



# РЕАЛЬНЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ ГИДРОХЛОРОФТОРУГЛЕРОДАМ И ГИДРОФТОРУГЛЕРОДАМ



БИШКЕК 2018

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

**ОЗОНовый ЦЕНТР КЫРГЫЗСТАНА**

**РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ЭКОХОЛОД»**

**РЕАЛЬНЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ  
ГИДРОХЛОРФТОРУГЛЕРОДАМ И  
ГИДРОФТОРУГЛЕРОДАМ**

**БИШКЕК 2018**

**Реальные альтернативы гидрохлорфторуглеродам и гидрофторуглеродам,  
Бишкек, 2018 - 128 страниц**

Множество предприятий и организаций прилагают все усилия для внедрения и безопасного использования альтернативных химических веществ, таких как аммиак, углекислый газ и воспламеняющиеся углеводороды в качестве хладагентов с низким потенциалом глобального потепления и нулевым озоноразрушающим потенциалом. Такой накопленный опыт и специальные знания в сфере использования альтернативных природных хладагентов объединены в данной брошюре.

Брошюра разработана РОО «Экохолод» и содержит информацию о стандартах и законодательстве, безопасном применении и особенностях проектирования систем на альтернативных хладагентах.

Брошюра предназначена для организаций, центров сервисного обслуживания, техников-холодильщиков и специалистов по климатическому оборудованию, которые используют оборудование, работающее на природных хладагентах (аммиаке, углекислом газе и углеводородах), также для преподавателей и студентов вузов и профессиональных училищ.

## Содержание

Глава 1. Альтернативные хладагенты.....	6
1.1. Введение.....	6
1.2. R744 (диоксид углерода, CO <sub>2</sub> ), ПГП = 1 .....	10
1.3. R717 (аммиак, NH <sub>3</sub> ), ПГП = 0.....	11
1.4. R32 (ГФУ), ПГП = 675 .....	12
1.5. R1234ze и другие ГФО-хладагенты.....	13
1.6. R290, R1270 и R600a (УВ), ПГП = 3.....	14
1.7. Безопасность .....	15
1.8. Ограничения на использование, например, максимальный объем заправки хладагента.....	18
1.9. Эффективность и рабочие параметры .....	22
1.10. Воздействие на окружающую среду.....	24
1.11. Доступность хладагентов, компонентов, информации и квалифицированных инженеров/техников .....	27
1.12. Проблемы, связанные с утечками .....	28
1.13. Обзор соответствующих стандартов и законодательства .....	30
Вопросы самопроверки .....	32
Глава 2. Безопасность и управление рисками при использовании альтернативных хладагентов.....	33
2.1. Обзор аспектов безопасности.....	33
2.2. Классификация безопасности .....	34
2.3. Воспламеняемость.....	35
2.4. Асфиксия и токсичность.....	37
2.5. Высокое давление.....	37
2.6. Принципы безопасного применения R744.....	38
2.7. Дизайн систем, направленный на снижение рисков.....	39
2.8. Безопасные рабочие условия.....	39
2.9. Принципы безопасного применения R717.....	40
2.10. Принципы безопасного применения воспламеняющихся хладагентов .....	40
2.11. Оценка рисков .....	41
Вопросы самопроверки .....	43
Глава 3. Особенности проектирования систем на альтернативных хладагентах.....	44
3.1. Минимизация возможностей возникновения утечек.....	45
3.2. R744 (диоксид углерода) .....	45
3.3. Работа систем при транскритическом режиме .....	47
3.4. R717 (аммиак).....	54

3.5. R32 .....	56
3.6. R1234ze.....	56
3.7. R600a (изобутан) .....	57
3.8. R290 и R1270 (пропан и пропен) .....	58
Вопросы самопроверки .....	65
Глава 4. Предотвращение и определение утечек альтернативных хладагентов.....	66
4.1. Введение.....	66
4.2. Эффективное определение утечек .....	66
4.3. Методы косвенного определения утечек .....	72
4.4. Испытания на герметичность с использованием азота .....	75
4.5. Места потенциальных утечек.....	76
4.6. Законодательные требования .....	80
4.7. Журналы учета технического состояния систем.....	80
4.8. Стационарные системы определения утечек.....	82
Вопросы самопроверки .....	85
Глава 5. Техническое обслуживание и ремонт систем на альтернативных хладагентах .....	86
5.1. Риски, связанные с использованием хладагентов .....	86
5.2. Принципы безопасной работы с воспламеняющимися хладагентами.....	88
5.3. Принципы безопасной работы с R744 (диоксид углерода).....	92
5.4. Принципы безопасной работы с R717 (аммиак) .....	96
Вопросы самопроверки .....	98
Глава 6. Ретрофит существующих систем на альтернативные хладагенты с низким ПГП .....	99
6.1. Сокращение использования фторсодержащих газов .....	99
6.2. Возможности конверсии.....	100
6.3. Доступные хладагенты .....	102
Глава 7. Законодательство и стандарты по альтернативным хладагентам .....	104
7.1. Основные стандарты .....	104
7.2. Фторсодержащие парниковые газы.....	105
7.3. Законодательное регулирование воспламеняющихся хладагентов .....	107
Глава 8. Аспекты экономики, экологии, безопасности и надежности в контексте утечек альтернативных хладагентов .....	110
8.1 Влияние утечек хладагентов на окружающую среду и работу холодильного и кондиционерного оборудования.....	110
8.2 Определение финансовых затрат, связанных с утечками хладагента.....	113
8.3 Безопасность .....	118
8.4 Доводы в пользу снижения объемов утечек .....	119
8.5 Инструменты учета использования хладагента .....	119

Глава 9. Обследование объектов и рекомендации по сокращению утечек альтернативных хладагентов.....	122
9.1 Обследования объектов.....	122
9.2 Процедура проведения обследований объектов.....	123
9.3 Разработка плана мероприятий по предотвращению утечек.....	125
9.4 Представление планов мероприятий по сокращению утечек.....	128

# Глава 1. Альтернативные хладагенты

## 1.1. Введение

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

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

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

Ниже приведены рассматриваемые хладагенты:

- R744 (диоксид углерода, CO<sub>2</sub>)
- R717 (аммиак, NH<sub>3</sub>)
- R32 (ГФУ с более низким ПГП по сравнению с другими распространенными ГФУ)
- R1234ze (гидрофторолефин с низким ПГП)
- R290 (пропан), R1270 (пропилен) и R600a (изобутан).

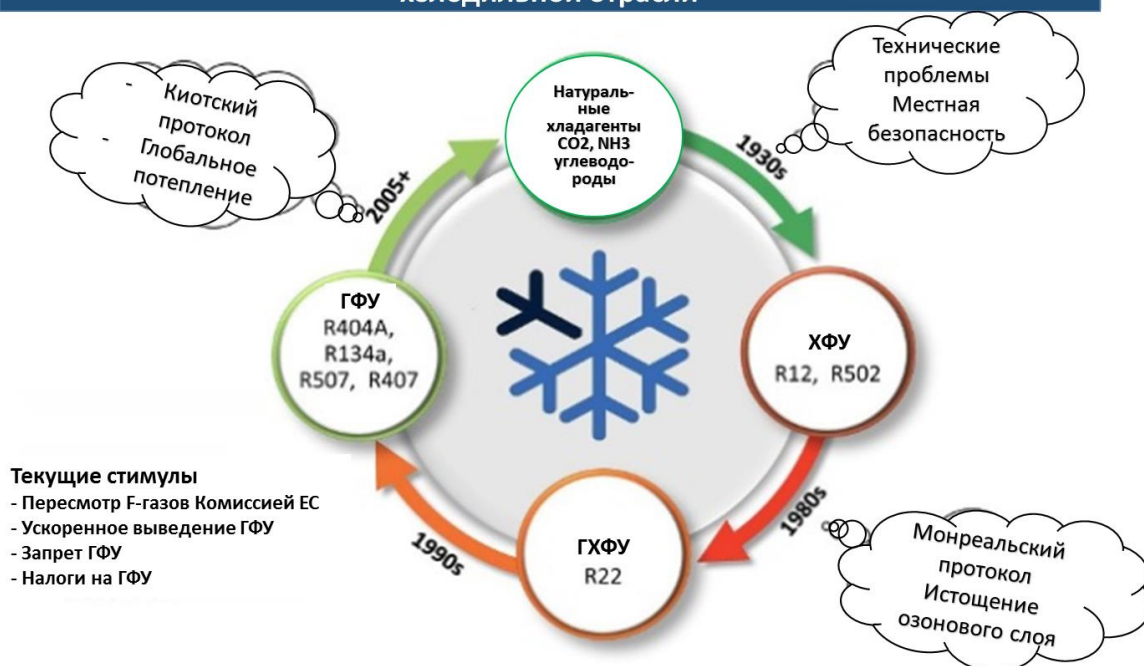
## Краткая история

R744, R717 и R290 - одни из первых хладагентов, которые были использованы в компрессорных холодильных системах. После разработки ХФУ и ГХФУ их использование сократилось, при этом R744 и R290 использовались редко. R717 продолжает широко использоваться в промышленных системах. После вывода из обращения озоноразрушающих хладагентов<sup>1</sup> снова стали применяться R290 и другие углеводородные хладагенты. Одновременно были внедрены и широко используются ГФУ-хладагенты, но из-за высокого потенциала глобального потепления и интенсивности утечек в отдельных секторах использования был совершен переход на альтернативные хладагенты с более низким ПГП. К ним относится R744, который с 2000-го года используется в торговом холодильном оборудовании, а также ГФУ с невысоким ПГП.

---

<sup>1</sup> Хлорфторуглеродов (ХФУ) и гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ)

## Замкнутый круг..... Поддержка природных и альтернативных решений в холодильной отрасли



### Основные свойства

Основные свойства упомянутых хладагентов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 Основные свойства альтернативных хладагентов

	Хладагент	Ключевые факторы	ПГП	Температура насыщения <sup>2</sup>	Секторы использования
<b>R744</b>	Диоксид углерода, CO <sub>2</sub>	Высокое давление	1	-78°C	Торговое холодильное оборудование, тепловые насосы, агрегатированные холодильные установки
<b>R717</b>	Аммиак, NH <sub>3</sub>	Токсичность и низкая воспламеняемость	0	-33°C	Промышленное холодильное оборудование
<b>R32</b>	Гидрофторуглерод, ГФУ	Низкая воспламеняемость	675	-52°C	Сплит-системы кондиционирования воздуха
<b>R1234ze</b>	Ненасыщенный ГФУ (гидрофторолефин, ГФО)	Низкая воспламеняемость	7	-19°C	Чиллеры, сплит-системы кондиционирования воздуха, агрегатированные

<sup>2</sup> Температура насыщения паров при атмосферном давлении (1 бар), за исключением R744, для которого это температура поверхности твердого R744 при атмосферном давлении



					холодильные установки
<b>R1234yf</b>	Ненасыщенный ГФУ (гидрофторолефин, ГФО)	Низкая воспламеняемость	4	-29,5°C	Чиллеры, системы кондиционирования воздуха, тепловые насосы
<b>R600a</b>	Изобутан, C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> , углеводород (УВ)	Высокая воспламеняемость	3	-12°C	Бытовое и торговое холодильное оборудование малой производительности
<b>R290</b>	Пропан, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , углеводород (УВ)	Высокая воспламеняемость	3	-42°C	Чиллеры, агрегированные холодильные установки
<b>R1270</b>	Пропилен, C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> , углеводород (УВ)	Высокая воспламеняемость	3	-48°C	Чиллеры, агрегированные холодильные установки

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

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

Таблица 1.2. Применение альтернативных хладагентов

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

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



Зеленый - эти системы подходят для использования указанного хладагента, а объем заправки хладагента **обычно** находится в пределах, указанных в стандарте EN 378. Требуются некоторые изменения конструкции, например, переход на специальные электрические устройства и/или использование вентиляции.



Желтый – в этих системах могут использоваться и уже используются указанные хладагенты, но существуют ограничения относительно максимального объема заправки или практического предела концентрации хладагента, указанные в стандарте EN 378 (см. Примечание 2 ниже). Требуются некоторые изменения конструкции, например, переход на специальные электрические устройства и/или использование вентиляции. В некоторых случаях производительность хладагента может ограничивать его использование.



Красный - эти системы не предназначены для использования указанных хладагентов, как правило, из-за того, что объем заправки хладагента превышает максимально допустимый объем, предусмотренный стандартом EN 378-1-2016.

Примечания:

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

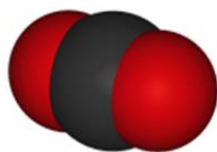
(2) Практический предел концентрации хладагента - концентрация хладагента, используемая для упрощенного расчета максимально допустимого количества хладагента в атмосфере помещения. Расчет производится на основании токсичности либо воспламеняемости хладагента. Полная информация представлена в стандарте EN 378 Часть 1 – таблица E.1.

### Пригодность альтернативных хладагентов для ретрофита

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

#### 1.2. R744 (диоксид углерода, CO<sub>2</sub>), ПГП = 1

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



Молекула CO<sub>2</sub>

R744 используется в приведенных ниже типах холодильных систем:

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

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

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

### 1.3. R717 (аммиак, NH<sub>3</sub>), ПГП = 0

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



**Молекула NH<sub>3</sub>**

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

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

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

---

<sup>3</sup> ПДК (ATEL)/ПНК (ODL), в зависимости от того, какое из значений ниже, в соответствии со стандартом EN 378-1:2016



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

#### 1.4. R32 (ГФУ), ПГП = 675

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



**Молекула R32**

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

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

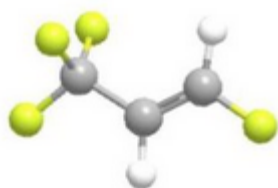


*Производство кондиционеров на R32*

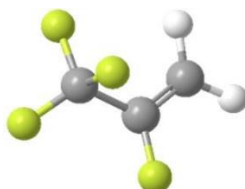
### 1.5. R1234ze и другие ГФО-хладагенты

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

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



**Молекула R1234ze**



**Молекула R1234yf**

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

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

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

R1234ze доступен и используется в чиллерах и агрегатированных холодильных установках.

R1234yf широко используется в автомобильных кондиционерах. Он также начал применяться в торговых чиллерах. Так же, как и R1234ze, он будет работать с разрежением на стороне низкого давления систем, используемых в низкотемпературном оборудовании, в связи с

чем он наиболее подходит для средне- и высокотемпературного оборудования, например, водяных чиллеров. Вместе с тем, его производительность аналогична R134a, поэтому возможно использование тех же компрессоров.

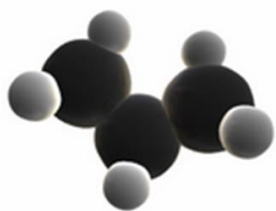
Коммерческое применение имеют и отдельные смеси на основе ГФО. Их ПГП ниже, чем у чистых ГФУ, например, R404A и R134a, но некоторые из них являются воспламеняющимися. Дополнительная информация содержится в Главе 5.

*Примеры оборудования на R1234ze, R1234ze и R1234yf*

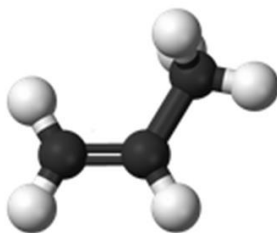


### 1.6. R290, R1270 и R600a (УВ), ПГП = 3

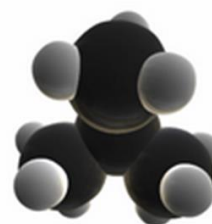
R290 (пропан), R1270 (пропилен) и R600a (изобутан) - углеводороды. Эти вещества обладают высокой воспламеняемостью, поэтому объем заправки хладагента во многих типах оборудования ограничен. Углеводороды (УВ) в основном применяются в агрегатированных холодильных установках, чиллерах и некоторых сплит-системах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



Молекула пропана



Молекула пропена



Молекула изобутана

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

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





*Примеры оборудования на углеводородах*

## 1.7. Безопасность

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

- воспламеняемость;
- токсичность;
- высокое давление.

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

**Таблица 3.3 Аспекты безопасности, связанные с использованием альтернативных хладагентов (сравнение с R404A)**

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



<b>R600a</b>	Асфиксиант	Высокая воспламеняемость	Намного ниже	
<b>R290</b>	Асфиксиант	Высокая воспламеняемость	Аналогичное	
<b>R1270</b>	Асфиксиант	Высокая воспламеняемость	Аналогичное	

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

**Минимизация возможности возникновения утечек способствует снижению риска использования всех хладагентов.**

## 2 Классификация безопасности

Ниже приведены классификации безопасности в соответствии со стандартами ISO 817:2014<sup>4</sup> и EN 378-1:2016<sup>5</sup>.

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

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

Классификация безопасности альтернативных хладагентов приведена в таблице ниже.

<sup>4</sup> Стандарт ISO 817:2014 «Хладагенты. Определения и классификация безопасности».

<sup>5</sup> Стандарт EN 378-1:2016 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды»; Часть 1 – основные требования, определения, классификация и критерии отбора

**Таблица 1.4 Информация о безопасности**

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

- a. Группа опасности в соответствии со стандартом EN 378-1.
- b. Нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ) (кг/м<sup>3</sup>) в соответствии со стандартом EN 378-1.
- c. Практический предел концентрации хладагента при нахождении человека в помещении (ППНЧ) в соответствии со стандартом EN 378-1. Для хладагентов группы A1 это предельная концентрация хладагента в помещении, не требующая срочных мер эвакуации в случае непреднамеренной разгерметизации холодильного контура и попадания всего количества хладагента в атмосферу помещения. Для воспламеняющихся хладагентов он приблизительно равен 20% нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ).
- d. Предельно допустимая концентрация (ПДК)/предельно-допустимое нижнее значение концентрации кислорода (ПНК) в соответствии со стандартом EN 378-1 - это уровень, выше которого наступают неблагоприятные последствия в результате однократного или многократного воздействия в течение короткого промежутка времени (обычно менее 24 часов).

## 1.8. Ограничения на использование, например, максимальный объем заправки хладагента

В стандарте EN 378<sup>6</sup> предусмотрены ограничения на объем заправки хладагента в оборудовании в секторе ОКВТН:

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

Максимальный объем заправки хладагента зависит от:

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

В таблице ниже приведены три категории доступа.

Таблица 1.5. Классификация помещений

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

<sup>6</sup> Стандарт EN 378-1:2016, Приложение С

Существует четыре класса холодильных систем по местоположению оборудования:  
Класс I – все механическое оборудование размещено в помещении, где работает персонал;  
Класс II – компрессоры размещены в машинном отделении или на открытом воздухе;  
Класс III – все холодильное оборудование размещено в машинном отделении или на открытом воздухе;  
Класс IV – все холодильное оборудование размещено в вентилируемом помещении.  
Ниже приведены некоторые примеры ограничений объема заправки хладагента. Полная информация содержится в стандарте EN 378.

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

Хладагент Группы A3, расчет объема заправки согласно таблице C.2 стандарта EN 378-1:2016.  
Для этого примера – Категория доступа - **b**.  
Сектор применения – «другое».  
Наземное расположение системы.  
Класс размещения оборудования - II, поскольку выносной холод расположен снаружи.

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

20% x НКПВ x емкость камеры и не более 2,5 кг.  
Размеры холодильной камеры: 3,5 м на 3 м на 2,4 м в высоту;  
Емкость холодильной камеры =  $3,5 \times 3 \times 2,4 = 25,2 \text{ м}^3$ ;  
R290 НКПВ =  $0,038 \text{ кг/м}^3$ ;

Максимальный объем заправки хладагента =  $0,2 \times \text{НКПВ} \times \text{емкость}$   
=  $0,2 \times 0,038 \times 25,2 = 0,192 \text{ кг}$ .

Менее 2,5 кг.

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



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

Для этого примера – Категория доступа - **a**.  
Сектор применения – комфортное охлаждение/обогрев.

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

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

Уравнение С2 и не более чем  $m^2 \times 1,5$  кг

Уравнение С2:

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

M = максимальный объем заправки хладагента, кг

НКПВ = нижний концентрационный предел воспламеняемости, кг/м<sup>3</sup>

h = высота установки, м

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

A = площадь помещения, м<sup>2</sup>

$$m^2 = 26 \times \text{НКПВ}$$

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

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

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

$$M = 8,84 \text{ кг.}$$

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

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

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

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

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

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

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

Предел токсичности x емкость камеры

Размеры торгового зала: 25 м на 50 м на 5 м

ПДК (ATEL) для R744: 0,072 кг/м<sup>3</sup>

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

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

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

#### **Пример 4 – Чиллер на R717, расположенный снаружи**

Хладагент Группы опасности B2L расчет объема заправки согласно таблице С.1. Класс размещения оборудования (наружного чиллера) – III. Ограничения объема заправки хладагента в зависимости от категории доступа не предусмотрены.

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

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

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

Для этого примера – Категория доступа **a**.

Сектор применения – «другое».

Класс размещения оборудования - I (агрегатированная витрина).

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

20% x НКПВ x емкость камеры и не более 1,5 кг

Минимальная емкость камеры = объем заправки / 0,2 x НКПВ = 0,35 / 0,2 x 0,046 = 38 м<sup>3</sup>.

## 1.9. Эффективность и рабочие параметры

В таблице ниже приведены характеристики эффективности альтернативных хладагентов. R404A включен в таблицу для сравнения.

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

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

**Таблица 1.6. Сравнение производительности**

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

- Коэффициент сжатия - это давление на выходе, деленное на давление на входе в компрессор (бар абс.);
- Данные из базы Refprop<sup>7</sup>;
- Все коэффициенты преобразования, приведенные в этой таблице, являются теоретическими коэффициентами преобразования холодильного цикла. R744 работает выше критической точки в ориентировочном цикле; на практике коэффициент преобразования будет выше приведенного для сравнения выше.

Сравнение было проведено при следующих условиях:

Холодопроизводительность: 10 кВт

Температура испарения: -10°C

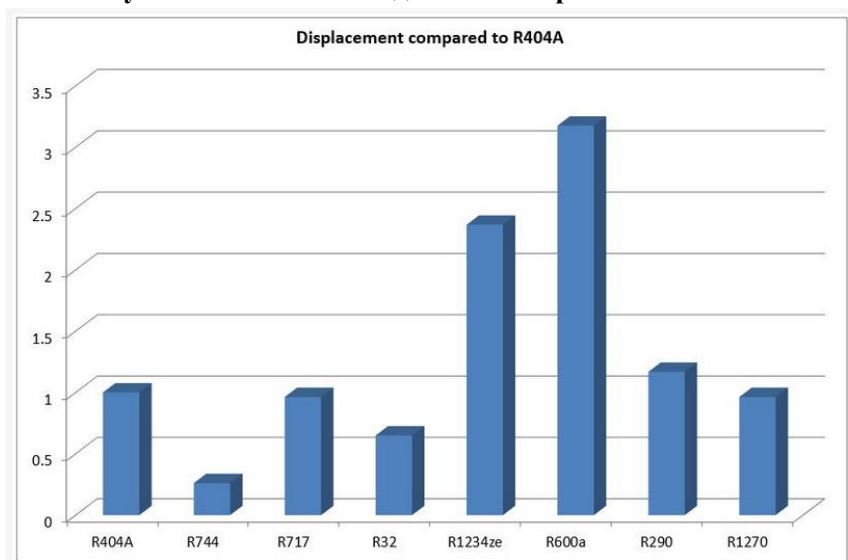
Температура конденсации: 35°C (R744 - транскритический и имеет температуру на выходе из конденсатора 35°C)

<sup>7</sup> Refprop (База данных термодинамических и транспортных свойств жидкостей) доступна по адресу [www.nist.gov](http://www.nist.gov)

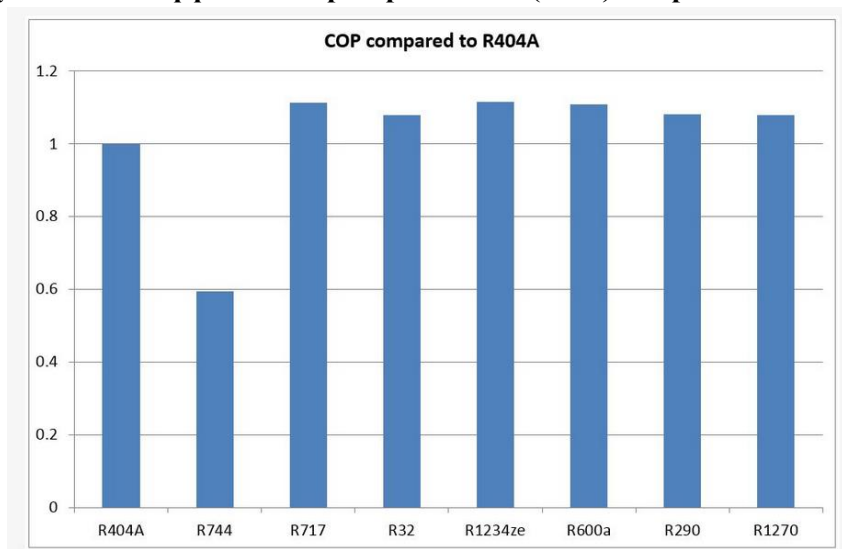
Перегрев: 5К  
Переохлаждение: 2К  
Потери давления эквивалентны: 0,5К  
Изоэнтروпийный КПД: 0,7.

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

**Рисунок 1.3. Объем хладагента по сравнению с R404A**



**Рисунок 1.4. Коэффициент преобразования (COP) по сравнению с R404A**



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

### Коэффициент энергоэффективности



Для сравнения эффективности использования кондиционеров и тепловых насосов также может использоваться коэффициент энергоэффективности (EER) - отношение холодопроизводительности кондиционера (в кВт или БТЕ в час) к полной потребляемой мощности (в кВт или Вт) при заданных условиях испытаний. Коэффициент обычно определяется в соответствии со стандартом EN 14511-2:2011 «Кондиционеры, агрегатированные охладители жидкости и тепловые насосы с компрессорами с электроприводом для отопления и охлаждения помещений. Условия испытаний».

### 1.10. Воздействие на окружающую среду

#### Потенциал глобального потепления (ПГП)

В таблице 1.7 приведен прямой потенциал глобального потепления (ПГП) альтернативных хладагентов. Его не следует использовать в качестве единственного критерия при выборе хладагента для конкретного сектора применения. Воздействие ПГП хладагента значительно снижается, если при работе в нормальном режиме не происходит утечек хладагента, и обслуживание системы осуществляется без потерь хладагента. При этом, в результате пересмотра Регламента «F-газы» будет необходимо применять хладагенты с низким ПГП.

Таблица 1.7 Потенциал глобального потепления (ПГП) альтернативных хладагентов

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





Из-за большого количества антропогенного CO<sub>2</sub> образуется парниковый эффект и нарушается тепловой баланс Земли

### Полный эквивалентный вклад в парниковый эффект

Общее влияние системы и хладагента на изменение климата оценивается при помощи фактора TEWI – полный эквивалентный вклад в парниковый эффект<sup>8</sup>. Этот метод позволяет оценить воздействие системы на изменение климата в течение всего срока эксплуатации путем сложения:

**прямого влияния (в связи с выбросом хладагента в атмосферу)**

+

**косвенного влияния на парниковый эффект эмиссии CO<sub>2</sub> в результате потребления энергии для обеспечения работы системы**



<sup>8</sup> Стандарт EN 378, Часть 1, Приложение В

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

Существует много способов минимизации фактора TEWI, в том числе:

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

Фактор TEWI рассчитывается следующим образом:

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

$$\text{влияние потерь в результате утечек} = \text{ПГП} \times L \times n$$

$$\text{влияние потерь при сборе} = \text{ПГП} \times m \times (1 - \alpha_{\text{recovery}})$$

$$\text{влияние потребления энергии} = n \times E_{\text{annual}} \times \beta$$

где:

$L$  = утечки (кг/год)

$n$  = срок эксплуатации системы (лет)

$m$  = объем заправки хладагента (кг)

$\alpha_{\text{recovery}}$  = коэффициент сбора / рециклинга (0 – 1)

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

$\beta$  = эмиссия CO<sub>2</sub> (кг/кВт.ч), примечание – сильно отличается в зависимости от страны.

Многие коэффициенты, использованные в приведенном расчете, значительно отличаются и зависят от типа системы. Вы можете выбирать коэффициенты самостоятельно на основании собственного опыта (например, утечек), использовать известные коэффициенты (например,  $\beta$ ) или использовать рекомендуемые отраслевые коэффициенты.

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

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

где:

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

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

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

### 1.11. Доступность хладагентов, компонентов, информации и квалифицированных инженеров/техников

В таблице 1.8 приведены данные о доступности для использования важных компонентов холодильных систем на альтернативных хладагентах. Простая система «светофор» позволяет быстро оценить доступность и отсутствие препятствий для использования. Зеленый цвет означает доступность, оранжевый - частичную доступность, красный - отсутствие в настоящее время.

**Таблица 1.8. Доступность альтернативных хладагентов и сопутствующих элементов (по состоянию на февраль 2017 г.)**

	Хладагент	Необходимые знания	Навыки/обучение	Компоненты	Инструменты и оборудование
<b>R744</b>	Хладагент (CO <sub>2</sub> ) доступен для использования в емкостях различных размеров	Широкий спектр вариантов конструкции систем создает сложности для инженеров-конструкторов	Риски и разнообразие типов систем создают сложности для технических специалистов. Доступно обучение	Доступны для систем большой производительности; в меньшей степени для систем малой производительности	Доступны
<b>R717</b>	Хладагент (NH <sub>3</sub> ) широко доступен для использования в емкостях различных размеров	Широко известен в промышленном секторе	Широко известен в промышленном секторе. Доступно обучение	Широко доступны в промышленном секторе	Широко доступны
<b>R32</b>	Доступен	Производители оборудования на R32 имеют глубокие знания	Очень ограниченный опыт и вопросы относительно источников воспламенения. Доступно	Применение в кондиционерах с 2015 года	Широко доступны (подходит большинство инструментов и оборудования для работы с УВ)

			обучение работе с УВ		
<b>R1234ze</b>	Доступен только в ограниченных количествах, имеет высокую стоимость	Очень ограниченные знания	Очень ограниченный опыт, при этом можно использовать опыт работы с УВ. Доступно обучение работе с УВ	Компрессоров нет	Широко доступны (подходит большинство инструментов и оборудования для работы с УВ)
<b>R1234yf</b>	В наличии на рынке, имеет высокую стоимость	Ограниченные знания, при этом широко используется в автомобильных кондиционерах	Очень ограниченный опыт, при этом можно использовать опыт работы с УВ. Доступно обучение работе с УВ	Компрессоров нет	Широко доступны (подходит большинство инструментов и оборудования для работы с УВ)
<b>R600a</b>	Хладагенты (УВ) доступны для использования	Широко используется и имеются знания в бытовом секторе	Обширный опыт в бытовом секторе. Доступно обучение	Широко используются, доступны	Широко доступны, при этом установка для сбора хладагента в наличии только у одного поставщика
<b>R290 R1270</b>	Доступны в емкостях различных размеров	Доступна информация о применении УВ в торговом холодильном оборудовании	Обширный опыт в торговом секторе. Доступно обучение	Широко используются в агрегатированных системах и чиллерах, доступны	

### 1.12. Проблемы, связанные с утечками

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

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

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

**Таблица 1.9. Потенциал возникновения утечек, риски и легкость определения утечек**

Хладагент	Потенциал возникновения утечек	Риски	Легкость определения
<b>R744</b>	<p>Высокий</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокое рабочее давление</li> <li>• Используется в системах большой производительности с множеством соединений</li> <li>• Выпускается во время обслуживания оборудования</li> </ul>	Высокое давление во время работы и остановки оборудования	Легкое определение - доступно оборудование для определения
<b>R717</b>	<p>Средний</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Среднее и низкое рабочее давление</li> <li>• Обычно используется в чиллерных системах с минимальным количеством соединений</li> <li>• Компрессоры открытого типа с уплотнителями вала</li> </ul>	Токсичность и низкая воспламеняемость	Легкое определение – резкий запах, также доступно оборудование для определения
<b>R32</b>	<p>Средний</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Среднее и высокое рабочее давление</li> <li>• Используется в кондиционерах, обычно с паяными соединениями</li> </ul>	Низкая воспламеняемость	Оборудование для определения становится доступным
<b>R1234ze R1234yf</b>	<p>Средний</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Среднее и низкое рабочее давление</li> <li>• Используется в чиллерных системах с минимальным количеством соединений</li> </ul>	Низкая воспламеняемость	Оборудование для определения становится доступным
<b>R600a R290 R1270</b>	<p>Низкий</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Среднее и низкое рабочее давление</li> </ul>	Высокая воспламеняемость	Оборудование для определения доступно

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Используется в системах с малым объемом заправки хладагента в соответствии с требованиями к хладагентам Группы опасности А3</li> </ul>		
--	---	--	--

### 1.13. Обзор соответствующих стандартов и законодательства

В таблице ниже приведены наиболее полезные стандарты и регламенты, касающиеся применения альтернативных хладагентов. Основные стандарты и законодательство более подробно анализируются в Главе 7 «Законодательство и стандарты».

**Таблица 1.10. Стандарты и регламенты**

Документ	Название	Рекомендации (относительно воспламеняющихся хладагентов)
ISO 817:2014	Хладагенты. Система обозначений и классификация по безопасности	Четкая система обозначения хладагентов, которая включает в себя классификацию по безопасности (A1, A2, A3).
EN 378-1:2016	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Основные требования, определения, классификация и критерии выбора	Практический предел Максимальный объем заправки хладагента
EN 378-2:2016	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Проектирование, конструкция, изготовление, испытания, маркировка и документация	Защита от избыточного давления Помещения с вентиляцией Имитация утечки воспламеняющихся хладагентов
EN 378-3:2016	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Размещение оборудования и защита персонала	Машинные отделения Датчики утечки хладагента
EN 378-4:2016	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт, сбор и восстановление	Ремонт систем на воспламеняющихся хладагентах Компетенция персонала, работающего с системами на воспламеняющихся хладагентах
EN 60079-0:2012+A1 2013	Взрывоопасные среды. Оборудование. Общие требования	Классификация горючих газов Классификация зон оборудования



<b>EN 60079-10:2015</b>	Взрывоопасные среды. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды	Зоны и классификация оборудования Имитация утечки Требования к движению воздуха
<b>EN 60079-14:2014</b>	Взрывоопасные среды. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок	Расположение источников воспламенения Электропроводка
<b>EN 60079-15:2010</b>	Взрывоопасные среды. Оборудование с видом взрывозащиты "n"	Электрооборудование и оболочки для потенциально взрывоопасных сред Маркировка электрооборудования
<b>EN 60335-2-24:2010</b>	Приборы электрические бытового и аналогичного назначения. Безопасность. Часть 2-24: Частные требования к холодильным аппаратам, мороженицам и льдогенераторам.	Системы с объемом заправки воспламеняющегося хладагента менее 150 г.
<b>EN 60335-2-40:2012</b>	Бытовые и аналогичные электрические приборы. Частные требования к электрическим тепловым насосам, кондиционерам и осушителям	Проектирование, использование и обслуживание кондиционеров на воспламеняющихся хладагентах.
<b>EN 60335-2-89:2010</b>	Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 2-89: Частные требования к торговому холодильному оборудованию со встроенным или дистанционным узлом конденсации хладагента или компрессором для предприятий общественного питания.	Системы с объемом заправки воспламеняющегося хладагента менее 150 г, имитация утечки для классификации размещения.
<b>ADR</b>	Европейское соглашение о международной автомобильной перевозке опасных грузов	Перевозка автотранспортом горючих газов в системах или оборудовании
<b>RID</b>	Правила международной перевозки опасных грузов по железной дороге	Перевозка горючих газов в системах или оборудовании по железной дороге
<b>ATEX</b>	Директива ЕС определяющая минимальные требования по безопасности, охране труда и здоровья работников, подвергаемых потенциальному риску от воздействия взрывоопасной среды	Устанавливает требования относительно мест проведения работ с воспламеняющимися хладагентами



## Вопросы самопроверки

Ответьте на несколько вопросов, чтобы проверить свои знания:

### Вопрос 1 -

ГФО - это:

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

### Вопрос 2 –

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

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

### Вопрос 3 –

У какого альтернативного хладагента самый высокий ПГП?

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

### Вопрос 4 –

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

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

## Глава 2. Безопасность и управление рисками при использовании альтернативных хладагентов

Эта глава содержит общую информацию о рисках, связанных с использованием альтернативных хладагентов, а также принципы безопасной работы с ними. Более подробная информация об использовании этих хладагентов содержится в Главе 1 (Введение), Главе 3 (Особенности проектирования), Главе 4 (Определение утечек) и Главе 5 (Техническое обслуживание). Эта Глава включает в себя:

- определение рисков, связанных с использованием альтернативных хладагентов
- принципы минимизации рисков при проектировании, монтаже, техническом обслуживании и окончании срока эксплуатации оборудования
- принципы оценки и управления рисками

### 2.1. Обзор аспектов безопасности

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

- воспламеняемость;
- токсичность;
- высокое давление.

Аспекты безопасности, связанные с использованием альтернативных хладагентов приведены в таблице ниже.

**Таблица 2.1. Аспекты безопасности, связанные с использованием альтернативных хладагентов**

Хладагент	При вдыхании	Воспламеняемость	Давление <sup>9</sup>	Другое
<b>R744</b>	Низкая токсичность	Невоспламеняющийся	Намного выше	Значительный рост давления в закрытых объемах (емкостях) с жидким CO <sub>2</sub> с ростом температуры и высокий риск заправки в баллон холодного жидкого хладагента. Возможен переход R744 в твердую фазу.
<b>R717</b>	Высокая токсичность	Низкая воспламеняемость	Ниже	
<b>R32</b>	Асфиксикант	Низкая воспламеняемость	Выше	Высокотоксичные продукты разложения
<b>R1234ze</b>	Асфиксикант	Низкая воспламеняемость	Ниже	Высокотоксичные продукты разложения
<b>R600a</b>	Асфиксикант	Высокая воспламеняемость	Намного ниже	

<sup>9</sup> По сравнению с R404A

<b>R290</b>	Асфигсиант	Высокая воспламеняемость	Аналогичное	
<b>R1270</b>	Асфигсиант	Высокая воспламеняемость	Аналогичное	

**Минимизация возможности возникновения утечек способствует снижению риска использования всех хладагентов.**

## 2.2. Классификация безопасности

Ниже приведены классификации безопасности в соответствии со стандартами ISO817:2014<sup>10</sup> и EN 378-1:2016<sup>11</sup>. Группа опасности хладагента определяется классом токсичности (А или В) и категорией воспламеняемости (1, 2L, 2 или 3).

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

Классификация безопасности альтернативных хладагентов приведена в таблице ниже.

**Таблица 2.2. Информация о безопасности**

Хладагент	Группа опасности <sup>a</sup>	Нижний концентрационный предел воспламенения, (НКПВ) кг/м <sup>3b</sup>	Температура самовоспламенения, °С	Практический предел концентрации (ППНЧ), кг/м <sup>3c</sup>	ПДК / ПНК <sup>d</sup> кг/м <sup>3</sup>
<b>CO<sub>2</sub> R744</b>	A1	нет	нет	0,1	0,072
<b>NH<sub>3</sub> R717</b>	B2L	0,116	630	0,00035	0,0002 2
<b>ГФУ R32</b>	A2L	0,307	648	0,061	0,30
<b>ГФО R1234ze</b>	A2L	0,303	368	0,061	0,28
<b>ГФО R1234yf</b>	A2L	0,289	405	0,058	0,47
<b>УВ R600a</b>	A3	0,043	460	0,011	0,059
<b>УВ</b>	A3	0,038	470	0,008	0,09

<sup>10</sup> Стандарт ISO 817:2014 «Хладагенты. Определения и классификация безопасности».

<sup>11</sup> Стандарт EN 378-1:2016 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды»; Часть 1 – основные требования, определения, классификация и критерии отбора

<b>R290</b>					
<b>УВ R1270</b>	A3	0,047	455	0,008	0,0017

- Группа опасности в соответствии со стандартом EN 378-1.
- Нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ) (кг/м<sup>3</sup>) в соответствии со стандартом EN 378-1.
- Практический предел концентрации хладагента при нахождении человека в помещении (ППНЧ) в соответствии со стандартом EN 378-1. Для хладагентов группы A1 это предельная концентрация хладагента в помещении, не требующая срочных мер эвакуации в случае непреднамеренной разгерметизации холодильного контура и попадания всего количества хладагента в атмосферу помещения. Для воспламеняющихся хладагентов он приблизительно равен 20% нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ).
- Предельно допустимая концентрация (ПДК)/предельно-допустимое нижнее значение концентрации кислорода (ПНК) в соответствии со стандартом EN 378-1 - это уровень, выше которого наступают неблагоприятные последствия в результате однократного или многократного воздействия в течение короткого промежутка времени (обычно менее 24 часов).



### 2.3. Воспламеняемость

Принцип классификации хладагентов по воспламеняемости объясняется в таблице 3.



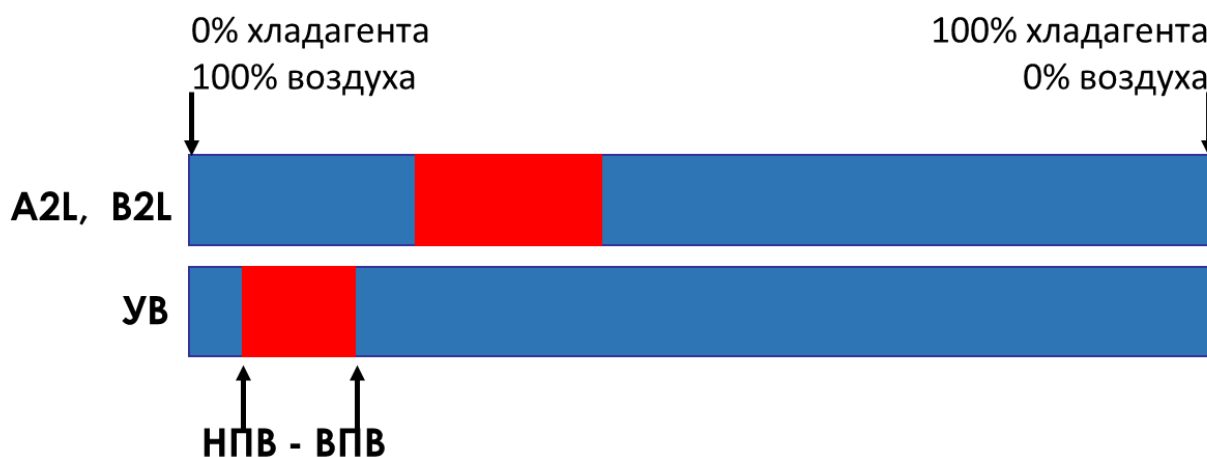
Таблица 2.3. Классификация безопасности

Категория воспламеняемости	Нижний концентрационный предел воспламенения, % об. в смеси с воздухом <sup>12</sup>	Теплота сгорания, Дж/кг	Распространение огня
<b>1</b>	Отсутствие воспламенения при проведении испытаний при 60°C и 101,3 кПа		
<b>2L, низкая воспламеняемость</b>	> 3,5	< 19 000	Наличие воспламенения при проведении испытаний при 60°C и 101,3 кПа; максимальная скорость распространения пламени ≤ 10 см/с при 23°C и 101,3 кПа
<b>2, воспламеняемость</b>	> 3,5	< 19 000	Воспламенение при 60°C и 101,3 кПа
<b>3, высокая воспламеняемость</b>	≤ 3,5	≥ 19 000	Воспламенение при 60°C и 101,3 кПа

Примечание. Группа опасности 2L это новая Группа, которая дополнительно включена в стандарт EN 378.

<sup>12</sup> Например, НКПВ R290 - 0,038, что составляет примерно 2% об. в смеси с воздухом

Для возникновения горения необходимо наличие горючего вещества, кислорода и источника воспламенения. Возгорание воспламеняющихся хладагентов возникает, если концентрация хладагента в воздухе находится на уровне между нижним и верхним концентрационными пределами воспламенения, а также при наличии источника воспламенения. Диапазон концентраций УВ, хладагентов Группы опасности А2L и R717 от нижнего до верхнего предела воспламенения представлен на графике ниже (нижний концентрационный предел воспламенения также указан в таблице 2):



При наличии источника открытого пламени (сварочное пламя, спичка, зажигалка) произойдет возгорание всех воспламеняющихся хладагентов.

Наличие искроопасных электрических устройств приведет к возгоранию хладагентов Группы опасности А3 (УВ) и, возможно, Группы 2L. Искроопасные электрические устройства обычно включают в себя:

- двухпозиционные переключатели, например, на электрических розетках, вакуумных насосах, станциях рециклирования;
- контакты;
- переключатели освещения;
- стандартные термостаты;
- стандартные реле (на компрессорах и устройствах для защиты от перегрузки (термостатах));
- стандартные реле давления (высокое давление, низкое давление, перепад давления масла);
- стандартные пускатели для ламп (балласты);
- стандартные таймеры (например, для оттайки) и контроллеры;
- электронные течеискатели.

Электрические устройства, применяемые в Зоне 2 в соответствии с частью 7<sup>13</sup> или 15<sup>14</sup> стандарта EN 60079, не являются источниками воспламенения. Тип электрозащитных устройств зависит от зоны. Обычно применяются устройства, предназначенные для зоны 2; для других зон применяются устройства соответствующие классификации.



<sup>13</sup> Стандарт EN 60079-7:2015 Взрывоопасные среды. Оборудование с видом повышенной взрывозащиты "е"

<sup>14</sup> Стандарт EN 60079-15:2010 Взрывоопасные среды. Оборудование с видом взрывозащиты "н"

## 2.4. Асфиксия и токсичность

Все хладагенты - асфиксианты, потому что они вытесняют кислород. Вдыхание определенного количества паров любого хладагента может вызвать асфиксию, сердечную сенсбилизацию и повлиять на работу центральной нервной системы: привести к головокружению, сонливости или аритмии. Асфиксия наступает при попадании большого количества хладагента в атмосферу помещения, особенно закрытого (например, холодильной камеры или машинного отделения).



R717 – токсичен, вызывает раздражение, коррозию, а также имеет очень низкий практический предел концентрации (ППНЧ) (0,00035 кг/м<sup>3</sup>).

- Вдыхание высоких концентраций R717 вызывает жжение слизистой носа, горла и дыхательных путей, которое может привести к расстройству или остановке дыхания. Вдыхание более низких концентраций может вызвать кашель, а также раздражение слизистой носа и горла. Резкий запах R717 позволяет сразу определить его наличие в атмосфере помещения, однако из-за притупления обоняния вследствие вдыхания низких концентраций, снижается возможность определения продолжительности воздействия.
- Контакт с кожей низких концентраций R717 может вызвать быстрое раздражение кожи или глаз. Более высокие концентрации аммиака могут привести к серьезным травмам и ожогам. Контакт с жидким R717 может также вызвать обморожение (что характерно для всех хладагентов).

### Продукты разложения

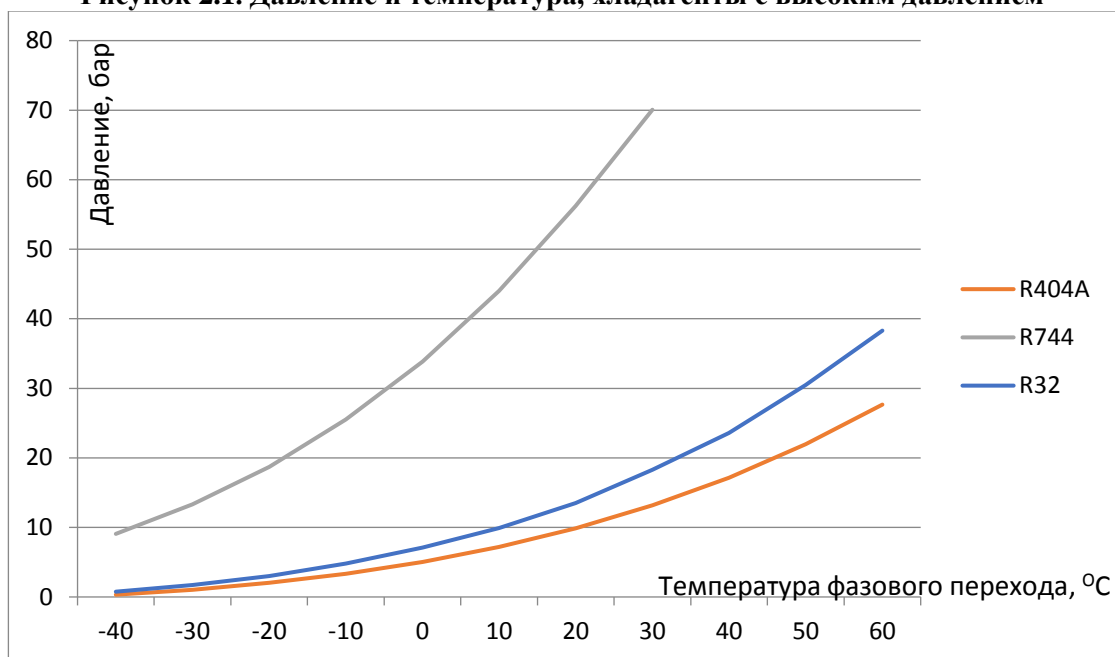
Вследствие сгорания ГФУ и ГФО образуются токсичные продукты разложения (например, сгорания R32, хладагента Группы опасности A2L, под воздействием открытого пламени). Образуется фторид водорода, который при контакте с влагой (например, в воздухе или во рту) образует плавиковую кислоту, вдыхание или контакт с которой приводят к очень серьезным последствиям для здоровья, которые, как правило, требуют стационарного лечения. Этот аспект безопасности актуален в отношении всех ГФУ-хладагентов, однако ГФУ Группы опасности A2L и ГФО представляют больший риск, поскольку они воспламеняются под воздействием открытого пламени (например, паяльной горелки).

## 2.5. Высокое давление

Рабочее давление большинства альтернативных хладагентов ниже или аналогично рабочему давлению R404A. При этом системы на R32 и R744 работают при более высоком давлении, как показано на графике ниже.



Рисунок 2.1. Давление и температура, хладагенты с высоким давлением



Рабочее давление и давление в отключенной системе на R32 аналогичны давлению R410A (который в настоящее время широко применяется в системах кондиционирования воздуха). Стандартное давление в системах на R744 приведено в таблице 2 ниже.

Таблица 2.4. Стандартное давление R744

	Стандартное давление, бар (МПа)
Тарировка предохранительного клапана на стороне высокого давления транскритической системы (PS)	120 (12)
Сторона высокого давления транскритической системы, которая работает выше критической точки	90 (9)
Среднее давление в транскритической системе	35 - 65 (3,5 – 6,5)
Тарировка предохранительного клапана на стороне высокого давления низкой ступени каскадной системы (PS)	40 (4)
Давление на стороне высокого давления низкой ступени каскадной системы	30 (3)
Низкотемпературный испаритель	15 (1,5)
Высокотемпературный испаритель	30 (3)
Баллон, находящийся снаружи при температуре окружающей среды 5°C	40 (4)
Установка в режиме остановки при температуре окружающей среды 20°C	55 (5,5)

## 2.6. Принципы безопасного применения R744

Обзор основных факторов повышенного риска, по сравнению с традиционными хладагентами.

**Асфиксия.** Практический предел (ППНЧ) R744 ниже, чем у других хладагентов, обладающих низкой токсичностью (Группа опасности А). При концентрациях до 30 000 ppm возникает гипервентиляция легких с последующей гиповентиляцией. Концентрация R744, вызванная утечкой, быстро возрастает из-за более высокого давления и интенсивности выпуска из системы.

**Высокое давление.** Рабочее давление в транскритических системах достигает 90 бар. Давление в баллоне с R744 составляет около 99 бар при температуре окружающей среды 40°C.

**Рост давления в закрытых емкостях (баллонах).** Давление в закрытой емкости (баллоне) будет повышаться приблизительно на 10 бар при каждом повышении температуры на 1К. Это отличительная особенность R744, по сравнению с другими хладагентами, кроме того, в отношении систем на R744 существует высокий риск закачки в баллон холодного жидкого хладагента из-за низкой температуры жидкостной линии (обычно ниже температуры окружающей среды).

**Сухой лед.** Образование сухого льда происходит, когда давление пара R744 падает ниже 4,2 бар (тройной точки). Это может привести, например, к блокировке линий выпуска.

## 2.7. Дизайн систем, направленный на снижение рисков

Все компоненты, включая трубы и фитинги, должны соответствовать максимально-допустимому давлению (PS).

Установка стационарной системы определения утечек требуется, если утечка хладагента может привести к образованию концентрации, выше уровня ПДК. Для R744 ПДК/ПНК составляет 0,072 кг/м<sup>3</sup>, поэтому сигнализатор должен быть установлен на уровне 0,036 кг/м<sup>3</sup> (приблизительно 20 000 ppm). Как правило, также предусматривается включение предварительного сигнала в случае утечки при 5 000 ppm из-за быстрого роста концентрации CO<sub>2</sub> вследствие высокого давления R744.

## 2.8. Безопасные рабочие условия

При проведении работ, предполагающих вскрытие контура систем на R744, необходимо использовать соответствующие средства индивидуальной защиты: перчатки, защитные очки, а также защитные наушники при выпуске хладагента из системы.

В случае срабатывания сигнализатора или наличия каких-либо других признаков утечки хладагента, не следует входить в закрытое помещение, где расположено оборудование. При отсутствии стационарной системы определения утечек необходимо использовать персональный детектор R744. Работы следует проводить в хорошо проветриваемом помещении.

Все оборудование для заправки и подключения к системе должно соответствовать давлению (окружающей среды (и, следовательно, давлению в баллоне) и давлению в системе/части системы, которая заправляется или из которой производится выпуск хладагента).

Все линии заправки и выпуска должны быть закреплены, во избежание повышенной вибрации.

Необходимо разработать четкие процедуры для всех видов технического обслуживания и ремонта с целью предотвращения закачки холодного жидкого хладагента в систему либо использовать стационарное оборудование для заправки/подключения к системе.

При необходимости освобождения системы, производится выпуск жидкого R744, чтобы обеспечить удаление большей части хладагента из системы до достижения тройной



точки. Следует следить за тем, чтобы в процессе выпуска хладагента в выпускной линии не образовывался сухой лед. Использование короткой линии выпуска большего диаметра (более 12 мм) минимизирует риск образования сухого льда.

## 2.9. Принципы безопасного применения R717

**Обзор основных факторов повышенного риска, по сравнению с традиционными хладагентами.**

**Токсичность.** R717 - токсичен и вызывает коррозию. Вдыхание приводит к повреждению слизистых оболочек носа, горла и легких. Контакт с кожей вызывает раздражение и ожог.

**Низкая воспламеняемость.** Возгорание R717 в воздухе может произойти под воздействием открытого пламени и неизолированных электрических устройств.

### Дизайн систем, направленный на снижение рисков

Объем заправки R717 должен быть ограничен в соответствии со стандартом EN 378 (Часть 1, Приложение С, таблица С.1).

R717 имеет очень низкий практический предел (ППНЧ) ( $0,00035 \text{ кг/м}^3$ ). Установка стационарной системы определения утечек требуется, если утечка хладагента может привести к образованию концентрации, выше указанного уровня. Низкий уровень опасности составляет 500 ppm, и при его достижении должна активироваться механическая вентиляция и звуковое оповещение, если система контролируется удаленно. Высокий уровень опасности составляет 30 000 ppm, и при его достижении должно автоматически отключаться все оборудование (включая электрооборудование).

Проектное решение системы должно обеспечивать предотвращение воспламенения в случае утечки хладагента (для получения дополнительной информации см. следующий раздел «Принципы безопасного применения воспламеняющихся хладагентов»).

### Безопасные рабочие условия

Весь персонал, привлеченный к проведению работ, предполагающих вскрытие контура систем на R717, должен использовать соответствующие средства индивидуальной защиты: перчатки и защитные очки. Также может понадобиться дыхательный аппарат.

В случае срабатывания сигнализации или наличия любых других признаков утечки хладагента, не следует входить в закрытое помещение, где расположено оборудование.

В месте проведения работ необходимо обеспечить хорошее проветривание и отсутствие источников воспламенения в пределах 3 м от системы и соответствующего оборудования. Все используемое оборудование должно быть рассчитано на применение R717.

## 2.10. Принципы безопасного применения воспламеняющихся хладагентов

**Обзор основных факторов повышенного риска, по сравнению с традиционными хладагентами.**

**Воспламеняемость.** Хладагенты, принадлежащие к Группам опасности A2L, B2L и A3, могут воспламеняться при контакте с воздухом (кислородом). Воспламенение происходит под воздействием открытого пламени, а также искр от неизолированных электрических устройств.

## Проектирование систем, направленное на снижение рисков

Максимальный объем заправки должен соответствовать требованиям стандарта EN 378 (Часть 1, Приложение С, таблица С.2). Это требование не распространяется на R717, поскольку главным аспектом безопасности, который необходимо учитывать при его применении является токсичность (ограничение объема заправки должно соответствовать таблице С.1).

Для определения наличия источников воспламенения (например, искробезопасных электрических устройств) в пределах пожароопасной зоны в случае утечки хладагента, необходимо провести имитацию утечки. Если в ходе проведения испытаний в пределах пожароопасной зоны будут выявлены источники воспламенения, необходимо принять соответствующие меры, например:

- использовать соответствующие безопасные электрические устройства (в искробезопасном исполнении);
- разместить электрические устройства за пределами пожароопасной зоны;
- обеспечить достаточную постоянную вентиляцию.

При эксплуатации некоторых систем или применении определенных хладагентов может потребоваться наличие детекторов газа (Часть 3 стандарта EN 378 устанавливает требования относительно их использования).

### Безопасные рабочие условия

Весь персонал, привлеченный к проведению работ с воспламеняющимися хладагентами, должен использовать соответствующие средства индивидуальной защиты: перчатки и защитные очки. Кроме того, необходимо постоянно контролировать место проведения работ с помощью детектора воспламеняющихся хладагентов.

В месте проведения работ необходимо обеспечить хорошее проветривание и отсутствие источников воспламенения в пределах 3 м от системы и соответствующего оборудования.

Станция рециклирования хладагента и течеискатели должны быть пригодны для использования с воспламеняющимися хладагентами.

Перед распайкой соединений необходимо полностью извлечь хладагент из системы, вакуумировать систему, а затем продуть контур при низком давлении сухим азотом (без кислорода).

Замену электрических устройств необходимо производить идентичными компонентами.

### 2.11. Оценка рисков

Оценка рисков - это метод определения вероятности того, что определенный вид деятельности приведет к ущербу (определение уровня риска), а также мер, которые необходимо предпринять для контроля рисков. Риск является частью повседневной жизни, поэтому его не надо исключать, однако необходимо знать основные риски и принципы ответственного управления рисками. Это руководство содержит обзор рисков, связанных с применением альтернативных хладагентов из-за факторов повышенного риска, по сравнению с традиционными хладагентами.

Оценка рисков состоит из четырех этапов:

1. Определение рисков для безопасности (см. разделы 1, 6, 7 и 8);

**Опасность** – фактор, который может вызвать ущерб.

**Риск** – вероятность того, что опасность вызовет ущерб.

2. Определение круга лиц, которым может быть причинен ущерб (как правило, это техники-холодильщики и в некоторых случаях другой персонал и население);
3. Оценка рисков с учетом уровня и вероятности возникновения. Принятие во внимание мер контроля (см. разделы 6, 7 и 8);
4. Фиксация результатов.

Если в результате проведенной оценки уровень риска был определен как высокий, необходимо рассмотреть дополнительные меры контроля рисков. Например, систему на воспламеняющемся хладагенте можно разместить снаружи, что приведет к снижению уровня риска.

Приведенная ниже оценка рисков дана на примере извлечения R1270 из витрины с объемом заправки хладагента 850 г, оснащенной клапанами Шредера на стороне высокого и низкого давления. Извлечение хладагента производится в торговом зале.

Вид деятельности	извлечение R1270
Месторасположение	супермаркет ХХ
Оценка проведена	ХХ
Дата оценки	ХХ

#### Вероятность (В)

1	Маловероятно
2	Вероятно
3	Почти наверняка

#### Серьезность последствий (С)

1	Легкая травма
2	Тяжелая травма
3	Серьезная травма или смерть

#### Матрица оценки

Серьезность последствий	3	Средний	Высокий	Высокий
	2	Низкий	Средний	Высокий
	1	Низкий	Низкий	Средний
		1	2	3
		Вероятность		

#### Уровень риска (У)

Низкий	Зеленый
Средний	Желтый
Высокий	Красный

Лица, подвергаемые риску	Идентифицированные риски для безопасности	Меры контроля	Риски после внедрения мер контроля		
			В	С	У
Техник - холодильщик Сотрудники магазина	Воспламенение	Проведение работ в нерабочее время магазина. Ограждение места проведения работ для предотвращения доступа сотрудников магазина. Обеспечение хорошего проветривания в месте проведения работ. В пределах 3 м от витрины на УВ и сервисного оборудования нет источников воспламенения. Использование станции рециклирования УВ-хладагентов, которая запускается за пределами 3-метровой зоны проведения работ. В месте проведения работ есть огнетушитель.	1	2	2

		Использование детектора УВ для оповещения об утечке УВ в месте проведения работ. Техник-холодильщик прошел подготовку и аттестацию для безопасной работы с УВ-хладагентами.			
Техник - холодильник Сотрудники магазина	Переполнение баллона для извлечения хладагента	Баллоны четко промаркированы, с указанием безопасной массы наполнения УВ. Использование весов для взвешивания баллона во время извлечения хладагента из системы, чтобы не допустить превышения безопасной массы наполнения.	1	2	2
Техник - холодильник	Обморожение	Техник-холодильщик работает в перчатках и защитных очках.	2	1	2
Техник - холодильник Сотрудники магазина	Асфиксия	Место проведения работ хорошо проветривается. Использование детектора УВ для оповещения об утечке УВ в месте проведения работ.	1	1	1

## Вопросы самопроверки

Ответьте на несколько вопросов, чтобы проверить свои знания:

### Вопрос 1 -

Какой из приведенных ниже рисков для безопасности связан с применением R32?

- v. Высокая воспламеняемость
- vi. Низкая воспламеняемость
- vii. Высокая токсичность
- viii. Образование сухого льда

### Вопрос 2 –

В соответствии со стандартом EN 378, к какой Группе опасности относится R290?

- V. A2
- VI. A3
- VII. B2
- VIII. A2L

### Вопрос 3 –

Что из приведенного ниже не приведет к воспламенению хладагента Группы A3?

- I. Течеискатель для ГФУ-хладагентов
- II. Открытое пламя
- III. Вентиляторный двигатель в искробезопасном исполнении
- IV. Стандартное реле компрессора

### Вопрос 4 –

При какой концентрации R717 должна срабатывать стационарная система определения утечек?

- I. 500 ppm
- II. 5 000 ppm
- III. 50 000 ppm
- IV. При применении R717 система определения утечек не требуется.

## Глава 3. Особенности проектирования систем на альтернативных хладагентах

Данная Глава содержит вводную информацию об особенностях проектирования систем и не заменяет практической подготовки и навыков. В этой главе мы рассмотрим основные особенности проектирования новых систем на альтернативных хладагентах. Обязательным условием является соблюдение основных принципов эффективного проектирования. Различия определяются свойствами хладагентов, как показано в таблице 3.1. В таблице приведено сравнение определяющих свойств со свойствами R404A. Пустая ячейка таблицы означает отсутствие существенного отличия конкретного свойства от свойств R404A. Хладагент R404A был выбран для наглядности, хотя это низкотемпературный хладагент.

**Таблица 3.1. Свойства хладагентов, влияющие на проектное решение системы**

Хладагент	Давление	Воспламеняемость	Токсичность	Холодопроизводительность	Критическая температура фазового перехода	Температура нагнетания	Материалы
R744	Очень высокое		Низкая	Очень высокая	Низкая	Высокая	
R717		Низкая	Высокая			Высокая	Без меди или медного сплава
R32	Высокое	Низкая		Высокая			
R1234ze	Низкое	Низкая		Низкая			
R600a	Очень низкое	Высокая		Очень низкая			
R290 R1270		Высокая					

Отличия систем в зависимости от используемого хладагента представлены в следующем разделе. Отличия, связанные с использованием R744, более значительные, чем для других хладагентов, поэтому конструкция систем на R744 рассматривается более подробно. Наиболее существенные отличия систем на R717 связаны с необходимостью соблюдения норм техники безопасности при работе с углеводородами (УВ).

Аспекты безопасности, связанные с воспламеняемостью, актуальны для всех альтернативных хладагентов, за исключением R744. Стандартное максимально допустимое давление (PS<sup>15</sup>) приведено для всех хладагентов. Все значения (кроме значений для R744) основаны на максимальной температуре окружающей среды 32°C и максимальной температуре конденсации 55°C.

<sup>15</sup> Значение PS определяется в соответствии со стандартом EN 378-1: 2016 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Основные требования, определения, классификация и критерии выбора». Дополнительная информация содержится в Главе 5

### 3.1. Минимизация возможностей возникновения утечек

Независимо от типа используемого хладагента важно минимизировать возможность утечек. Для этого необходимо:

- ✓ не усложнять конструкцию;
- ✓ минимизировать количество соединений;
- ✓ минимизировать количество компонентов;
- ✓ плотно пригнать компоненты системы;
- ✓ минимизировать рабочее давление и давление во время отключения системы;
- ✓ минимизировать количество точек доступа к системе и расположить их в наиболее целесообразных местах;
- ✓ избегать использования клапанов Шредера, но если пропускной клапан необходим, использовать шаровой кран с конусным фитингом (и обеспечить его глушение после использования);
- ✓ по возможности избегать использования компрессоров открытого типа. Если их использование необходимо - убедиться в наличии качественного уплотнения по валу;
- ✓ обеспечить правильную вальцовку труб и предотвращение вибрации;
- ✓ предоставить информацию:
  - о местоположении точек доступа на изометрическом чертеже места установки оборудования;
  - о значениях крутящего момента;
- ✓ проектировать систему удобной для обслуживания и обнаружения утечек, а также выполнения других важных действий, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом.

### 3.2. R744 (диоксид углерода)

Таблица 3.2. Свойства R744 влияют на применение хладагента:

	Тип	Ключевые факторы	ПГП	Температура фазового перехода <sup>16</sup>	Секторы применения
<b>R744</b>	Диоксид углерода, CO <sub>2</sub>	Высокое давление	1	-78°C	Торговое холодильное оборудование, тепловые насосы, агрегатированные холодильные установки

- Все компоненты должны быть рассчитаны на работу под высоким давлением из-за высоких максимального рабочего давления и давления R744;
- R744 имеет более низкий практический предел, чем большинство ГФУ, из-за его низкой токсичности. (Более подробная информация о стационарной системе обнаружения утечек содержится в Главе 4);
- Практический предел концентрации хладагента при нахождении человека в помещении (ППНЧ) - предельная концентрация хладагента в помещении, не требующая срочных мер эвакуации в случае непреднамеренной разгерметизации холодильного контура и попадания всего количества хладагента в атмосферу помещения. Полная информация представлена в стандарте EN 378 Часть 1 – таблица E.1;
- R744 - асфиксикант, поэтому необходимо установить стационарную систему определения утечек, на случай, если утечка хладагента в закрытом помещении, например, в холодильной камере или производственном помещении, достигнет концентрации, которая потребует срочной эвакуации. В машинных отделениях рекомендуется установка

<sup>16</sup> Температура фазового перехода - это температура поверхности твердого R744 при атмосферном давлении



сигнализатора, срабатывающего при уровне 50% ПДК/ПНК, в соответствии с требованиями стандарта EN 378. Это уровень, выше которого наступают неблагоприятные последствия в результате однократного или многократного воздействия в течение короткого промежутка времени (обычно менее 24 часов). Для R744 ПДК/ПНК составляет  $0,072 \text{ кг/м}^3$ , поэтому сигнализация должна быть установлена на уровне  $0,036 \text{ кг/м}^3$  (приблизительно 20 000 ppm). Как правило, также предусматривается установка подачи предварительного сигнала в случае утечки при 5 000 ppm из-за быстрого увеличения концентрации вследствие высокого давления R744;

- Высокая удельная холодопроизводительность R744 обуславливает меньший размер (габариты) компрессора и диаметров труб, по сравнению с другими хладагентами. Например, габариты компрессора составляют приблизительно 1/5 от требуемого размера для систем на R404A;



*Примеры систем на R744*

- Низкая критическая температура R744 обуславливает общие конструкционные отличия этих систем. R744 используется в приведенных ниже типах холодильных систем:
  - **Транскритические системы.** Эти системы постоянно или иногда работают при температуре выше критической на стороне высокого давления. R744 выделяет тепло в окружающий воздух и находится в сверхкритическом состоянии при температуре окружающей среды выше  $21-25^{\circ}\text{C}$ . Транскритические системы малой производительности, например, холодильные камеры для напитков, размещенные внутри здания, обычно всегда работают при температуре выше критической.
  - **Каскадные системы.** Эти системы всегда работают при температуре ниже критической. В таких системах R744 работает в нижней ступени, а тепло, выделяемое в процессе конденсации R744, абсорбируется испаряющимся хладагентом верхней ступени. Система верхней ступени это, как правило, обычная система на ГФУ, УВ или R717. В некоторых системах R744 используется как в верхней, так и в нижней ступени. В этом случае R744 в нижней ступени всегда ниже критической температуры, а в верхней ступени может быть в сверхкритическом состоянии при высокой температуре окружающей среды.
  - **Системы с вторичным контуром.** R744 используется в качестве вторичного хладоносителя и циркулирует через теплообменники. Из-за летучести R744 может возникнуть частичное испарение, но из испарителя будет выходить сконденсированный хладагент (т.е. он не будет перегреваться, как в вышеприведенных системах). Для охлаждения R744 используются чиллеры.
- Цикл двухступенчатого сжатия используется в транскритических низкотемпературных системах из-за возможной высокой температуры сжатия.

- Техническое переохлаждение, достигаемое благодаря конфигурации системы, обеспечивающей создание пониженного давления на входе жидкой фазы в теплообменник, применяется во многих системах, когда температура жидкой фазы ниже температуры окружающей среды. В естественных условиях такое переохлаждение жидкости не происходит.

Многие системы на R744 могут включать в себя два или более типа перечисленных выше систем. Например, каскадная система может включать в себя принудительную циркуляцию хладагителя во вторичном контуре и/или для охлаждения может использоваться транскритическая система на R744.

### 3.3. Работа систем при транскритическом режиме

#### Критическая температура

Основное отличие R744 от других хладагентов - работа многих систем выше критической температуры ( $31^{\circ}\text{C}$ ). Большинство систем на R744, которые выбрасывают тепло в окружающую среду, частично или всегда работают при транскритическом режиме. В этих системах конденсатор выступает в роли «газоохладителя», поскольку хладагент в сверхкритическом состоянии не конденсируется. R744 переходит в жидкое состояние только при снижении давления когда:

- системы на R744 работают при субкритической температуре, когда температура конденсации ниже  $31^{\circ}\text{C}$ .
- системы на R744 работают выше критической температуры, когда «температура охлаждения газа» выше  $31^{\circ}\text{C}$ .

Системы на ГФУ, УВ и R717 всегда работают при температуре ниже критической, поскольку температура конденсации никогда не превышает критической температуры (например,  $101^{\circ}\text{C}$  в случае R134a).

#### Простая транскритическая система

На Рисунке 3.1 показана простая транскритическая система. В такой системе давление в газовом охладителе зависит от количества хладагента в системе, поэтому производительность и эффективность могут варьироваться в широком диапазоне.

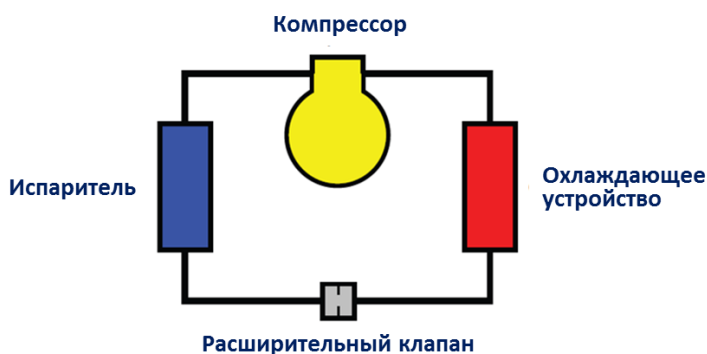


Рисунок 3.1. Простая транскритическая система

#### Диаграмма «давление-энтальпия» для простой системы

На приведенной ниже диаграмме «давление-энтальпия» показаны примеры холодильных циклов простой холодильной системы на R744, работающей ниже критической темпера-



туры при низкой температуре окружающей среды (розовый цикл), и выше критической температуры при более высокой температуре окружающей среды (зеленый цикл). Из диаграммы видно, что удельная холодопроизводительность испарителя значительно меньше при работе выше критической температуры.

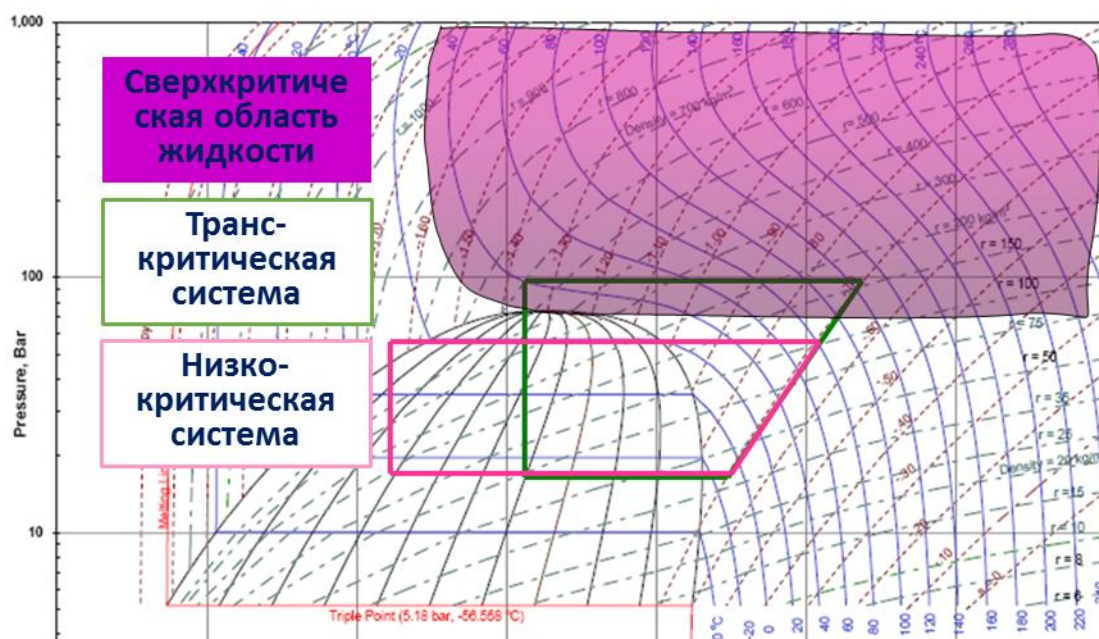


Диаграмма «давление-энтальпия». Работа ниже и выше критической температуры

При работе системы выше критической точки хладагент не конденсируется в газоохладителе, его температура падает и выделяется тепло. Хладагент не конденсируется до тех пор, пока его давление не упадет ниже критического давления (72,8 бар).

При работе системы выше критической температуры давление газоохладителя зависит от количества хладагента в нем (если отсутствует система регуляции давления). Транскритическая температура жидкости уменьшается, когда она проходит через газоохладитель, при этом температура жидкости на выходе из газоохладителя зависит от размеров газоохладителя и температуры окружающей среды.

При работе системы выше критической точки увеличение давления на стороне высокого давления увеличивает удельную холодопроизводительность, как видно из диаграммы «давление-энтальпия» на рисунке 3. Лучшим рабочим давлением является режим 3, поскольку нет значительного увеличения расхода энергии, по сравнению с режимом 1.

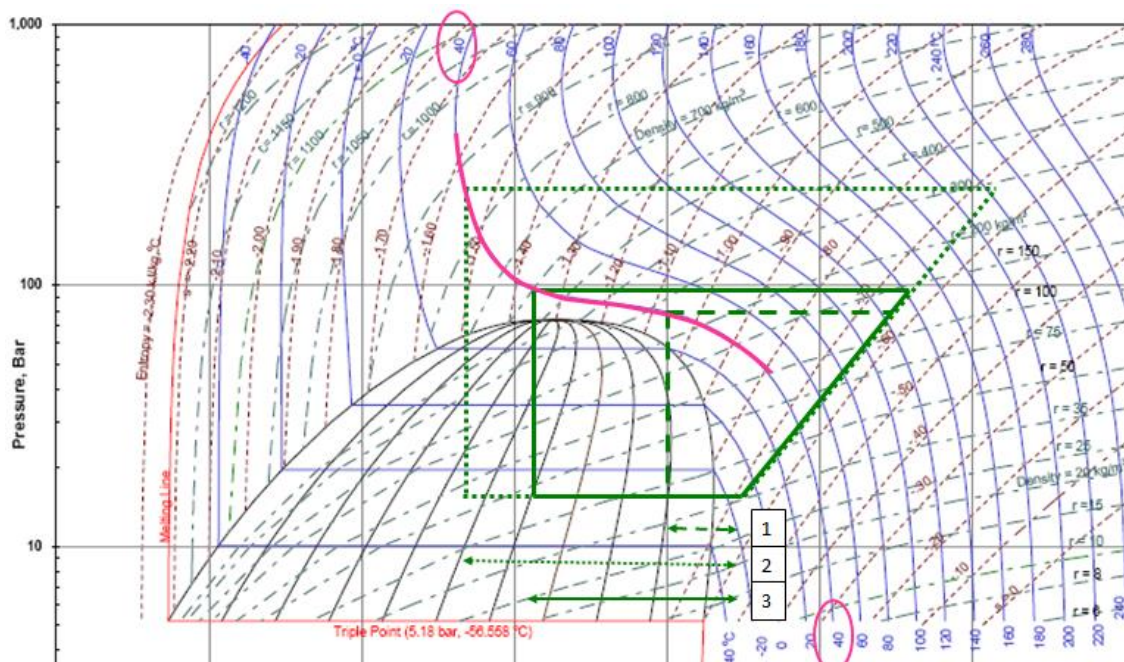
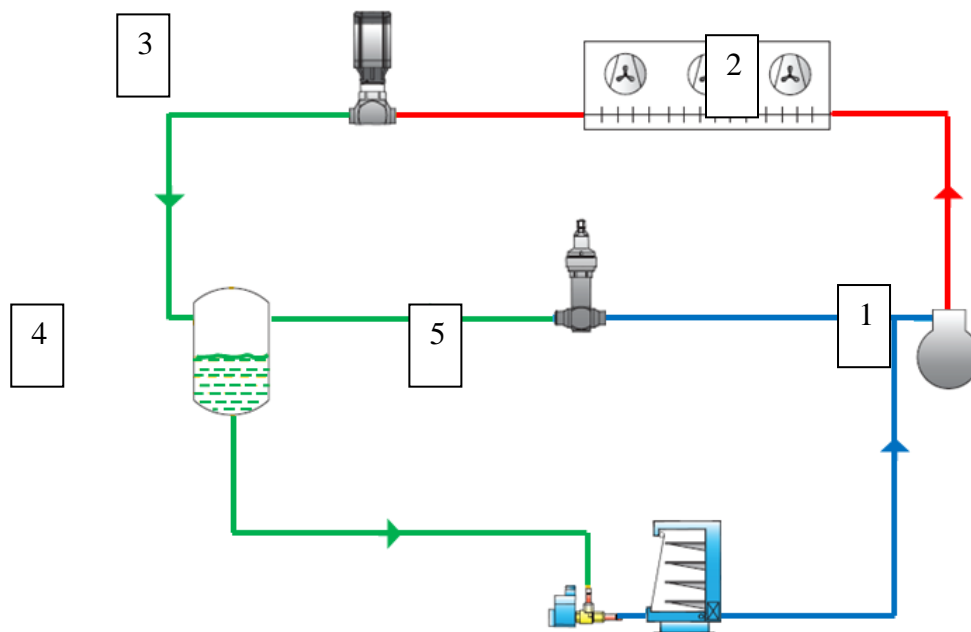


Диаграмма «давление-энтальпия», демонстрирующая работу холодильной машины в трех, отличающихся по давлению режимах давления газоохладителя

### Транскритическая система большой производительности

В типичной транскритической системе большой производительности давление регулируется. На приведенной ниже диаграмме показан упрощенный контур такой системы.



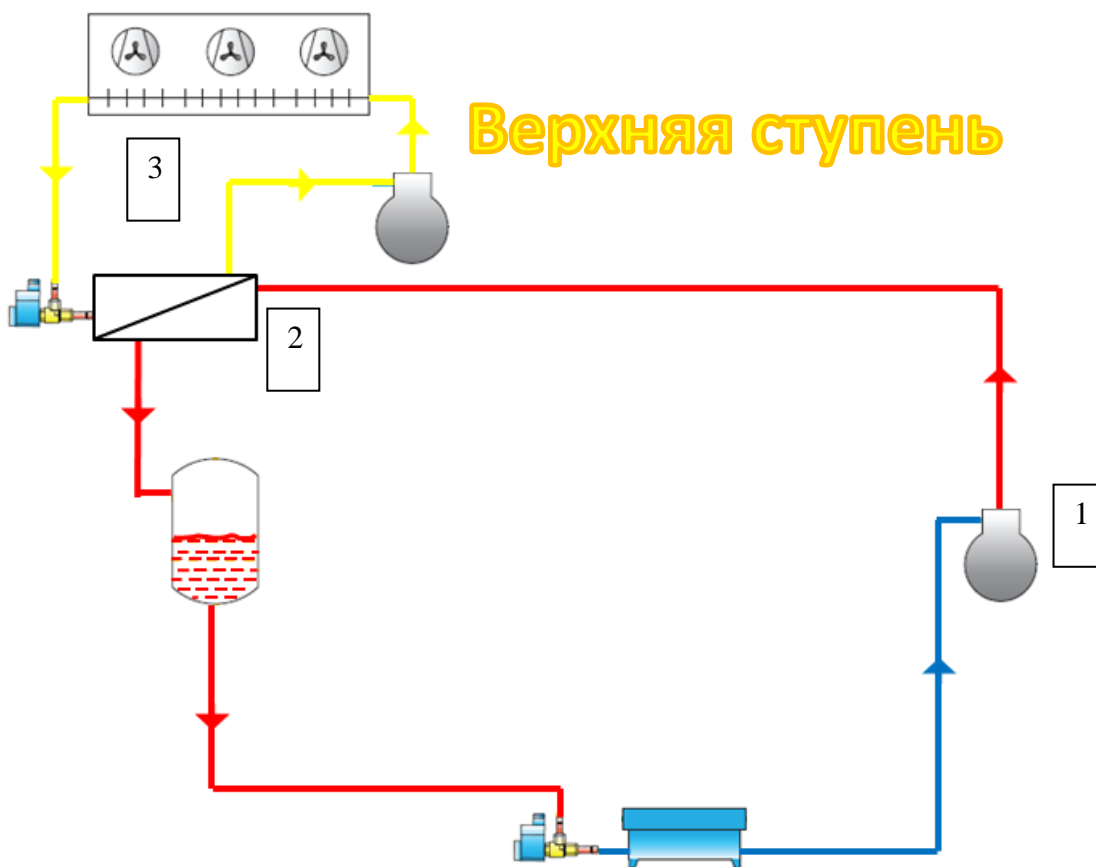
Типичная транскритическая система

1. Компрессор представляет собой транскритический компрессор, предназначенный для работы под высоким давлением и хладагентов, обладающих высокой удельной холодопроизводительностью;
2. Конструкция газового охладителя напоминает конструкцию обычного конденсатора, при этом диаметр труб может быть меньше, и они должны выдерживать более высокое давление;

3. Редуцирующий клапан на выходе из газоохладителя поддерживает давление в газоохладителе и держит давление на оптимальном уровне (обычно 90 бар для транскритической системы, когда температура окружающей среды выше 21°C - 25°C);
4. Ресивер жидкого хладагента и соединенный с ним трубопровод (выделен зеленым цветом) находятся под средним давлением;
5. Газовый перепускной клапан, регулирующий давление ресивера, запитан на ресивер и поддерживает среднее давление на уровне, определенном разработчиком (обычно в диапазоне от 35 до 65 бар).

### Каскадные системы, работающие ниже критической температуры

R744 также используется в каскадных системах (как показано на схеме ниже).

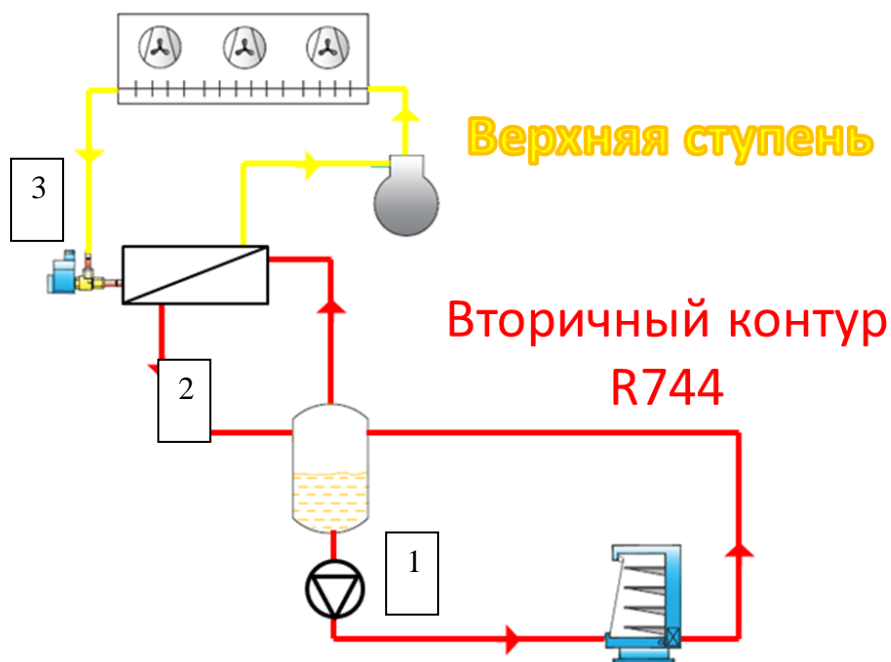


*Простая каскадная система*

1. Компрессор для систем на R744, как правило, аналогичен компрессору для систем на R410A (обычно работает при таком же давлении);
2. R744 конденсируется в каскадном теплообменнике, передавая тепло испаряющемуся хладагенту верхней ступени;
3. Верхняя ступень системы обычно представляет собой простую чиллерную систему, работающую на ГФУ, УВ или R717. R744 также может использоваться в верхней ступени, в этом случае в течение некоторого времени он будет в сверхкритическом состоянии. Работа верхней ступени обычно регулируется по давлению в ресивере жидкого R744.

## Системы с вторичным контуром

R744 также может использоваться как вторичный хладагент (как показано на схеме ниже).



*Простая циркуляционная система с вторичным контуром*

1. Для перекачки жидкого R744 обычно применяется насос центробежного типа, который охлаждается жидким хладагентом. Важно обеспечить постоянную подачу жидкости в насос для предотвращения кавитации и, как следствие, повышения надежности и производительности;
2. R744 конденсируется в теплообменнике, передавая тепло испаряющемуся хладагенту верхней ступени;
3. Верхняя ступень обычно представляет собой простую чиллерную систему на ГФУ, УВ или R717. Работа такой системы обычно регулируется по давлению в ресивере жидкого R744.

### Преимущества R744 по сравнению с другими вторичными хладагентами:

- будучи летучим, он частично испаряется в теплообменнике (испарителе), абсорбируя при этом скрытую теплоту. Это уменьшает перепад температур на теплообменнике;
- высокая плотность R744 снижает требуемую мощность насоса.

Однако давление при работе на R744 будет значительно выше, чем у других вторичных хладагентов. Например, при температуре  $-3^{\circ}\text{C}$  давление составляет около 30 бар.

## Давление

Стандартное давление в системах на R744 приведено в таблице 3.3 ниже.

**Таблица 3.3. Стандартное давление R744**

	Стандартное давление, бар (МПа)	Стандартное мак- симально- допу- стимое давление (PS) <sup>17</sup> , бар (МПа)
Сторона высокого давления транскритической системы, которая работает выше критической точки	90 (9)	120 (12)
Среднее давление в транскритической системе	35 - 65 (3,5 – 6,5)	45 - 75 (4,5 – 7,5)
Давление на стороне высокого давления низкой ступени каскадной системы	30 (3)	40 (4)
Низкотемпературный испаритель	15 (1,5)	30 (3,0)
Высокотемпературный испаритель	30 (3)	52 (5,2)
Установка в режиме остановки при температуре окружающей 20°C	55 (5,5)	

Высокое давление R744 может привести к увеличению утечек с последующим увеличением потребления энергии и косвенного воздействия на окружающую среду. Для минимизации возможности утечек система соединительных трубопроводов и компоненты должны быть рассчитаны на максимально-допустимое давление (PS) соответствующей части системы. Во многих случаях это потребует использования компонентов, которые отличаются от компонентов систем на ГФУ, а также более толстостенных или стальных труб.

Соединения следует паять или сваривать, и, по возможности, следует избегать механических соединений. Используемые клапаны Шредера должны быть рассчитаны на диапазон давления и температур, диоксид углерода и компрессорное масло.

В каскадных теплообменниках может возникнуть большой перепад температур между входом и выходом. Это может вызвать термоудар, следствием которого может стать утечка хладагента, и это необходимо учитывать при выборе компонентов. Перепад температур можно снизить за счет снижения перегрева газа перед конденсатором.

Потери хладагента также возникают из-за проблем, связанных с предохранительными клапанами.

Должна существовать достаточная разница между максимально-допустимым давлением (PS) (и, следовательно, давлением срабатывания предохранительного клапана), и номинальным рабочим давлением в соответствующей части системы, что минимизирует сброс R744 через предохранительный клапан. Во многих системах даже небольшое увеличение рабочего давления приводит к сбросу хладагента через предохранительный клапан. Усугубляет ситуацию тот факт, что давление R744 может расти очень быстро и достичь уровня давления срабатывания предохранительного клапана, прежде чем сработает реле высокого давления и

<sup>17</sup>Значение PS определяется в соответствии со стандартом EN 378-1: 2016 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Основные требования, определения, классификация и критерии выбора». Дополнительная информация содержится в Главе 5



произойдет отключение системы (как и в других системах, настройка реле высокого давления не должна превышать 90% максимально допустимого давления (PS)).

При наличии нескольких сработок пружина предохранительного клапана ослабляется, давление срабатывания уменьшается, увеличивая частоту выпуска. В дополнение к этой проблеме, утечки происходят, если предохранительный клапан не возвращается в исходное положение даже после одного выпуска.

### Удельная холодопроизводительность

Как уже упоминалось в Главе 1, удельная холодопроизводительность R744 в несколько раз превышает удельную холодопроизводительность более широко используемых хладагентов. Это влияет на:

- дизайн компрессора - необходима меньшая производительность и, соответственно, меньший размер двигателя компрессора, поэтому для R744 используются специальные компрессоры;
- размер труб – используются трубы меньшего диаметра;
- теплообменники – можно использовать испарители и конденсаторы меньшего размера для достижения такого же перепада температур. Если размеры конденсатора и испарителя не будут уменьшены, перепад температур снизится, а производительность и эффективность системы повысятся.

Не путайте удельную холодопроизводительность с эффективностью.

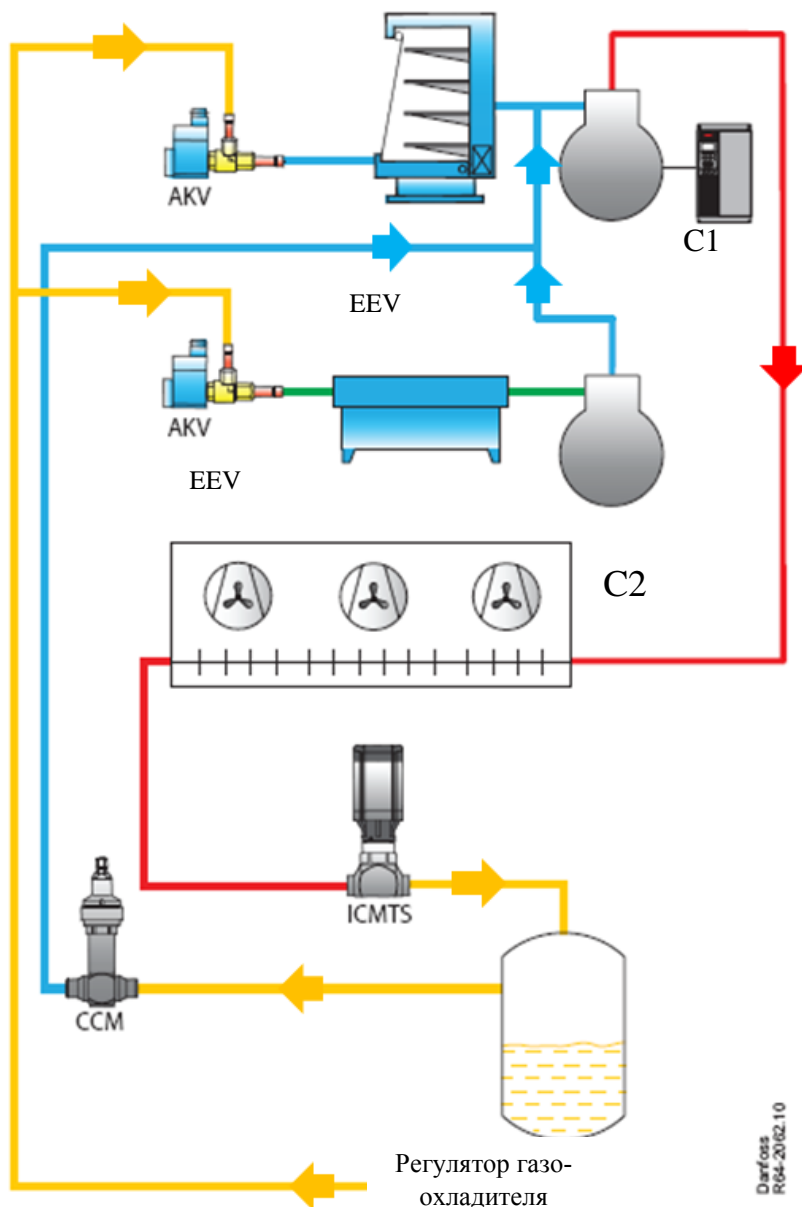
Удельная холодопроизводительность - это количество тепла, которое абсорбируется единицей массы хладагента в испарителе. Удельная холодопроизводительность R744, по сравнению с другими хладагентами высокая, а эффективность - аналогичная.



Оба компрессора обеспечивают одинаковую удельную холодопроизводительность и потребляют примерно одинаковое количество энергии.

### Двухступенчатое сжатие (бустер)

Низкотемпературные системы (заморозка продуктов), выбрасывающие тепло в окружающую среду, имеют, как правило, чрезвычайно высокую температуру нагнетания. Чтобы избежать этого, применяется схема двухступенчатого бустерного сжатия. Охлаждение газа на участке между компрессорами нижней и верхней ступени осуществляется за счет дросселирования жидкого хладагента, поступающего из верхней ступени и газа, сбрасываемого через клапан-регулятор давления из ресивера. На рисунке ниже представлена стандартная транскритическая бустерная система, используемая обычно в торговом холодильном оборудовании.



### *Транскритическая бустерная система*

Газ из низкотемпературного испарителя поступает в линию всасывания компрессора нижней ступени (C1). Этот компрессор обеспечивает подачу хладагента на прием компрессора верхней ступени (C2). Хладагент из нижней ступени и газ от регулятора давления ресивера также поступают в линию нагнетания компрессора верхней ступени (C2).

### 3.4. R717 (аммиак)

Молекула  $\text{NH}_3$   
 1 молекула азота  
 3 молекулы водорода



Проектные решения систем на R717 главным образом обусловлены его токсичностью, низкой воспламеняемостью, высокой температурой нагнетания, несовместимостью с некоторыми материалами и нерастворимостью в масле:

	Тип	Ключевые факторы	ПГП	Температура фазового перехода <sup>18</sup>	Секторы применения
<b>R717</b>	Аммиак, NH <sub>3</sub>	Токсичность и низкая воспламеняемость	0	-33°C	Промышленное холодильное оборудование

- объем заправки ограничен из-за токсичности. R717 принадлежит к Группе опасности B2L);
- некоторые электрические компоненты должны быть предназначены для использования во взрывоопасной среде. Это также применимо к низковоспламеняющимся хладагентам, например R717;
- стандартное максимально-допустимое давление в системе (PS) на стороне высокого давления составляет 22 бар, для стороны низкого давления - 11,4 бар, таким образом, давление не чрезмерно высокое;
- двухступенчатая компрессия используется в низкотемпературных установках для заморозки и хранения замороженных продуктов, чтобы избежать чрезмерных температур нагнетания;
- R717 взаимодействует с медью, поэтому для аммиачных систем обычно используются стальные трубы и фитинги, а также полугерметичные компрессоры, специально предназначенные для R717;
- R717 не растворяется в компрессорном масле, поэтому масло, которое попадает на сторону низкого давления холодильной системы, остается под слоем R717. Необходимо установить маслосборник, желательна комплексная система для сбора и возвращения масла в масляный резервуар.



*Примеры автономных систем на аммиаке*

R717 - токсичен и имеет очень низкий практический предел концентрации хладагента при нахождении человека в помещении (ППНЧ = 0,00035 кг/м<sup>3</sup>). Необходимо устанавливать стационарную систему обнаружения утечек, если в результате утечки может быть превышен ППНЧ. Нижний порог сигнализации должен быть установлен на уровне 500 ppm, и активировать механическую вентиляцию и звуковую сигнализацию. Верхний порог необходимо установить на уровне 30 000 ppm, который остановит работу установки и отключит электропитание.

Системы с малым объемом заправки R717 разрабатываются для использования в торговом холодильном оборудовании, которое традиционно работало на ГФУ.

<sup>18</sup> Температура фазового перехода при атмосферном давлении (1 бар)



### 3.5. R32

R32 очень похож на R410A, но классифицируется как низковоспламеняющийся (A2L).

	Температура кипения °С	Группа опасности	Нижний концентрационный предел воспламенения кг/м <sup>3</sup>	ППНЧ кг/м <sup>3</sup>	Температура самовоспламенения °С	ПГП
<b>R32</b>	<b>-51</b>	<b>A2L</b>	<b>0,307</b>	<b>0,061</b>	<b>648</b>	<b>675</b>

Большинство системных компонентов такие же, как и используемые для R410A. Отличие обусловлено низкой воспламеняемостью:

- объем заправки ограничен (для получения дополнительной информации см. Главу 1). R32 принадлежит к Группе опасности A2L;
- некоторые электрические компоненты должны быть предназначены для использования во взрывоопасной среде. Это также применимо к низковоспламеняющимся хладагентам, например R32.

Рабочее давление R32, а также давление в режиме остановки практически идентичны значениям R410A, поэтому все используемые компоненты должны быть рассчитаны на такое давление; компоненты, предназначенные для использования в системах на других ГФУ, могут оказаться непригодными. Стандартное максимально-допустимое давление в системе (PS) на стороне нагнетания составляет 34,2 бар, а на стороне низкого давления - 19,3 бар.

Удельная холодопроизводительность R32 аналогична R410A, поэтому допустимо использовать компоненты, предназначенные для R410A.

	Тип	Ключевые факторы	ПГП	Температура фазового перехода	Секторы применения
<b>R32</b>	Гидрофторуглерод, ГФУ	Низкая воспламеняемость	675	-52°С	Сплит-системы кондиционирования воздуха



*Пример оборудования на R32*

### 3.6. R1234ze

Проектные решения для систем на R1234ze обусловлены его низкой воспламеняемостью, низкими давлением и производительностью:

- объем заправки ограничен (для получения дополнительной информации см. Главу 1). R1234ze принадлежит к Группе опасности A2L;
- некоторые электрические компоненты предназначены для использования во взрывоопасной среде. Это также применимо к воспламеняющимся хладагентам, например R1234ze;
- стандартное максимально-допустимое давление в системе (PS) на стороне нагнетания составляет 10,3 бар, для стороны низкого давления - 5,1 бар, поэтому можно использовать компоненты и трубы для более низкого, чем у ГФУ давления;
- удельная холодопроизводительность R1234ze примерно на 75% выше, чем у R134a, а коэффициент преобразования (COP) аналогичен. Таким образом, для обеспечения аналогичной R134a производительности, двигатель компрессора может быть того же размера, а габариты компрессора на 30% больше. В настоящее время доступно мало компрессоров для R1234ze.

	Тип	Ключевые факторы	ПГП	Температура фазового перехода	Секторы применения
<b>R1234ze</b>	Ненасыщенный ГФУ (гидрофторолефин, ГФО)	Низкая воспламеняемость	7	-19°C	Чиллеры, сплит-системы кондиционирования воздуха, агрегатированные холодильные установки



*Примеры оборудования на R1234ze*

### 3.7. R600a (изобутан)

Проектные решения для систем на R600a обусловлены его высокой воспламеняемостью и очень низкими давлением и производительностью:

- объем заправки ограничен. R600a принадлежит к Группе опасности A3;
- некоторые электрические компоненты предназначены для использования во взрывоопасной среде. Это также применимо к воспламеняющимся хладагентам, например R600a;
- стандартное максимально-допустимое давление в системе (PS) на стороне нагнетания составляет 6,8 бар, для стороны низкого давления - 3,3 бар, поэтому допустимо использовать компоненты и трубы, предназначенные для значительно более низкого давления, чем у ГФУ;

- удельная холодопроизводительность R600a составляет примерно 50% удельной холодопроизводительности R134a, а коэффициент преобразования (COP) аналогичен. Таким образом, для обеспечения одинаковой производительности, двигатель компрессора должен быть того же размера, а габариты компрессора больше. Компрессоры для R600a широкодоступны для бытового и торгового холодильного оборудования малой производительности, однако недоступны для оборудования большой производительности.

	Тип	Ключевые факторы	ПГП	Температура фазового перехода	Секторы применения
<b>R600a</b>	Изобутан, C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> , углеводород (УВ)	Воспламеняющийся	3	-12°C	Бытовое и торговое холодильное оборудование малой производительности

### 3.8. R290 и R1270 (пропан и пропен)

R290 и R1270 имеют аналогичное R404A соотношение температуры и давления, а также удельную холодопроизводительность. Основное конструкционное отличие обусловлено более высокой воспламеняемостью этих двух хладагентов:

- объем заправки ограничен. R290 и R1270 принадлежат к Группе опасности А3;
- некоторые электрические компоненты предназначены для использования во взрывоопасной среде. Это также применимо к воспламеняющимся хладагентам, например R290 и R1270.

Стандартное максимально-допустимое давление в системе (PS):

- на стороне высокого давления: 18,1 бар для R290 и 21,8 для R1270
- на стороне низкого давления: 10,4 бар для R290 и 12,7 бар для R1270

Обычно для систем на R290 и R1270 используются компоненты для систем на R404A (за исключением электрических устройств - см. следующий раздел).

	Тип	Ключевые факторы	ПГП	Температура фазового перехода	Секторы применения
<b>R290</b>	Пропан, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , углеводород (УВ)	Воспламеняющийся	3	-42°C	Чиллеры, агрегированные холодильные установки
<b>R1270</b>	Пропилен, C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> , углеводород (УВ)	Воспламеняющийся	3	-48°C	Чиллеры, агрегированные холодильные установки



*Примеры монтажа систем на углеводородах в супермаркетах*

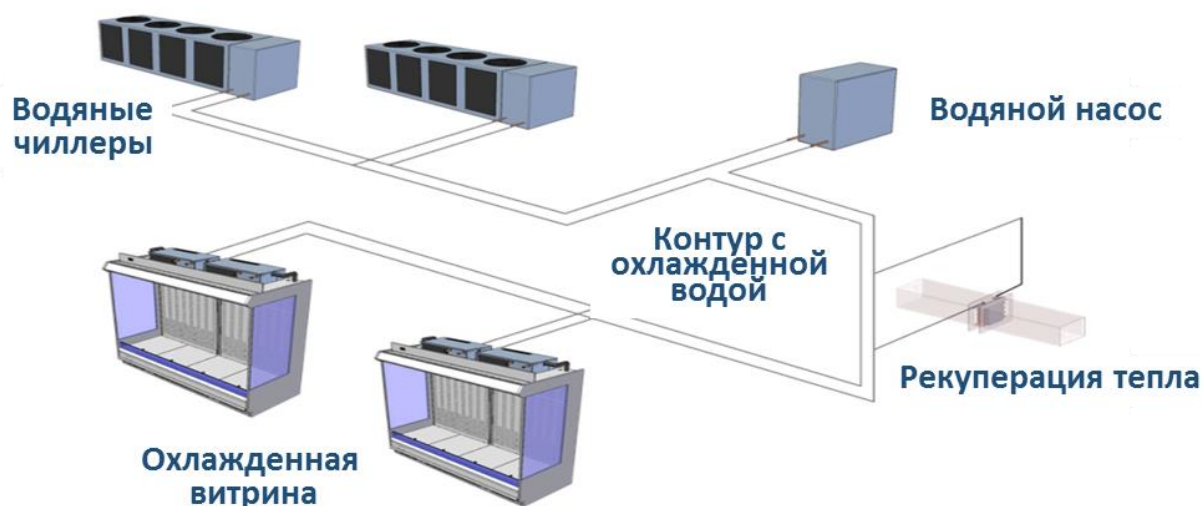
### **Пример: простая система малой производительности для супермаркетов, спроектированная на углеводородах**

Вместо систем централизованного холодоснабжения большой производительности в более чем 100 супермаркетах используются простые холодильные системы малой производительности на углеводородах. Системы с водяным контуром обычно включают в себя агрегированные витрины с конденсаторами водяного охлаждения и моноблочные холодильные камеры, также оснащенные конденсаторами с водяным охлаждением. Расположенные снаружи гликолевые чиллеры охлаждают гликоль, необходимый для витрин и моноблоков для отвода тепла от конденсаторов с водяным охлаждением (см. рисунок ниже).

Также используются бытовые кондиционеры с воздушным охлаждением. Эти системы спроектированы для работы на R1270. У них, за исключением сплит-систем кондиционирования воздуха, малый объем заправки хладагента, они проходят испытания и заправляются в заводских условиях.

Интенсивность утечек обычно составляет 1% от общего объема заправки хладагента в год (по сравнению с почти 100% в системах централизованного холодоснабжения). Поэтому увеличение потребления энергии из-за утечек не происходит.

Такой тип простой системы более устойчив - например, он менее подвержен изменениям заданных параметров при обслуживании, что в значительной степени влияет на энергопотребление. Применение УВ-хладагентов способствует использованию систем малой производительности с ограниченным объемом заправки хладагента, что приводит к значительному сокращению утечек.



*Простая схема витрин и чиллера с водяным охлаждением*

### Пример 1. Процесс проектирования систем на воспламеняющихся хладагентах

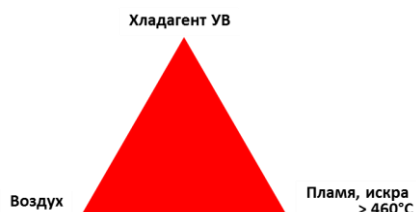
В случае утечки хладагента существует вероятность образования взрывоопасной среды вокруг системы. Возгорание произойдет, если во взрывоопасной зоне есть источник возгорания, нужно:

- определить масштабы взрывоопасной зоны в случае утечки;
- относительно электрических устройств, которые могут образовать взрывоопасную зону в случае утечки хладагента.

Источники воспламенения в потенциально взрывоопасной зоне представляют опасность в случае утечки хладагента. Важным этапом процесса проектирования является обеспечение отсутствия источников воспламенения в пределах потенциально взрывоопасных зон. Это может быть достигнуто путем обеспечения непопадания утечек во взрывоопасную зону или путем перемещения источников воспламенения из взрывоопасной зоны.

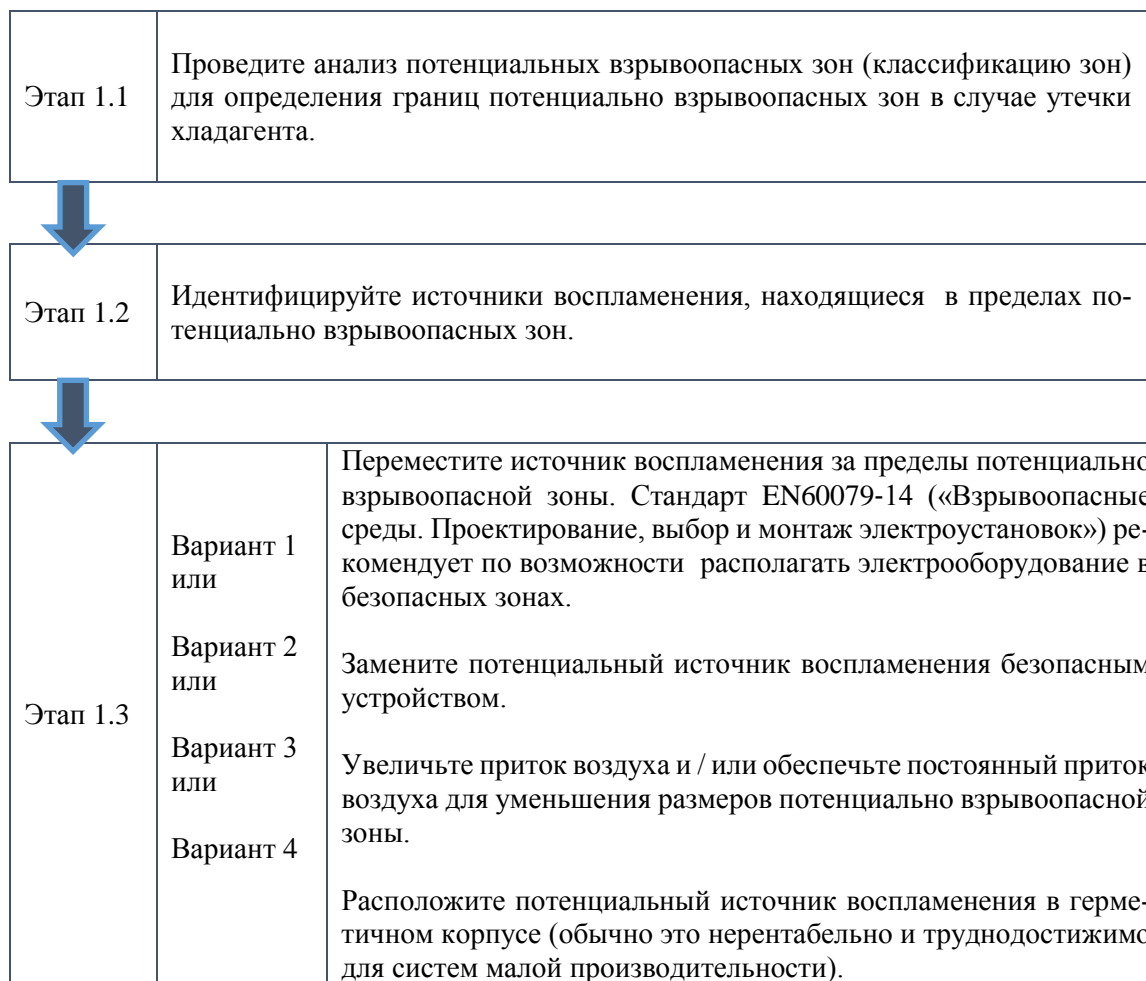
Более подробная информация содержится в стандартах:

- EN60079-10-1 «Взрывоопасные среды. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды»
- EN60335-2-89 «Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 2-89. Частные требования к торговому холодильному оборудованию со встроенным или дистанционным узлом конденсации хладагента или компрессором для предприятий общественного питания»
- EN 389-2 Приложение I «Имитация утечки воспламеняющихся хладагентов».



## Проектирование

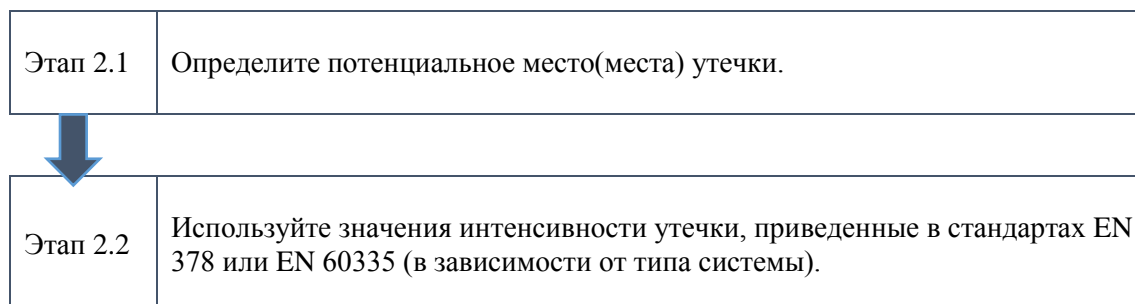
Ниже представлен алгоритм процесса проектирования, обеспечивающий безопасность любой систем на воспламеняющихся хладагентах, содержащих потенциальные источники воспламенения (с любым объемом заправки хладагента).



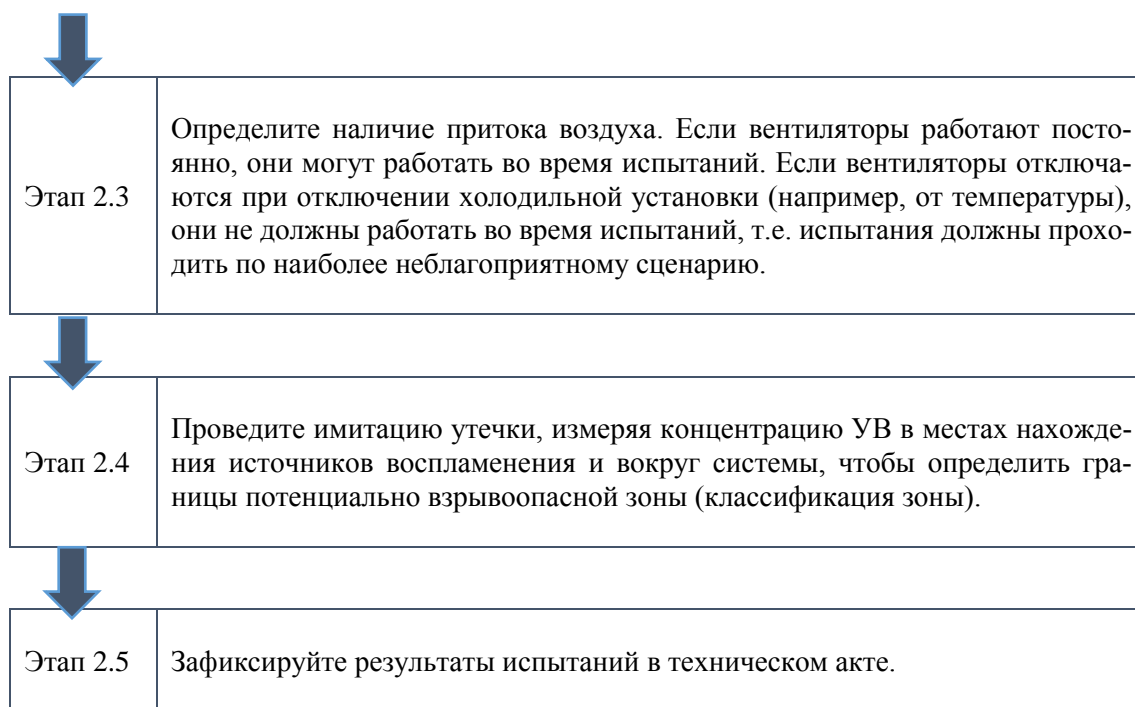
## Имитация утечки

Имитация утечки проводится для определения границ потенциально взрывоопасной зоны в случае утечки хладагента. Это испытание должно проводиться только компетентным персоналом.

Испытания должны проводиться в соответствии со стандартом EN60079-10-1 «Взрывоопасные среды. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды». Ниже приведена общая процедура испытаний, для получения полной информации необходимо изучить Стандарт. В стандарты EN 378 и EN 60335 включены рекомендации по проведению имитации утечки.







Имитацию утечки следует проводить в среде, аналогичной той, в которой будет располагаться система. При проведении испытаний необходимо учитывать размеры помещения и наличие источников воспламенения у находящегося рядом оборудования.

### Места потенциальных утечек

Места потенциальных утечек обычно включают в себя места соединений, изгибов с углом более 90°, участки труб и компонентов, которые могут быть повреждены, а также любые другие слабые места в системе.

Необходимо следить за тем, чтобы монтаж источника утечки (например, трубы, подсоединенной к баллону с УВ, через которую будет происходить утечка в зону), расположение холодильной системы и оборудования для отбора проб хладагента не оказывали существенного влияния на результаты испытаний. Оборудование для измерения концентрации хладагента должно достаточно быстро реагировать на изменение концентрации (обычно в течение 2 - 3 секунд).

Любая зона, где концентрация хладагента на любом этапе испытаний может превысить 50% нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ), считается потенциально взрывоопасной<sup>19</sup>. Коэффициент 0,5 используется, поскольку утечка горячего хладагента определяется как вторичный выпуск.

Имитация утечки также помогает определить границы зоны вокруг системы, в пределах которой не должно быть источников воспламенения. Если потенциально взрывоопасная зона может образоваться за пределами зоны размещения системы, важно, чтобы другое оборудование, расположенное в такой зоне, предназначалось для использования в потенциально взрывоопасной среде.

<sup>19</sup> Стандарт EN60079-10-1:2015 «Взрывоопасные среды. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды»

## Электрические устройства

Имитация утечки помогает определить наличие источников воспламенения в потенциально взрывоопасной зоне. Электрические устройства в потенциально взрывоопасной зоне не должны:

- образовывать электрическую дугу или искру (если указанная дуга или искра не защищена от воспламенения в соответствии с пунктами 16-20 стандарта МЭК EN60079-15 «Взрывоопасные среды. Оборудование с видом взрывозащиты "n"»);
- достигать максимальной температуры поверхности, превышающей максимальную температуру, соответствующую температурному классу устройства (если отсутствует защита от воспламенения в результате повышения температуры в соответствии с пунктами 16-20 стандарта МЭК EN60079-15).

## Источники воспламенения

Источники воспламенения, связанные с холодильными системами, обычно включают в себя:

- двухпозиционные переключатели или контакты;
- реле (например, на регуляторах и однофазных компрессорах);
- реле давления;
- реле тепловой защиты;
- вентиляторные двигатели;
- термостаты;
- дренажные насосы;
- минивыключатели;
- нагревательные приборы систем оттайки, если их поверхность может нагреваться до температуры, которая на 100°C ниже температуры воспламенения хладагента, например 360°C для УВ (максимальная температура поверхности нагревателя должна быть определена опытным путем при максимальной температуре окружающей среды, в условиях отказа отключения системы оттайки).
- горячие поверхности (выше 360°C).

Этот список не является исчерпывающим, он включает в себя наиболее распространенные электрические устройства, которые необходимо рассмотреть.

Ниже приведены устройства, которые, как правило, не являются источниками воспламенения:

- освещение (выключатель, пусковой стартер и выводы кабелей необходимо рассматривать даже для низковольтного освещения),
- конденсаторы (рекомендуется установить разряжающие резисторы для минимизации опасности, вызванной разрядом при обслуживании);
- обмотка электромагнитного клапана;
- соединения электропроводов (случайное отключение, например, во время обслуживания, может привести к возникновению искры. Для минимизации этого риска при использовании обжимных клемм, рекомендуется использовать концевые соединители, которые нельзя случайно отключить);
- предохранители (считаются искробезопасными, если плавкая вставка не сменная, а также предохранители кассетного типа с указателем и без указателя срабатывания, в соответствии со стандартом IEC60269-3 «Предохранители плавкие низковольтные. Часть 3. Дополнительные требования к плавким предохранителям для эксплуатации неквалифицированным персоналом (плавкие предохранители бытового и



аналогичного назначения)» - примеры плавких предохранителей: типы А - F, работающие в пределах их технических характеристик).

## Обращение с источниками воспламенения

Существуют различные методы обращения с источниками воспламенения в потенциально взрывоопасной зоне (см. этап 1.3).

При выборе варианта 2 («соответствующие устройства»), устройство должно соответствовать стандарту МЭК EN60079-15. В этом стандарте вид взрывозащиты "n" определяется как вид защиты, который при эксплуатации в нормальных, а также определенных аномальных условиях не вызовет воспламенения окружающей взрывоопасной газовой среды. Поэтому коммутационные электрические аппараты, расположенные в потенциально взрывоопасной среде, должны иметь вид взрывозащиты "n" в соответствии со стандартом МЭК EN60079-15 «Взрывоопасные среды. Оборудование с видом взрывозащиты "n"».

Оборудование с видом взрывозащиты "n" должно пройти испытания уполномоченным органом технической экспертизы и правильно задокументировано.

Электрические соединения в потенциально взрывоопасной зоне опасны в случае отключения под напряжением. Вилки и розетки, если они расположены и подключены только к части оборудования, должны быть закреплены механически для предотвращения непреднамеренного отсоединения, или иметь минимальное усилие размыкания 15 Нм. На оборудовании должна быть надпись:

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: не отключайте под напряжением

Корпуса предохранителей должны быть заблокированы таким образом, чтобы предохранители можно было снимать или менять только при отключенном питании или на корпусе должна быть нанесена следующая предупредительная надпись:

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: не снимайте и не меняйте предохранитель под напряжением

Провода без изоляции нельзя использовать под напряжением в качестве проводников, кроме установки в распределительных щитах, корпусах или кабельных каналах.

Вентиляторы. Наличие вентиляции позволяет не менять электрические устройства или корпуса если:

- вентиляторы конденсаторов могут работать постоянно (т.е. не выключаться, когда система отключается по температуре). Это увеличивает энергопотребление системы;

или

- при выключении вентилятора конденсатора может включаться дополнительный вентилятор. Достаточный приток воздуха обычно обеспечивается вентилятором, меньшим, чем вентилятор, который используется для охлаждения конденсатора, поэтому количество потребляемой энергии обычно меньше, чем при постоянно работающем вентиляторе конденсатора. Приток воздуха от дополнительного вентилятора необходимо проверять с помощью имитации утечки, чтобы обеспечить достаточный приток воздуха для рассеивания УВ-хладагента.

Необходимо следить за чистотой ребрения конденсаторов или неисправностями вентиляторных двигателей, которые могут привести к значительному уменьшению притока воздуха, особенно если они являются основными видами защиты источников воспламенения.

## Вопросы самопроверки

Ответьте на несколько вопросов, чтобы проверить свои знания:

### Вопрос 1 -

Какое давление R744 в системе, которая находится в отключенном состоянии при температуре окружающей среды 20°C?

- ix. 4,9 бар
- x. 7,4 бар
- xi. 55 бар
- xii. 72,8 бар

### Вопрос 2 –

Какой приблизительный типоразмер компрессора на R600a, по сравнению с компрессором на R134a, необходим для обеспечения эквивалентной удельной холодопроизводительности?

- I. в семь раз больше
- II. в два раза больше
- III. такой же
- IV. в половину меньше

### Вопрос 3 –

Ниже какой температуры конденсации работает субкритическая система на R744?

- I. 55° C
- II. 43° C
- III. 31° C
- IV. 72° C

### Вопрос 4 –

При использовании R1270, выше какой температуры горячие поверхности становятся потенциальными источниками воспламенения?

- I. 60° C
- II. 150° C
- III. 260° C
- IV. 360° C

## Глава 4. Предотвращение и определение утечек альтернативных хладагентов

### 4.1. Введение

Глава 4 содержит начальную информацию о мерах, направленных на сокращение утечек и не заменяет практического обучения и навыков. Данная Глава содержит информацию о мерах, направленных на предотвращение утечек и определение мест утечек хладагента из действующих систем. Сокращение утечек актуально в отношении всех хладагентов по следующим причинам:

- безопасность - все хладагенты являются асфиксантами, многие альтернативные хладагенты являются воспламеняющимися веществами, а R717 – токсичен;
- сохранение производительности - система, теряющая хладагент, теряет также производительность и потребляет больше энергии, чем полностью заправленная система;
- необходимость минимизации затрат, связанных с заменой хладагента, обслуживанием и дополнительным энергопотреблением;
- повышение надежности и минимизация косвенных потерь;
- минимизация прямого влияния на изменение климата - некоторые альтернативные хладагенты имеют значительный потенциал глобального потепления;
- минимизация косвенных выбросов CO<sub>2</sub>, связанных с возрастающим энергопотреблением;
- соблюдение требований законодательства о фторсодержащих парниковых газах, в том числе относительно R32.

Важно обеспечить эффективное определение утечек, но еще более важно обеспечить надежную герметичность холодильного контура, с целью предотвращения ее нарушения и попадания хладагента в окружающую среду.

Определение утечек R717 в значительной мере детализировано из-за существенных отличий от определения утечек ГФУ.

### 4.2. Эффективное определение утечек

В этом разделе рассматриваются различные методы определения утечек и принципы их применения. В таблице ниже представлены методы, которые можно использовать для определения утечек всех альтернативных хладагентов.

При применении любого из этих методов убедитесь в наличии избыточного давления в системе (давление должно быть выше атмосферного). Это особенно важно при работе с R717, R1234ze, R1234yf и R600a, которые работают при более низком давлении, чем другие хладагенты.

**Таблица 4.1 Методы определения утечек**

Хладагент	Спрей для обнаружения утечек <sup>1</sup>	Электронный течеискатель <sup>1</sup>	Флуоресцентная добавка	Ультразвуковой течеискатель
R744	Эффективный	Эффективный; течеискатель должен иметь чувствительный к R744 детектор	Приемлемый	Эффективный
R717		Эффективный; течеискатель должен иметь чувствительный к R717 детектор	Не подходит	
R32		Эффективный; течеискатель должен иметь детектор, чувствительный к хладагенту и быть пригодным для работы с воспламеняющимися газами	Эффективный	
R1234ze				
R1234yf				
УВ (R600a, R290, R1270)				

Для многих методов необходимо обеспечить максимально высокое давление:

- при проверке стороны высокого давления система должна работать, а давление конденсации должно быть максимальным;
- при проверке стороны низкого давления система должна быть остановлена (без откачки). Например, рабочее давление системы на R290 при температуре испарения - 30°C, составляет 0,6 бар, но в выключенной системе при температуре окружающей среды 20°C давление будет составлять 7,4 бар. Не отключайте систему на R744, если это может привести к выпуску хладагента из предохранительного клапана;
- системы с оттайкой насыщенными парами горячего хладагента, при контроле стороны низкого давления должны находиться в режиме оттайки;
- в реверсивных тепловых насосах обе стороны системы необходимо проверять при максимально возможном давлении конденсации.

Независимо от метода определения утечек, важно, чтобы контроль проводился систематически, и проверялись все узлы системы, включая вспомогательные элементы, например, места установки реле давлений и линии сброса предохранительных клапанов. Необходимо обнаружить все утечки - первая обнаруженная утечка, скорее всего, не единственная.

Утечки следует устранять незамедлительно и провести повторную проверку места утечки на герметичность.

### **Спрей для обнаружения утечек**

Вместо применения «самодельного» раствора мыла или моющего средства рекомендуется использовать специальный спрей для обнаружения утечек. Самодельные растворы могут быть слишком слабыми, из-за чего пузырьки не образуются или слишком концентрированными, вследствие чего они фактически маскируют утечку.



Специальный спрей для обнаружения утечек это, как правило, некорродирующий состав, который обладает необходимой консистенцией для легкого образования пузырьков. Он также может содержать антифриз для возможности его применения на трубопроводах при температуре ниже 0°C. Применение спрея - эффективный метод определения утечек, но он требует много времени при применении на системах большой производительности с большим количеством соединений. Его нельзя применять для изолированных труб или на участках системы, работающих под давлением ниже атмосферного. Если интенсивность утечки и/или давление низкие, для образования пузырька может потребоваться много времени.

Это эффективный метод для определения точного местоположения утечки, обнаруженной с помощью электронного течеискателя.



**Пример: появления пузырьков при утечке**

## Электронные течеискатели

Электронные течеискатели - это контрольно-измерительные приборы, которые необходимо проверять и содержать в исправности для обеспечения точности. Рекомендуется проверять их при каждом использовании. В соответствии с Регламентами ЕС «F-газы», применимыми к R32 и R1234ze, течеискатели следует проверять раз в год. Это минимальное требование - для обеспечения надежной работы их следует проверять чаще.



Необходимо следить, чтобы течеискатель не загрязнялся маслом, также необходимо регулярно менять фильтр (если он установлен).

Три наиболее часто используемых типа течеискателей в которых используются различные принципы определения утечек:

- течеискатели с нагреваемым датчиком - датчик необходимо менять, как правило, после 100 часов работы. На фото показан типичный нагреваемый датчик. Этот метод обычно наименее затратный и наиболее широко применяется для ГФУ-хладагентов.



- инфракрасный (ИК) течеискатель - ИК-течеискатель реже нуждается в замене. На фото показан типичный ИК-течеискатель.



Полупроводниковый сенсор - обычно работает в течение нескольких лет. На фото показан типичный течеискатель, используемый для углеводородов (УВ). Аналогичная технология используется для R717.

При использовании электронных течеискателей для воспламеняющихся хладагентов (например, R600a, R290, R1270, R32 и R1234ze), важно чтобы они отвечали требованиям безопасности и обладали высокой чувствительностью по отношению к хладагенту. Многие электронные ГФУ - течеискатели небезопасны при использовании с воспламеняющимися хладагентами.



Для проверки работы течеискателя следует использовать специальные контрольные образцы утечки - использование просто приоткрытого вентиля на баллоне с хладагентом или системе не позволяет проверить точность работы течеискателя. На фото показано простое устройство создания контрольной течи, которое монтируется на клапан баллона или на отвод системы.



При открытом клапане поток хладагента через устройство составляет приблизительно 5 г/год. Если течеискатель не определяет этого, он нуждается в ремонте. Этот метод может применяться для большинства хладагентов, при этом интенсивность утечек будет разной. Его применение с R744 следует согласовывать с поставщиком - давление R744 может превышать максимальное давление устройства.



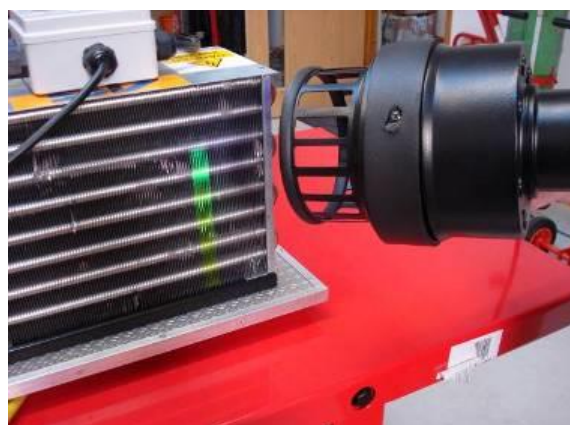
Для некоторых хладагентов существуют стандартные образцы утечки. Обычно они представляют собой небольшую емкость хладагента с фиксированной интенсивностью утечек, равной 5 г/год при 20°C.

Высокоскоростной воздушный поток может рассеять хладагент, вследствие чего он не будет обнаружен электронным течеискателем. При проверке герметичности системы в районе конденсатора и испарителя их вентиляторы необходимо по возможности отключать. Необходимо следить за тем, чтобы реле высокого давления и предохранительные клапаны не срабатывали из-за выключения вентиляторов конденсатора. Также, по возможности, при проверке находящегося в машинном отделении оборудования необходимо отключить вентиляцию и все остальные вентиляторы в машинном отделении. Необходимо следить за тем, чтобы это не привело к образованию взрывоопасной концентрации в случае утечки хладагента.

Все альтернативные хладагенты, кроме R717, тяжелее воздуха, поэтому проверять следует в первую очередь нижнюю сторону всех соединений. Входя в холодильную камеру необходимо проверить наличие хладагента на уровне пола. Если шкафы оборудованы вентиляционными отводами, необходимо проверить нижнюю часть шкафа.

### **Флуоресцентные добавки**

Флуоресцентные добавки можно добавлять в масло в системе. Утечку масла с УФ-добавкой можно обнаружить с помощью ультрафиолетовой лампы. Преимущество этого метода заключается в том, что с его помощью можно обнаружить утечку, даже если во время проведения испытаний на герметичность не наблюдается утечки через соединение или компонент – это особенно полезная функция для определения периодических утечек или в случае полной потери хладагента. Добавка остается на оборудовании и ее следует удалить после обнаружения утечки.



У этого метода есть несколько недостатков:

- некоторые производители компрессоров снимают гарантию в случае использования добавки;
- коалесцирующие маслоотделители отделяют эти примеси, поэтому они не попадают в остальную часть системы. Это в частности касается систем централизованного холодоснабжения на R744, в которых обычно используются маслоотделители такого типа.

## Ультразвуковые течеискатели

Ультразвуковые течеискатели определяют утечки из/в трубопровод по производимому звуку. Пример прибора показан на фото.

Обычно эти течеискатели имеют встроенный приемник, который регистрирует звуковые сигналы в определенном частотном диапазоне, характерном для утечек хладагентов. Результат обнаружения можно услышать через наушники или благодаря световому/звуковому сигналу.

Преимущество этого метода заключается в том, что его можно применять для систем с любыми хладагентами (или с азотом), а также в тех частях системы, где рабочее давление ниже атмосферного.



## Лакмусовая бумага

Утечку R717 можно обнаружить при помощи лакмусовой бумаги, меняющей цвет в зависимости от уровня pH (кислотности). Обнаружение утечек с помощью фенолфталеиновой бумаги (изменение цвета на тест-полоске) менее эффективно, чем использование электронного течеискателя, поэтому его не рекомендуется использовать в качестве единственного метода обнаружения утечек. Тем не менее, влажная лакмусовая бумага вполне может использоваться для определения места утечки, например, на фланцах или трубах аммиачных систем. Лакмусовая бумага меняет цвет при изменении уровня pH при абсорбции аммиака.



## Визуальная проверка

Визуальная проверка не включена в таблицу, в которой перечисляются методы определения утечек, но ее не следует недооценивать.

Индикаторы включают в себя:

- масляные пятна на трубах;
- масляные пятна на изоляции;
- пыль, прилипшую к маслу на трубах;
- коррозию, чрезмерно изношенные или поврежденные компоненты системы.

Масляные пятна после устранения утечки следует убирать, чтобы они не послужили ложным индикатором при следующей проверке.

Необходимо также проверять предохранительный клапан (сигнальный колпачок или разрывную мембрану на выбросном отверстии), поскольку сработавший предохранительный клапан не всегда полностью садится на седло.

Основной причиной наблюдающихся в смотровом стекле жидкостной линии пузырьков является недостаточное количество хладагента, обычно вызванное утечкой. Однако



утечка не всегда приводит к испарению хладагента в жидкостной линии, особенно при низкой нагрузке и/или температуре окружающей среды, поэтому систему необходимо проверять на наличие утечек, даже если в смотровом стекле только прозрачная жидкость.

Многие ресиверы оснащены датчиками нижнего уровня жидкости, и их можно использовать для определения недостаточного количества хладагента в системе. Их работу следует проверять, например, путем наблюдения за повышением уровня жидкости в смотровом стекле при откачке системы. Однако, при наличии утечки в системе, это не всегда может быть выявлено с помощью индикатора уровня жидкого хладагента в ресивере.



*Примеры визуальных индикаторов утечек*

## **Запах**

Большинство хладагентов не обладают запахом, однако R717 обладает очень резким запахом, а R1270 - очень слабым запахом газа.

R717 легко обнаруживается по запаху при низкой концентрации (5 ppm = 3,5 мг/м<sup>3</sup>). Его утечки следует определять с помощью электронного течеискателя или лакмусовой бумаги.

Запах R1270 недостаточно сильный, чтобы его можно было использовать в качестве надежного индикатора утечек.

### **4.3. Методы косвенного определения утечек**

Условия эксплуатации системы с нарушенной герметизацией контура обычно отличаются от нормальных условий:

- давление на входе в компрессор обычно ниже (если оно не регулируется, например, в системе централизованного холодоснабжения);
- перегрев (в испарителе) обычно увеличивается;
- переохлаждение обычно уменьшается;
- давление нагнетания компрессора обычно снижается (если оно не регулируется).

Чрезмерный перегрев и низкое или нулевое переохлаждение являются надежными индикаторами низкого объема заправки хладагента.

Измерение уровня жидкости в ресивере также может быть индикатором потерь хладагента, однако уровень жидкости может меняться естественным образом в зависимости от нагрузки и условий окружающей среды.

## **Системы на R717**

### **Испытание на герметичность перед вводом в эксплуатацию**

- ✓ Испытания на герметичность должны проводиться в соответствии с утвержденными государственными стандартами.
- ✓ Особое внимание следует уделять определению и устранению малых утечек из компонентов систем под высоким давлением, которые будут труднодоступны после ввода системы в эксплуатацию.

### **Проверки и испытания холодильных систем в процессе эксплуатации**

- ✓ При обнаружении запаха аммиака необходимо провести обнаружение утечек в соответствии с действующими государственными стандартами.
- ✓ Течеискатели могут применяться только для определения уровня интенсивности утечки (низкая, средняя, высокая), но не потерь хладагента.
- ✓ Спреи для обнаружения утечек имеют значительно более низкую чувствительность, чем электронные течеискатели.
- ✓ При необходимости количественного определения интенсивности утечки аммиака можно использовать приборы, работающие с использованием принципов фотоакустической инфракрасной абсорбции.

## **Квалификационные требования**

Обнаружение утечек и неисправностей аммиачных систем должно проводиться и незамедлительно устраняться квалифицированным и компетентным персоналом в соответствии с национальным законодательством. После устранения неисправности система должна быть испытана давлением на прочность перед повторным вводом в эксплуатацию.

### **Определение утечек**

- ✓ Аммиак обладает резким запахом (пороговый предел человеческого восприятия  $5 \text{ ppm} = 3,5 \text{ мг/м}^3$ ), который указывает на необходимость поиска утечек.
- ✓ Утечки, которые при определенных обстоятельствах могут оставаться незамеченными в системах на ГФУ в течение определенного периода времени, невозможно не обнаружить в системах на аммиаке.
- ✓ Очень незначительные утечки в холодильных установках на аммиаке (интенсивность утечек около  $100 \text{ г NH}_3/\text{в год}$ ) не могут быть обнаружены по запаху, так как концентрация аммиака меньше  $5 \text{ ppm}$ .

### **Принципы предотвращения рисков**

- ✓ Рекомендуется использовать минимальное количество хладагента: хладагент, который не находится в системе, не может попасть в окружающую среду.

✓ Качественно спроектированная система холодоснабжения с соответствующими компонентами и запорной арматурой будет способствовать сокращению выбросов хладагента во время обслуживания и ремонта.

✓ Для минимизации утечек необходимо выбирать компоненты с хорошими уплотнениями. При этом необходимо учитывать необходимость проведения регулярного контроля утечек хладагента.

✓ Важно выбирать совместимые материалы, иначе могут возникнуть дополнительные возможности для возникновения утечек. Например, объем эластомеров может увеличиваться (разбухать) или уменьшаться (сжиматься) при контакте с некоторыми маслами и аммиаком.

### **Трубопроводы**

✓ Поскольку аммиак корродирует медь, аммиачные системы обычно проектируются с использованием труб и фитингов из углеродистой или нержавеющей стали.

✓ Для минимизации риска утечек рекомендуется использовать сварные соединения вместо фланцевых.

✓ Для трубопроводов диаметром менее 40 мм рекомендуется применять сварку внахлест, вместо стыковых сварных соединений.

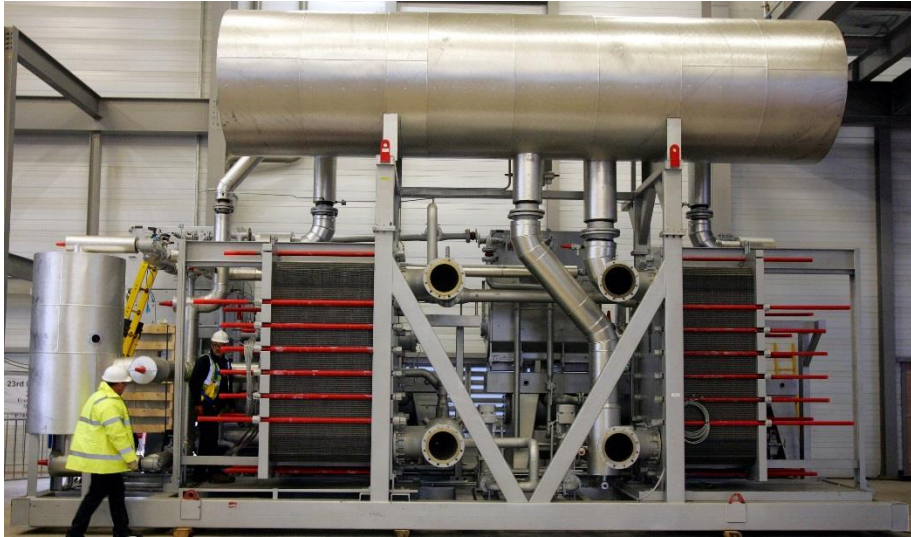
### **Проверка водяных контуров на наличие утечек аммиака**

✓ В соответствии со стандартом EN 378 в системах холодоснабжения, в которых объем заправки хладагента превышает 500 кг, необходимо обеспечить контроль за наличием хладагента во всех подключенных контурах водяного или гликолевого охлаждения.

✓ Следует избегать попадания аммиака в канализационную систему или воду, охлаждающую испарительный конденсатор.

✓ В настоящее время наиболее распространенной измерительной системой является контроль значений рН. Утечка аммиака в водяной контур приводит к увеличению значения рН. Рекомендуется установить устройство с функцией автоматической температурной компенсации для дифференциального измерения рН на входе и выходе из теплообменника. В случае превышения предельно допустимого значения рН необходимо обеспечить отключение теплообменника по воде и аммиаку с помощью арматуры с электроприводом или вручную. Точность новейших ионоселективных измерительных приборов значительно выше.

✓ Еще одной возможностью является использование аммоний-селективного электрода. В этом случае дифференциальное измерение не требуется.



*Пример чиллера на аммиаке с трубопроводом из нержавеющей стали*

#### 4.4. Испытания на герметичность с использованием азота

Если утечку не удастся определить при помощи вышеуказанных методов, а также в случае утечки всего объема заправки хладагента, контур системы необходимо испытать на герметичность давлением с использованием азота.

Систему необходимо медленно заполнить азотом до уровня максимально-допустимого давления (PS)<sup>20</sup>, а затем либо:

- проверить каждое соединение при помощи спрея для обнаружения утечек, либо
- оставить систему под давлением без подпитки азотом в течение не менее 12 часов, после чего проверить, как изменилось давление в контуре.

#### Влияние температуры окружающей среды на давление

Обратите внимание, что в случае применения последнего метода, необходимо также учитывать температуру окружающей среды из-за взаимосвязи между температурой и давлением газообразного азота в системе. Если этого не сделать, повышение температуры окружающей среды может скрыть потерю азота. В соответствии с законом Гей-Люссака о давлении и температуре:



$$P2 = (P1 \times T2) / T1$$

где:

P1 - давление в начале испытаний (бар абс.)

P2 - давление в конце испытаний (бар абс.)

T1 - температура окружающей среды в начале испытаний (по Кельвину)

---

<sup>20</sup> Стандарт EN 378-2:2016 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Проектирование, конструкция, изготовление, испытания, маркировка и документация», пункт 6.2.2

T2 - температура окружающей среды в конце испытаний (по Кельвину).

Как правило, в большинстве случаев давление изменится на 0,7 бар при изменении температуры на 5 К. Давление в системах на R744 изменится больше.

Для расчета можно использовать калькулятор excel – на рисунке приведен пример результатов измерения давления на стороне высокого давления транскритической системы на R744.

## Готовая газовая смесь

Испытание на герметичность также можно проводить при помощи специальной смеси азота и гелия или водорода, обычно в соотношении 5% газовой примеси и 95% азота. Преимущество использования примеси гелия или водорода состоит в том, что оба эти газа имеют молекулы малого размера, низкие молекулярную массу и скорость газа, из-за чего они вытекают и рассеиваются быстрее. Необходимо использовать электронный детектор, чувствительный к газовой примеси и такие детекторы есть. На фото изображен теческатель, который определяет как водород, так и углеводородные хладагенты.



Примечание. Необходимо использовать широко доступные готовые газовые смеси; не следует готовить такие смеси на объекте.

Nitrogen Pressure Change	Inputs
Starting Pressure P1 (bar g)	120.00
Starting Temperature T1 (°C)	7.00
Finishing Temperature T2 (°C)	18.00
Finishing Pressure P2 (bar g)	124.75
Pressure Change (bar)	4.75

© Copyright Cool Concerns Ltd  
[www.coolconcerns.co.uk](http://www.coolconcerns.co.uk)

### 4.5. Места потенциальных утечек

Места потенциальных утечек систем, работающих на альтернативных хладагентах, такие же, как и у систем на обычных хладагентах. Потенциал возникновения утечек в системах на УВ обычно низкий, поскольку компоненты систем хорошо подобраны и имеют небольшое количество соединений. Вероятность возникновения утечек в системах на R744 зачастую выше, поскольку этот хладагент, как правило, используется в системах централизованного холодоснабжения с множеством соединений и с более высоким давлением в контуре (в рабочем и отключенном состоянии холодильной системы). Молекула R744 также имеет небольшой размер, что способствует его проницаемости через микротрещины и поры, т.е. утечкам.

Ниже приведены важные аспекты минимизации возможности утечек, актуальные для всех хладагентов:

- ✓ тип системы - системы централизованного холодоснабжения большой производительности имеют больший потенциал образования утечек, чем компактные системы - это отчасти связано с процессом монтажа и наличием большего количества соединений в системах централизованного холодоснабжения;
- ✓ рабочее давление и давление при отключении - при высоких давлениях необходимо уделять значительно больше внимания выбору комплектующих, соединениям, монтажу и определению утечек;
- ✓ спецификация оборудования, изделий и материалов. Все комплектующие должны соответствовать давлению, температуре, типу хладагента и масла. Это касается всех комплектующих: от сердечников клапанов Шредера до паяных пластинчатых теплообменников и компрессоров;

- ✓ рекомендуется по возможности избегать применения компрессоров открытого типа. Если их применение обязательно, необходимо убедиться в наличии уплотнительных колец;
- ✓ необходимая информация - должны быть предоставлены точные чертежи с указанием мест расположения всех соединений и точек доступа;
- ✓ конструкция должна быть простой в обслуживании - соединения должны быть доступны для обеспечения возможности легкого и тщательного определения утечек;
- ✓ толщина труб - должна соответствовать давлению. Для некоторых частей систем на R744 необходимо использовать стальные или медные трубы серии K65<sup>21</sup>, которые рассчитаны на высокое давление;
- ✓ способ соединения труб, а также труб и компонентов - паяные или сварные соединения всегда будут иметь меньший потенциал возникновения утечек, чем любые механические соединения. Техники, выполняющие пайку или сварку, должны иметь соответствующую квалификацию. В спецификации необходимо указать требуемые паяные и сварочные материалы;
- ✓ проектирование и монтаж – разводка труб должна обеспечивать минимизацию вибрации; трубы должны быть надлежащим образом закреплены в соответствии со стандартом EN 378<sup>22</sup> (а не просто подсоединены). Трубы должны быть смонтированы с достаточными межтрубными зазорами (не впритык);
- ✓ монтаж компонентов. Во избежание повреждений, многие компоненты должны быть защищены во время сварочных работ. При сварке, сердечники клапанов Шредера следует вынуть. Компрессоры должны монтироваться в соответствии с инструкцией производителя для обеспечения отсутствия вибрации;
- ✓ надлежащая опрессовка для обнаружения утечек перед вводом системы в эксплуатацию - системы должны быть испытаны под давлением на прочность и герметичность в соответствии со стандартом EN 378<sup>23</sup>. Необходимо выделить время на тщательную проверку герметичности, устранение неисправностей и повторные испытания;
- ✓ настройка реле высокого давления - в соответствии со стандартом EN 378<sup>24</sup> настройка давления сработки предохранительного клапана должна составлять не более 90% от максимально-допустимого давления в системе (PS). В ином случае существует вероятность сработки предохранительного клапана, если реле высокого давления не успеет вовремя отключить систему в случае резкого повышения давления;
- ✓ техническое обслуживание - процедура технического обслуживания должна соответствовать типу системы, ее размеру, возрасту, условиям эксплуатации. Регулярность испытания на герметичность, установленная Регламентами ЕС «F-газы», должна быть принята в качестве минимальной в отношении всех типов хладагентов (см. раздел 6), при этом многие системы целесообразно проверять на наличие утечек чаще, например,



<sup>21</sup> Труба серии K65 содержит 2,5% железа и подходит для использования на стороне высокого давления транскритических систем на R744

<sup>22</sup> Стандарт EN 378-2:2016 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды», (требования к проектированию, конструкции, изготовлению, испытаниям, маркировке и документации), пункт 6.2.3

<sup>23</sup> Стандарт EN 378-2:2016 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды», (требования к проектированию, конструкции, изготовлению, испытаниям, маркировке и документации), пункт 6.3

<sup>24</sup> Стандарт EN 378-2:2016 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды», (требования к проектированию, конструкции, изготовлению, испытаниям, маркировке и документации), пункт 6.2.2



- еженедельно или ежемесячно. Все обнаруженные утечки должны быть безотлагательно устранены, а система повторно проверена на герметичность;
- ✓ надлежащее обслуживание – вся присоединенная к контуру арматура должна быть перекрыта (отглушена), оребрение конденсатора должно регулярно чиститься с целью минимизации давления в контуре, заданные параметры регуляторов давления должны минимизировать давление на входе в компрессор, также необходимо устранять любую вибрацию.

### Соединения с развальцовкой трубы

Рекомендуется минимизировать использование развальцованных соединений, но в некоторых узлах целесообразно использовать разборные соединения (например, для присоединения фильтров-осушителей УВ-систем на жидкостных линиях, устанавливаемых для замены без распайки). В этом случае штуцер под вальцовочное соединение припаивается твердым высокотемпературным припоем. Такое механическое соединение имеет более низкий потенциал возникновения утечек, чем сделанная вручную развальцовка.

Конусную гайку необходимо затянуть до нужного момента с помощью динамометрического ключа. Соответствующие значения крутящего момента указываются производителями штуцеров для вальцовочных соединений, а также в стандарте EN 378<sup>25</sup> для ручной развальцовки.



### Клапаны Шредера

Очень важно провести испытания на герметичность всех мест потенциальных утечек. В рамках проекта и последующего опыта использования альтернативных хладагентов были определены три ключевые области, имеющие наибольший потенциал для улучшений.

Сердечники клапанов Шредера необходимо выбирать таким образом, чтобы они соответствовали типу хладагента и масла, а также диапазону давления и температуры. Для разных систем и хладагентов могут потребоваться разные типы сердечников клапанов Шредера.

---

<sup>25</sup> Стандарт EN 378-2:2016 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды», (требования к проектированию, конструкции, изготовлению, испытаниям, маркировке и документации), пункт 6.2.3.2.3.3

Перед припаиванием корпуса клапана Шредера к системе, из него необходимо вынуть сердечник, а затем, после охлаждения корпуса, установить обратно. После этого сердечник следует затянуть с нужным крутящим моментом.



*Hexagonal nut; Schrader Valve; Specialist tightening tool*

Клапан должен быть заглушен. Обратите внимание, что обычно используемая заглушка имеет уплотнительную прокладку, которая истончается и теряет свои уплотняющие свойства при нагревании – лучшим вариантом является шестигранная гайка или заглушка клапана Шредера, которые можно тщательно затянуть с помощью специального инструмента. Гайку следует выбирать так, чтобы она не деформировала клапан Шредера при затягивании.

### **Предохранительные клапаны для холодильных систем на R744**

Предохранительные клапаны систем на R744 являются типовым местом возникновения утечек по ряду причин:

- давление в системах на R744 может резко повышаться в случае изменения условий или неисправности;
- давление во время остановки в некоторых частях системы часто выше, чем максимально- допустимое давление (PS) (и, следовательно, параметры предохранительных клапанов);
- рабочее давление часто приближено к максимально-допустимому давлению (PS).

Предохранительные клапаны после срабатывания не всегда возвращаются в исходное положение, поэтому важно проверять их на герметичность. После нескольких срабатываний пружина ослабляется, что приводит к снижению давления срабатывания предохранительного клапана и усугублению вышеуказанных проблем.

Для сокращения сбросов и утечек хладагента через предохранительные клапана необходимо обеспечить оптимальную разницу между нормальным рабочим и максимально-допустимым давлением в системе (PS) для каждой части системы.

Справа - пример предохранительного клапана (другие типы доступны у ряда производителей).





#### 4.6. Законодательные требования

Периодичность испытаний на герметичность должна соответствовать типу системы, ее сроку эксплуатации и состоянию. Для систем на R32 периодичность испытаний на герметичность определена Регламентом (ЕС) №517:2014 «F-газы». Рекомендуется регулярное проведение контроля на наличие утечек всех стационарных систем на компрессорах с сальниковыми уплотнениями (даже тех, которые содержат альтернативные хладагенты с низким ПГП) в рамках планового технического обслуживания, а результаты документировать для целей внутреннего контроля и отчетности.

Ниже приведена периодичность проведения контроля утечек хладагента для систем, содержащих фторированные газы, требуемая с 1 января 2015 года:

**Таблица 4.2. Периодичность испытаний на герметичность (Регламент ЕС «F-газы») с 01.01.2015 г.**

Объем хладагента в системе	Периодичность контроля утечек хладагента
<b>5 - 50 тонн CO<sub>2</sub> эквивалента, или 7,4 - 74 кг R32</b>	1 раз в год 1 раз в 2 года при условии наличия системы определения утечек
<b>50 - 500 тонн CO<sub>2</sub> эквивалента, или 74 - 740 кг R32</b>	2 раза в год 1 раз в год при условии наличия системы определения утечек
<b>Более 500 тонн CO<sub>2</sub> эквивалента, или более 740 кг R32 (необходима стационарная система определения утечек)</b>	4 раза в год 2 раза в год при условии наличия стационарной системы определения утечек

В случае обнаружения утечки, она должна быть устранена в кратчайшие сроки, а система проверяется на предмет утечки в течение месяца, чтобы удостовериться, что ремонт был эффективным.

Важно принять указанную частоту определения утечек в качестве необходимого минимума. Более часто контроль утечек хладагента должен проводиться в системах:

- которые имеют большое количество мест потенциальных утечек (например, системы централизованного холодоснабжения);
- которые работают под высоким давлением (например, системы на R744 и R32);
- которые имеют большой срок эксплуатации или находятся в плохом состоянии.

Это позволит сэкономить деньги, максимально увеличить надежность и минимизировать энергопотребление, время ремонта и простоя.

Доказано, что утечки значительно сокращаются в системах, которые чаще проходят контроль утечек хладагента (например, раз в месяц).

#### 4.7. Журналы учета технического состояния систем

Журналы учета технического состояния систем являются важным инструментом сокращения утечек и обязательным требованием для многих систем на ГФУ (и, следовательно, систем на R32 и R1234ze). Журнал учета технического состояния системы необходимо изучать для определения общих принципов утечек, сравнения с аналогичными системами и определения способов минимизации утечек в будущем. Их ведение также необходимо для систем, в

которых не используются ГФУ-хладагенты, и они должны включать в себя следующую информацию:

- тип и количество хладагента в системе;
- значения максимально-допустимого давления (PS)<sup>26</sup> в системе;
- сведения о проведении испытаний на герметичность;
- сведения о месторасположении выявленных утечек;
- сведения о проведенных ремонтах.

Система также должна быть четко маркирована, с указанием типа и веса хладагента. Для систем на ГФУ эти сведения должны быть выражены в весовом эквиваленте диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) (например, CO<sub>2</sub> - эквивалент одного кг R32 составляет 675 килограмм).

### Идентификационные таблички

Маркировка систем, содержащих F-газы, является законодательным требованием, а требования относительно содержания идентификационных табличек содержатся в регламентах. При этом в качестве наглядной информации можно использовать приведенные ниже изображения (см. примеры ниже) с размещением их на оборудовании, течеискателях и баллонах с хладагентом, для напоминания техническому персоналу о важности своевременного определения и устранения утечек.

**Вы проверили, исправлен ли я, до того как пользоваться?**



- ✓ Вы проверяли чувствительность детектора утечек с помощью калибровки?
- ✓ Не думайте, что первая утечка является последней

**Вы обнаружили утечку до того, как применить меня?**



- ✓ Это неправильно заполнять систему, без обнаружения утечки

**Перед тем как заправлять систему, вы обнаружили утечку?**



Это оборудование содержит фторированный парниковый газ, регулируемый Киотским протоколом

- ✓ Это неправильно заполнять систему, без обнаружения утечки!
- ✓ Не думайте, что у системы может быть лишь одна утечка!

Содержит \_\_\_ кг хладагента \_\_\_\_\_

<sup>26</sup> Значения PS содержатся в стандарте EN 378-1:2016 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды». Дополнительная информация содержится в Главе 7.

#### 4.8. Стационарные системы определения утечек

Стационарные системы определения утечек хладагента используются для обеспечения безопасности, а в некоторых случаях - в соответствии с требованиями законодательства (см. предыдущий раздел относительно ГФУ). Стационарная система определения утечек хладагента не является альтернативой контролю в процессе эксплуатации.

Все стационарные системы определения утечек должны обнаруживать хладагент в воздухе рядом с холодильной системы и сигнализировать об обнаружении хладагента. Сигнализация является обязательным требованием.

Уровень срабатывания анализатора должен быть установлен на уровне 25% НКПВ (нижнего концентрационного предела воспламенения) или 50% ПДК (ATEL)/ПНК (ODL), в зависимости от того, какое из значений ниже<sup>27</sup>. Уровни срабатывания анализатора в случае обнаружения альтернативных хладагентов приведены в таблице ниже. Полная информация о типах и расположении детекторов, а также информация о системах сигнализации при обнаружении R717 содержится в стандарте EN 378.

Хладагент	НКПВ, кг/м <sup>3</sup>	ПДК (ATEL), кг/м <sup>3</sup>	Уровень срабатывания анализатора, кг/м <sup>3</sup>
<b>R744</b>	н/д	0,072	0,036
<b>R717</b>	0,116	0,00022	0,00011
<b>R32</b>	0,307	0,30	0,077
<b>R1234ze</b>	0,303	0,28	0,076
<b>R600a</b>	0,043	0,059	0,011
<b>R290</b>	0,038	0,09	0,010
<b>R1270</b>	0,047	0,0017	0,00085

#### Датчики

Датчики должны быть установлены в местах возможного скопления холодильного газа при утечках - на нижнем уровне для всех хладагентов, за исключением R717, датчики обнаружения которого должны быть установлены на верхнем уровне. В качестве альтернативы датчики можно установить в воздушном потоке от испарителя. Количество датчиков должно быть достаточным для обеспечения безопасности всей зоны. Датчики должны быть установлены в закрытых зонах, через которые проходят трубы, например, коробах и межпотолочном пространстве.

На рисунке справа приведен пример электронного блока стационарной системы определения утечек хладагента.



#### Наладка/обслуживание

Стационарные системы определения утечек хладагента должны быть доступны для проведения наладки/обслуживания и защищены от повреждений. В наличии должно быть оборудование для проверки системы обнаружения. Проверку работы системы необходимо проводить минимум раз в год. По возможности, должна быть предусмотрена как световая, так и

<sup>27</sup> Стандарт EN 378-3:2016 9.3.1

звуковая сигнализация (сирена), при этом интенсивность звукового сигнала должна обеспечивать превышение уровня звука над уровнем шума не менее, чем на 15 дБ как в пределах, так и за пределами помещения, где находится оборудование.

### **Системы обнаружения R717**

Контроль в машинных отделениях, в которых находятся аммиачные холодильные системы, обеспечивается стационарными датчиками, в соответствии с требованиями стандарта EN 378 для систем, объем заправки хладагента, в которых превышает 50 кг. Незначительные утечки системой не определяются из-за более высокого порога срабатывания (приблизительно 500 ppm).

#### **Типы датчиков**

Обнаружение токсичных газов в промышленных средах обычно проводится при помощи электрохимических датчиков. Для обнаружения воспламеняющихся газов используются полупроводниковые и пеллисторные (или каталитические) датчики. Датчики и системы, устанавливаемые в местах расположения аммиачных холодильных систем, должны быть в искробезопасном исполнении и пригодными для использования в опасных средах Зоны 2.

#### **а) Датчики с встроенным электрохимическим элементом**

- ✓ Электрохимические датчики предназначены для обнаружения низкой концентрации аммиака (50 ppm и 500 ppm). Датчики представляют собой небольшие батареи, которые начинают разряжаться сразу после изготовления.
- ✓ Скорость разрядки увеличивается в присутствии целевого газа (а в некоторых случаях, но в меньшей степени, в присутствии других газов). Срок службы датчиков составляет от восемнадцати месяцев до четырех лет (в зависимости от исходной концентрации газа и рабочих условий - температуры и влажности).
- ✓ При использовании датчиков с встроенным электрохимическим элементом необходимо помнить, что они являются расходными материалами, которые требуют регулярной замены и что это может быть затратно.

#### **б) Полупроводниковые датчики**

- ✓ Определение загазованности аммиаком (при уровнях концентрации 10 000 ppm) может осуществляться при помощи надежных полупроводниковых датчиков.
- ✓ Основные преимущества полупроводниковых датчиков - длительный срок службы, способность работать в неблагоприятных условиях, быстрое срабатывание и низкое энергопотребление.
- ✓ Основным недостатком является реакция на другие газы, вследствие чего они иногда дают сигнал ложной тревоги.

#### **в) Пеллисторные (или каталитические) датчики**

- ✓ Эти датчики также могут использоваться для обнаружения аммиака при концентрации 10 000 ppm. Основной принцип работы пеллисторного датчика состоит в том, что горючий газ сжигается на поверхности нагретой платиновой проволоки, покрытой катализатором. Повышение температуры и вызывает изменение сопротивления и регистрируется электроприборами.
- ✓ Однако чувствительный элемент датчика может быть «отравлен» другими соединениями, чувствительность может также ощутимо снизиться при воздействии на датчик высоких концентраций определяемого газа.

- ✓ Обратите внимание, что пеллисторный датчик может не сработать при превышении нижнего концентрационного предела взрываемости присутствующих газов.

### **Инфракрасные системы обнаружения**

В этих системах используется небольшой вакуумный насос, который служит для отбора проб из разных точек помещения, прокачки их через фильтр и последовательной их подачи в инфракрасный анализатор. В анализаторе образец исследуется на присутствие примеси конкретного газа и с указанием точки отбора, из которой он был взят. Анализатор может определять концентрации аммиака в воздухе в диапазоне от 0 ppm до 10 000 ppm.

### **Пороги срабатывания и функция переключения сигнализации**

- ✓ В соответствии со стандартом EN 378 для аммиака низкий уровень опасности составляет не более 500 ppm объемных, а высокий уровень опасности 30 000 ppm и выше.
- ✓ Сигнализация с низкого уровня опасности хладагента связана с уровнем токсичности (ПДК). При достижении низкого уровня опасности активируется механическая вентиляция. Кроме того, может быть отправлено оповещение, если холодильная система контролируется удаленно.
- ✓ При сигнале высокого уровня опасности все оборудование в машинном отделении, в том числе и механическая аварийная вентиляция, должны автоматически отключаться. Аварийное освещение должно быть включено.

### **Рассеивание газа и расположение датчиков**

- ✓ Количество и расположение датчиков на рабочем месте зависят от размеров помещения и количества расположенного в нем оборудования. Как правило, один датчик рассчитан на площадь около 36 м<sup>2</sup>.
- ✓ Приоритетным является расположение датчиков вблизи уплотнений валов компрессоров и жидкостных насосов. В общем, датчики для обнаружения паров аммиака должны располагаться над оборудованием, однако в помещениях насосных установок один датчик необходимо расположить на низком уровне рядом с насосами для обнаружения утечек жидкого хладагента.
- ✓ Целесообразно установить несколько датчиков в помещении машинного отделения, при этом, по крайней мере, один из датчиков должен быть предназначен для включения сигнала низкого уровня опасности.
- ✓ Датчик в отводящем патрубке предохранительного клапана может контролировать утечки или срабатывание клапана. Также для контроля утечек через ПК возможна установка разрывной мембраны.

## Вопросы самопроверки

Ответьте на несколько вопросов, чтобы проверить свои знания:

### Вопрос 1 -

В соответствии с последним Регламентом (ЕС) №517:2014 «F-газы», как часто необходимо испытывать на герметичность систему на R1234ze с объемом заправки хладагента 300 кг, не оснащенную стационарной системой определения утечек?

- I. нет необходимости в проведении испытаний на герметичность
- II. раз в год
- III. два раза в год
- IV. четыре раза в год

### Вопрос 2-

Какой хладагент может быть обнаружен с помощью лакмусовой бумаги?

- I. R32
- II. R744
- III. R290
- IV. R717

### Вопрос 3-

Какой из этих хладагентов легче воздуха?

- I. R744
- II. R32
- III. R717
- IV. R290

### Вопрос 4-

В соответствии с Регламентом (ЕС) №517:2014 «F-газы», на холодильной системе необходимо смонтировать систему обнаружения хладагента, если она содержит в тоннах CO<sub>2</sub>-эквивалента больше хладагента, чем:

- I. 50
- II. 150
- III. 300
- IV. 500

## Глава 5. Техническое обслуживание и ремонт систем на альтернативных хладагентах

Глава 5 содержит вводную информацию об отличительных особенностях технического обслуживания и ремонта систем на альтернативных хладагентах и не заменяет практической подготовки и навыков.

Основное внимание в брошюре уделяется отличительным особенностям технического обслуживания и ремонта систем на альтернативных хладагентах. Материал базируется на надлежащих практиках в секторе холодильного оборудования, а также информации о работе с воспламеняющимися, токсичными и работающими под высоким давлением хладагентами.

Брошюра включает в себя информацию о безопасных условиях труда, а также, при необходимости, информацию о следующих процедурах:

- обнаружение утечек
- извлечение/рециклирование хладагента
- вакуумирование
- распайка и пайка
- заправка хладагентом
- замена узлов и компонентов.

Полное описание процедур не включено – описываются только самые важные аспекты, которые отличаются от практики работы с обычными хладагентами. Информация предназначена для опытных специалистов по техническому обслуживанию и ремонту. Рекомендуется, чтобы техники имели сертификаты для работы с ГФУ-хладагентами, подтверждающие компетентность в обращении с обычными хладагентами, а также прошли дополнительное обучение работе с конкретным альтернативным хладагентом.

**Прежде, чем приступить к работе с альтернативным хладагентом, техники-холодильщики должны пройти углубленное обучение.**

### 5.1. Риски, связанные с использованием хладагентов

В таблице ниже приведены основные риски, связанные с альтернативными хладагентами; подробная информация содержится в Главе 2. Система «светофор» отражает степень риска по сравнению с R404A (в качестве примера). Перед выполнением любого вида работ необходимо провести либо свериться с оценкой рисков. Риски оцениваются в зависимости от вида и условий работы, а также наличия персонала на территории проведения работ.

Таблица 5.1. Риски, связанные с альтернативными хладагентами

Хладагент	При вдыхании	Воспламеняемость	Давление	Другое
R744	Низкая токсичность	Невоспламеняющийся	Намного выше	Значительный рост давления в закрытых объемах (емкостях) с жидким CO <sub>2</sub> с ростом температуры и высокий риск за-

<b>R717</b>				качки в баллон холодного жидкого хладагента. Возможен переход R744 в твердую фазу.	
	Высокая токсичность	Воспламеняющийся	Ниже		
	<b>R32</b>	Асфиксиант	Низкая воспламеняемость	Выше	Высокая токсичность продуктов распада
	<b>R1234ze</b>	Асфиксиант	Низкая воспламеняемость	Ниже	Высокая токсичность продуктов распада
	<b>R600a</b>	Асфиксиант	Высокая воспламеняемость	Намного ниже	
	<b>R290</b>	Асфиксиант	Высокая воспламеняемость	Аналогичное	
	<b>R1270</b>	Асфиксиант	Высокая воспламеняемость	Аналогичное	

**Зеленый** – аналогичны R404A или не настолько серьезные;

**Оранжевый** – немного серьезнее, чем при использовании R404A;

**Красный** – намного серьезнее, чем при использовании R404A.

### Отличия в процедурах технического обслуживания

Свойства альтернативных хладагентов, и в частности риски, связанные с их использованием, влияют на порядок обслуживания и ремонта оборудования. Влияние на основные процедуры (отличия от работы с ГФУ) приводится в таблице ниже и более подробно описано далее.

**Помните, если вы в чем-то не уверены - остановитесь. Прекратите работу и спросите!**

Таблица 5.2. Отличия в процедурах технического обслуживания

Хладагент	Место проведения работ	Оборудование	Определение утечек	Заправка	Удаление/ рециклирование
<b>R744</b>	Хорошо проветриваемое помещение	Рассчитанное на очень высокое давление	Безопасным и чувствительным к R744 способом	Исходная заправка газом, во избежание образования сухого льда	Как правило, выпуск



<b>R717</b>	Хорошо проветриваемое помещение без источников воспламенения	Пригодное для использования с R717 и без источников воспламенения	Безопасным и чувствительным к R717 способом		Рециклирование
<b>R32</b>		Рассчитанное на высокое давление и без источников воспламенения	Безопасным и чувствительным к R32 способом		Рециклирование
<b>R1234ze</b>		Без источников воспламенения	Безопасным и чувствительным к R1234ze способом		Рециклирование
<b>R600a</b>	Безопасным и чувствительным к УВ способом		Вес заправки меньше, поэтому важна точность	Небольшое количество* может быть выпущено, в иных случаях - рециклирование	
<b>R290</b>					
<b>R1270</b>					

\* Небольшое количество обычно означает менее 150 г.

При выполнении работ с любым хладагентом, как и проведении огневых (паечных/сварочных) работ, необходимо надевать соответствующие перчатки и защитные очки.

## 5.2. Принципы безопасной работы с воспламеняющимися хладагентами

В этом разделе внимание уделяется безопасному обращению с:

- углеводородами (R600a, R290, R1270);
- R32;
- R1234ze;
- R717 (которому также посвящен отдельный раздел).

### Безопасные рабочие условия и средства индивидуальной защиты

При работе с воспламеняющимися хладагентами, в месте проведения работ необходимо обеспечить:

- хорошее проветривание
- отсутствие источников воспламенения в пределах 3 м (безопасная зона при работе с воспламеняющимися хладагентами).

При необходимости обеспечьте искусственное проветривание с помощью подходящего вентилятора. Вентилятор должен быть оснащен электродвигателем в взрывобезопасном исполнении и 5-метровым кабелем, который позволит подключить его за пределами зоны проведения работ.



Рисунок 5.2. Подходящий вентилятор для проветривания

При выполнении работ, предполагающих вскрытие контура, или при подозрении на наличие утечки, проверяйте и контролируйте зону проведения работ с помощью УВ - детектора. Важно, чтобы детектор нельзя было обнулить до фонового уровня концентрации горючего хладагента, а аварийная сигнализация была настроена на 20% нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ). На фото показаны подходящие детекторы для УВ.



**Рисунок 5.3. Детекторы горючих газов**



**Рисунок 5.3. Порошковый огнетушитель**



**Рисунок 5.4. Углекислотный огнетушитель**

В зоне проведения работ также должен быть огнетушитель: порошковый (масса заряда не менее 2 кг) либо углекислотный эквивалентной емкости.

### Оборудование

С воспламеняющимися хладагентами можно безопасно использовать некоторые стандартные инструменты и оборудование, включая манометрические коллекторы. Обратите внимание: это не относится к R717.

Большинство стандартных вакуумных насосов безопасны для использования, поскольку, как правило, единственным потенциальным источником воспламенения является двухпозиционный выключатель. Кроме того, выбрасываемый насосом воспламеняющийся хладагент обычно безопасно рассеивается и не образует взрывоопасную зону при условии, что насос будет находиться в хорошо проветриваемом помещении. В разделе «Вакуумирование» ниже описывается, как можно избежать рисков, связанных с выключателем.



**Рисунок 5.5. Пример оборудования, используемого для технического обслуживания систем на УВ**

Стандартные станции сбора и рециклирования хладагентов нельзя безопасно использовать для извлечения воспламеняющихся хладагентов. В отличие от вакуумных насосов, станции рециклирования несут несколько источников воспламенения (например, двухпозиционные выключатели, реле, реле давления). Кроме того, утечка хладагента приведет к образованию взрывоопасной зоны вокруг станции. Этих рисков нельзя избежать, в связи с чем необходимо использовать надлежащую станцию рециклирования, указанную в разделе об извлечении хладагентов.

Большинство электронных течеискателей, используемых для определения утечек ГФУ и ГХФУ, небезопасны и нечувствительны к воспламеняющимся хладагентам, поэтому необходимо использовать специальные электронные течеискатели для горючих газов (или спрей для обнаружения утечек), в соответствии с описанием, приведенным в разделе «Определение утечек».

## Определение утечек

Системы на воспламеняющихся хладагентах необходимо проверять на герметичность при помощи безопасного и чувствительного оборудования:

- спрея для обнаружения утечек
- подходящего электронного детектора горючих газов (примеры показаны на фото ниже).

Если вы не можете обнаружить утечку при помощи этого оборудования, необходимо извлечь оставшееся количество хладагента и провести испытание системы на герметичность с применением азота или смеси азота с гелием или водородом.



Рисунок 5.6. Электронные УВ - течейскатели

## Извлечение и восстановление хладагентов

### Восстановление хладагента

Сбор воспламеняющихся хладагентов необходимо производить при помощи соответствующей станции рециклирования (например «Care Saver»); стандартные станции рециклирования, предназначенные для ГФУ-хладагентов, не пригодны. Обратите внимание: для извлечения R717 не предназначено.

- Вакуумируйте баллоны для сбора хладагента, для удаления воздуха перед заполнением их воспламеняющимся хладагентом.
- Не смешивайте воспламеняющиеся хладагенты с другими видами хладагентов в баллоне для сбора хладагента.
- При извлечении углеводородных хладагентов не заполняйте баллоны более чем на 45% от допустимой массы заправки ГФУ.
- Маркируйте баллон и укажите, что он содержит горючее вещество.



Рисунок 5.7. Станция рециклирования УВ, R 32 и R1234ze

### Удаление

Вакуумный насос необходимо проверить, чтобы убедиться, что двухпозиционный выключатель является единственным источником воспламенения. Если это так, то вакуумный

насос можно безопасно использовать с воспламеняющимся хладагентом (если двухпозиционный выключатель не используется):

- переведите выключатель в положение «включено» и включите насос в розетку, расположенную за пределами 3-метровой зоны и регулируйте режим работы при помощи розетки.
- расположите вакуумный насос в хорошо проветриваемом помещении или снаружи.

## **Распайка и пайка**

### **Распайка (отсоединение паяного соединения путем подачи тепла)**

С целью обеспечения безопасной распайки соединений необходимо:

- постоянно контролировать место проведения работ с помощью детектора воспламеняющихся хладагентов;
- обеспечить хорошее естественное или искусственное проветривание;
- извлечь воспламеняющийся хладагент из системы (см. раздел «Восстановление хладагента»), убедившись, что хладагент полностью извлечен из всей системы;
- обеспечить продолжительную работу станции рециклирования, чтобы система находилась под вакуумом, и из нее можно было извлечь максимальное количество хладагента;
- заполнить контур системы сухим азотом, не содержащим кислорода, до уровня избыточного давления 0,1 бар;
- подключить к системе шланг для выпуска УВ-хладагента;
- выполнить распайку соединений.

Перед распайкой соединений как на стороне высокого, так и на стороне низкого давления необходимо полностью извлечь хладагент из системы.

### **Пайка**

С целью обеспечения безопасного припаивания соединений необходимо:

- постоянно контролировать место проведения работ с помощью с помощью детектора воспламеняющихся хладагентов.
- обеспечить хорошее естественное или искусственное проветривание.
- обеспечить, чтобы при пайке соединений минимум одна точка доступа в контур системы была открыта, и контур продувался сухим азотом.

## **Заправка и замена компонентов системы**

### **Заправка хладагентом**

- Обеспечьте хорошее естественное или искусственное проветривание.
- Для УВ-систем используйте качественный УВ-хладагент, не используйте сжиженный углеводородный/топливный газ.
- Если заправочные шланги не откакумированы, аккуратно продуйте их (путем приоткрытия и закрытия вентиля баллона перед подключением их к системе).
- Не превышайте объем заправки хладагента, предусмотренный для системы (например, масса заправки УВ-хладагента составляет примерно 45% от массы заправки в аналогичной системе на ГФУ).

- Точно взвешивайте заправляемый хладагент при заправке систем с нормируемым объемом заправки. Допустимое отклонение обычно составляет  $\pm 5\%$ . Не регулируйте количество заправляемого хладагента самостоятельно, всегда руководствуйтесь нормами заправки, указанными производителем.

## Замена компонентов

- Производите замену электрических устройств и компрессоров **идентичными** компонентами.
- Обеспечьте надлежащую повторную герметизацию герметичных клеммных коробок перед вводом системы в эксплуатацию.
- Не изменяйте (не модифицируйте) компоненты и их расположение.

### 5.3. Принципы безопасной работы с R744 (диоксид углерода)

Основные отличительные особенности работы с R744 ассоциируются с высоким давлением, повышенным риском и вероятностью роста давления в закрытых объемах с жидким CO<sub>2</sub> с ростом температуры, а также проблемами, связанными с образованием в системе сухого льда.

#### Безопасные рабочие условия и средства индивидуальной защиты

В месте проведения работ необходимо обеспечить хорошее проветривание и постоянный приборный мониторинг уровня содержания CO<sub>2</sub> в воздухе (либо хотя бы с помощью персонального детектора). Стандартные уровни срабатывания сигнализатора:

- предварительное оповещение - при 1% концентрации, 10 000 ppm
- основное оповещение - при 2% концентрации, 20 000 ppm.

R744 – асфиксикант и может вызвать гипервентиляцию легких и дезориентацию.

Выпуск хладагента из системы, работающей на R744, необходимо производить в защитных наушниках.

Большинство систем на R744 имеют более сложную конструкцию, чем традиционные системы, поэтому перед началом работы с системой на R744 обязательно убедитесь, что вы знаете, как работает система и все ее компоненты, особенно запорные клапаны.

#### Сервисное оборудование и инструменты

Давление в транскритических системах может достигать 120 бар, а в каскадных системах, работающих ниже критической температуры - 45 бар. Давление в баллонах с CO<sub>2</sub> - высокое, например, при температуре баллона 40°C составляет 99 бар.

Инструменты и оборудование должны соответствовать давлению:

- шланги (в стальной обмотке, медные трубки или пневматический шланг);



Рисунок 5.9. Переходник для подключения к системе



Рисунок 5.8. Персональный детектор CO<sub>2</sub>



Рисунок 5.10. Надлежащий редуктор для опрессовки систем на R744



- манометры/манометрический коллектор;
- переходники/адаптеры для баллонов;
- редуктор давления азота и коллектор для испытания под давлением - может потребоваться испытание давлением на прочность при 132 барах (на фото показан надлежащий редуктор).



Рисунок 5.11. Баллон, подключенный к оборудованию для заправки

При подключении к системе необходимо обеспечить:

- отсутствие R744 в трубопроводах, переходниках и т.д.;
- при сработке предохранительного клапана выброс хладагента в безопасном направлении.

На фото показаны примеры подходящего для заправки хладагента оборудования.

### Определение утечек

Молекула CO<sub>2</sub> имеет меньший размер, чем молекулы ГФУ-хладагентов, и легче рассеивается. Этот фактор, а также более высокое давление, обуславливают более высокий потенциал возникновения утечек из систем на R744. Определение утечек осуществляется посредством:

- визуальной проверки (например, на наличие масляных пятен);
- спрея для обнаружения утечек;
- соответствующих электронных течеискателей (пример на фото). В атмосферном воздухе содержится CO<sub>2</sub>, поэтому они обнаруживают утечку при концентрации выше этого уровня.



Рисунок 5.12. Течеискатели R744



Рисунок 5.13. Переходник для подключения баллона

### Освобождение системы

Обычно производится выпуск, а не сбор R744, в связи с чем необходимо:

- производить выпуск в очень хорошо проветриваемом помещении или на открытом воздухе;
- учитывать риск возникновения асфиксии;
- учитывать очень высокий уровень шума (надеть защитные наушники);
- учитывать возможность образования сухого льда в системе (например, на клапанных пластинах) и в линии выпуска при достижении тройной точки. Сухой лед может блокировать линию выпуска, вследствие чего может быть выпущен весь хладагент;

- надеть перчатки - температура трубопроводов снизится;
- учитывать очень высокий уровень давления – закрепить линию выпуска, чтобы она не вибрировала;
- не оставлять систему без присмотра при выпуске CO<sub>2</sub>.

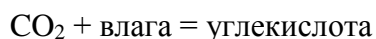
## Сухой лед

При образовании сухого льда давление падает до 0 бар. При испарении сухого льда давление резко повышается вследствие изменения состояния при одновременном повышении температуры. Перед вскрытием контура проверьте давление в системе. В случае образования сухого льда:

- не нагревайте его;
- отсоедините линию выпуска и следите за давлением в системе;
- вы увидите, когда сухой лед испарится - это может занять много времени;
- возобновите выпуск.

## Вакуумирование

Системы необходимо вакуумировать при наличии в системе воздуха после вскрытия или после опрессовки. Влага приводит к образованию кислот, которые вредны для систем:



Наличие воздуха в транскритических системах приводит к серьезным проблемам, поскольку он является неконденсирующимся газом и повышает давление в системе (это происходит во всех системах, но дополнительное давление наиболее опасно в системах на R744).

## Заправка

Многие системы на R744 оборудованы стационарной точкой заправки, что позволяет сократить использование баллонов (см. пример на фото). Соединяющая труба должна иметь либо вентиль только на одном конце (чтобы избежать запираания в ней жидкого хладагента), либо предохранительный клапан и всегда находиться под газом (не жидкостью).



Рисунок 5.14. Пример удаленной заправочной точки

При заправке системы R744 необходимо обеспечить:

- хорошее проветривание места проведения работ;
- использование CO<sub>2</sub>-хладагента надлежащего качества (например, R744);
- надежное закрепление баллонов в вертикальном положении, например, на соответствующей тележке;
- медленное открывание баллонов (помните, что высокое давление может опрокинуть баллон);
- тщательную продувку соединительных шлангов для удаления воздуха, влаги и других загрязняющих веществ.

Важно предотвратить образование сухого льда:



- заправляйте газ (из баллонов) до тех пор, пока давление в системе не превысит тройную точку 4,2 бар (например, заправка до 10 бар);
- далее заправьте жидкость (из баллонов или цистерны).

Для каскадных систем важно соблюдать последовательность заправки – необходимо сначала заправить и запустить сторону высокого давления.

После заправки хладагента необходимо убедиться, что R744 не остался в заправочном оборудовании или шлангах (для этого необходимо открыть все вентили на заправочном оборудовании). Не закрывайте вентили, пока не убедитесь, что в шлангах находится только газ R744 при низком давлении (например, 10 бар).

Во многих системах давление срабатывания предохранительного клапана, защищающего заправляемую часть системы, будет ниже давления R744 в баллоне. Заправку необходимо производить медленно и осторожно, чтобы предотвратить выброс хладагента из предохранительного клапана.

### Отсоединение/замена компонентов

Удаление R744 необходимо производить путем:

- выпуска (как описано выше);
- перемещения жидкости в другую часть системы; либо
- испарения жидкости (как описано ниже).

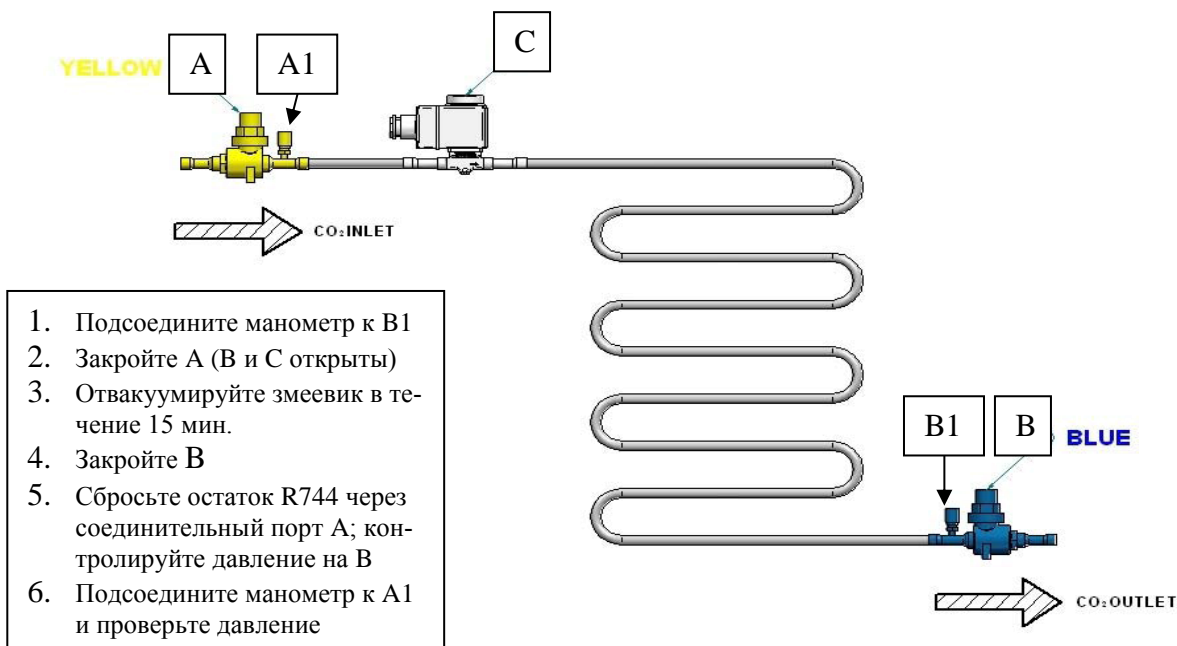


Рисунок 5.15. Удаление R744 из испарителя

Убедитесь, что вы ...

- не перекрыли участки с жидким R744;
- не использовали регулирующие вентили в качестве запорных клапанов;

- не производите паяльных и сварочных работ на трубах и комплектующих, содержащих R744.

Примечание: магнит может не открыть соленоидный клапан из-за очень высокого давления (прислушайтесь, чтобы убедиться, что он открылся).

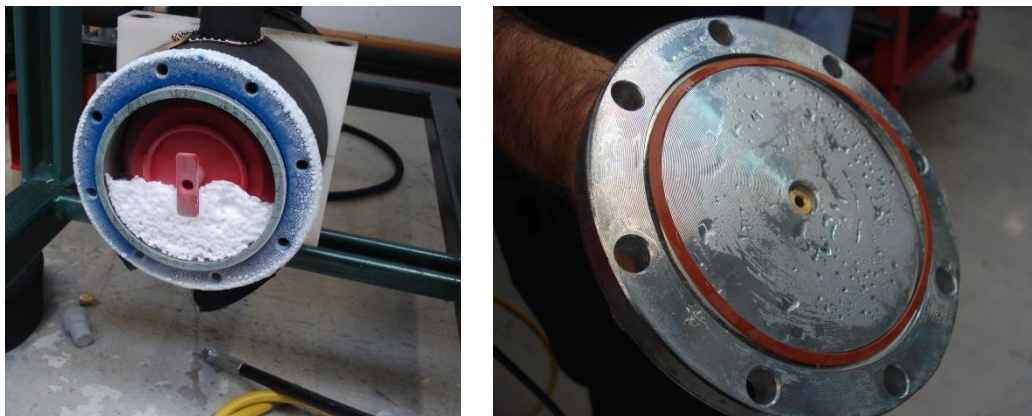


Рисунок 5.16. Пример образования сухого льда и влаги в корпусе осушителя

### Сухой лед

При выпуске R744 в системе может образовываться сухой лед.

Он очень холодный, поэтому при вскрытии контура поверхности очень холодные и на них быстро конденсируется влага. Образовавшуюся влагу необходимо как можно тщательнее удалить и отвакуумировать систему до ввода в эксплуатацию. На фото ниже показан пример образования сухого льда в процессе замены осушителя.

## 5.4. Принципы безопасной работы с R717 (аммиак)

### Безопасные рабочие условия и средства индивидуальной защиты

В дополнение к мерам предосторожности, предусмотренным при работе с другими воспламеняющимися хладагентами, может также потребоваться автономный дыхательный аппарат с открытым контуром (сжатый воздух). Перед использованием этого средства защиты вы должны пройти соответствующую подготовку.

При работе с R717 и очистке масла необходимо использовать средства индивидуальной защиты, которые должны включать в себя как минимум защитные перчатки с крагами от воздействия химических веществ, нужного размера защитные очки закрытого типа и противогаз с фильтрующей коробкой соответствующего типа.



Рисунок 5.17. Пример дыхательного аппарата

Необходимо обеспечить наличие раствора и условия для промывания глаз, а в случае объема заправки аммиака свыше 1 000 кг – аварийного душа с регулируемой температурой.

Все процедуры, предполагающие вскрытие контура, необходимо тщательно проанализировать и провести оценку рисков и планов производства работ с целью минимизации рисков для персонала. Очень важно обеспечить вентиляцию.

## Сервисное оборудование и инструменты

Все используемое оборудование должно быть пригодным для работы с R717. Нельзя использовать медные и латунные компоненты и фитинги. В целом, оборудование, используемое для ГФУ-хладагентов, **не** подходит для работы с R717. На фото показан вакуумный насос с ременным приводом, который подходит для работы с R717.

### Определение утечек

Определение утечек R717 может осуществляться посредством:

- визуальной проверки (например, на наличие масляных пятен);
- спрея для обнаружения утечек;
- соответствующего электронного течеискателя;
- фенолфталеиновой индикаторной бумаги.



Рисунок 5.18. Вакуумный насос, подходящий для работы с R717

### Удаление хладагента для проведения технического обслуживания

Для проведения технического обслуживания хладагент обычно откачивается в другую часть системы, либо в резервуар для хранения, при этом небольшое количество газа может быть выпущено. Для систем большой производительности имеются специализированные вакуумирующие устройства:

- для пара - как правило, компрессорно-конденсаторный агрегат, рассчитанный на низкое давление всасывания на приемном трубопроводе;
- для жидкости – насосный агрегат.



### Пример аммиачного циркуляционного насоса

#### Отделение масла

Поскольку аммиак не смешивается с минеральным маслом, любой смазочный материал, который поступает на сторону низкого давления холодильной системы, остается слоем

под аммиаком, если отсутствует система маслоотделения или масло не удаляется из системы. Поэтому из некоторых систем масло необходимо периодически извлекать вручную и дозировать новое масло.

Масло следует сливать в специальный открытый металлический контейнер и затем утилизировать в соответствии с действующими правилами обращения с отходами. Никогда не извлекайте масло из системы без предварительного вакуумирования и отключения компонента или части системы, из которой сливается масло.

В целях безопасности важно соблюдать установленную процедуру извлечения и обеспечить выполнение работ подготовленным и аттестованным специалистом.

## Вопросы самопроверки

Ответьте на несколько вопросов, чтобы проверить свои знания:

### Вопрос 1

Какой рекомендуемый радиус вокруг места проведения работ должен быть свободным от источников воспламенения при работе с R1270?

- V. 0,3 м
- VI. 1 м
- VII. 3 м
- VIII. 10 м

### Вопрос 2

Каким способом R744 извлекается из системы?

- I. Выпускается в хорошо проветриваемой зоне
- II. Извлекается при помощи станции рециклирования высокого давления
- III. Закачивается в баллоны высокого давления
- IV. Система вакуумируется

### Вопрос 3

Для какого хладагента особенно важно соблюдать вес заправки?

- I. R32
- II. R1234ze
- III. R744
- IV. R600a

### Вопрос 4

При выполнении работ, предполагающих вскрытие контура системы, работающей на воспламеняющемся хладагенте, зону проведения работ необходимо контролировать течеискателем. При каком проценте нижнего концентрационного предела воспламенения воспламеняющегося хладагента должна сработать сигнализация?

- I. 100%
- II. 20%
- III. 50%
- IV. 150%

## Глава 6. Ретрофит существующих систем на альтернативные хладагенты с низким ПГП

Далее представлена информация о вариантах замены R404A или R507 и других хладагентов с высоким ПГП в существующих системах на альтернативные хладагенты с более низким ПГП. Особое внимание уделяется появляющимся ГФО.

Обычно не рекомендуется осуществлять ретрофит существующих систем на аммиак, углеводороды и диоксид углерода из-за рисков для безопасности и несовместимости компонентов, смазочных материалов и трубопроводов.

Ретрофит на традиционные хладагенты с высоким ПГП также не рассматривается в этой главе, поскольку не является долгосрочным решением и его осуществление не рекомендуется.

### 6.1. Сокращение использования фторсодержащих газов

Регламент ЕС О фторсодержащих парниковых газах 2015 года включает в себя систему квот, в соответствии с которой с 2017 года вводится ограничение на поставку хладагентов с высоким ПГП, которые широко используются в секторе ОКВТН. В таблице ниже приведена информация о запланированном сокращении потребления ГФУ в Европе.

Таблица 6.1. Запланированное сокращении потребления ГФУ в Европе

Года	Снижение на %	Средний ПГП
2015	100%	2300
2015-17	93%	2139
2018-20	63%	1449
2021-23	45%	1035
2024-26	31%	713
2027-30	24%	552
2030	21%	483

Процент сокращения потребления ГФУ рассчитывается в эквиваленте CO<sub>2</sub>. Например, в 2018 году, если объем продаж хладагента будет таким же, как в 2015 году, его средний ПГП необходимо будет снизить до 1449. Или же объем продаж ГФУ может быть больше, если его средний ПГП ниже, и наоборот.

Результатом введения квот может стать недоступность или дефицит хладагентов с более высоким ПГП к 2018 году (это касается R404A, R507, R422D, группы R407 и R410A).

Эти хладагенты (за исключением R422D) все еще используются в новых системах, поэтому техническое обслуживание этих систем будет проблематичным задолго до ожидаемого окончания срока службы, особенно в случае утечек хладагента.



## График снижения: первый шаг в 2018 году



Рисунок 6.1. График снижения ГФУ в ЕС

### Сбор и повторное использование ГФУ

В соответствии с требованиями законодательства ГФУ-хладагенты, находящиеся в оборудовании в конце срока службы, должны быть рециклированы. Рециклирование хладагентов должен производить сертифицированный специалист. Станция сбора и рециклирования должна обеспечивать извлечение более 95% хладагента из системы. Извлеченные фторсодержащие газы могут быть:

- отправлены на лицензированное предприятие для уничтожения путем сжигания;
- отправлены на специализированное предприятие, которое сможет переработать старый хладагент с сохранением свойств исходного хладагента (получить «восстановленный хладагент»);
- очищены, если возможно, методом «рециклинга хладагента» для повторного использования.

ГФУ-хладагенты, отправленные на восстановление, могут сохранять свои исходные свойства, однако, если хладагент очень сильно загрязнен и не может быть восстановлен, он должен быть отправлен на уничтожение. Некоторые специализированные предприятия не могут обеспечить разделение смешанных хладагентов, поэтому важно не смешивать хладагенты, извлекаемые из различных систем в одном баллоне для сбора хладагента.

### 6.2. Возможности конверсии

Большинство альтернативных хладагентов, включенных в перечни Программы «Real Alternatives», не в полной мере пригодны для ретрофита существующих систем из-за их воспламеняемости, токсичности и/или высокого рабочего давления. Поставщики хладагентов занимаются разработкой ряда смесевых хладагентов на основе ГФО (R1234ze и R1234yf), которые предназначены для перевода существующих систем.

Ассортимент ГФО-смесей постоянно расширяется, поскольку все больше поставщиков занимаются их разработкой. Каждая смесь разрабатывается для конкретного сектора применения и замены конкретных хладагентов, используемых в секторе. Например, уже доступны хладагенты для замены:

- R134a в среднетемпературных системах;
- R404A в средне- и низкотемпературных стационарных установках;
- R404A в среднетемпературном транспортном холодильном оборудовании;
- R404A в низкотемпературных системах;
- R404A в кондиционерах и тепловых насосах.

Смеси, которые подходят для замены R404A, также пригодны для замены хладагентов группы R407.

Стандарт EN 378 содержит рекомендации по ретрофиту (замене) хладагентов (на которых основывается приведенная ниже информация).

При выборе замещающего хладагента необходимо учитывать следующие критерии:

- **воспламеняемость** - некоторые ГФО-смеси обладают низкой воспламеняемостью (группа опасности A2L) и поэтому могут быть непригодны для большинства существующих систем (дополнительная информация о группах опасности содержится в Главе 1 «Альтернативные хладагенты. Введение» и Главе 2 «Безопасность и управление рисками»);
- **производительность** - если существующая система имеет запас по производительности, то незначительное снижение удельной холодопроизводительности может быть вполне приемлемо. Снижение энергоэффективности не допускается;
- **давление** – если с новым хладагентом рабочее давление, либо давление в контуре неработающей системы будет выше, это может повлиять на максимально-допустимое давление (PS) системы. Потребуется тарировка на новое давление предохранительных клапанов, а также перенастройка имеющихся реле давлений. Еще более важно провести оценку системы в соответствии с Директивой ЕС по оборудованию, работающему под давлением, поскольку замена хладагента является существенным изменением в системе. Существует возможность сохранения максимально-допустимого давления (PS) системы даже при условии более высокого рабочего давления нового хладагента. Разница между максимальным рабочим давлением либо давлением в контуре неработающей системы и максимально-допустимым давлением (PS) выступит определяющим фактором необходимости повышения максимально-допустимого давления (PS) системы, переведенной на альтернативный хладагент;
- **температура нагнетания** - у многих смесей температура нагнетания будет выше, чем у используемого хладагента, и это может вызвать проблемы, особенно в низкотемпературных системах;
- **температурный глайд** - многие смеси имеют высокий температурный глайд, поэтому будет необходимо проверить и отрегулировать терморегулирующие вентили (ТРВ). Хладагенты с высоким температурным глайдом могут быть непригодны для некоторых систем (например, с затопленным испарителем);
- **масло** – как правило, необходимо проверять масло, используемое в существующей системе, на совместимость с замещающим хладагентом;



- **совместимость компонентов** – перед проведением ретрофита необходимо проконсультироваться с производителем оригинального оборудования о совместимости таких компонентов, как компрессор, конденсатор, теплообменник и т.д., для того, чтобы не лишиться никаких гарантий и убедиться, что учтены проектная производительность и изменение удельной холодопроизводительности;
- **пропускная способность предохранительных клапанов** – при использовании альтернативных хладагентов могут потребоваться предохранительные клапаны с более высокой пропускной способностью;
- **токовая нагрузка** – могут потребоваться двигатели и распределительные устройства более высокой токовой нагрузки, чем используемые в существующей системе.

Существует программное обеспечение, с помощью которого можно моделировать последствия возможной замены хладагента, и которое может быть полезным при принятии решений.

### Процедура ретрофита

Представленная ниже общая процедура ретрофита может быть адаптирована для конкретных систем.

1. Зафиксируйте рабочие температуру, давление и потребление тока в системе с существующим хладагентом;
2. Исправьте все выявленные проблемы;
3. Произведите опрессовку системы и устраните все обнаруженные утечки;
4. Извлеките хладагент и отправьте его на восстановление или утилизацию. Не производите выпуск хладагента;
5. При необходимости произведите замену компонентов (в частности уплотнений, которые могут стать причиной утечек хладагента после проведения ретрофита);
6. Испытайте систему на герметичность под азотом;
7. Вакуумируйте систему;
8. Заправьте систему новым хладагентом (вес заправки может отличаться из-за разности плотности);
9. При необходимости отрегулируйте контрольные и защитные устройства;
10. Внесите соответствующие изменения в идентификационные таблички и документацию;
11. Проверьте и зафиксируйте рабочие температуру, давление и потребление тока в системе с замещающим хладагентом.

Также может возникнуть необходимость замены компрессорного масла, хотя в большинстве систем на альтернативных хладагентах используется такое же масло, как и в системах на ГФУ.

### 6.3. Доступные хладагенты

В настоящее время отсутствуют однокомпонентные хладагенты с низким ПГП, которые можно было бы использовать для замены ГФУ (например, R404A). Производители и поставщики хладагентов разрабатывают новые ГФО-смеси, поэтому перечень доступных хладагентов быстро меняется. Обратитесь к вашим поставщикам для получения актуальной информации о доступных и пригодных смесях.

Для получения дополнительной информации о свойствах ГФО-хладагентов см. Главу 1 «Альтернативные хладагенты. Введение» и Главу 2 «Безопасность и управление рисками».

Разные производители предлагают множество очень похожих смесей с аналогичными базовыми компонентами и незначительными отличиями ПГП и рабочих параметров. Некоторые из них могут быть недоступны в отдельных странах. Альтернативные хладагенты с низким ПГП обладают низкой воспламеняемостью, при этом ПГП невоспламеняющихся альтернативных хладагентов, как правило, выше.

**Таблица 6.2. Примеры доступных для выполнения ретрофита хладагентов, номера которым были присвоены ASHRAE, по состоянию на февраль 2017 г.**

Хладагент	Состав	ПГП	Замещает	Группа опасности
<b>R450A</b>	R1234ze/R134a	605	R134a BT и CT	A1
<b>R456A</b>	R32/R1234ze/R134a	687	R134a	A1
<b>R513A</b>	R1234yf/R134a	631	R134a BT и CT	A1
<b>R513B</b>	R1234yf/R134a	596	R134a	A1
<b>R448A</b>	R32/R125/R1234yf/R134a/R1234ze	1386	R404A CT и HT	A1
<b>R449A</b>	R32/R125/R1234yf/R134a	1397	R404A CT и HT	A1
<b>R449B</b>	R32/R125/R1234yf/R134a	1412	R404A	A1
<b>R452A</b>	R32/R125/R1234yf	2141	R404A CT и HT, в транспортных холодильных системах	A1
<b>R452C</b>	R32/R125/R1234yf	2220	R404A	A1
<b>R460A</b>	R32/R125/R1234ze/R134a	2103	R404A	A1
<b>R460B</b>	R32/R125/R1234ze/R134a	1352	R404A	A1
<b>R444A</b>	R32/R152a/R1234ze	92	R134a	A2L
<b>R445A</b>	R32/R152a/R1234ze	90	R134a CT	A2L
<b>R454C</b>	R32/R1234yf	148	R404A	A2L
<b>R455A</b>	R744/R32/R1234yf	145	R404A группа R407	A2L
<b>R457A</b>	R32/R1234yf/R152a	139	R404A	A2L
<b>R459B</b>	R32/R1234yf/R1234ze	144	R404A	A2L
<b>R407A</b>	R32/R125/R134a	2107	R404A	A1
<b>R407F</b>	R32/R125/R134a	1825	R404A	A1
<b>R407H</b>	R32/R125/R134a	1378	R404A	A1

BT – высокотемпературные системы, включая кондиционеры и тепловые насосы

CT – среднетемпературные системы

HT – низкотемпературные системы.

В настоящее время отсутствует невоспламеняющаяся альтернатива R410 (для перевода систем на R410A нельзя использовать R32).

## Глава 7. Законодательство и стандарты по альтернативным хладагентам

Эта глава содержит информацию об основных требованиях законодательства при работе с альтернативными хладагентами с низким ППП. В нем приведен общий обзор наиболее актуальных законодательных актов и стандартов. В зависимости от хладагента и сектора применения могут быть предусмотрены дополнительные требования.

Представлена информация о наиболее важных законодательных актах и стандартах, действие которых распространяется на холодильное и кондиционерное оборудование на альтернативных хладагентах.

### 7.1. Основные стандарты

#### Стандарт EN 378 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды» (редакция 2016 г.)

Это «горизонтальный стандарт<sup>28</sup>», действие которого распространяется на большинство холодильных и кондиционерных систем и тепловых насосов. В таблице ниже приведены четыре части Стандарта и отмечены некоторые положения, которые наиболее актуальны с точки зрения отличительных особенностей альтернативных хладагентов.

Таблица 7.1. Стандарт EN 378

Документ	Название	Область регулирования (относительно альтернативных хладагентов)
EN378-1:2016	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Основные требования, определения, классификация и критерии выбора	Практический предел концентрации хладагента (ППНЧ) Максимальный объем заправки хладагента
EN378-2:2016	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Проектирование, конструкция, испытания, маркировка и документация	Защита от высокого давления (взрыва) Вентилируемые корпуса Имитация утечки из систем на воспламеняющихся хладагентах
EN378-3:2016	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Размещение оборудования и защита персонала	Требования к машинным отделениям Системы (датчики) обнаружения хладагента
EN378-4:2016	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей	Ремонт систем на воспламеняющихся хладагентах

<sup>28</sup> Горизонтальный стандарт включает в себя основные принципы, правила, терминологию или технические характеристики

	шей среды. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт, сбор и восстановление	Компетенция персонала, работающего с системами на воспламеняющихся хладагентах
--	--	--

## Стандарт ISO817 «Хладагенты. Система обозначений и классификация по безопасности»

Этот международный стандарт содержит точную систему нумерации и классификацию воспламеняемости и токсичности хладагентов.

**Примечание.** В зависимости от сектора применения хладагента могут применяться другие стандарты. Этот перечень не является исчерпывающим.

### 7.2. Фторсодержащие парниковые газы

#### Обзор Регламента «F-газы»

Регламент (ЕС) №517/2014 «F-газы» распространяется на ГФУ, включая R32. В таблице приведен обзор Регламента:

**Таблица 7.2. Обзор Регламента «F-газы»**

<b>Определение утечек</b>	<b>Регулярные проверки наличия признаков утечек; применение автоматических систем определения утечек в системах большой производительности.</b>
<b>Сбор и восстановление хладагента</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сбор и восстановление хладагента при проведении технического обслуживания и ремонта систем, а также по окончании срока службы.</li> </ul>
<b>Отчетность</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ведение соответствующих журналов учета работы оборудования, содержащего 3 или более кг фторсодержащих парниковых газов.</li> </ul>
<b>Обучение и сертификация</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Привлечение персонала, обладающего соответствующей квалификацией.</li> <li>Все компании (включая индивидуальных предпринимателей), чей персонал работает с оборудованием, содержащим или предназначенным для использования фторсодержащих парниковых газов, должны пройти сертификацию.</li> <li>Персонал компаний, осуществляющих поставку фторсодержащих парниковых газов, должен обладать, соответствующей квалификацией для проведения проверки наличия признаков утечек, сбора и рециклинга хладагентов, монтажа, ремонта или технического обслуживания оборудования.</li> <li>Хладагент в баллонах может поставляться только тем компаниям или физическим лицам, которые имеют сертификат на выполнение работ с оборудованием, содержащим фторсодержащие парниковые газы.</li> <li>Предоставление информации об альтернативах ГФУ с высоким ПГП.</li> </ul>
<b>Другое</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Иные меры, включая маркировку нового оборудования и график поэтапного сокращения поставок ГФУ-хладагентов в Европе.</li> </ul>

## Контроль утечек фторсодержащих парниковых газов

Периодичность проведения испытаний на герметичность приведена в таблице 3 (с примерами объемов заправки R32).

**Таблица 7.3. Периодичность проведения испытаний на герметичность**

Объем заправки	Периодичность проведения испытаний на герметичность
от 5* до 50 тонн в эквиваленте CO <sub>2</sub> Например, для R32 от 7,4 до 74 кг	1 раз в год 1 раз в 2 года при наличии стационарной системы определения утечек
от 50 до 500 тонн в эквиваленте CO <sub>2</sub> Например, для R32 74 ÷ 741 кг	2 раза в год 1 раз в год при наличии стационарной системы определения утечек
500 и более тонн в эквиваленте CO <sub>2</sub> Необходима установка стационарной системы определения утечек Например, для R 32 это более 741 кг	4 раза в год 2 раза в год при наличии стационарной системы определения утечек

\*10 тонн в эквиваленте CO<sub>2</sub> для герметичных систем. Требование вступило в силу 1 января 2017 г.

Для существующего оборудования, содержащего 500 и более тонн хладагента в эквиваленте CO<sub>2</sub>, необходимо установить стационарную систему определения утечек, которая будет сигнализировать об утечке оператору системы или сервисной компании, и должна проверяться один раз в год.

Также было внесено изменение в требование о ведении журналов учета работы систем (с 3 кг объема заправки систем на ГФУ на эквивалентный объем заправки в размере 5 тонн в эквиваленте CO<sub>2</sub>).

### Обучение и сертификация для выполнения работ с оборудованием, содержащим фторсодержащие парниковые газы

Квалификация для выполнения работ с оборудованием, содержащим фторсодержащие парниковые газы, присвоенная в соответствии с Регламентом ЕС № 303/2008, остается действительной в течение срока, на который была присвоена. Однако существует дополнительное требование, в соответствии с которым программы сертификации и обучения должны включать в себя:

*«Информацию о соответствующих технологиях замены или сокращения использования фторсодержащих парниковых газов и безопасного обращения с ними».*

Это, скорее всего, также относится к углеводородным хладагентам, R744, R717 и ГФО. Ожидается дополнительное разъяснение Комиссии в части этих требований (по состоянию на март 2015 г.).

### Техническое обслуживание оборудования, содержащего фторсодержащие парниковые газы

С 1 января 2020 года вводится запрет на использование фторсодержащих парниковых газов с ПГП > 2500 при проведении технического обслуживания систем, содержащих более

40 тонн хладагента в эквиваленте CO<sub>2</sub>. Предусмотрено исключение - рециклированные или восстановленные хладагенты могут использоваться до 1 января 2030 г.

### Запрет на размещение на рынке

Осуществляется постепенный вывод из обращения некоторых ГФУ, в зависимости от ПГП и сектора применения. Наиболее распространенные ГФУ приведены в таблице 4 ниже.

**Таблица 7.4. Запрет на использование некоторых ГФУ**

Запрет вступает в силу с 1 января:	Сектор применения	Запрет касается хладагентов с ПГП выше:
2015 г.	Бытовые холодильники, морозильники	150
2020 г.	Торговое холодильное оборудование, морозильники	2500
2022 г.	Торговое холодильное оборудование, морозильники	150
2020 г.	Большинство стационарных систем на ГФУ	2500
2022 г.	Системы централизованного холодоснабжения с удельной холодопроизводительностью свыше 40 кВт (В верхней ступени каскадных систем могут использоваться ГФУ с ПГП до 1500)	150
2020 г.	Мобильные кондиционеры	150
2025 г.	Одиночные сплит-системы кондиционирования воздуха с объемом заправки менее 3 кг	750

Примечание: это касается новых систем, реализуемых после указанной даты, а не уже существующих.

### Предварительно заправленные хладагентом системы

Монтаж негерметичных, предварительно заправленных систем может осуществляться только компанией, в штате которой есть компетентные инженеры. Они должны иметь квалификацию для выполнения работ с оборудованием, содержащим фторсодержащие парниковые газы. Примером такой системы является сплит-система кондиционирования воздуха, наружный блок которой предварительно заправлен хладагентом.

### 7.3. Законодательное регулирование воспламеняющихся хладагентов

Существуют дополнительные Регламенты и стандарты, которые распространяются на проектирование и комплектующие систем на воспламеняющихся хладагентах.

Приведенные ниже документы содержат рекомендации по работе с системами на воспламеняющихся хладагентах.

**Таблица 7.5. Нормативные документы по воспламеняющимся хладагентам**

Документ	Название	Область регулирования (относительно воспламеняющихся хладагентов)
<b>EN60079-0:2012+A1 2013</b>	Взрывоопасные среды. Оборудование. Общие требования	Классификация горючих газов Классификация зон оборудования
<b>EN60079-10-1:2015</b>	Взрывоопасные среды. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды	Зоны и классификация оборудования Имитация утечки Требования к движению воздуха
<b>EN60079-14:2014</b>	Взрывоопасные среды. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок	Расположение источников воспламенения Электропроводка
<b>EN60079-15:2010</b>	Взрывоопасные среды. Оборудование с видом взрывозащиты "n"	Электрооборудование и оболочки для потенциально взрывоопасных зон Маркировка электрооборудования
<b>EN 378</b>	Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды	См. раздел, посвященный стандарту EN 378
<b>EN60335-2-24:2010</b>	Приборы электрические бытового и аналогичного назначения. Безопасность. Часть 2-24: Частные требования к холодильным аппаратам, морозильникам и льдогенераторам.	Системы с объемом заправки воспламеняющегося хладагента менее 150 г.
<b>EN60335-2-40:2012</b>	Бытовые и аналогичные электрические приборы. Частные требования к электрическим тепловым насосам, кондиционерам и осушителям	Проектирование, использование и обслуживание кондиционеров на воспламеняющихся хладагентах.
<b>EN60335-2-89:2010</b>	Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 2-89. Частные требования к торговому холодильному оборудованию со встроенным или дистанционным узлом конденсации хладагента или компрессором для предприятий общественного питания.	Системы с объемом заправки воспламеняющегося хладагента менее 150 г, имитация утечки для классификации размещения.

### **Правила обращения с опасными веществами и проведения работ во взрывоопасной среде**

Работодатели и индивидуальные предприниматели должны обеспечить защиту персонала от рисков для безопасности, связанных с возникновением пожара, взрыва и подобных событий на рабочем месте. Также необходимо обеспечить безопасность населения, которое может подвергаться риску в результате проведения работ. Работодатели должны:



- установить, какие опасные вещества применяются на производстве, а также риски возникновения пожара и взрыва;
- внедрить меры контроля для устранения этих рисков или, если это невозможно, для обеспечения их контроля;
- внедрить меры контроля с целью уменьшения последствий любых аварий, связанных с опасными веществами;
- разработать планы и порядок действий в случае возникновения аварии, несчастного случая и чрезвычайной ситуации, связанных с опасными веществами;
- обеспечить надлежащее информирование и обучение сотрудников контролю или устранению рисков, связанных с опасными веществами;
- определить и классифицировать рабочие зоны, где могут возникнуть взрывоопасные среды, и устранить в них источники воспламенения (например, в незащищенном оборудовании).

## Глава 8. Аспекты экономики, экологии, безопасности и надежности в контексте утечек альтернативных хладагентов

Глава 8 содержит вводную информацию об оценке финансовых, экологических затрат, а также затрат, связанных с рисками для безопасности и надежности в случае утечек хладагента и не заменяет практической подготовки и навыков.

Ниже представлена информация о затратах, связанных с утечками хладагента. Негерметичное оборудование:

- имеет меньшую удельную холодопроизводительность (в таком случае производительность может не соответствовать нагрузке);
- может потреблять больше энергии (что имеет косвенное влияние на окружающую среду);
- менее надежно (не полностью заправленная система работает более интенсивно и, как результат, более подвержена возникновению неисправностей);
- содержит больше рисков для безопасности - все хладагенты - асфиксианты, многие альтернативные хладагенты являются воспламеняющимися, а R717 - также токсичен.

Большинство альтернативных хладагентов имеют низкий потенциал глобального потепления, при этом другие последствия утечек (например, в отношении энергопотребления) аналогичны последствиям утечек традиционных хладагентов. Таким образом, утечки являются важным фактором и должны быть минимизированы независимо от типа хладагента.

### 8.1 Влияние утечек хладагентов на окружающую среду и работу холодильного и кондиционерного оборудования

Утечки хладагентов имеют двойное влияние на изменение климата:

- прямое влияние (если хладагент имеет потенциал глобального потепления);
- косвенное влияние (связанное с повышением энергопотребления).

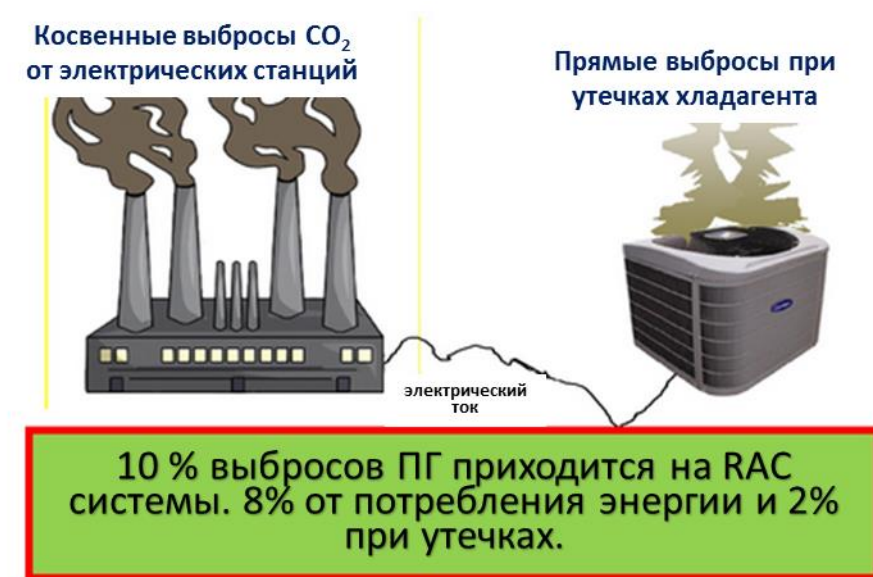
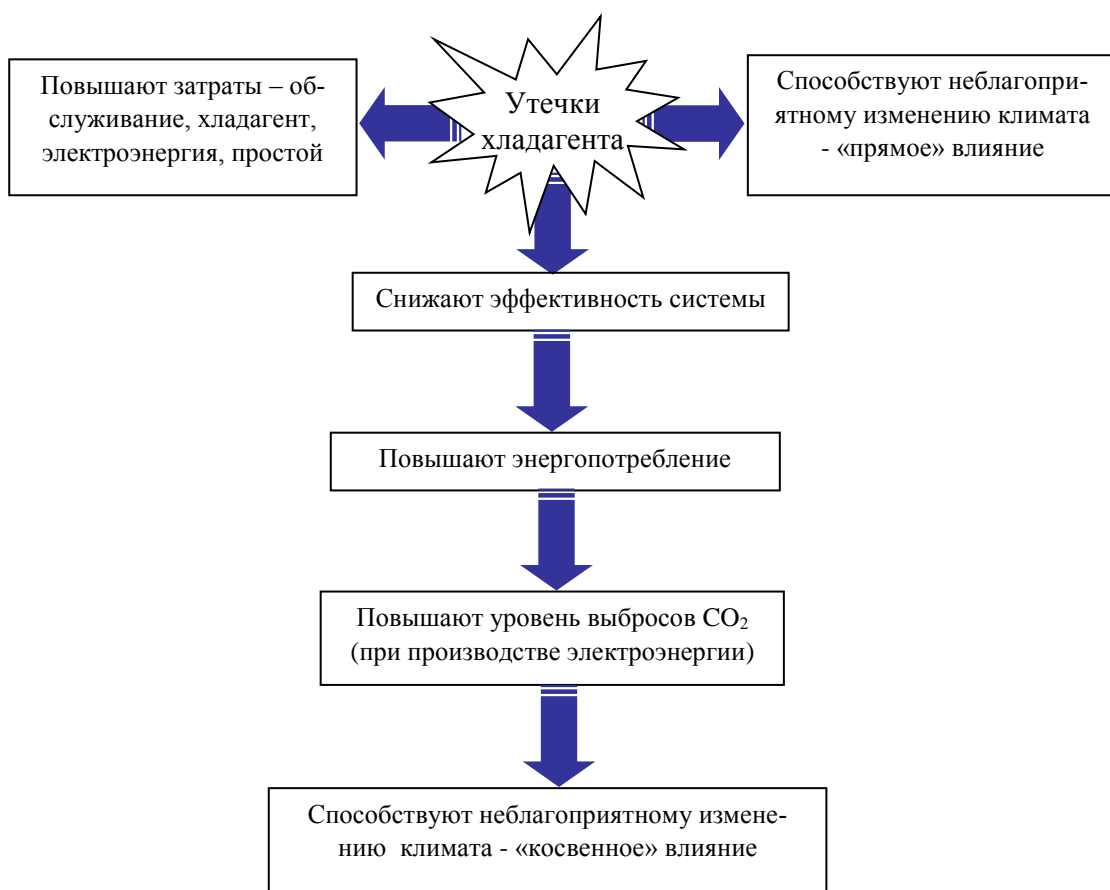


Рисунок 8.1. влияние хладагентов на изменение климата



Общий уровень выбросов CO<sub>2</sub> системы учитывает объем утечек хладагента и количество потребляемой системой электроэнергией.

Следующий раздел содержит дополнительную информацию об этом. Кроме того, в Главе 1 представлена информация о полном эквивалентном вкладе в парниковый эффект (TEWI).

### Потенциал глобального потепления (ПГП)

Потенциал глобального потепления (ПГП) хладагента - коэффициент, определяющий степень воздействия объемов эмиссии парникового газа (например, ГФУ-хладагента) на глобальное потепление. Это относительная шкала, позволяющая сравнить количество рассматриваемого газа с соответствующим по оказываемому воздействию количеством двуокиси углерода (ПГП которого принят равным 1). ПГП оценивается за определенный промежуток времени, который нужно всегда указывать при указании значения ПГП, иначе показатель не имеет смысла.

ГФУ, обладающие высоким ПГП, активно поглощают инфракрасное излучение и имеют большую продолжительность жизни в атмосфере.

Таблица 8.1. Значения ПГП альтернативных хладагентов

	Тип	Ключевые факторы	ПГП	Обычное применение
R744	Двуокись углерода, CO <sub>2</sub>	высокое давление	1	торговое холодильное оборудование, тепловые

				насосы, встроенные холодильные агрегаты
R717	Аммиак, NH <sub>3</sub>	токсичность и средняя воспламеняемость	0	промышленные системы
R32	Гидрофторуглероды, ГФУ	низкая воспламеняемость	675	сплит системы
R1234ze	Ненасыщенные ГФУ (олефины, ГФО)	низкая воспламеняемость	7	чиллеры, сплит системы, встроенные холодильные агрегаты
R600a	Изобутан, C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	высокая воспламеняемость	3	бытовые и небольшие торговые системы
R290	Пропан, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	высокая воспламеняемость	3	чиллеры, встроенные холодильные агрегаты
R1270	Пропилен, C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	высокая воспламеняемость	3	чиллеры, встроенные холодильные агрегаты

### ПГП и эквивалент диоксида углерода

Эквивалент диоксида углерода – это величина, позволяющая определить для данного конкретного состава и объема парникового газа, количество CO<sub>2</sub>, которое имеет такой же потенциал глобального потепления (ПГП) при воздействии в течение определенного промежутка времени (как правило, 100 лет). Эквивалент диоксида углерода рассчитывается путем умножения массы (веса) газа на его ПГП.

Обычно используются следующие единицы измерения:

- килограмм диоксида углерода (кг CO<sub>2</sub>э).
- тонна эквивалента диоксида углерода (т CO<sub>2</sub>э).
- миллион тонн эквивалента диоксида углерода (млн. т CO<sub>2</sub>э).

Например, ПГП R290 (пропан) за 100 лет составляет 3, а R32 - 675. Это означает, что утечка:

- 1 тонны R290 эквивалентна выбросу 3 тонн двуокиси углерода (т CO<sub>2</sub>э).
- 1 тонны R32 эквивалентна выбросу 675 тонн двуокиси углерода (т CO<sub>2</sub>э).

### Расчет воздействия на окружающую среду, причиняемого утечками хладагентов

Прямое влияние утечек на изменение климата рассчитывается путем умножения ПГП хладагента на объем эмиссии хладагента за определенный промежуток времени. Ниже приводятся два примера:

**Таблица 8.2. Прямое влияние утечек на изменение климата**

	Пример А Традиционная ГФУ система	Пример Б система с хладагентом с низким ПГП
Хладагент	R404a	R32
Объем заправки	10 кг	10 кг
ПГП	3922	675
Зарегистрированная утечка	За 12 месяцев обе системы заправлялись на 2 кг для восполнения утечки. Утечка составила 20%.	
Общее прямое влияние	$2 \cdot 3922 = 7822 \text{ CO}_2\text{э}$	$2 \cdot 675 = 1350 \text{ CO}_2\text{э}$

### Сравнение ущерба, причиняемого утечками хладагентов, с другими опасными для окружающей среды видами деятельности

Рекомендуется соотносить воздействие утечек хладагента и других видов деятельности, которые влияют на изменение климата, например, эксплуатации автомобиля. Эта информация позволяет сравнивать влияние утечек хладагента и различных видов деятельности (таких как вождение автомобиля, полет на самолете, использование приборов и т.д.) на изменение климата.

В примере В выше прямое влияние утечки 2 кг R32 составляет 1350 CO<sub>2</sub>э - это приравнивается к 6750 км пробега автомобиля (при расходе 0,200 кг CO<sub>2</sub> на км для среднего автомобиля с бензиновым двигателем).

### Косвенное влияние

До этого рассматривалось только прямое влияние утечек; косвенное влияние обусловлено менее эффективной работой системы, вследствие недостаточного количества хладагента. Эти аспекты рассматриваются в следующем разделе – в отношении большинства альтернативных хладагентов косвенное влияние может быть более значительным, чем прямое.

## 8.2 Определение финансовых затрат, связанных с утечками хладагента

Очень сложно точно рассчитать общие финансовые затраты, связанные с утечками. Ниже приведены составляющие затрат:

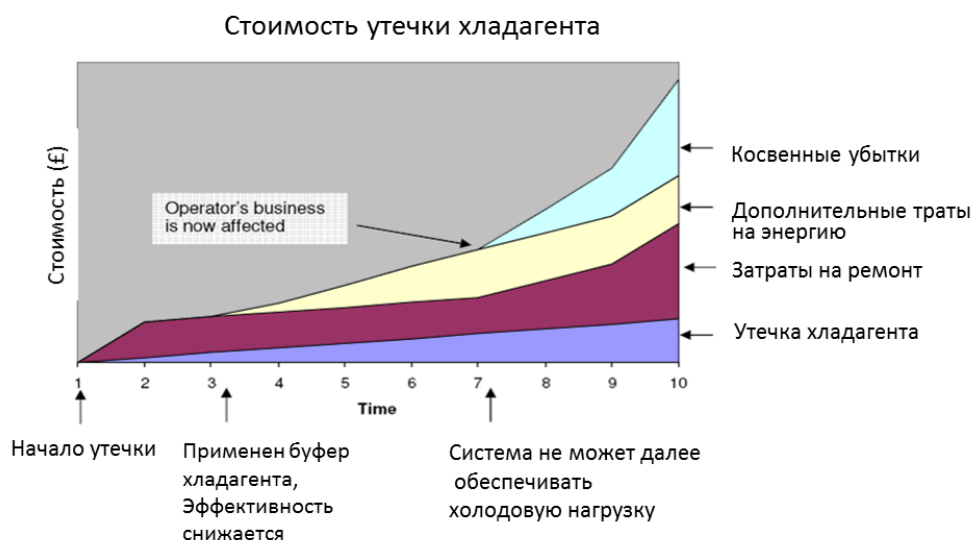
**Таблица 8.3. Стандартные затраты на хладагент**

Хладагент	Стандартная цена евро/кг	Хладагент	Стандартная цена евро/кг
<b>R744</b>	3,75	<b>R600a</b>	9,30
<b>R717</b>	1,50	<b>R290</b>	11,90
<b>R32</b>	7,50	<b>R1270</b>	12,40
<b>R1234ze</b>	37,50		

- хладагент – затраты на хладагент легко рассчитать на основании закупочной цены и используемого количества хладагента (примечание: закупочные цены значительно отличаются и зависят от скидки, предоставляемой поставщиком). Ориентировочные стандартные затраты приведены в таблице 1;

- стоимость работ (включая материалы) по определению и устранению утечек и дозаправке системы хладагентом – эти данные доступны на основании отчетов о проведении технического обслуживания, однако они могут сильно отличаться в зависимости от вида работ по устранению утечки, местоположения и величины утечки, а также типа системы;
- дополнительные эксплуатационные затраты, связанные с недостаточным количеством хладагента в системе - их может быть очень сложно оценить, поскольку разные системы имеют разную зависимость между энергопотреблением и объемом заправки, и пока недостаточно практической информации (пример приведен далее);
- вынужденный простой оборудования и косвенные потери – эти данные имеются в наличии у некоторых конечных потребителей, но они значительно отличаются.

Затраты будут зависеть от того, насколько быстро будет обнаружена и устранена утечка (см. диаграмму ниже).



**Рисунок 8.2. Затраты, связанные с утечкой хладагента**

### Рост эксплуатационных затрат

Между утечками и энергоэффективностью нет прямой зависимости - влияние утечек хладагента на энергопотребление может сильно отличаться в зависимости от типа системы, как показано в таблице ниже.

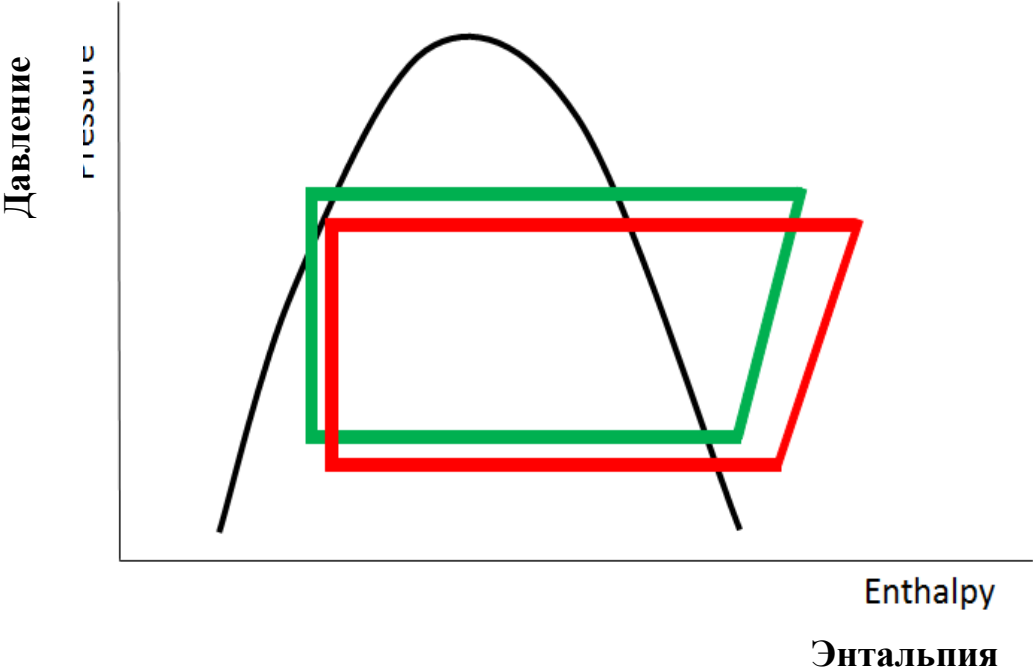
Тип системы	Влияние утечек
Система малой производительности без ресивера жидкого хладагента (т.е. система с нормированным объемом заправки), например, многие агрегатированные системы, сплит-системы кондиционирования воздуха.	Потеря даже 5% объема заправки приведет к снижению эффективности, поскольку хладагент в жидкостном трубопроводе будет скорее насыщенным, чем переохлажденным, в связи с чем в испаритель будет поступать меньший объем жидкого хладагента. Это приведет к снижению давления на всасывающем трубопроводе и, соответственно, температуры насыщения паров. Снижение температуры испарения даже на 1°C приведет к снижению эффективности (и увеличению энергопотребления) на 2 - 4%.
Простое оборудование с выносным холодом, испарителем и ресивером жидкого хладагента, например, торговое холодильное	В ресивере содержится резервный запас хладагента, который требуется только при чрезвычайных условиях эксплуатации (например, при максимальной нагрузке и максимальной температуре окружающей

<p>оборудование малой производительности, холодильные камеры, жидкостные чиллеры.</p>	<p>среды). Утечка резервного запаса хладагента приведет к последствиям, аналогичным описанным выше. Время, необходимое для достижения критического объема заправки, зависит от интенсивности утечки, нагрузки и температуры окружающей среды. Потери резервного запаса не повлияют на энергопотребление (но существуют потенциальные риски для безопасности и окружающей среды).</p>
<p>Системы централизованного холодоснабжения с несколькими компрессорами и испарителями, например, системы большой производительности в супермаркетах, промышленное холодильное оборудование.</p>	<p>Как и в случае описанного выше простого оборудования, утечка резервного запаса хладагента не повлияет на производительность. В этом случае в самый отдаленный испаритель поступит недостаточное количество хладагента, а электромагнитный вентиль будет открыт дольше для достижения необходимой холодопроизводительности. По мере продолжения утечки, во все большее количество испарителей будет поступать недостаточный объем хладагента. В результате, чтобы обеспечить необходимую холодопроизводительность установка должна будет работать дольше.</p>

**Демонстрация влияния утечек с помощью диаграммы «давление-энтальпия»**

На рисунке ниже показано, как утечки хладагента могут влиять на производительность системы (диаграмма «давление-энтальпия»). В частности видно, что утечка хладагента приводит к снижению нагнетания и давления на входе в компрессор, увеличивая при этом перегрев.

**Влияние утечек**



**Рисунок 8.3. Влияние утечек хладагента на разные типы систем**



На графике ниже показано определенное в ходе ряда экспериментальных исследований влияние утечек на коэффициент преобразования (COP). Можно видеть, что уменьшение объема хладагента в контуре теплового насоса на 10% может привести к снижению коэффициента преобразования на 10%. Кроме того, это приводит к снижению удельной холодопроизводительности.

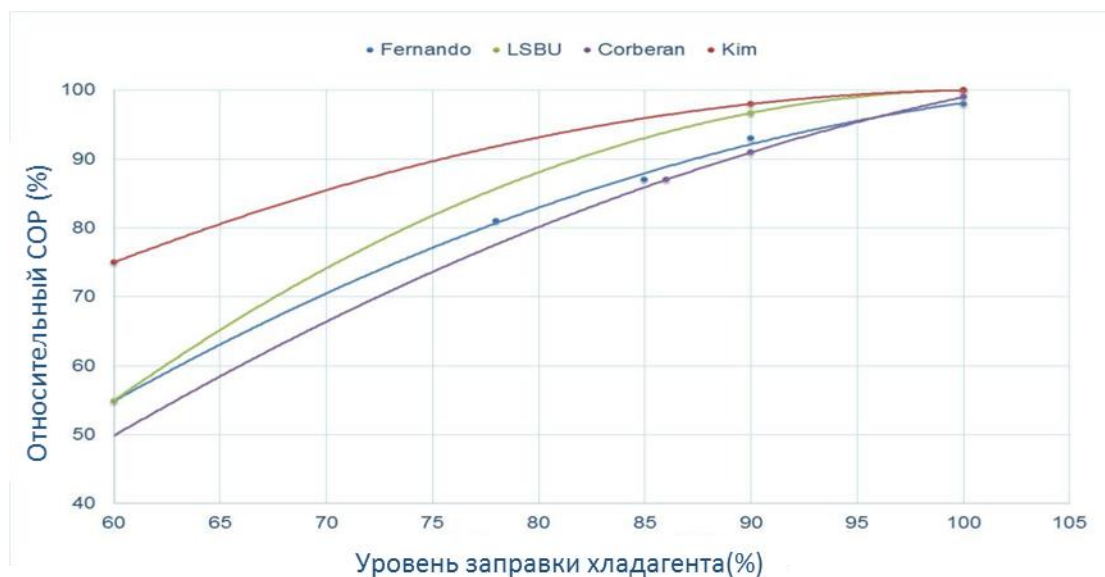


Рисунок 8.4. Отчет DECC о влиянии утечек хладагента из тепловых насосов (апрель 2014 г.)

## Рост удельного энергопотребления, при утечке хладагента

### Пример 1

Ниже приведен пример простого оборудования с выносным холодом и одним испарителем. Это низкотемпературная холодильная камера с нагрузкой 10 кВт. При полном объеме заправки хладагента система имеет следующие рабочие условия:

- температура испарения:  $-25^{\circ}\text{C}$ ;
- перегрев: 5 К;
- температура хладагента на линии всасывания:  $-15^{\circ}\text{C}$ ;
- переохлаждение: 7 К;
- перепад температур на конденсаторе: 10 К.

Производительность системы представлена в таблице ниже:

Таблица 8.4. Производительность системы

	Полностью заправленная система	Недостаточно заправленная система
<b>Производительность, кВт</b>	12,9	<b>9,9</b>
<b>Энергопотребление, кВт</b>	8,2	<b>8,0</b>
<b>Коэффициент преобразования (COP)*</b>	1,56	<b>1,24</b>
<b>Годовые затраты на эксплуатацию</b>	<b>5725 евро</b>	<b>6955 евро</b>

\* Коэффициент преобразования (COP) - производительность / энергопотребление.

В таблице выше приведены годовые затраты на энергоресурсы, рассчитанные на основании эксплуатации системы при полной нагрузке в течение одного года и стоимости электроэнергии в размере 0,175 евро/кВт и отражено значительное увеличение эксплуатационных затрат для недостаточно заправленной системы.

Чтобы точно определить увеличение затрат в связи с утечкой хладагента из системы приведенного выше типа, необходимо знать:

- проектные рабочие параметры;
- рабочие параметры при недостаточном объеме хладагента (они могут меняться в зависимости от продолжительности утечки);
- время, в течение которого в системе был недостаточный объем хладагента;
- влияние недостаточного объема хладагента на рабочие условия;
- характеристики системы/компрессора, температуру окружающей среды и нагрузку для расчета производительности и эксплуатационных расходов для системы с полным и недостаточным объемом заправки хладагента.

Для многих систем эти данные доступны не в полном объеме, но часто оценку можно провести на основании данных, приведенных в таблице выше.

Кроме того, может снизиться удельная холодопроизводительность, в результате система не будет обеспечивать требуемую холодопроизводительность.

## Пример 2

На приведенных ниже графиках показаны результаты исследования, направленного на определение влияния утечек на работу простой системы:

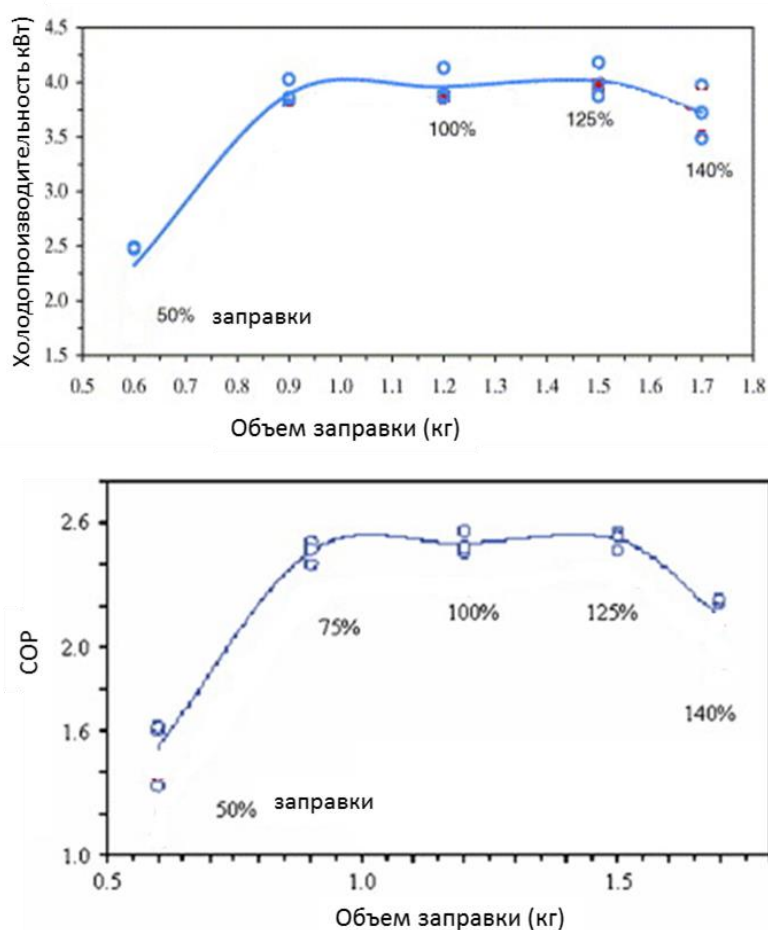


Рисунок 8.5. Определение влияния утечек на работу простой системы

Неэффективная работа системы может быть вызвана многими причинами, при этом часто существует возможность повышения эффективности системы за счет внедрения простых, экономически эффективных решений.

### 8.3 Безопасность

Использование всех альтернативных хладагентов связано с рисками для безопасности, которые возникают в случае утечки хладагента. В таблице ниже приведены риски, связанные с альтернативными хладагентами.

**Таблица 8.5. Риски, связанные с альтернативными хладагентами**

	Тип	Основные риски
<b>R744</b>	Диоксид углерода, CO <sub>2</sub>	Асфиксикант. Высокое рабочее давление и давление в отключенной системе. Контакт с жидким хладагентом или сухим льдом приведет к обморожению.
<b>R717</b>	Аммиак, NH <sub>3</sub>	Токсичен Обладает низкой воспламеняемостью. Асфиксикант. Контакт с жидким хладагентом приведет к обморожению.
<b>R32</b>	Гидрофторуглерод, ГФУ	Обладают низкой воспламеняемостью.
<b>R1234ze</b>	Ненасыщенный ГФУ (гидрофторолефин, ГФО)	Асфиксиканты. Контакт с жидким хладагентом приведет к обморожению.
<b>R600a</b>	Изобутан, C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> , углеводород (УВ)	Обладают высокой воспламеняемостью.
<b>R290</b>	Пропан, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , углеводород (УВ)	Асфиксиканты.
<b>R1270</b>	Пропилен, C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> , углеводород (УВ)	Контакт с жидким хладагентом приведет к обморожению.

Необходимо обеспечить обнаружение газов, если в случае утечки может быть превышена опасная концентрация. Например:

- в пунктах 8 и 9 Части 3 стандарта EN 378 определены специальные требования относительно обнаружения газов. В пункте 9.1 указано, что «если концентрация может превысить практический предел ... детекторы должны как минимум активировать сигнализацию».
- в отношении воспламеняющихся хладагентов, таких как R717, R290 и R1270, сигнализация должна срабатывать на уровне концентрации не более 25% от нижнего концентрационного предела воспламенения.

Если в оценке рисков указывается, что в месте размещения оборудования (например, машинном отделении или других помещениях, особенно тех, где работает персонал) «опасная

концентрация может быть превышена» - в отношении, как воспламеняемости, так и токсичности - необходимо обеспечить обнаружение газов. Важно обеспечить бесперебойную работу оборудования для обнаружения, а также периодически проверять его функционирование (например, ежегодно).

#### 8.4 Доводы в пользу снижения объемов утечек

Снижение объема утечек дает ряд преимуществ для хозяйственной деятельности, а также финансовых и экологических преимуществ. Преимущества для хозяйственной деятельности включают в себя:

- ✓ соблюдение законодательства, включая Регламент «F-газы»;
- ✓ улучшение «зеленых» показателей;
- ✓ сокращение времени простоя производства / увеличение объема продаж / повышение комфорта персонала в результате повышения надежности;
- ✓ снижение рисков для здоровья и безопасности при использовании холодильного или кондиционерного оборудования - непосредственно из-за сокращения утечек хладагента, а для оборудования для пищевых продуктов – косвенно, в результате повышения надежности.

Кроме того, существует ряд финансовых преимуществ:

- ✓ снижение затрат на приобретение хладагента;
- ✓ снижение затрат на техническое обслуживание;
- ✓ снижение затрат, связанных с простоем оборудования;
- ✓ отсутствие снижения энергоэффективности из-за недостатка хладагента.

Эти затраты, возможно, необходимо будет отнести на дополнительное техническое обслуживание или капитальные затраты, но разница обычно положительная.

Экологические преимущества сопутствуют приведенным выше преимуществам, и включают в себя:

- ✓ более эффективную работу холодильного и кондиционерного оборудования и, как результат, снижение выбросов CO<sub>2</sub> производителем электроэнергии;
- ✓ сокращение выбросов парниковых газов.

#### 8.5 Инструменты учета использования хладагента

Рабочий журнал технического состояния холодильного оборудования может помочь владельцам в выполнении обязательных требований Регламентов «F-газы» и обеспечить учет потерь хладагента и расчеты затрат для всех хладагентов (в том числе альтернативных).

Рабочий журнал технического состояния холодильной системы включает в себя:

- электронный журнал учета технического состояния холодильной системы, предназначенный для регистрации параметров работы оборудования, использования хладагента, результатов проверок на герметичность, обслуживания и ремонта систем (до 10 разных систем).

- калькулятор эмиссий ПГ в эквиваленте CO<sub>2</sub> и затрат, позволяющий по данным электронного журнала оценить эффективность использования хладагента с предоставлением результата оценки в графическом и табличном форматах. Актуальные значения ППП приводятся автоматически.
- инструмент сводной отчетности, объединяющий данные о выбросах из всех систем на объекте в одной таблице.
- график расхода хладагента, предназначенный для определения приоритетности технического обслуживания и устранения утечек.

### Пример 1. Коэффициенты расчета эмиссий CO<sub>2</sub> при сжигании топлива

	Перевод в выбросы CO <sub>2</sub> (на основании высшей теплотворной способности) <sup>29</sup>	
Вид топлива	Единица измерения	Коэффициент расчета выбросов кг CO <sub>2</sub> экв./ единица измерения
Электроэнергия от энергосистемы	кВт/ч	0,412
Природный газ	кВт/ч	0,184
	терм	5,392
Сжиженный газ	кВт/ч	0,214
	терм	6,288
	л	1,505
Дизельное топливо	т	3,108
	кВт/ч	0,246
	л	2,611
Бензин	т	2,993
	кВт/ч	0,233
	л	2,197

Автомобили с бензиновым и дизельным двигателем	кг CO <sub>2</sub> экв./ миля	кг CO <sub>2</sub> экв./ км
Автомобиль с объемом бензинового двигателя до 1,4 л	0,258	0,160
Автомобиль с объемом бензинового двигателя 1,4 - 2 л	0,322	0,200
Автомобиль с объемом бензинового двигателя более 2 л	0,474	0,295
Автомобиль с объемом дизельного двигателя до 1,7 л	0,236	0,147
Автомобиль с объемом дизельного двигателя 1,7 - 2 л	0,286	0,177
Автомобиль с объемом дизельного двигателя более 2 л	0,362	0,255

<sup>29</sup> Коэффициенты эмиссий рассчитываются на основании высшей теплотворной способности, указанной поставщиками энергоресурсов

<b>Вид общественного транспорта</b>	<b>кг СО<sub>2</sub>экв. / пассажиро-километр</b>
Средний автобус городского и междугородного сообщения	0,102
Национальные железные дороги	0,049
Длинный международный авиарейс	0,020
Короткий международный авиарейс	0,018
Внутренний авиарейс	0,1030

## Глава 9. Обследование объектов и рекомендации по сокращению утечек альтернативных хладагентов

Глава 9 содержит общую информацию о проведении обследований объектов, рекомендации для заказчиков по разработке планов мероприятий по предотвращению утечек и не заменяет практической подготовки и навыков.

Глава включает в себя принципы структурирования и фиксации результатов обследований объектов для дальнейшей разработки эффективных мероприятий по сокращению утечек. Также приводятся рекомендации по подготовке отчетов и использованию соответствующих шаблонов.

Прежде чем начать работу с этой главой или внедрять представленные рекомендации, вам необходимо изучить Главы 1-8. В результате вы будете иметь возможность:

- проводить эффективные обследования объектов;
- проводить оценку возможностей усовершенствования систем для снижения рисков возникновения утечек;
- проводить оценку рисков возникновения утечек и возможностей для сокращения утечек;
- рассчитывать объем заправки хладагента в системе, используя калькулятор объема заправки и другие методы;
- осуществлять регистрацию и оценку результатов обследований объектов, используя рекомендуемый бланк регистрации результатов;
- предоставлять заказчикам рекомендации по сокращению утечек хладагента на их объектах;
- составлять практические отчеты о проведении обследований объектов для заказчиков;
- оценивать эффективность обследований объектов и отслеживать меры, предпринимаемые для сокращения и предотвращения утечек хладагентов.

### 9.1 Обследования объектов.

#### Цель проведения обследований объектов

Целью проведения обследований объектов является сбор информации о холодильном и кондиционерном оборудовании, включая:

- возраст и состояние оборудования;
- техническое обслуживание и ремонт;
- текущую интенсивность и потенциал возникновения утечек;
- места возникновения утечек.

Эти данные, вкуче с общей информацией, представленной в брошюре, позволят вам разработать план мероприятий по сокращению утечек хладагента из обследованных систем. Шаблоны, включенные в этой Главе, помогут вам зафиксировать собранную информацию и составить отчеты и рекомендации.

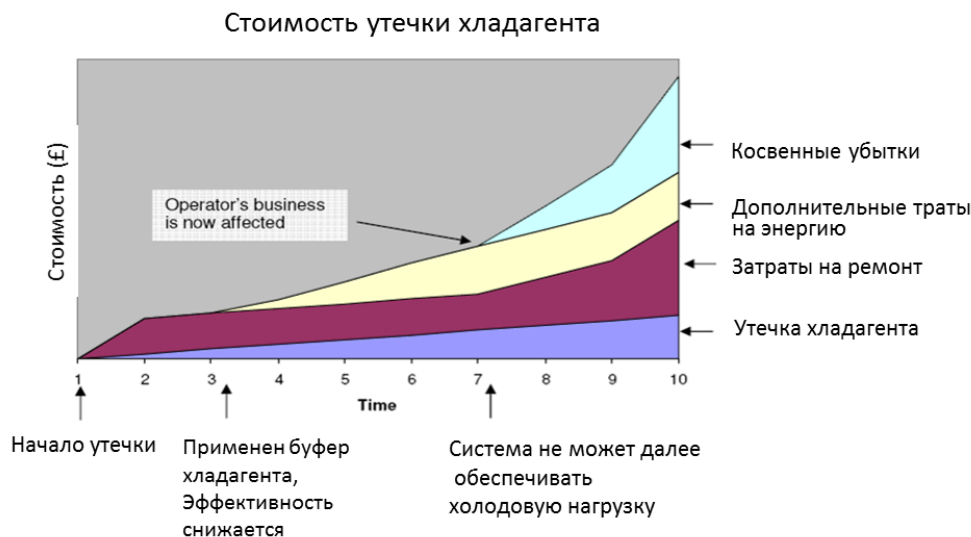
Особенно целесообразно обследовать системы, которые имеют высокую интенсивность утечек, а именно:

- системы централизованного холодоснабжения на R744 (которые используются во многих супермаркетах);
- системы, с раздельным расположением компрессорно-конденсаторного агрегата (на R717, R744, R32 или R1234ze);



- сплит-системы кондиционирования воздуха (включая VRV и VRF, в которых может использоваться R32).

Агрегатированное оборудование обычно имеет низкий потенциал возникновения утечек, поэтому, как правило, обследовать его нецелесообразно. Многие системы замкнутого охлаждения, например чиллеры, также в большинстве случаев имеют низкую интенсивность утечек.



**Рисунок 9.1. Затраты, связанные с утечкой хладагента**

## 9.2 Процедура проведения обследований объектов

### Общие принципы

Стандартная процедура проведения обследований включает в себя:

- определение мест проведения обследований, например, совместно с заказчиками или конечными пользователями, которые смогут воспользоваться преимуществами данной услуги;
- описание заказчику процедуры и возможного результата обследований;
- сбор информации о месте проведения обследований, включая журналы учета использования хладагентов и проведения технического обслуживания и ремонта оборудования (при наличии);
- проведение обследований;
- анализ возможностей сокращения утечек (используйте информацию из Глав 1-7);
- разработку плана мероприятий по сокращению утечек хладагента для заказчика;
- организацию встречи с заказчиком для обсуждения плана мероприятий и наиболее эффективных мер по его внедрению.

### Разъяснение процедуры

Для получения доступа к месту размещения холодильного оборудования важно объяснить конечным пользователям преимущества проведения обследований, а также то, как это будет способствовать повышению производительности системы, снижению затрат и влияния на окружающую среду оборудования сектора ОКВТН. Существует шаблон письма-запроса на проведение обследований, в котором:

- подчеркивается важность сокращения утечек всех типов хладагентов;

- содержится разъяснение процедуры проведения обследований, необходимости получения доступа к холодильному и кондиционерному оборудованию, а также соответствующей информации;
- изложены потенциальные преимущества проведения обследований и процедура отчетности о результатах обследований.

## Проведение обследования

Обследование включает в себя визуальный осмотр и проверку герметичности системы, которые лягут в основу отчета о проведении обследований и плана мероприятий по сокращению утечек. Для составления отчета необходимо использовать данные журнала обследований, а сам отчет оформить согласно шаблону.

Шаблон отчета о проведении обследований, который необходимо использовать при оформлении результатов, не нуждается в разъяснениях. Большая часть информации, которую необходимо включить в отчет, основывается на:

- результатах визуального осмотра системы, который включает в себя косвенную оценку уровня заправки хладагента;
- данных об использовании хладагента (журнал учета использования R32);
- результатах опроса сотрудников относительно надежности и проблем, связанных с работой оборудования;
- результатах проверки герметичности системы при помощи электронного течеискателя.

При отсутствии информации об объеме заправки хладагента может возникнуть необходимость проведения соответствующей оценки объема заправки.

Обследование включает в себя проверку герметичности системы, которая не является полноценным испытанием на герметичность (если это не является требованием конечного пользователя). При этом необходимо проверить большинство соединений.

Для этого следует:

- использовать портативный, безопасный и чувствительный к хладагенту электронный течеискатель;
- проверить точность течеискателя при помощи стандартного образца контроля утечки;
- проверить герметичность максимального количества соединений, к которым есть доступ, включая места частого возникновения утечек, такие как реле давления и линии выпуска предохранительных клапанов.

## Снижение утечек хладагента

**Отчет об осмотре места**

**Название места и адрес**

**Дата**

Авторы: **ФИО и организация**

Содержание

1. Краткое описание	страница
2. Введение	страница
3. Обобщение информации об осмотре	страница
4. Соответствие законодательству	страница
5. Рекомендуемая стратегия по снижению утечек	страница
6. Следующие шаги	страница

Для сбора данных необходимо использовать журнал обследований, который можно распечатать и заполнять вручную на месте (с последующим внесением данных в бланк регистрации результатов обследований). Также можно сразу заполнять электронный бланк регистрации результатов в ходе проведения обследований.

### **Важная роль объема заправки хладагента**

Для выражения интенсивности утечек в виде ежегодного процента потерь может быть полезно соотносить утечки с объемом заправки хладагента (объемом загрузки). Например, интенсивность утечек хладагента на уровне 20 кг в год в системе с объемом заправки 40 кг - это 50% годовых потерь хладагента. Это позволяет определить эффективность систем и сравнить интенсивность утечек с типичными значениями, в результате чего можно выявить и принять меры в отношении проблемных систем.

***Необходимый объем заправки - это минимальный объем заправки хладагента, который необходим для обеспечения работы системы с переохлажденной жидкостью на входе во все дроссельные устройства в пределах всего диапазона нагрузок и условий окружающей среды.***

Объем заправки хладагента некоторых систем превышает требуемый, - резерв хладагента находится в ресивере высокого давления. В случае утечки происходит потеря необходимого резерва хладагента до того, как возникнет нехватка хладагента в трубопроводе (на что будет указывать нестабильный сигнал уровнемера, установленного на трубопроводе), и снизится производительность. Технически, объем хладагента в системе не превышает необходимый, поскольку отсутствует скопление жидкости в конденсаторе, а также увеличение давления конденсации. Однако необходимости в резерве хладагента нет, а его наличие увеличивает потенциальное прямое влияние на окружающую среду в случае утечки.

Некоторые системы не полностью заправлены хладагентом вследствие несоблюдения требований относительно необходимого объема заправки при вводе в эксплуатацию или проведении технического обслуживания и ремонта. Зачастую это происходит, если система заправляется до максимальной отметки уровнемера трубопровода при неполной нагрузке. Таким образом, система является достаточно заправленной при низкой нагрузке, однако при увеличении нагрузки и, соответственно, расхода жидкого хладагента, возникает его нехватка.

У систем, оснащенных ресиверами высокого давления, имеется значительный рабочий диапазон объема заправки хладагента.

### **9.3 Разработка плана мероприятий по предотвращению утечек**

Аспекты, которые изложены ниже, могут быть включены в план мероприятий (при этом не все из них будут актуальны в отношении всех систем; возможно наличие другой информации о конкретном оборудовании, которую можно использовать).

Исходная информация, необходимая для разработки плана мероприятий, вкуче с ключевыми результатами обследований объекта, включает в себя:

- текущую интенсивность утечек и интенсивность утечек за период эксплуатации системы;
- текущий объем технического обслуживания и ремонта и его влияние - положительное и отрицательное - на интенсивность утечек;
- возраст и состояние оборудования;
- соблюдение Регламента «F-газы» (при необходимости).

Рекомендации по улучшению технического обслуживания и ремонта включают в себя:

- внесение изменений в текущую процедуру технического обслуживания и ремонта или, при необходимости, разработку новой процедуры;
- увеличение частоты определения утечек и использование различного оборудования для определения утечек;
- проведение полного технического обслуживания (например, комплексного определения утечек, заглушки клапанов и замены мелких компонентов и соединений).

Рекомендации по модификации или замене компонентов или систем могут включать в себя:

- усовершенствование конструкции трубопроводов;
- изменение типа соединений (например, использование паяных соединений вместо механических);
- изменение типа используемых компонентов;
- замену системы;
- улучшение доступа.

Для разработки практического плана мероприятий необходимо использовать следующую информацию:

- текущую интенсивность утечек и интенсивность утечек за период эксплуатации системы;
- текущий объем технического обслуживания и ремонта;
- соблюдение Регламента «F-газы» (при необходимости);
- тип, возраст и состояние оборудования;
- потенциал возникновения утечек.

### Учет интенсивности утечек

#### Текущая интенсивность утечек и интенсивность утечек за период эксплуатации системы

Это включает в себя данные журнала учета использования хладагента и результаты проведенной проверки герметичности в ходе обследований объекта. На основании этой информации можно определить:

- годовую интенсивность утечек в процентах от объема заправки системы;
- места возникновения утечек и, в частности, проблемные зоны повторного возникновения утечек;
- причины возникновения утечек - внешние повреждения, нарушения в работе системы или потери хладагента;
- соответствие процедур определения утечек требованиям Регламента «F-газы» (R32) и/или типу установки.



Существуют различные причины утечек. Если утечки были вызваны повреждением внешнего контура системы, например, вилочным погрузчиком, необходимо определить уязвимые части системы и рекомендовать защитные меры. Высокая интенсивность утечек обычно обусловлена гидроударами, например, в трубопроводе. Для определения потенциала возникновения утечек высокой интенсивности необходимо изучить схему трубопроводов, креплений и устранить вибрацию.». Стандарт EN 378 содержит рекомендации по предотвращению утечек высокой интенсивности.

## Текущий объем технического обслуживания и ремонта

Сведения об объеме технического обслуживания и ремонта можно получить в результате визуального осмотра системы и анализа журнала учета технического обслуживания и ремонта. Проведение технического обслуживания и ремонта важно для минимизации утечек хладагента. Процедура обслуживания должна соответствовать возрасту, состоянию и типу системы. Используйте информацию о проведении технического обслуживания и ремонта для минимизации утечек (Глава 4) для разработки рекомендуемого плана мероприятий.



В дополнение к проведению надлежащего ремонта очень важно обеспечить надлежащее техническое обслуживание, которое включает в себя:

- заглушку заправочных клапанов;
- замену прокладок при снятии крышек, фланцев и т.д.;
- замену предохранительных клапанов после сработки;
- проверку и замену изоляции (при необходимости).

### Соблюдение Регламента «F-газы»

Операторы систем (как правило, конечные пользователи) несут ответственность за соблюдение требований Регламента «F-газы», при этом последняя редакция Регламента предусматривает новые требования для специалистов, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт систем (см. список требований к подрядчикам (AREA) в разделе «Дополнительные ресурсы»).

План мероприятий по сокращению утечек должен содержать рекомендации по периодичности контроля утечек в соответствии с Регламентом «F-газы» (если применимо), а также принципами использования других ГФУ-хладагентов, однако их следует рассматривать как минимальное требование - для многих систем целесообразно чаще проводить определение утечек. В частности это касается систем:

- с большим количеством соединений;
- в которых есть механические соединения, например, вальцовочные соединения;
- для которых характерна высокая интенсивность утечек (например, системы централизованного холодоснабжения на R744);
- с компрессорами открытого типа.

### Тип, возраст, состояние системы и потенциал возникновения утечек

При разработке плана мероприятий по сокращению утечек необходимо учитывать возраст и состояние системы. Инвестиции в модернизацию систем, срок эксплуатации которых заканчивается, не являются экономически эффективными. Необходимо проанализировать возможности доступа к оборудованию – при затрудненном доступе невозможно проводить техническое обслуживание и ремонт. Аспекты безопасности и охраны труда также могут повлиять на окупаемость понесенных затрат.

### Потенциал возникновения утечек

Помимо изучения текущей интенсивности утечек и интенсивности утечек за период эксплуатации системы, необходимо проанализировать потенциал возникновения утечек в будущем. Для этого необходимо проверить:

- наличие вибрации и ее надлежащего устранения;
- схему трубопроводов и креплений;
- возможность соприкосновения труб;
- возможность повреждения компрессора;
- тип соединений.

## 9.4 Представление планов мероприятий по сокращению утечек

### Подготовка отчетов и рекомендаций

Для обеспечения внедрения разработанного плана мероприятий необходимо обеспечить его надлежащее представление (в форме отчета).



Отчет должен включать в себя:

- информацию о влиянии утечек с указанием хладагентов, утечки которых имеют наибольшее влияние (при этом необходимо помнить, что важно обеспечить сокращение утечек всех типов хладагентов);
- сведения о типичной интенсивности утечек для обследуемого типа систем, а также преимуществах или недостатках таких систем, по сравнению с аналогичными системами на традиционных хладагентах;
- информацию о методах и основных результатах обследования, включая фото;
- оценку соответствия данных об использовании хладагента;
- рекомендованную стратегию сокращения утечек;
- обоснование сокращения утечек (при необходимости);
- дальнейшие действия.

После предоставления отчета необходимо, по возможности, организовать встречу с ведущими специалистами для представления практических рекомендаций по внедрению плана мероприятий и разработки порядка действий. Для проверки эффективности плана мероприятий целесообразно провести дополнительное обследование объекта.

### Пример 1. Определение массы хладагента для заправки

Необходимую массу хладагента для заправки можно рассчитать на основании:

- количества хладагента в испарителях и конденсаторах. Такая информация, как правило, предоставляется производителем (в кг, литрах, по объему);
- объема жидкостной линии, трубопровода конденсата (между выходом из конденсатора и входом ресивера), а также любых других трубопроводов, содержащих жидкий хладагент;
- вместимости (объема) ресивера при заполнении на 25%, а также других емкостей, содержащих жидкий хладагент.

Обычно нет необходимости анализировать объем трубопроводов и емкостей, которые содержат только газообразный хладагент, поскольку он составляет очень небольшую долю общего объема заправки.