

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЛИСТОК 6

Транспортные (мобильные) холодильные системы

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 Информационном листке 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 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 этом информационном листке 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.

2. Альтернативы ныне используемым ГФУ-хладагентам

Таблица 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 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 2. Многие варианты, проанализированные в Информационном листке 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.

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 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 глобальном 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 конструктивно. 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, потребуются 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 значительно более 95% хладагента из старых систем.