можно безопасно использовать, хотя некоторые производители поставили под сомнение результаты испытаний. R-744 - негорючий альтернативный хладагент, для безопасного использования которого проектировщики должны предотвратить возможность накопления в салоне высоких концентраций R-744 в случае утечек из системы.

Безопасность и практичность

Автомобильные кондиционеры (используемые в легковых автомобилях и микроавтобусах). Масштабные испытания, проведенные автопроизводителями показали, что ГФО-1234yf, обладающий низкой воспламеняемостью, можно безопасно использовать, хотя некоторые производители поставили под сомнение результаты испытаний. R-744 - негорючий альтернативный хладагент, для безопасного использования которого проектировщики должны предотвратить возможность накопления в салоне высоких концентраций R-744 в случае утечек из системы.

Кондиционеры для крупногабаритных транспортных средств. Использование хладагента, обладающего низкой воспламеняемостью в кондиционерах крупногабаритных транспортных средств может иметь больше ограничений, чем в автомобильных кондиционерах. Если хладагент, обладающий низкой воспламеняемостью, будет признан возможным для использования, имеется ряд вариантов, включая ГФО-1234yf, а также альтернативы R-410A, имеющие ПГП в диапазоне 500-700. Если необходимо использовать негорючий хладагент, основными вариантами являются R-744 или смесь по свойствам похожая на ГФУ-134а и с ПГП около 600.

Наличие на рынке

Автомобильные кондиционеры (используемые в легковых автомобилях и микроавтобусах). Системы на ГФО-1234yf широко используются во многих новых моделях автомобильных кондиционеров. В конце 2014 года уже в нескольких миллионах автомобильных кондиционеров использовался ГФО-1234yf. Системы на R-744 еще не коммерциализированы. Производители и поставщики оборудования провели испытания систем на R-445A на эффективность, совместимость материалов, воспламеняемость, а также оценили риски. Однако данные системы еще не вышли на рынок.

Кондиционеры крупногабаритных транспортных средств. В данном секторе разработки проводятся медленно, и доступны несколько альтернатив с более низким ПГП. Доступны несколько транспортных кондиционеров на R-744. В данном секторе необходимы дальнейшие технологические разработки.

Стоимость

Автомобильные кондиционеры (используемые в легковых автомобилях и микроавтобусах). ГФО-1234yf дороже, чем ГФУ-134а. Ожидается, что с расширением использования разница в цене будет уменьшаться. Высокая стоимость ГФО-1234yf и его сходство с ГФУ-134а могут увеличить риск использования поддельных хладагентов (т.е. ГФУ-134а вместо ГФО-1234yf). Ожидается, что системы на R-744 будут дороже, чем существующие ГФУ-системы, но также ожидается, что с расширением использования R-744 их стоимость снизится.

Кондиционеры крупногабаритных транспортных средств. Стоимость кондиционеров для крупногабаритных транспортных средств на данный момент неизвестна.

Энергоэффективность

Автомобильные кондиционеры (используемые в легковых автомобилях и микроавтобусах). Может потребоваться незначительная конструктивная доработка систем на ГФО-1234yf (например, использования внутреннего теплообменника) для обеспечения энергоэффективности, сравнимой с ГФУ-134а. R-744 имеет более высокую эффективность при низкой/умеренной температуре окружающей среды, но более низкую эффективность при высокой тепловой нагрузке в условиях жаркого климата.

Кондиционеры крупногабаритных транспортных средств. Энергоэффективность данных систем неустановленна.

Возможность применения в странах с жарким климатом

Автомобильные кондиционеры (используемые в легковых автомобилях и микроавтобусах). Использование транспортных кондиционеров на ГФО-1234uf с внутренним теплообменником в странах с жарким климатом не создает дополнительных трудностей по сравнению с использованием систем на ГФУ-134а. R-744 меньше подходит для использования в условиях жаркого климата из-за снижения эффективности.

Кондиционеры крупногабаритных транспортных средств. Ожидается, что хладагенты с низким давлением, а именно ГФО-1234uf, R-450A и R-513A, будут эффективны в условиях жаркого климата. R-744 меньше подходит для использования в условиях жаркого климата из-за снижения эффективности.

Возможности ретрофита существующих систем

Как правило, ретрофит транспортных кондиционеров на альтернативный хладагент с более низким ПГП нецелесообразен.

В некоторых регионах был проведен ретрофит автомобильных кондиционеров на УВ-хладагент. Это потенциально опасно и не поддерживается автопроизводителями.

Обучение

ГФУ/ГФО, обладающие низкой воспламеняемостью. Для обслуживания и ремонта транспортных кондиционеров, в которых используются хладагенты, обладающие низкой воспламеняемостью, обучение играет важную роль. Обучение работе с ГФО-1234uf уже организовано автопроизводителями и другими организациями.

R-744. Системы на R-744 находятся под значительно более высоким давлением, чем системы на ГФУ, и техническим специалистам требуется специальная подготовка для работы с R-744. Обучение работе с автомобильными кондиционерами на R-744 пока не проводится, поскольку данные системы еще не вышли на рынок.

Сведение к минимуму выбросов ГФУ из существующего оборудования

Автомобильные кондиционеры (используемые в легковых автомобилях и микроавтобусах). Большинство выбросы ГФУ из транспортных кондиционеров имеют место в течение срока службы (в том числе, до 95%, когда транспортное средство не используется). Проведение надлежащего технического обслуживания и ремонта снизит уровень утечек, при этом возможности для усовершенствования существующих систем ограничены. Надлежащее проектирование и выбор компонентов автопроизводителями уже привели к значительному снижению уровня утечек по сравнению с традиционными показателями. Например, важную роль играет использование более качественных гибких шлангов, двойных уплотнительных колец и улучшенных уплотнений компрессора.

Кондиционеры для крупногабаритных транспортных средств. Как и в случае с автомобильными кондиционерами, большинство выбросы ГФУ из кондиционеров крупногабаритных транспортных средств имеют место в течение срока службы. Проведение регулярных испытаний на утечки и соблюдение надлежащих процедур технического обслуживания и ремонта могут значительно снизить уровень утечек. Данные транспортные кондиционеры содержат относительно большой объем хладагента, поэтому рециркулирование ГФУ во время технического обслуживания и ремонта, а также в конце срока службы играет важную роль.

13. Изоляционные пеноматериалы

13.1 Описание сектора использования

Данный сектор включает пеноматериалы, используемые для изоляции оболочки зданий, оборудования, труб и корпусов. Изоляционные пеноматериалы с закрытыми воздушными ячейками производятся с использованием вспенивателей, которые создают ячеистую структуру в полимерной основе. В настоящее время используется несколько ГФУ-вспенивателей.

Основные направления использования

Сектор пеноматериалов можно разделить по **типу** и **сфере применения пеноматериала**.

Основные **типы пеноматериалов**, в которых используются ГФУ-вспениватели:

- 1) Экструдированный полистирол (XPS)
- 2) Полиуретановые (PU)
- 3) Полиизоцианатные (PIR)
- 4) Фенолформальдегидные (или фенольные) (PF)

Данные 4 типа пеноматериалов делятся на две основные группы. Это (а) экструдированный полистирол (XPS), который является термопластичным материалом и (б) полиуретановые (PU), полиизоцианатные (PIR) и фенолформальдегидные (или фенольные) (PF) пеноматериалы, которые являются терморезистивными материалами. В данном разделе вторая группа именуется «Полиуретановые пеноматериалы». При производстве экструдированного полистирола (XPS) используются газообразные вспениватели. При производстве большинства пенополиуретанов используются жидкие вспениватели, хотя в некоторых случаях используются газообразные.



Основные **сферы применения пеноматериалов**:

- 1) Гибкие ламинированные панели и плиты, используемые для изоляции стен, пола и крыши
- 2) Сэндвич-панели со стальным покрытием, используемые для изоляции зданий или конструкций, например, холодильного склада
- 3) Пеноизоляционные материалы, используемые для изоляции труб и емкостей
- 4) Тепло-звукоизоляция оборудования, например, бытовых холодильников, торговых витрин и водонагревателей
- 5) Флотационная пена для использования на морских судах
- 6) Монтажные пены, используемые для изоляции кровли и заполнения пустот и проемов в стенах
- 7) Пенополиуретановые покрытия, например, для автомобильных рулевых колес/приборных панелей

За исключением производства монтажной пены, во всех вышеуказанных сферах применения пеноматериалов используются готовые материалы, изготовленные на специализированных фабриках. Монтажная пена производится по месту (т.е. с применением переносного оборудования по месту проведения изоляционных работ). Это важный аспект, поскольку он требует соблюдения мер безопасности, связанных с воспламеняющимися вспенивателями..

Альтернативные технологии

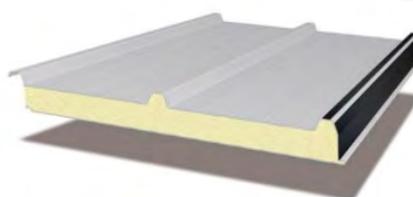
Во многих сферах применения пеноматериалов существуют конкурирующие замещающие альтернативы. Различные изоляционные материалы, например из минерального волокна, могут

использоваться вместо изоляционных пеноматериалов для изоляции стен зданий, труб и оборудования. В секторах применения, где существует конкуренция между различными типами изоляции, ключевыми факторами являются эффективность изоляции (величина термического сопротивления при заданной толщине) и стоимость. В случае наличия пространственных ограничений (например, толщина теплоизоляции), высокое термическое сопротивление некоторых типов изоляционных пеноматериалов является важным преимуществом, особенно при ужесточении требований к необходимому уровню изоляции.

Следует отметить, что в отношении некоторых сфер использования, а именно тепло-звукоизоляция оборудования и сэндвич-панелей со стальным покрытием, замещающие альтернативы практически отсутствуют, потому что высокая структурная прочность изоляционных пеноматериалов имеет решающее значение в этих сферах применения. Точно так же влагостойкость плит из экструдированного пенополистирола делает их наиболее целесообразными для изоляции пола.



Панель из экструдированного пенополистирола



Сэндвич-панель со стальным покрытием



Использование монтажной пены



Изоляция «труба-в-трубе»



Продукция с пенополиуретановым покрытием

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ

До 1990 года основным вспенивателем для пенополиуретановых материалов являлся ХФУ-11, ХФУ-12 использовался для производства экструдированного пенополистирола. Страны, не действующие в рамках статьи 5, в 1995-2010 гг. перешли на использование ГХФУ-вспенивателей. ГХФУ-141b использовался для производства полиуретановых пеноматериалов, ГХФУ-142b и ГХФУ-22 использовались для производства изделий из экструдированного пенополистирола. С 2000 года в некоторых сферах применения стали применяться ГФУ-вспениватели (см. табл. 13.1). Со времени вывода из обращения ХФУ, значительная доля сектора пеноматериалов переведена на нефторуглеродные альтернативы, включая УВ и CO₂.

ГФУ-вспениватели, используемые для производства изоляционных пеноматериалов

Основные ГФУ-вспениватели, ныне используемые при производстве изоляционных пеноматериалов, приведены в таблице 13.1.

Таблица 13.1: ГФУ-вспениватели

Вспениватель	ПГП ¹	Класс воспламеняемости	Тип пеноматериала
ГФУ-134а	1430	Негорючие	Экструдированный пенополистирол и некоторые полиуретановые пеноматериалы
Смеси ГФУ-134а/ГФУ-152а	варьируется		Экструдированный пенополистирол
ГФУ-245fa	1030		Полиуретановые пеноматериалы
Смеси HFC-365mfc / HFC-227ea	960 - 1100		Полиуретановые пеноматериалы

Все ГФУ-вспениватели относятся к категории негорючих². Это важный фактор при их выборе с точки зрения обеспечения безопасности процесса производства пеноматериалов и огнестойкости готовой продукции. Стоимость ГФУ-вспенивателей обычно выше, чем альтернативных вспенивателей (например, углеводородов), однако в некоторых сферах использования и отдельных географических регионах использование негорючих вспенивателей является преимуществом.

13.2 Альтернативы ныне используемым ГФУ-вспенивателям

Альтернативы ГФУ-вспенивателям, обладающие более низким ПГП приведены в таблице 13.2. Следует отметить, что:

- все альтернативы имеют очень низкий ПГП (в большинстве случаев - ниже 10). Это очень отличается от ситуации в секторе холодильного оборудования и оборудования для кондиционирования воздуха, где многие рассматриваемые альтернативы имеют ПГП в диапазоне 200-1000.
- Ряд альтернатив обладают высокой воспламеняемостью.

Со времени вывода из обращения ОРВ-вспенивателей в 1990-х годах, в секторе пеноматериалов, где это было технически и экономически приемлемо, начали использоваться нефторуглеродные альтернативы. Во многих сферах глобального сектора пеноматериалов уже используются альтернативы с более низким ПГП, приведенные в таблице 13.2. Часто их использование связано с более низкой стоимостью УВ-вспенивателей для пеноматериалов. Однако в некоторых сферах сектора проблемы, связанные с безопасностью или производительностью, создали постоянный спрос на ГФУ, приведенные в таблице 13.1.

Нынешнее использование альтернатив с более низким ПГП также варьируется в зависимости от региона. В частности, в США меньше используются горючие вспениватели, а в большинстве стран статьи 5, по-прежнему используются ГХФУ.

При производстве изоляционных **плит, панелей, материалов и монтажных пен на базе полиуретановых композиций** часто используются углеводороды.

При производстве **полиуретановой монтажной пены** в основном используются ГФУ, иногда используется CO₂ и сверхкритический CO₂ в Японии.

¹ Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК

² Примечание: ГФУ-365mfc – горючее вещество. Он используется в смесях с ГФУ-227ea (7% или 13%), которые являются негорючими. Аналогично, ГФУ-152а является горючим, но он используется в негорючих смесях с ГФУ-134а.

При производстве **экструдированного пенополистирола** по-прежнему используется значительное количество ГФУ-134а, хотя в некоторых регионах широко используется CO₂ и иногда используется ГФО-1234ze. В Японии также широко используется изобутан. Тем не менее, в регионах, где приоритетом являются термоизоляционные характеристики экструдированного пенополистирола, например, в США и Канаде, многие поставщики изоляционных материалов не считают CO₂ подходящей альтернативой.

Таблица 13.2: Альтернативы с более низким ПГП для вспенивателей пеноматериалов

Вспениватель	ПГП	Класс воспламеняемости	Тип пеноматериала
Углеводороды			
Ц-пентан	5	Горючие	Полиуретановые пеноматериалы (кроме монтажной пены)
изопентан	5		
n-пентан	5		
Смеси пентанов	5		
Пропан / бутан	3	Горючий	Однокомпонентные монтажные пены в аэрозольной упаковке Экструдированный пенополистирол (Япония)
Кислородсодержащие углеводороды			
Диметилэфир	1	Горючий	Компонент вспенивателей экструдированного полистирола
Метилформиат	<25	Горючие	Полиуретановые пеноматериалы (кроме монтажной пены) Полиуретановая монтажная пена
Метилаль	<25		
ГФО (гидрофторолефины, называемые ненасыщенными ГФУ)			
ГФО-1234ze	7	Низкая воспламеняемость	Экструдированный пенополистирол
ГФО-1336mzz	9	Негорючие	Полиуретановые пеноматериалы (кроме монтажной пены)
ГФО-1233zd	5		
Другие			
CO ₂	1	Негорючий	Экструдированный пенополистирол Полиуретановые пеноматериалы Иногда с CO ₂ , как компоненты вспенивателей, используются спирты и простые эфиры
Сверхкритический CO ₂	1	Негорючий	Монтажная пена

13.3. Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

Производство пеноматериалов

Полиуретановые пеноматериалы. Большинство из них производятся на специализированных заводах. При высоком уровне производства (например, непрерывное производство плит/панелей), было продемонстрировано, что однократное капитальное вложение,

необходимое для обеспечения безопасного использования вспенивателей, обладающих высокой воспламеняемостью, может быть оправдано уменьшением объема текущих производственных затрат. В значительной доле мирового производства УВ уже используются при производстве больших объемов пенополиуретановой продукции. При низком уровне производства (например, прерывное производство панелей), по-прежнему технически целесообразным является безопасное использование УВ, однако инвестиционные расходы сложнее оправдать. Переход на негорючие ГФО-вспениватели может быть подходящим вариантом для заводов с низкими объемами производства. Этот вопрос особенно важен для стран статьи 5, где многие заводы имеют низкие объемы производства.

Полиуретановая монтажная пена. Данный тип пены всегда производится по месту проведения изоляционных работ. Не рекомендуется использовать воспламеняющиеся вспениватели. В данной сфере могут использоваться недавно появившиеся композиции ГФО с CO₂ (водой). Другим вариантом является использование сверхкритического CO₂, который уже используется в Японии.

Пеноматериалы из экструдированного пенополистирола. Основными альтернативами с низким ППП для производства экструдированного пенополистирола являются либо негорючие вещества (CO₂), либо вещества, обладающие низкой воспламеняемостью (ГФО-1234ze), поэтому соблюдение мер безопасности в процессе производства не является серьезной проблемой. Могут возникнуть трудности практического характера, связанные с обеспечением хорошего качества пеноматериалов при использовании исключительно CO₂-вспенивателя. Поэтому иногда, в качестве дополнительных компонентов в состав вспенивателей включаются спирты и эфиры. Эфиры (в частности, диметиловый эфир) также более широко используются в качестве дополнительных компонентов в составе вспенивателей, и в таких условиях горючесть может стать большей проблемой.

Применение пеноматериалов

Испытания показали, что большинство УВ-пеноматериалов могут иметь примерно одинаковые с ГФУ-пеноматериалами характеристики горючести, однако может потребоваться большее количество антипиренов или полиизоцианатов. Сама полимерная основа материала обычно является горючей и использование горючего вспенивателя может только незначительно повлиять на общие характеристики горючести продукции.

Наличие на рынке

Многие вспениватели пеноматериалов, приведенные в таблице 13.2, широко используются уже несколько лет и доступны в большинстве регионов.

ГФО только недавно начали применяться в этом секторе, и может пройти несколько лет, прежде чем они станут доступны для широкого применения в производстве разных пеноматериалов. Их использование в Северной Америке быстро растет.

Стоимость

Стоимость – важный вопрос, особенно в сферах применения, где есть конкуренция с замещающими альтернативами.

УВ-пеноматериалы, как правило, являются конкурентоспособными в отношении стоимости, хотя первоначальные инвестиционные затраты создают значительный барьер для заводов с низкими объемами производства.

Использование ГФО будет более дорогостоящим, чем использование УВ. Данный барьер может быть преодолен путем: а) улучшения тепловых характеристик ГФО-пеноматериалов по сравнению с УВ-пеноматериалами и (б) смешивания ГФО с другими более дешевыми вспенивателями. Поскольку данные продукты являются новыми для сектора, существует потребность в большом количестве технологических разработок, необходимых для оптимизации технологии производства ГФО-пеноматериалов.

Энергоэффективность

Изоляционные пеноматериалы должны обладать низким коэффициентом теплопроводности, и, поскольку энергетическая политика в сфере изменения климата направлена на улучшение стандартов теплоизоляции зданий, этот фактор будет приобретать все большее значение.

Вопросы энергоэффективности тесно связаны с вопросами стоимости – использование изоляционных материалов с улучшенными тепловыми характеристиками требует меньшей толщины слоя материала по сравнению с конкурирующими продуктами. Это может обеспечить более низкую общую стоимость, даже если при производстве пеноматериала будет применяться более дорогой вспенивающий агент.

Тепловые характеристики углеводородов несколько хуже, чем у ГФУ, приведенных в таблице 13.1, хотя УВ-технология значительно улучшилась за последние 20 лет благодаря оптимизации размеров и однородности ячеек. Использование ГФО на раннем этапе в некоторых сферах указывает на то, что их тепловые характеристики будут лучше, чем у ныне используемых ГФУ и существенно лучше, чем у УВ.

Важность тепловых характеристик является спецификой сферы использования. При отсутствии ограничений по толщине, более низкое тепловое сопротивление может быть компенсировано за счет использования более толстого слоя продукта. Однако если есть ограничения по толщине (например, бытовых холодильников, автомобилей-рефрижераторов или полостей в стенах), то высокое термическое сопротивление ГФО-вспенивателя может стать преимуществом.

Возможность применения в странах с жарким климатом

Нет особых проблем с использованием пеноматериалов в условиях жаркого климата.

Использование полиольных композиций, содержащих вспениватели, может быть проблематичным в условиях высокой температуры окружающей среды (выше точки кипения вспенивателя). Производителям смесей полиолов/вспенивателей могут потребоваться заводы с регулируемой температурой.

Обучение

Заводским операторам необходимо будет пройти обучение, если завод по производству пеноматериалов перейдет на использование УВ.

Операторам производства монтажной пены может быть необходимо пройти обучение, но при условии использования негорючих вспенивателей, а именно ГФО, это не создаст серьезных проблем. Нет дополнительных проблем, связанных с прохождением обучения монтажу заводских пеноматериалов на местах.

Сведение к минимуму выбросов ГФУ из пеноматериалов

В существующих зданиях и оборудовании имеется большое количество пеноматериалов. Значительная доля - это ХФУ- или ГХФУ-пеноматериалы, и небольшая доля содержит ГФУ.

Во время срока эксплуатации из этих пеноматериалов происходит выброс вспенивателя в окружающую среду и никакие меры не могут быть приняты для уменьшения объема таких выбросов, поскольку вмешательство их только увеличит.

В конце срока эксплуатации значительная часть вспенивателя все еще остаётся в пеноматериале. Существует возможность рециклировать и уничтожить определенное количество, при этом экономическая эффективность зависит от типа продукта. Пеноматериалы, используемые в оборудовании и сэндвич-панелях со стальным покрытием, часто могут быть демонтированы в конце срока эксплуатации и отправлены на специализированные заводы для рециркулирования. Пенокартон и ламинированные панели (например, используемые для изоляции крыш, стен или пола) гораздо сложнее экономически эффективно демонтировать в процессе сноса здания. Они часто оказываются на полигоне для строительных отходов. Полиуретановая монтажная пена является особо проблемной из-за ее адгезионных свойств.

14. Аэрозольная продукция

14.1. Описание сектора использования

Данный сектор включает различные типы аэрозольной продукции, используемой в различных областях применения. В некоторых видах аэрозольной продукции в качестве пропеллента используются ГФУ. Аэрозольная продукция, по сути, является эмиссионным применением ГФУ, т.е. при использовании аэрозольной продукции, пропеллент всегда выбрасывается в атмосферу.

Подсекторы направления

Сектор аэрозольной продукции можно разделить на три основных подсектора:

- 1) **Бытовые аэрозоли**, включая чистящие средства, средства личной гигиены, декоративные аэрозольные краски, новые аэрозоли, пищевые продукты
- 2) **Технические аэрозоли** (смазочные спреи, огнетушители и звуковые сигнальные ревуны)
- 3)

Дозирующие ингаляторы (ДИ) – аэрозольные препараты медицинского назначения, используемые для принятия лекарств, действующих на органы дыхания (для лечения респираторных заболеваний, например, астмы). Существуют также другие аэрозольные препараты, например, назальные и специальные спреи.

Альтернативные технологии

В ряде направлений применения аэрозольной продукции существуют конкурирующие продукты, основанные на замещающих технологиях, а именно ручные распылители, роликовые жидкие продукты (например, для дезодорантов) и продукты без распыления (например, для полировки и смазки). Предпочтение часто отдается аэрозольной продукции из-за простоты использования, несмотря на то, что она может стоить дороже, чем некоторые конкурирующие технологии. В медицинской области препараты для лечения респираторных заболеваний могут приниматься либо путем принятия аэрозольных препаратов (дозирующие ингаляторы), либо путем применения порошковой ингаляции. Большинство препаратов, доступных в виде дозирующих ингаляторов, также доступны в виде сухих порошковых ингаляторов (СПИ).

Изменения, вызванные выводом из обращения ОРВ

До 1990 года ХФУ-12 широко использовался в качестве аэрозольного пропеллента во всех трех подсекторах. Сектор аэрозольной продукции был основным источником выбросов ОРВ. Значительная доля сектора аэрозольной продукции перешла на использование альтернатив, главным образом углеводородов (УВ) и диметилового эфира (ДМЭ). Эти альтернативы имеют более низкую стоимость, чем ГФУ, и в настоящее время доминируют в секторе бытовых аэрозолей, а также используются в технических аэрозолях, в которых воспламеняющийся пропеллент безопасен в использовании.

Для производства небольшой доли немедицинской аэрозольной продукции, в том числе некоторых технических и новых аэрозолей (например, аэрозольного серпантина и искусственного снега), а также однокомпонентной монтажной пены (используемой в строительной отрасли), был необходим невоспламеняющийся пропеллент, поэтому произошел переход на ГФУ-пропелленты (в основном ГФУ-134а). Производство ДИ было переведено на ГФУ после проведения масштабных разработок продукта и токсикологического тестирования в 1990-х гг.

ГФУ-аэрозольные пропелленты. Основные ГФУ, ныне используемые в качестве пропеллентов при производстве аэрозолей, приведены в таблице 14.1.



Типичная конфигурация аэрозоля

Технический аэрозоль

Таблица 14.1: ГФУ-аэрозольные пропелленты

Пропеллент	ПГП ¹	Класс воспламеняемости	Тип аэрозоля
ГФУ-134а	1430	Негорючий	Различные технические и бытовые аэрозоли ДИ и некоторые другие аэрозольные препараты
ГФУ-152а	124	Горючий	Технические и бытовые аэрозоли, в которых может использоваться пропеллент, обладающий низкой воспламеняемостью
ГФУ-227еа	3220	Негорючий	ДИ

Для производства большинства аэрозольной продукции на ГФУ необходимо использовать негорючий пропеллент. ГФУ-134а является доминирующим ГФУ-пропеллентом, используемым в аэрозольной продукции медицинского и немедицинского назначения.

В аэрозольной продукции немедицинского назначения, в которой нельзя использовать воспламеняющиеся УВ- либо ДМЭ-пропелленты, иногда может использоваться ГФУ-152а. Он имеет значительно более низкий ПГП, чем ГФУ-134а и более низкую воспламеняемость, чем УВ.

В небольшой доле (около 5%) ДИ используется ГФУ-227еа, который имеет гораздо более высокий ПГП, чем ГФУ-134а. Он не используется в аэрозольной продукции немедицинского назначения из-за высокой стоимости и высокого ПГП.

Некоторые вышеуказанные ГФУ используются в смесях. Например, ГФУ-152а можно смешивать с ГФУ-134а для получения невоспламеняющейся смеси с более низким ПГП. ГФУ-152а также можно смешивать с УВ или ДМЭ, чтобы немного снизить воспламеняемость чистого УВ- или ДМЭ-пропеллента.

14.2 Альтернативы ныне используемым ГФУ-пропеллентам

Альтернативы ГФУ-пропеллентов с более низким ПГП приведены в таблице 14.2. Следует отметить, что:

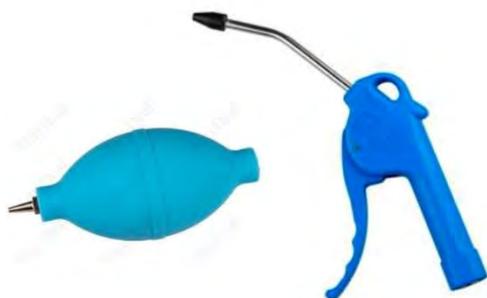
¹ Все значения ПГП приведены в Четвертом докладе об оценке МГЭИК

- а) Большинство альтернатив имеют очень низкий ПГП (в большинстве случаев - ниже 10). Это отличается от ситуации, сложившейся в секторе холодильного оборудования и оборудования кондиционирования воздуха, где многие доступные альтернативы имеют ПГП в диапазоне 200-1000.
- б) Некоторые альтернативы обладают высокой воспламеняемостью.
- с) УВ и ДМЭ представляют собой ЛОСы (летучие органические соединения). Выбросы ЛОСов регулируются в ряде стран.
- д) Продукция под давлением сжатых газов и с замещающими альтернативами отличается по техническим характеристикам от обычной аэрозольной продукции. Это может усложнить ее использование.

Таблица 14.2: Альтернативы пропеллентам, обладающие более низким ПГП

Пропеллент	ПГП	Класс воспламеняемости	Тип аэрозольной продукции
Углеводороды			
Различные смеси: пропана n-бутана изобутана	3 3 3	Высокая воспламеняемость	Любая аэрозольная продукция, в которой может использоваться пропеллент с высокой воспламеняемостью
Окисленные углеводороды			
Диметилэфир	1	Высокая воспламеняемость	Любая аэрозольная продукция, в которой может использоваться пропеллент с высокой воспламеняемостью
ГФО (гидрофторолефины, также называемые ненасыщенными ГФУ)			
ГФО-1234ze	7	Низкая воспламеняемость	Аэрозольная продукция, в которой должен использоваться пропеллент с очень низкой воспламеняемостью
Сжатые газы			
СО ₂ Воздух Азот	1 0 0	Негорючие	Некоторые технические и бытовые аэрозоли
N ₂ O	298	Негорючий	Некоторые пищевые продукты (например, сливки, сыр)
Альтернативы			
Ручные распылители Перекачиваемые вручную жидкости Роликовые жидкие / твердые продукты	0	Негорючие	Например, пылеуловители Например, смазки Например, дезодоранты Например, сухие порошковые ингаляторы (СПИ)

Порошки			
---------	--	--	--



Огнетушитель



*Сухой порошковый ингалятор для
принятия лекарств, действующих на
органы дыхания*

14.3. Рассмотрение основных вопросов

Безопасность и практичность

Ключевым аргументом при выборе альтернативы ГФУ-пропеллентам аэрозольной продукции с низким ПГП является воспламеняемость. Если можно использовать воспламеняющийся пропеллент, существует ряд недорогих альтернатив, включая УВ и ДМЭ. В значительной доле бытовых аэрозолей с 1980-х гг. используются УВ и ДМЭ (например, в лаках для волос).

Примером аэрозольной продукции на невоспламеняющихся ГФУ являются новые аэрозоли и однокомпонентные монтажные пены (ОМП). Новые аэрозоли могут использоваться в условиях наличия источников воспламенения. ОМП часто используются в больших объемах (например, весь объем аэрозольного баллона используется за минуту), создавая большое облако пропеллента. Использование ГФУ-134а в этих обоих видах аэрозольной продукции в ЕС запрещено начиная с 2010 года. Ответная реакция на запрет была разной по каждому направлению использования:

- 1) В большинстве ныне реализуемой новой аэрозольной продукции используется ГФО-1234ze. Это пропеллент с низким уровнем воспламеняемости, который безопасен для пользователей.
- 2) В большинстве ОМП ныне используются УВ или ДМЭ. Аэрозольная продукция была переработана с целью сведения к минимуму угрозы безопасности и сопровождается инструкциями по безопасности, предупреждающими пользователей о том, как избежать воспламенения.

Эти примеры показывают, что применяемые в некоторых сферах ГФУ могут быть заменены недорогими горючими альтернативами. В других сферах использования, где риск воспламенения высок или воспламенение может иметь серьезные последствия, важно использовать негорючие пропелленты. ГФО-1234ze не воспламеняется в большинстве случаев при проведении испытаний и является подходящим пропеллентом для различной технической аэрозольной продукции.

Величина давления пропеллента влияет на пригодность к использованию аэрозольной продукции, особенно в прохладных погодных условиях. Давление ГФО-1234ze более низкое, чем ГФУ-134а, поэтому он не является подходящим пропеллентом для использования в холодных условиях. УВ могут использоваться для обеспечения широкого диапазона давления (за счет использования различных смесей пропана и бутана).

В настоящее время нет безопасного коммерчески доступного пропеллента для использования в ДИ, кроме ГФУ-134а и ГФУ-227еа. Поскольку пропеллент из ДИ попадает непосредственно в легкие, он должен пройти комплексные испытания на токсичность, проведение которых может

занять до десяти лет. Одна компания в Аргентине проводит исследования возможности использования изобутана в качестве пропеллента.

Наличие на рынке

Все пропелленты с низким ПГП, перечисленные в таблице 14.2, коммерчески доступны. УВ и ДМЭ широко доступны во всех регионах. ГФО-1234ze доступен в некоторых регионах уже около 5 лет, и в ближайшие несколько лет ожидается значительное расширение его доступности.

Некоторые замещающие технологии (например, огнетушители) широко доступны, хотя может потребоваться разработка более эффективных конструкций для расширения использования данных продуктов.

Сухие порошковые ингаляторы (СПИ), как альтернатива ДИ, широко доступны. Использование ДИ и СПИ значительно варьируется в разных регионах. В некоторых регионах ДИ составляют около 80% продаж препаратов, действующих на органы дыхания, в других - лишь около 10%. Это свидетельствует о широкой доступности СПИ, а также о том, что выбор между СПИ и ДИ в большей степени зависит от «предпочтений врача/пациента», чем от эффективности.

Стоимость

УВ и ДМЭ - более дешевые пропелленты, чем ГФУ (этим обусловлен добровольный переход на использование этих пропеллентов во многих видах аэрозольной продукции).

ГФО-1234ze дороже, чем ГФУ-134a, но в большинстве случаев он будет использоваться в дорогостоящих продуктах (например, в промышленном секторе) или в дискреционных продуктах (например, в новых аэрозолях). В некоторых случаях ГФО-пропеллент может лишь незначительно повышать стоимость таких продуктов.

Стоимость ДИ и СПИ варьируется из-за сложных процедур ценообразования и закупок в секторе здравоохранения. Для лекарств с обладающих патентной защитой, стоимость лекарства доминирует в общей стоимости - ДИ и СПИ часто продаются по той же цене для одного и того же лекарства. Однако для дженериков с истекшей патентной защитой, рынок является более конкурентным, и есть некоторые свидетельства того, что ДИ могут быть дешевле.

Энергоэффективность

Энергоэффективность не рассматривается в секторе аэрозольной продукции.

Возможность применения в странах с жарким климатом

Существует несколько проблем, связанных с использованием аэрозольных пропеллентов с более низким ПГП в условиях жаркого климата. Существует риск взрыва аэрозольного баллона, если оставить его под прямыми солнечными лучами (например, внутри автомобиля, припаркованного на солнце). Данный риск выше для ГФУ-134a, чем для пропеллентов на основе УВ или ГФО-1234ze из-за их температурно-барических характеристик.

Обучение

Вопросы обеспечения обучения использованию аэрозольной продукции отличаются от других сфер использования ГФУ. В секторе аэрозольной продукции существует необходимость обучения производственного персонала, который производит заполнение аэрозольных баллонов продукцией, содержащей горючие пропелленты. Существует также значительная потребность в «обучении конечных пользователей», например:

- 1) Если ГФУ заменяются горючим пропеллентом, конечным пользователям необходимо предоставить соответствующую информацию для обеспечения безопасного использования

- 2) Если доступны замещающие альтернативы (например, порошковые огнетушители, СПИ вместо ДИ), лицам, совершающим покупку (или выписывающим лекарство), должна быть предоставлена информация о том, почему применены замещающие альтернативы, а также о способе их использования. Также важно организовать обучение пациентов-пользователей ГФУ-ДИ.

Сведение к минимуму выбросов из существующих ГФУ-аэрозолей

Большей частью выбросы ГФУ из аэрозольной продукции имеют место в течение срока службы. В использованном аэрозольном баллоне остается небольшое количество ГФУ. И использованные аэрозольные баллоны могут быть переработаны для извлечения использованных металлов. Технически целесообразно проводить сбор и уничтожение любых остающихся пропеллентов, хотя это может оказаться экономически неэффективно. Более выгодно извлекать и рециркулировать пропелленты из полных или частично заполненных аэрозольных баллонов - они могут собираться производителями (например, возвращенные продукты) или аптеками (когда пациенты возвращают неиспользованные препараты или препараты с истекшим сроком годности). Каждая страна должна провести анализ доступной инфраструктуры для переработки использованных аэрозольных баллонов, а также необходимости рециркулирования пропеллентов. В большинстве используемой аэрозольной продукции применяются УВ или ДМЭ, и лишь небольшой процент ее содержит ГФУ.

Глоссарий терминов и технических определений

Данный раздел содержит определения терминов и используемых аббревиатур. Он разделен на 3 части:

- a) Термины, относящиеся к свойствам веществ
- b) Термины, связанные с холодильным оборудованием, кондиционерами и тепловыми насосами
- c) Другие термины, использованные в брошюре

Часть А: Свойства веществ

Термин / Аббревиатура	Определение
Фторуглероды	
ХФУ	Хлорфторуглероды: группа химических веществ, содержащих хлор, фтор и углерод.
ГЧФУ	Гидрохлорфторуглероды: группа химических веществ, содержащих водород, хлор, фтор и углерод.
ГФУ	Гидрофторуглероды: группа химических веществ, содержащих водород, фтор и углерод.
ГФО	Гидрофторолефины: группа химических веществ, содержащих водород, фтор и углерод, с двойной связью в молекулах.
Другие вещества	
УВ	Углеводороды: группа химических веществ, содержащих водород и углерод.
ДМЭ	Диметилэфиры: альтернатива ГФУ, используемая в пеноматериалах и аэрозольной продукции
Неорганические вещества	Неорганические химические вещества, например, аммиак (R-717) и CO ₂ (R-744)
Воздействие на окружающую среду	
ПГП	<p>Потенциал глобального потепления.</p> <p>ПГП - коэффициент, определяющий степень воздействия различных парниковых газов на глобальное потепление. В качестве эталонного газа взят CO₂, чей ПГП равен 1.</p> <p>ПГП фторуглеродов неточен и регулярно обновлялся учеными в течение последних 20 лет.</p> <p>Межправительственная группа экспертов по изменению климата опубликовала ряд значений ПГП в докладах об оценке.</p> <p>Значения ПГП, используемые в данной брошюре, базируются на Четвертом докладе об оценке.</p>
ОРП	<p>Озоноразрушающий потенциал</p> <p>ОРП сравнивает воздействие газов на озоновый слой. За единицу ОРП была принята озоноразрушающая способность ХФУ-11.</p>
ОРВ	Озоноразрушающие вещества

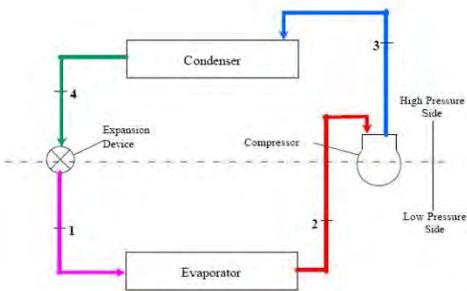
	Газы, которые способны нанести ущерб стратосферному озоновому слою.
Термины, относящиеся к безопасности (на основе стандартов безопасности холодильных систем)	
Классы воспламеняемости	<p>В последних стандартах холодильных систем (например, ISO 5149) используются 4 класса воспламеняемости:</p> <p>1 без распространения огня, например, ГФУ-134а; R-410А</p> <p>2L низкая воспламеняемость, например, ГФУ-32; ГФО-1234yf; R-717</p> <p>2 воспламеняемые, например, ГФУ-152а</p> <p>3 высокая воспламеняемость например, УВ-290; УВ-600а</p> <p>Вещества класса 2L отличаются от класса 2 низкой скоростью распространения пламени (менее 10 см/с). Класс 2L только недавно был добавлен в ISO 5149 и не упоминается в некоторых старых стандартах, хотя ожидается, что стандарты, а именно EN 378, будут обновлены и в них будет добавлен класс 2L</p> <p>В секторах аэрозольной продукции и пеноматериалов используются другие классы воспламеняемости</p>
Классы токсичности	<p>Стандарты безопасности холодильных систем включают 2 класса токсичности:</p> <p>А низкая токсичность, например, ГФУ-134а; УВ-290</p> <p>В высокая токсичность, например, R-717 (аммиак)</p>
Категории размещения	<p>В стандартах безопасности холодильных систем используются 3 категории размещения:</p> <p>Помещения категории А - общее размещение. Место, где люди могут спать или где количество присутствующих не контролируется, или к которому имеет доступ любой человек, не знакомый с мерами предосторожности.</p> <p>Помещения категории В - контролируемое размещение. Комнаты, части зданий или здания, куда может иметь доступ только ограниченное число людей, при этом некоторые из них обязательно должны быть ознакомлены с общими мерами предосторожности.</p> <p>Помещения категории С - авторизованное размещение. Размещение, доступ к которому предоставляется только уполномоченным лицам. Уполномоченные лица должны быть ознакомлены с общими мерами предосторожности объекта (например, промышленного производства).</p>
Азеотропные и неазеотропные смеси хладагентов	Азеотропная смесь при испарении ведет себя подобно чистому веществу. Неазеотропные смеси испаряются при изменении температуры, именуемым температурным гистерезисом.

Часть В: Термины, связанные с холодильным оборудованием, кондиционерами и тепловыми насосами

Термин / Аббревиатура	Определение
Абсорбция	Цикл охлаждения с тепловым приводом, включающий в себя поглощение паров хладагента жидкостью.
Адсорбция	Цикл охлаждения с тепловым приводом, включающий в себя поглощение паров хладагента твердым телом.
Каскадный	Тип холодильного цикла, используемый при очень низкой температуре, с применением двух отдельных контуров с разными хладагентами.

Чиллер	Холодильная установка, предназначенная для охлаждения жидкости
Конденсаторный агрегат	Компрессорно-конденсаторный блок. Используется в сплит-системах, подключенных к отдельно расположенному испарителю.
КПД	Коэффициент полезного действия - показатель эффективности холодильного цикла. Для холодильных систем КПД - это охлаждение испарителем, деленное на объем потребления энергии Для тепловых насосов КПД это тепловая мощность конденсатора, деленная на объем потребления энергии
Критическая температура	Критическая температура является характеристикой хладагента. При температуре выше критической нет различия между жидкой и паровой фазами. Большинство хладагентов работают ниже критической температуры, и изменение фазы от жидкости к пару является важным аспектом конструкции системы. R-744 (CO ₂) имеет очень низкую критическую температуру (31°C), и при использовании в пароконденсационном холодильном цикле может потребоваться отвод тепла при температуре выше критической температуры.
Воздухоохладитель непосредственного испарения (НИ)	Непосредственное испарение. Тип конструкции воздухоохладителя, при котором весь жидкий хладагент полностью испаряется. В большинстве систем непосредственного испарения средней и большой производительности используются термостатические или электронные расширительные клапаны. В системах непосредственного испарения очень малой производительности используется расширительная капиллярная трубка. Системы непосредственного испарения, как правило, являются самым дешевым вариантом для систем малой производительности, при этом они могут быть менее эффективными, чем затопленные системы.
Затопленный испаритель	В затопленной системе используется испаритель, в котором испаряется не вся подаваемая жидкость. В затопленных системах обычно используется система принудительной либо гравитационной циркуляции. В затопленных системах используются регулируемые запорные вентили. Они обеспечивают полное увлажнение поверхности испарителя, что максимально повышает эффективность.
Герметичный агрегат	Заводская холодильная система с запаянными или заваренными соединениями. Обычно это относится к бытовым холодильникам или автономному торговому оборудованию малой производительности.
Внутренний блок	Испаритель для одиночной сплит-системы или мульти сплит-системы для кондиционирования воздуха.
НТ	Низкотемпературный режим. Широко используемый термин в секторе розничной торговли пищевыми продуктами, относящийся к замороженным продуктам (обычно составляет от -18°C до -25°C).
Транспортный кондиционер	Мобильная система кондиционирования воздуха. Термин относится к любой системе кондиционирования воздуха, используемой в транспортном средстве, включая автомобильные кондиционеры, кондиционеры крупногабаритных транспортных средств (автобусов и поездов).
СТ	Среднетемпературный режим. Широко используемый термин в секторе розничной торговли пищевыми продуктами, относящийся к охлажденным продуктам (обычно составляет от +2°C до +6°C).

Мульти сплит-система	Сплит-система для кондиционирования воздуха, состоящая из одного наружного блока и нескольких внутренних блоков
Внешний блок	Конденсатор и компрессор (конденсаторный агрегат) сплит-системы кондиционирования воздуха
Первичный хладоноситель	Первичный хладоноситель это вещество, используемое в парокомпрессионном холодильном цикле. Холодный жидкий первичный хладоноситель испаряется для обеспечения охлаждения. Полученный пар затем сжимается и конденсируется.
ОКВТН	Охлаждение, кондиционирование воздуха и тепловые насосы
Реверсивная система кондиционирования воздуха	Тип системы кондиционирования воздуха, которая может обеспечивать охлаждение и функционировать как воздушный тепловой насос.
Вторичный хладоноситель	Вторичный хладоноситель передает охлаждение от первичного хладоносителя объекту охлаждения. Он охлаждается первичным хладоносителем в парокомпрессионном чиллере. Большинство вторичных хладоносителей представляют собой жидкости, такие как охлажденная вода (при температуре выше 0°C) или антифриз, а именно гликоль или рассол (при температуре ниже 0°C). К стальным типам вторичных хладоносителей относятся водные/ледяные смеси (лед тает и обеспечивает охлаждение) и летучие жидкости, такие как CO ₂ (вещество испаряется и обеспечивает охлаждение).
Сорбция	Термин, используемый для обозначения тепловых холодильных циклов, включая системы абсорбции и адсорбции.
Сплит-система	Тип системы охлаждения или кондиционирования воздуха, в которой охлаждающий испаритель расположен в одном месте, а компрессор/конденсатор - в другом. Обычно используется в отношении систем кондиционирования малой производительности, которые состоят из внутреннего блока и наружного блока.
Автономный агрегат	Заводские холодильные агрегаты малой производительности, которые подключаются к электросети. Бытовой холодильник - автономный агрегат. Различные типы автономных агрегатов используются в розничной торговле пищевыми продуктами и системе общественного питания.
Докритическая система	Холодильная система, в которой испаритель и конденсатор работают при температуре ниже критической температуры. Большинство холодильных установок работают таким образом.
Транскритическая система	Холодильная система, в которой испаритель работает при температуре ниже критической, а конденсатор функционирует как газовый охладитель при температуре выше критической. CO ₂ -системы работают в транскритическом режиме при температуре окружающей среды выше 20°C. Они могут работать в докритическом режиме при более низких температурах окружающей среды.
Парокомпрессионный цикл	В большинстве холодильных систем используется парокомпрессионный цикл. Простейшие конструкции состоят из 4 основных компонентов, как показано на диаграмме. Низкотемпературная жидкость (при низком давлении) подается в испаритель. Он обеспечивает охлаждение по мере того, как жидкость кипит до образования пара. Пар сжимается и затем может отводить тепло в конденсатор по мере превращения из пара в жидкость. Жидкость под высоким давлением проходит через расширительное устройство, где давление и температура падают (по мере превращения жидкости в пар). Затем цикл повторяется.

	
VRF	<p>Система с переменным расходом хладагента – сплит-система кондиционирования воздуха, используемая в агрегатах воздух-воздух средней и большой производительности. Один или несколько конденсаторных агрегатов подключены к нескольким внутренним блокам (до 64). Каждый внутренний блок может быть настроен на охлаждение или обогрев. Компрессоры с переменной скоростью обеспечивают гибкость управления.</p>
VRV	<p>Переменный расход хладагента: вариант системы VRF.</p>

Часть С: Другие термины, использованные в брошюре

Термин / Аббревиатура	Определение
АТР (СПС)	<p>Соглашение ООН о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок. Соглашение применяется в более чем 50 странах и устанавливает стандарты производительности для кузовов автомобилей и холодильных установок.</p>
СПИ	<p>Сухой порошковый ингалятор. Используется в качестве альтернативы ДИ для принятия лекарств, действующих на органы дыхания.</p>
ЕРА	<p>Агентство по охране окружающей среды США</p>
ДИ	<p>Дозирующий ингалятор. Специализированный аэрозольный продукт, используемый для принятия лекарств, действующих на органы дыхания. В ДИ используются ГФУ-пропелленты.</p>
НИК	<p>Замещающий. Используется для обозначения альтернативных технологий, которые могут заменить ГФУ.</p>
ОКП	<p>Однокомпонентный пеноматериал. Тип аэрозольной продукции, используемой в строительстве для пенополиуретановой изоляции, например, вокруг оконных рам и дверных коробок для обеспечения воздухо непроницаемости. В некоторых баллонах ОКП используются ГФУ-пропелленты.</p>
PF-пеноматериалы	<p>Фенолформальдегидные (или фенольные) изоляционные пеноматериалы.</p>
PIR-пеноматериалы	<p>Полиизоцианатные изоляционные пеноматериалы.</p>
PU-пеноматериалы	<p>Полиуретановые изоляционные пеноматериалы</p>
Полиуретановые пеноматериалы	<p>Общий термин для полиуретановых пеноматериалов (PU, PIR и PF)</p>

RTOC	Комитет по техническим вариантам замены холодильного оборудования Группы технической и экономической оценки Монреальского протокола
SNAP	Программа значимых новых альтернатив. Процедура Агентства по охране окружающей среды США в рамках которой определяются приемлемые направления использования ГФУ и других газов, а именно УВ.
XPS-пеноматериалы	Экструдированные пенополистирольные пеноматериалы

ОЗОНОВЫЙ ЦЕНТР КЫРГЫЗСТАНА

г. Бишкек, ул. Медерова 42, каб. 311

тел.: +996 (312) 900 201

факс: +996 (312) 900 204

www.ozonecenter.kg