

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЛИСТОК 4

Торговое холодильное оборудование

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 распределенные системы 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

Торговое 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 пароконденционные 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 нагрузок, а централи (централизованные системы) – множество охлаждаемых витрин и холодильных камер.

Альтернативные технологии

Другие технологии, кроме пароконденционных, 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 1: Торговое холодильное оборудование: характеристики оборудования, работающего на ГФУ

Подсектор:		Автономное оборудование	Оборудование с выносным холодом	Системы централизованного холодоснабжения
Стандартное количество хладагента		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 торговых холодильных системах, хотя и не так широко, как R-404A. Замечания относительно R-404A в этом Информационном листке 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 хладагента для монтажа по месту установки. Это обуславливает значительно большее количество заправляемого в систему хладагента и вероятность возникновения утечек высокой интенсивности. 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 (взвешенного по ПГП) в торговом секторе.

2. Альтернативы ныне используемым ГФУ-хладагентам

Альтернативы с низким ПГП представлены в Таблице 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 2: Альтернативы с более низким ПГП для торгового 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.
R-407F	1825	1	
R-448A	1387	1	Недавно разработанные смеси, по свойствам похожие на R-404A, но с более низким ПГП. На данный момент опыт их промышленной эксплуатации ограничен.
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	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. Возможность применения УВ можно рассматривать для оборудования с выносным холодом очень малой производительности с условием соблюдения правил безопасности. УВ используются в ряде крупных супермаркетов, где установлено множество автономных агрегатов, с конденсаторами водяного охлаждения. УВ могут использоваться как первичный хладагент в системах косвенного охлаждения и каскадных системах на R-744.
УВ-290	3	3	
УВ-1270	2	3	
R-744 (CO ₂)	1	1	Автономное оборудование: используется в шкафах охлаждения напитков в бутылках и другом оборудовании Оборудование с выносным холодом: использование имеет место, но высокие капитальные затраты создают препятствие для оборудования малой производительности. Централизованные системы: широко используется в новых системах как в транскритических, так и в каскадных
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 ППП 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.

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 торговом холодильном оборудовании. В случаях, где невозможно применять хладагенты с высокой воспламеняемостью, можно рассмотреть возможность использования других хладагентов, перечисленных в табл. 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 заводов-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 ПГП 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 она 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 эжектор). 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. 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 торговом 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 конструкционно. 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 рециклирование 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.