

РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПРОПАНА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ ГХФУ 22 В ХОЛОДИЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ И В КОНДИЦИОНЕРАХ



БИШКЕК 2017

УДК _____
ББК _____

Руководство по применению пропана в качестве альтернативы ГХФУ 22 в холодильном оборудовании и в кондиционерах, г. Бишкек. Б.: 2016 – 67 с.

В данном руководстве рассмотрены свойства пропана, сравнение параметров цикла охлаждения и эксплуатационных характеристик пропана с R 22, меры безопасности при проектировании и изготовлении холодильных систем, работающих на пропане, классификация холодильных систем по европейскому стандарту EN 378 -1, требования для охлаждающих систем с использованием вторичных теплообменников, дополнительные требования к оборудованию обусловленные использованием ВХА пропана.

Значительное внимание уделено технике безопасности при работе с пропаном в качестве хладагента.

Данная публикация рекомендуется специалистам холодильной отрасли, обслуживающим холодильное оборудование на пропане, требующего принятия дополнительных мер безопасности в связи присутствующими горючими и взрывоопасными свойствами.

Руководство также рекомендуется в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специальности «специалист холодильной отрасли».

ISBN _____

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ОРП - озоноразрушающий потенциал

ПГП – потенциал глобального потепления

ГХФУ – гидрохлорфторуглерод

ГФУ – гидрофторуглерод

УВ – углеводород

ВХА – воспламеняющийся хладагент

КП – холодильный коэффициент (коэффициент производительности)

НКПВ – нижний концентрационный предел взрываемости

ПППЧ – практический предел пребывания человека

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1. Свойства пропана

- 1.1 Физические свойства пропана
- 1.2 Сопоставление пропана с основными хладагентами, используемыми в торговом холодильном оборудовании
- 1.3 Совместимость со смазочными маслами
- 1.4 Нормальная температура кипения
- 1.5 Критическая точка
- 1.6 Давление насыщенного пара
- 1.7 Скрытая теплота парообразования
- 1.8 Плотность

2. Сравнение параметров цикла охлаждения и эксплуатационных характеристик пропана с R 22

- 2.1 Степень сжатия
- 2.2 Удельная объёмная холодопроизводительность
- 2.3 Удельный расход энергии
- 2.4 Эффективность компрессора
- 2.5 Переохлаждение
- 2.6 Перегрев
- 2.7 Температура нагнетания
- 2.8 Падение давления
- 2.9 Холодильный коэффициент
- 2.10 Холодопроизводительность

3. Основные элементы холодильной машины

- 3.1 Испарители и конденсаторы
- 3.2 Компрессоры
- 3.3 Расширительное устройство
- 3.4осушители

4. Меры безопасности при проектировании и изготовлении холодильных систем, работающих на пропане

- 4.1 Стандарты безопасности, связанные с воспламеняемостью пропана
- 4.2 Требования безопасности к холодильным системам с заправкой не более 150 грамм
 - 4.2.1 Маркировка и инструкции
 - 4.2.2 Отличительные особенности технологии изготовления и испытания холодильного оборудования, заправляемого ВХА пропаном. Испытание приборов давлением и испытания с имитацией утечки хладагента Испытание двигателей вентиляторов с заторможенным ротором
- 4.3 Требования безопасности к холодильным системам с заправкой ВХА пропаном более 150 грамм
 - 4.3.1 Использование систем охлаждения и холодильных агентов с учетом категории помещений и зданий
 - 4.3.2 Классификация холодильных систем по ГОСТ 12.2. 12.2.33-2012

4.3.3 Классификация холодильных агентов

4.3.4 Требования к размещению холодильных систем

5. Классификация холодильных систем по европейскому стандарту EN 378 -1

- 5.1** Классификация хладагентов по токсичности и воспламеняемости Группы опасности хладагентов
- 5.2** Помещения для размещения холодильных систем. Категория помещений
- 5.3** Классификация холодильных систем
- 5.4** Варианты размещения холодильных систем
- 5.5** Максимальная допустимая величина заправки холодильной системы пропаном
- 5.6** Предельно допустимая заправка воспламеняемым хладагентом в системах кондиционирования воздуха и тепловых насосах, используемых в целях комфортного жизнеобеспечения людей
- 5.7** Частные требования для герметичных систем кондиционирования воздуха и тепловых насосов с ограниченной заправкой заводского изготовления
- 5.8** Требования для предельных количеств заправки в зонах с механической вентиляцией
- 5.9** Вентиляция машинных отделений
 - 5.9.1** Требования для механической вентиляции в кожухе прибор

6. Требования для охлаждающих систем с использованием вторичных теплообменников

7. Дополнительные требования к оборудованию обусловленные использованием ВХА пропана

- 7.1** Маркировка и инструкции
- 7.2** Меры безопасности при обслуживании холодильных установок, заправленных пропаном
 - 7.2.1** Общие сведения
 - 7.2.2** Сведения в руководстве
 - 7.2.3** Сведения по обслуживанию
 - 7.2.4** Проверки холодильного оборудования
 - 7.2.5** Проверки электротехнических устройств
 - 7.2.6** Методы обнаружения утечек
 - 7.2.7** Удаление хладагента и вакуумирование
 - 7.2.8** Порядок заправки
 - 7.2.9** Снятие с эксплуатации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИСТОЧНИКИ

ПРИЛОЖЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы охраны озонового слоя и климата Земли

Озон - один из газов, который естественным образом присутствуют в атмосфере. Молекула озона состоит из трех атомов кислорода, ее химическая формула O_3 . Озон присутствует главным образом в двух зонах атмосферы. Около 10% атмосферного озона содержится в тропосфере, то есть, в зоне, прилегающей к земной поверхности (до высоты 10-16 км). Остальная часть сосредоточена на высоте 12-50 км над земной поверхностью (стратосфера). Область повышенной плотности озона в стратосфере часто называют «озоновым слоем». Охрана озонового слоя является одной из важных задач по охране окружающей среды.

Роль озона в зарождении жизни на Земле и в ее дальнейшем поддержании чрезвычайно велика, так как озон обеспечивает поглощение биологически опасного ультрафиолетового излучения Солнца. Следствием этого вида солнечного воздействия являются: нарушение генетического кода и ослабление иммунной системы человека и животных, развитие опасных заболеваний (катаракты, рака кожи и сетчатки глаза и т.д.), гибель фитопланктона, катастрофическое снижение урожайности бобовых и зерновых культур, негативное воздействие на промышленные материалы, различные виды резин и пластмасс. Нагревание нижних слоев атмосферы приводит к охлаждению стратосферы и изменению климата (рост экстремальных температур и частоты засух в одних регионах планеты и уровня осадков и затоплений – в других).

Первым этапом антропогенного разрушения стратосферного озона являются выбросы в земную атмосферу газов, содержащих хлор и бром. В основном эти газы накапливаются в нижних слоях атмосферы, поскольку они инертны и почти не растворяются в осадках. Естественные движения воздушных масс переносят эти газы в стратосферу, где они преобразуются в более реакционноспособные газы. Хлор и бром являются веществами, разрушающими озон.

Некоторые производственные процессы и потребительские товары связаны с выбросами озоноразрушающих веществ (ОРВ) в атмосферу. ОРВ образуются из исходных газообразных галогенов и регулируются в общемировом масштабе, Монреальским Протоколом. Важным примером служат хлорфторуглероды (ХФУ), которые раньше применялись и применяются практически во всех холодильных агрегатах и кондиционерах воздуха, а также галоны, которые использовались в огнетушителях. Также необходимо обратить особое внимание на гидрохлорфторуглероды (ГХФУ), которые до сих пор применяются в холодильном оборудовании и климатической технике и являются причиной разрушения озонового слоя. Избыточное содержание ОРВ в атмосфере известно благодаря непосредственным замерам образцов воздуха.

Международные соглашения об охране озонового слоя и климата Земли

Под эгидой Программы ООН по окружающей среде (UNEP) была разработана Венская конвенция об охране озонового слоя. В марте 1985 года Конвенция была подписана 21 странами. Стороны Конвенции договорились о совместной работе в области науки для понимания атмосферных процессов, обмена информацией по производству

озоноразрушающих веществ (ОРВ), выбросов ОРВ и осуществлению превентивных мер по их ограничению.

Впоследствии стороны признали, что этих мер недостаточно для защиты озонового слоя, и в 1987 году был принят Монреальский Протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, сокращению и прекращению выбросов ОРВ. Протокол содержит список контролируемых озоноразрушающих веществ, и меры по сокращению производства и потребления веществ, разрушающих озоновый слой. Протокол вступил в силу 1 января 1989 г. На сегодняшний день 198 стран являются участниками Монреальского Протокола принявших обязательства по этапам производства, потребления и сокращения ОРВ. На данный момент приняты 4 поправки и 5 дополнений к Монреальскому протоколу.

На II совещании Сторон была утверждена Лондонская Поправка, в соответствии с которой в список были введены дополнительные ХФУ, четыреххлористый углерод, метилхлороформ, а также меры контроля за этими веществами. Наряду с введенными дополнениями, принят ускоренный график отмены уже существующих в списке веществ и дополнительные меры контроля, включенные в приложение для развитых и развивающихся стран Монреальского Протокола. Развивающиеся страны относятся к статье 5 Сторон Монреальского протокола, в которых потребление веществ, перечисленных в приложении А, не превышает 0,3 кг на душу населения. Развитые страны классифицируются в соответствии со статьей 2 Протокола. Для предоставления технической и финансовой помощи развивающимся странам, Стороны постановили учредить Многосторонний Фонд по реализации Монреальского протокола, который будет способствовать соблюдению Протокола развивающимися странами и содействовать прекращению потребления ОРВ.

На IV совещании Сторон в 1992 году Копенгагенской Поправкой Протокол был дополнен новыми веществами, (ГХФУ). Для развитых стран были ускорены сроки отмены ХФУ, галонов, тетрахлорметана и метилхлороформа. Кроме того, были введены положения в области производства и потребления ОРВ для удовлетворения основных потребностей.

В 1997 году на IX совещании Сторон Монреальской Поправкой были введены дополнительные меры контроля для развивающихся стран и ускорение сроков потребления ОРВ развитыми странами. Эта поправка предусматривает разработку и принятие систем лицензирования импорта / экспорта ОРВ и продуктов на основе этих веществ.

В 1999 году была принята Пекинская Поправка, в которой было отмечено, что для выполнения требований по прекращению потребления ОРВ странами статьи 5, график сокращения потребления ОРВ должен быть увеличен, в виду отсутствия альтернативных технологий.

Многосторонний фонд Монреальского Протокола оказывает техническую и нормативно-правовую поддержку странам статьи 5 для скорейшего прекращения использования ОРВ.

Участие Кыргызской Республики в международных договорах в области охраны озонового слоя

Кыргызская Республика в 2000 году ратифицировала Венскую Конвенцию об охране озонового слоя от 22 марта 1985 года (далее – Венская конвенция) и Монреальский

протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, от 16 сентября 1987 года (далее – Монреальский протокол).

Кыргызстан присоединился ко всем поправкам Монреальского протокола (Лондонской, Копенгагенской, Монреальской поправкам в 2003 году, к Пекинской поправке – в 2005 году).

В рамках Монреальского протокола Кыргызская Республика имеет статус развивающейся страны, действующей согласно пункту 1 статьи 5 Монреальского протокола.

Статья 5 Монреальского протокола «Особое положение развивающихся стран».

1. Для удовлетворения своих основных внутренних потребностей любая Страна, являющаяся развивающейся страной, чей ежегодный расчетный уровень потребления регулируемых веществ составляет менее 0,3 килограмма на душу населения на дату вступления в силу Протокола для нее или в любой момент после этого в течение десяти лет после даты вступления в силу Протокола, имеет право отсрочить начало соблюдения ею мер регулирования согласно пунктам 1-4 статьи 2 на десять лет после срока, указанного в этих пунктах. Однако, такая Страна не превышает ежегодный расчетный уровень потребления в объеме 0,3 килограмма на душу населения. Любой такой Стране предоставляется право использовать либо расчетный среднегодовой уровень ее потребления за период с 1995 по 1997 год включительно, либо расчетный уровень потребления в объеме 0,3 килограмма на душу населения в зависимости от того, что ниже, в качестве базы для соблюдения мер регулирования.

С целью оказания содействия процессу сокращения потребления озоноразрушающих веществ (далее – ОРВ) в развивающихся странах Монреальский протокол содержит специальные положения, обеспечивающие плавный график их сокращения. После присоединения к Венской конвенции и Монреальскому протоколу Кыргызская Республика взяла на себя обязательства по поэтапному сокращению, и в дальнейшем, полному прекращению использования ОРВ. Кыргызстану предоставлен доступ к Многостороннему Фонду, учрежденному в целях оказания финансовой и технической помощи развивающимся странам в реализации мер регулирования, установленных Монреальским протоколом и предоставлена отсрочка на десять лет по сокращению потребления ОРВ.

Существующая в Кыргызской Республике ситуация в области использования и потребления ОРВ

Импорт ОРВ

Кыргызская Республика не производила, не производит и не планирует производство ОРВ, оборудования и товаров, содержащих ОРВ, которые контролируются Монреальским протоколом, но ввозит их как в чистом виде, так и в комплектующих изделиях. Ввоз ОРВ, а также оборудования и товаров, содержащих ОРВ, лицензируется согласно Положению о государственном регулировании ввоза и вывоза озоноразрушающих веществ и содержащей их продукции, утвержденному постановлением Правительства Кыргызской Республики от 19 сентября 2009 года № 594.

Потребление ОРВ

Потребление ОРВ в Кыргызской Республике в 1995 году составляло 104,02 метрических тонн, в 2000 году - около 79,35 метрических тонн. В 2005 году, в результате успешной реализации фазы 1 Государственной программы по прекращению использования ОРВ, суммарное потребление ОРВ в Киргизии (без учета

гидрохлорфторуглеродов (далее-ГХФУ)) снизилось до 32,7 метрических тонн. В то же время к 2010 году ежегодное потребление ГХФУ-22 выросло до 75,2 метрических тонн, ГХФУ-141b до 7,26 тонн, ГХФУ-142b до 3,0 тонн. Это связано с замещением в охлаждающей отрасли хладагента ХФУ-12 на ГХФУ-22 и широким использованием ГХФУ при изготовлении пеноизоляционных материалов. По состоянию на 2010 год, самой крупной сферой потребления ОРВ в Кыргызстане является обслуживание холодильного оборудования как стационарного, так и установленного на транспорте (75,2 метрические тонны). Второй по величине сферой является строительный сектор, использующий ОРВ при производстве изолирующих материалов (7,26 метрические тонны).

Потребление ОРВ в Кыргызской Республике регулируется на основе импортных лицензий, выдаваемых Министерством экономики Кыргызской Республики, статистических данных регистрации товаров Государственной таможенной службы Кыргызской Республики, контактов с основными и потенциальными потребителями, а также из информации территориальных органов по охране окружающей среды.

Государственные органы Кыргызской Республики по реализации международных обязательств и Государственной программы по прекращению использования ОРВ в Республике

Функции национального органа, ответственного за выполнение Венской конвенции и Монреальского протокола, возложены на Государственное агентство охраны окружающей среды и лесного хозяйства при Правительстве Кыргызской Республики. В 2002 году на основании меморандума, заключенного между Правительством Кыргызской Республики и Фондом окружающей среды ЮНЕП создан Озоновый центр, осуществляющий деятельность в рамках выполнения обязательств Кыргызской Республики по Монреальскому Протоколу и реализации государственной программы по прекращению использования ОРВ в Кыргызской Республике, сборе данных, подготовке ежегодных отчетов Секретариату Монреальского протокола.

Этапы выполнения Кыргызстаном обязательств по международным договорам нашли отражение в Государственной программе по прекращению использования ОРВ (далее – Государственная программа), финансирование разработки которой осуществлялось Многосторонним фондом в рамках Монреальского протокола.

Государственная программа состоит из трех фаз:

Фаза 1 (2002-2007 гг.) - в результате реализации фазы 1 суммарное потребление ОРВ в Кыргызстане (без учета ГХФУ) снизилось до 32,7 метрических тонн.

Фаза 2 (2008-2010 гг.) была направлена на полное прекращение потребления основных ОРВ к 2010 году, кроме веществ, перечисленных в Приложении С, группы 1 (ГХФУ) Монреальского протокола, в отношении которых согласно статусу Кыргызской Республики, действующей в рамках статьи 5 пункта 1 Монреальского протокола, прекращение потребления намечено к 1 января 2030 года.

После завершения фазы 2 потребление хлорфторуглеродов (далее-ХФУ) прекращено к 1 января 2010 года, галонов и бромистого метила - к 1 января 2009 года.

Фаза 3 (2011-2025гг.) - направлена на полное прекращение потребления ГХФУ к 2040 году, а также поддержание успешной практики обращения с ОРВ, выведенными из потребления.

В настоящее время в соответствии с обязательствами, предусмотренными в вышеуказанных международных договорах, Кыргызская Республика не допускает на своей территории производство, импорт, экспорт и реэкспорт ОРВ и изделий и продукции их содержащих, по которым прекращено потребление (ХФУ, галоны и метил бромид).

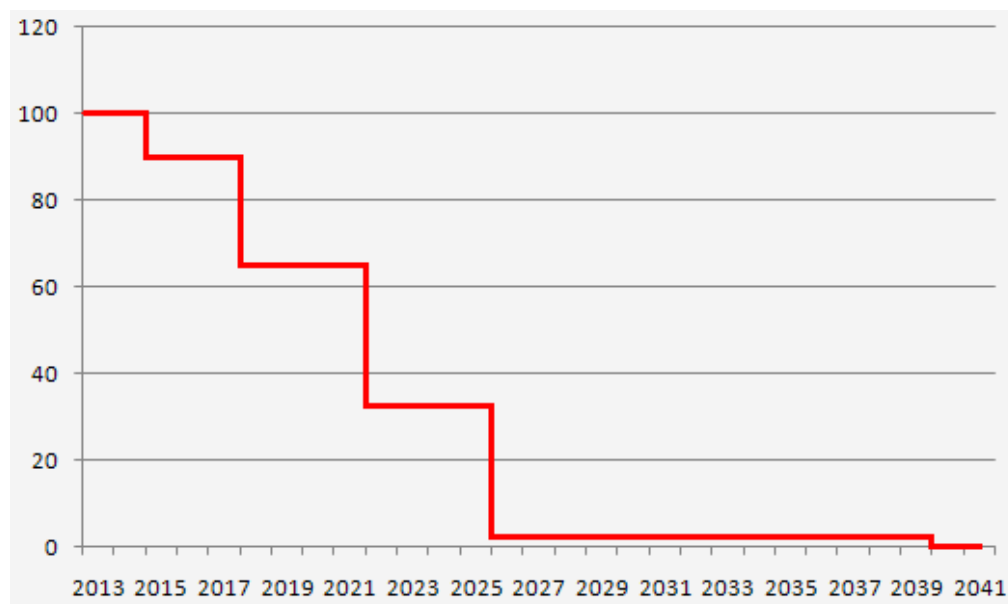
Что касается полного прекращения потребления ГХФУ, то необходимо отметить следующее. Основные мировые производители ГХФУ в соответствии со своими

обязательствами сократили его производство к 1 января 2010 г. на 75%. Потребление ГХФУ-22 в Кыргызской Республике в 2010 году составляло 75,2 метрических тонн, ГХФУ-141b - 7,26 тонн, ГХФУ-142b - 3,0 тонны.

В соответствии с фазой 3 Государственной программы предусмотрены следующие этапы прекращения потребления ГХФУ:

- замораживание уровня потребления ГХФУ с 2013 года (на уровне 4,75тонн с учетом озоноразрушающей способности (далее - ОРС));
- сокращение уровня потребления ГХФУ на 10% с 2015 года (на уровне 4,28 тонн с учетом ОРС);
- сокращение уровня потребления ГХФУ на 35% с 2018 года (на уровне 3,09тонн с учетом ОРС);
- сокращение уровня потребления ГХФУ на 67,5% с 2022 года (на уровне 1,54 тонн с учетом ОРС);
- сокращение уровня потребления ГХФУ на 97,5% с 2025 года (на уровне 0,118 тонн с учетом ОРС);
- полное прекращение потребления ГХФУ с 2040 года.

Ускоренный график прекращения потребления ГХФУ для Кыргызской Республики



Соотношение обязательств Кыргызской Республики, вытекающих из Монреальского протокола, и запретов, и ограничений, действующих в рамках Таможенного союза

ОРВ и содержащая их продукция включены в Единый перечень товаров, к которым применяются запреты или ограничения на ввоз или вывоз государствами – членами Таможенного союза в рамках Евразийского экономического сообщества в торговле с третьими странами (далее – Единый перечень), утвержденный Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 16 августа 2012 г. № 134 «О нормативных правовых актах в области нетарифного регулирования».

Раздел 1.1 Единого перечня содержит запрещенные к ввозу (вывозу) на таможенную территорию Таможенного союза ОРВ списков А (группы I, II), В (группы I, II, III), С (группа II, III), Е (бромистый метил) и D (продукция, содержащая ОРВ).

Раздел 2.1 Единого перечня содержит ограниченные к ввозу (вывозу) на таможенную территорию Таможенного союза ОРВ списка С (группа I).

При этом списки А, В, С, D, Е разделов 1.1 и 2.1 Единого перечня соответствуют

Приложениям А, В, С, D, E Монреальского протокола.

Как отмечалось выше в соответствии со своими обязательствами в Кыргызской Республике к 1 января 2010 г. прекращено потребление:

- хлорфторуглеродов (ХФУ) и галонов (Приложение А и В Монреальского протокола);
- бромистого метила (Приложение Е Монреальского протокола).

Веден также запрет на импорт и экспорт изделий и оборудования (Приложение D), в котором используются ОРВ Приложения А и В Монреальского протокола.

В рамках Таможенного союза в соответствии с примечанием четвертым к разделу 1.1 Единого перечня запрещен ввоз (вывоз) продукции, включенной в список D, если она содержит ОРВ, включенные как в раздел 1.1, так и 2.1 Единого перечня. Относительно ОРВ раздела 2.1 Единого перечня (список С, группа I), необходимо отметить, что в соответствии с требованиями Монреальского протокола государства-члены Таможенного союза должны обеспечить снижение производства и потребления ГХФУ по установленному графику: 2015 год – 90%; 2020 год-99,5 и 2030 год - 100%. Графиком прекращения потребления ГХФУ (Приложение С, группа I Монреальского протокола) для развивающихся стран, действующих в рамках статьи 5 Монреальского протокола, установлены следующие этапы: 2015 год - 10%; 2020 год – 35 %, 2025 год - 67,5%, 2030 год – 97,5%, 2040 год – 100%. При этом в соответствии с фазой 3 Государственной программы предусмотрено ускоренное сокращение уровня потребления ГХФУ на 97,5% с 2025 года и полное прекращение потребления ГХФУ с 2040 года.

В последние годы возрос интерес к использованию углеводородных хладагентов и частности к пропану (R290) в качестве альтернативы ГХФУ 22. Достоинством пропана является возможность использования его как в системах, разработанных для работы на пропане, так и в качестве замены в системах, предназначенных для работы на ГХФУ и ГФУ/3/. Это обстоятельство выгодно отличает пропан в сравнении с другими альтернативными ГХФУ хладагентами, позволяющим при определенных обстоятельствах, произвести замену хладагентов не только в новом, но и в действующем торговом холодильном оборудовании, вызванное прекращением использования озоноразрушающих хладагентов и ожидаемом ограничением использования хладагентов, влияющих на глобальное потепление.

Основными мотивами в пользу перехода торгового холодильного оборудования на пропан являются:

- увеличение энергоэффективности системы и как следствие, экономия энергии и снижение выбросов CO₂;
- уменьшение ущерба для окружающей среды путем прекращения использования озоноразрушающих веществ и ограничение использования веществ с высоким потенциалом глобального потепления;
- меньшая стоимость по сравнению с другими хладагентами, а также, наличие сырьевой и производственной базы для его производства в республике.

В промышленных холодильных установках нефтегазовой отрасли пропан (R290) используют уже в течение многих лет. Пропан рассматривается как перспективная, озонобезопасная и энергоэффективная альтернатива ГХФУ 22 в основном в торговом холодильном оборудовании и в малых установках кондиционирования воздуха с ограниченной заправкой, хотя и уже есть примеры его использования и в более крупных системах охлаждения, таких как чиллеры.

Главный недостаток пропана - пожароопасность, накладывающая определенные ограничения при его применении в качестве хладагента в холодильном оборудовании.

При проектировании систем, работающих на пропане, следует выполнять специальные требования безопасности, а также строго соблюдать технологию изготовления и монтажа, методы обслуживания оборудования, чтобы исключить дополнительные риски для технического персонала. Важно также соблюдать адекватные процедуры при извлечении из системы пропана и утилизации холодильного оборудования по завершению эксплуатации. Данное руководство призвано обобщить имеющийся материал сравнения основных показателей холодильного цикла на R22 и углеводородов включая пропан[2,3], а также требований и условий безопасного применения пропана, как воспламеняющегося хладагента, в стационарном малом торговом холодильном оборудовании и кондиционировании воздуха, в качестве основной альтернативы ГХФУ 22 [4,5,6,7]. Общие требования безопасности, которые следует учитывать при проектировании и строительстве всех объектов охлаждения и кондиционирования воздуха, независимо от горючести используемого хладагента в данном руководстве не рассматриваются. Для получения такой информации следует обращаться к дополнительным источникам.

1. Свойства пропана

Для практического применения того или иного хладагента необходимо располагать достаточно большим объемом информации о термодинамических, физико-химических, санитарно-гигиенических свойствах и экологических показателях, которые должны удовлетворять определенным требованиям. Сегодня на первый план выходят тесно взаимосвязанные между собой экологические и энергетические показатели альтернативного хладагента.

Свойства пропана изучены достаточно хорошо и подробно освещены в технической и справочной литературе. Химическая формула пропана C_3H_8 (R290). Относится к группе углеводородных хладагентов УВ (HC). Потенциал разрушения озона ОРП = 0, потенциал глобального потепления ПГП = 3. Характеризуется низкой стоимостью и не токсичен. Чистый пропан не обладает запахом. В соответствии с европейской классификацией EN-378-2, как и все другие углеводородные хладагенты, пропан (R290), относится к нетоксичным взрывоопасным, с низким пределом взрываемости, хладагентам группы A3. Степень чистоты пропана используемого в качестве хладагента должна быть высокой, так как, от этого зависит стабильность характеристик хладагента, что важно для работы компрессора и увеличения срока службы системы. Сжиженный газ, используемый в качестве топлива и для технических целей, с классом чистоты 95%, не подходит для заправки герметичных систем охлаждения, так как в нем содержание воды, серы и других примесей достаточно высокое и это негативно сказывается на энергетической эффективности и надежности холодильной системы. Для заправки систем охлаждения, должен использоваться пропан с классом чистоты 99,5%. Пропан с такой степенью чистоты химически не активен, поэтому никаких специфических проблем его использование не возникает. При использовании данного хладагента не возникает проблем с выбором конструкционных материалов деталей компрессора, конденсатора и испарителя, та же электроизоляция, те же уплотняющие материалы, трубы того же диаметра. Что касается процессов сервисного обслуживания то она должна строиться с учетом свойства пропана воспламеняться Температура нагнетания становится ниже, чем при работе на R22 или R502. Пропан можно сразу заправить в систему, где до этого был озоноразрушающий хладагент R22 при соблюдении особых требований, указанных ниже. Как показали исследования, в этом случае теряется до 10% холодопроизводительности, если в системе ранее был R22, и 15%, если R502. Ряд специалистов считают, что и этого снижения можно было бы избежать, добавив к пропану пропилен. В таблице 1 приведены физические свойства пропана.

1.1 Физические свойства R290

Таблица 1. Образует с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации паров: от 2,1 до 9,5%.

Параметр	Значение
Химическая формула	C ₃ H ₈
Молярная масса, г/моль	44.1
Нормальная температура кипения (p=101 кПа), °C	-42.09
Температура замерзания (плавления), °C	-187.6
Плотность при 45°C, кг/м ³	585.3
Потенциал разрушения озона (ODP)	0
Потенциал глобального потепления (GWP)	3
Температура самовоспламенения в воздухе (p=101кПа)	466°C

Применение пропана как хладагента в малом холодильном оборудовании и в небольших кондиционерах только на начальном этапе и в связи с этим представляет практический интерес особенности и отличия его поведения в холодильной системе от R22, которые необходимо иметь в виду при проектировании и обслуживании холодильных систем.

1.2 Сопоставление пропана с основными хладагентами, используемыми в торговом холодильном оборудовании

Таблица 2.

Наименование	R290	R134a-	R404a	R22	R600a
Химическая формула	C ₃ H ₈	CF ₃ -CH ₂ F	Смесь зеотропная	CHF ₂ Cl	(CH ₃) ₂ CH
Критическая температура °	96,7	101	72,5	96,1	135
Молекулярная масса кг/мол	44,1	102	97,6	86,5	58,1
Нормальная температура кипения °C	- 42,1	- 26,5	- 45,8	- 40,8	- 11,6
Давление при -25°C бар	2,03	1,07	2,50	2,01	0,58
Плотность жидкости кг/л	0,56	1,37	1,24	1,36	0,60
Плотность пара - 25/32 кг/м ³	3,6	4,4	10,0	7,0	1,3
Объемная холодопроизводительность при - 25/55/32 кДж/м ³	1164	658	1334	1244	373
Теплота парообразования кДж/кг	406	216	186	223	376
Давление при +20°C бар	8,4	5,7	11,0	9,1	3,0

1.3 Совместимость со смазочными маслами

Растворимость хладагента в смазочном масле является одним из его важных качеств, при хорошей растворимости обеспечивается эффективный возврат масла в компрессор и удается избежать ухудшения теплоотдачи в теплообменных аппаратах холодильной машины. Пропан обладает полной химической совместимостью почти со всеми типами смазочных масел, во всем диапазоне температур, используемых в холодильных машинах. В связи с очень хорошей растворимостью с минеральными маслами возникает необходимость использовать масла с несколько повышенной вязкостью. Отмечается что смазочные материалы, содержащие силикон или силикат, часто используемые в качестве антивспенивающей присадки, не совместимы с пропаном и не должны использоваться. При изменении типа масла рекомендуется проконсультироваться с заводом изготовителем компрессора. В таблице 3 приведены различные типы масел, используемые в холодильных машинах и их растворимость с пропаном. Пропан хорошо совместим со всеми конструкционными материалами, используемыми в холодильном оборудовании, он не образует кислоты при смешивании с влагой, присутствующей в системе охлаждения.

Таблица 3. Совместимость различных смазочных материалов с пропаном

Тип смазки	Совместимость
Минеральное (М)	Полностью растворим с пропаном и другими углеводородами. Чрезмерная растворимость при высокой температуре.
Алкилбензольное (АВ)	Полностью растворимые и типичные сорта, применимые для всех приложений вязкость.
Полусинтетическое (АВ / М)	Смесь АВ и М масел используется для достижения желаемых свойств
Полиэфирное (РОЕ)	Проявляют чрезмерную растворимость с пропаном и другими углеводородами. Может потребоваться масло с более высокой вязкостью.
Полиалкиленгликоля (РАG)	Растворим и частично растворим в пропане и в других углеводородах, в зависимости от условий. Нормальные сорта, как правило, удовлетворительное
Поли-альфа-олефины (ПАО)	Растворимые в пропане и в других углеводородах, как правило, используется для низких и умеренных температур

** Рекомендуется провести консультации с производителем компрессоров для правильного выбора смазки.*

1.4 Нормальная температура кипения

Низкая нормальная температура кипения, т.е. температура кипения хладагента при атмосферном давлении, указывает также на высокое значение давления при высоких температурах в конденсаторе. Если хладагент имеет высокую нормальную температуру кипения, давление в испарителе окажется ниже атмосферного и это может вызвать нежелательную ситуацию поступления, воздуха и влаги, содержащейся в воздухе в систему и вызвать определенные проблемы, такие как, повышение давления конденсации, температуры нагнетания, образование ледяной пробки в расширительном устройстве т.д.. Нормальная температура кипения пропана близка к нормальной температуре кипения

R22, и это один из основных факторов рассматривать пропан как единственный подходящий однокомпонентный заменитель.

1.5 Критическая точка

Параметры критической точки температура и давление, определяют максимальную границу для работы холодильного цикла с конденсацией хладагента. Температура и давление выше критической точки требуют транскритического цикла. Как видно из таблицы 2 пропан и R22 имеют очень схожую критическую точку, указывающую на то, что их рабочие термодинамические циклы очень близки.

1.6 Давление насыщенного пара

На рисунке 1 показана зависимость давления, насыщенного пара от температуры для пропана и R 22 и некоторых других углеводородных хладагентов. Как видно из рисунка зависимости пропана и R 22 очень близки, за исключением диапазона высокого давления, где они слегка отклоняются. Давление пропана при высоких температурах несколько ниже давления R 22. Эта разница может быть существенной при высоких температурах конденсации, означая, что пропан более подходит для высоких температур, чем R22. Более высокие давления конденсации приводят к повышенным механическим требованиям и более высоким коэффициентам утечки.

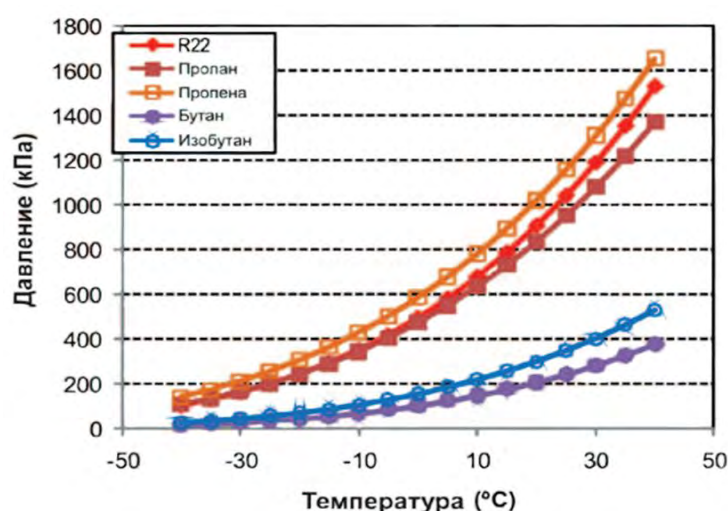


Рисунок 1. Зависимость давления от температуры насыщения R22 и углеводородных хладагентов [2]

1.7 Скрытая теплота парообразования

Как известно, скрытая теплота парообразования является разницей энтальпий между насыщенным паром и насыщенной жидкостью, при заданном давлении, и определяет теплоту кипения или конденсации 1 кг хладагента. Скрытая теплота парообразования обычно используется для расчета удельного массового расхода хладагента, который необходим для производства заданной мощности искусственного охлаждения (холодопроизводительности). Пропан имеет скрытую теплоту парообразования, примерно в два раза больше чем R22. Это указывает на то, что удельный массовый расход циркулирующего в холодильной системе пропана, необходимый для обеспечения

требуемой холодопроизводительности, будет составлять примерно половину удельного массового расхода холодильной системы, работающей на R22.

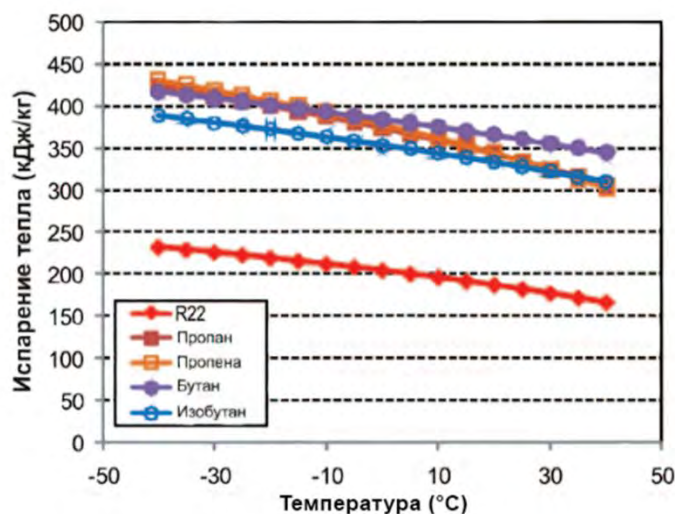


Рисунок 2. Зависимость скрытой теплоты испарения от температуры кипения при температуре конденсации 400С для R22 и углеводородных хладагентов [2]

1.8 Плотность

Плотность жидкого пропана, составляет меньше половины плотности R22 (примерно 42%) Это означает, что необходимая заправка пропаном будет существенно меньше заправки R22, так как основная часть заправки в холодильной системе находится в жидком состоянии. Соотношение между плотностью жидкого пропана и R22 можно использовать для расчета количества заправки пропаном, когда холодильная система переоборудуется с R22 на пропан. Удельный массовый расход хладагента, закачиваемый компрессором, зависит от объемной производительности V_c коэффициента подачи λ и плотности пара на входе в компрессор ρ .

$$M = V_c \lambda \rho$$

Допуская, что коэффициент подачи компрессора в незначительной степени зависит от хладагента, тогда удельный массовый расход, закачиваемый компрессором при переоборудовании на пропан, становится пропорциональным коэффициенту плотности пара, т.е. он будет примерно в два раза меньше. Но, так как, холодопроизводительность компрессора равна произведению удельного массового расхода хладагента, закачиваемого компрессором, на разность энтальпии кипения в испарителе, которая для пропана примерно в два раза больше, значения холодопроизводительности одного и того же компрессора при работе на пропане и R 22 отличаются не значительно, в пределах 10-15 %. Чем ниже плотность хладагента, тем меньше падение давления в теплообменных аппаратах, трубопроводах, клапанах компрессора и это способствует снижению энергозатрат на работу холодильной системы.

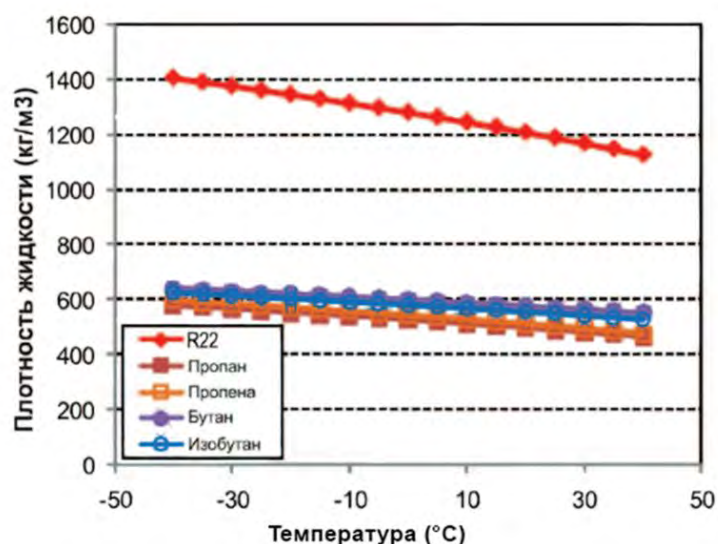


Рисунок 3. Зависимость плотности жидкости от температуры насыщения [2].

2. Сравнение параметров цикла охлаждения и эксплуатационных характеристик пропана и R22.

2.1 Степень сжатия

Степень сжатия характеризуется отношением абсолютного давления конденсации P_k к абсолютному давлению кипения P_0 . Давление конденсации зависит от температуры конденсации, которая несколько выше температуры охлаждающей конденсатор среды, давление кипения зависит от температуры кипения, которая несколько ниже температуры охлаждаемой среды. При одинаковых параметрах температуры охлаждающей конденсатор среды и температуры охлаждаемой среды степень сжатия различных хладагентов будет разной. Большинство рабочих коэффициентов компрессора и температурных характеристик зависит от степени сжатия. Чем ниже степень сжатия, тем выше эффективность работы компрессора. На рисунке показана степень сжатия пропана по отношению к степени сжатия R22 при различных температурах кипения и температуре конденсации 40°C. Как видно из рисунка степень сжатия для пропана ниже, чем для R22. Кроме того, как было отмечено выше, рабочее давление для пропана ниже, чем для R 22. Это означает, что пропан лучше заменит R22 в случаях «дроп-ин» при высоких температурах конденсации и, особенно в тепловых насосах, так как система будет работать при более низком давлении и более низкой степени сжатия. Систему, первоначально спроектированную для R22 при заправке пропаном можно эксплуатировать при более высоких температурах конденсации, для которых R22 больше не эффективен. Это особенно важно для теплонасосных систем и систем охлаждения, работающих при высоких температурах окружающей среды.

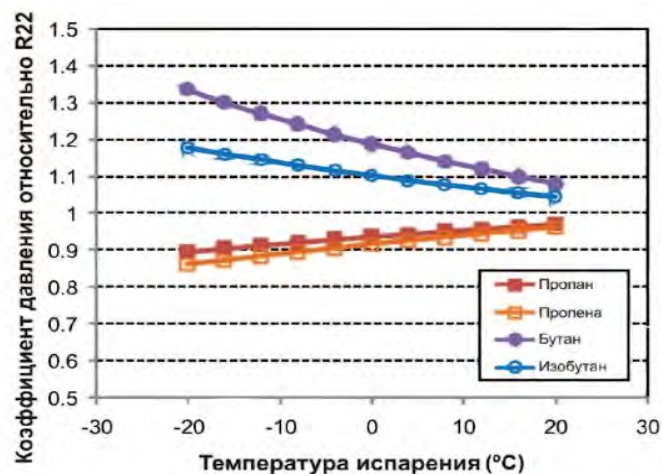


Рисунок 4. Зависимость степени сжатия (коэффициента давления) от температуры кипения при температуре конденсации 40°C [2]

2.2 Удельная объемная холодопроизводительность

Важной характеристикой хладагента является величина удельной объемной холодопроизводительности, которая численно равна количеству тепла поглощенного единицей объема хладагента, проходящего через компрессор и определяется произведением плотности пара, при всасывании в компрессор, и разницей энтальпии в испарителе. От этого параметра зависят размеры (объемная производительность), удельно массовые показатели и в конечном счете стоимость компрессора, сечение трубопроводов и гидравлические потери в них. На рисунке 5 показано изменение удельной объемной холодопроизводительности от температуры кипения хладагента, при постоянной температуре конденсации и перегреве пара на всасывании в 5 °C. С понижением температуры кипения удельная объемная холодопроизводительность резко падает, в основном благодаря понижению плотности пара. По рисунку легко понять почему размер компрессора для низкотемпературного применения должен быть намного больше чем для высокой температуры кипения (имеется ввиду при одинаковой холодопроизводительности). На графике видно, что удельная объемная холодопроизводительность пропана несколько ниже, чем у R22. Это объясняет, почему холодильные системы на R22, переоборудованные для пропана, всегда будут иметь немного меньшую охлаждающую способность, а тепловые насосы меньшую нагревательную способность.

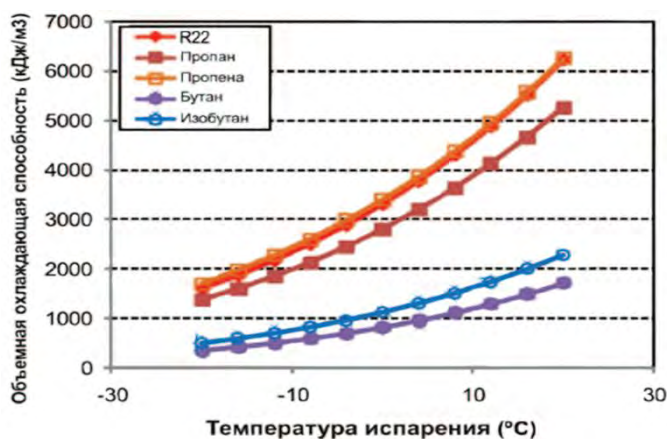


Рисунок 5. Зависимость удельной объемной холодопроизводительности от температуры кипения при постоянной температуре конденсации 40°C [2]

2.3 Удельный расход энергии

При выборе хладагента и его сопоставлении с другими большой интерес представляет также сравнение удельной адиабатической работы сжатия на единицу объемного расхода всасывания в компрессор. Объемный расход энергии определяется как произведение плотности пара при всасывании на разность энтальпий хладагента в конце и в начале сжатия в компрессоре. На рисунке показано значение данного параметра для пропана по отношению к R22. Пропан требует энергии меньше на 10-20% чем R22 на единицу расхода хладагента. Отсюда следует, что при переоборудовании системы с R22 на пропан электродвигатель компрессора будет работать при несколько меньшей нагрузке, и таким образом он окажется несколько завышенным по мощности.

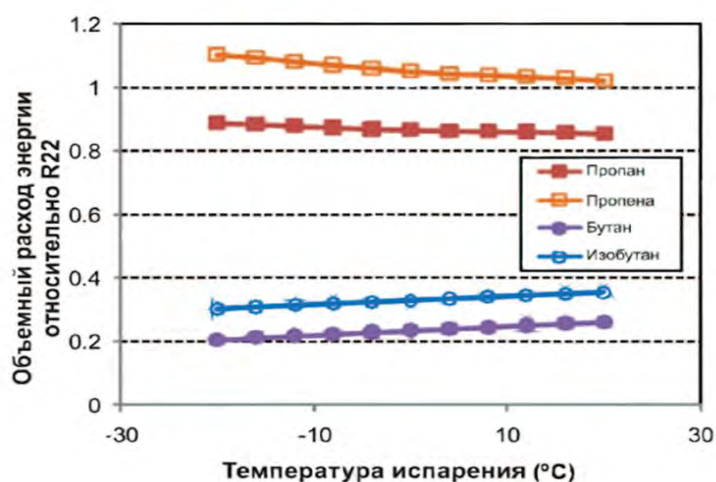


Рисунок 6. Зависимость объемного расхода энергии относительно R22 для углеводородных хладагентов [2]

2.4 Эффективность компрессора

Эффективность компрессора, которая учитывает все необратимые потери в компрессоре, немного выше на пропане чем на R22 при одинаковой степени сжатия P_k/P_o . Это обусловлено более низкими значениями потерь давления при прохождении паров хладагента через клапана. Кроме того, при работе на пропане, при одинаковых условиях, степень сжатия будет ниже, чем на R22 и это тоже влияет на повышение эффективности, как было указано выше.

2.5 Переохлаждение

При прохождении жидкого хладагента через расширительное устройство часть жидкой фракции превращается в пар, то есть происходит парообразование, не сопровождающееся полезным поглощением тепла. Можно уменьшить это парообразование путем переохлаждения жидкости перед расширительным устройством. Объемная холодопроизводительность, несомненно, возрастает при переохлаждении, так как энтальпия жидкости на входе в испаритель понизится, но объемный расход энергии не изменится. Таким образом, при увеличении переохлаждения холодильный коэффициент

цикла возрастает. На рисунке показано влияние переохлаждения на холодильный коэффициент цикла. Как видно из рисунка кривая для пропана лежит выше, чем для R22. Это означает - переохлаждение пропана дает больший эффект чем переохлаждение R22.

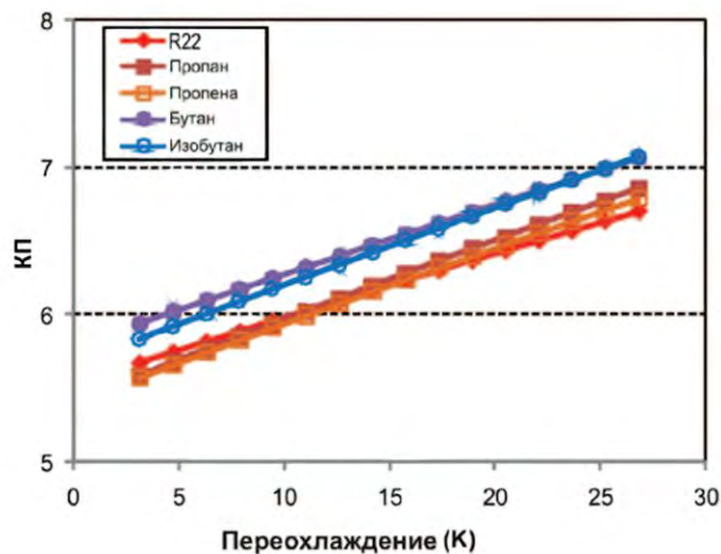


Рисунок 7. Влияние переохлаждения на холодильный коэффициент (КП) [2]

2.6 Перегрев

В реальном цикле пар на входе в компрессор должен быть слегка перегрет, т.е. должен иметь температуру несколько выше температуры кипения. Это нужно чтобы не допустить попадание жидкого хладагента в полость цилиндров компрессора. При попадании жидкого хладагента в цилиндр может произойти гидравлический удар, который может привести к поломке компрессора. Попадание в цилиндр капельной жидкости приведет к парообразованию в цилиндре и резко уменьшит производительность компрессора. Жидкий хладагент, попавший в картер компрессора, вызовет вспенивание масла, вследствие которого будет происходить интенсивный износ трущихся поверхностей деталей. С другой стороны, перегрев необходим для правильной работы термостатических и электронных расширительных устройств, для адекватной регулировки массового расхода хладагента в соответствии с тепловой нагрузкой. Перегрев может произойти в испарителе (внутренний) и участке от выхода из испарителя до входа в полость компрессора (внешний). На рисунке 8 показано влияние внутреннего перегрева на холодильный коэффициент теоретического цикла на пропане и R22. Как видно из рисунка внутренний перегрев благоприятно влияет на цикл на пропане в отличие от цикла на R22. В действительности увеличение внутреннего перегрева требует понижения температуры кипения, так как часть поверхности испарителя будет работать на перегрев пара, уменьшая теплообменную поверхность кипения и вследствие этого в реальности увеличение холодильного коэффициента не происходит. Из этого можно сделать вывод, что перегрев не так отрицательно действует на цикл на пропане чем на цикл на R22. Внешний перегрев в цикле охлаждения всегда отрицательно влияет на объемную холодопроизводительность и холодильный коэффициент.

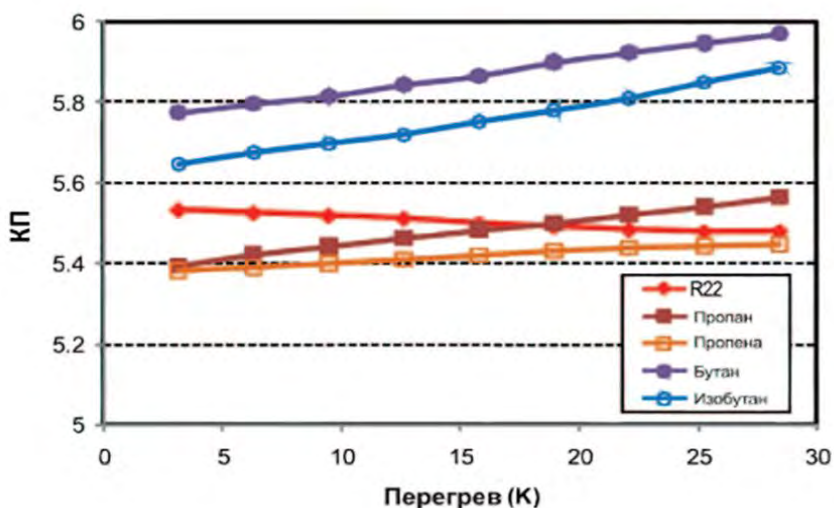


Рисунок 8. Влияние внутреннего перегрева на холодильный коэффициент при температуре конденсации 40°C , температуре кипения 0°C и переохлаждении 0°C [2]

Для снижения негативного влияния внутреннего перегрева рекомендуется использовать внутренний рекуперативный теплообменник, обеспечивающий теплообмен между холодным паром, поступающим из испарителя и теплой жидкостью до расширительного устройства, это ведет как к увеличению холодопроизводительности, так и холодильного коэффициента цикла. Использование такого рекуперативного теплообменника создает для всех хладагентов и некоторые побочные негативные воздействия, как падение давления на всасывании, которое на практике несколько снижает улучшение холодильного коэффициента по сравнению с ростом затрат. Однако, использование рекуперативного теплообменника при работе на пропане является предпочтительным и обеспечивает положительный эффект.

2.7 Температура нагнетания

При исправно работающем компрессоре температура нагнетания зависит от степени сжатия P_k/P_0 . Повышение давления конденсации, обусловленное повышением температуры конденсации, и понижение давления кипения, вызванное понижением температуры кипения, приводит к повышению температуры нагнетания. Температура нагнетания является фактором, который ограничивает допустимую величину степени сжатия в одноступенчатом цикле, которая равна примерно 10. Слишком высокая температура нагнетания приводит к образованию нагара на клапанах, ухудшает стабильность хладагента и масла, повышает износ деталей компрессора, снижает ресурс работы, может привести к заклиниванию компрессора и его поломке.

На рисунке 9 показана зависимость температуры нагнетания от температуры кипения. Как видно из графика температура нагнетания при работе на пропане на много ниже температуры нагнетания, чем при работе на R22. Следовательно, в одноступенчатом цикле на пропане можно работать при более высоких температурах конденсации или более низких температурах кипения.

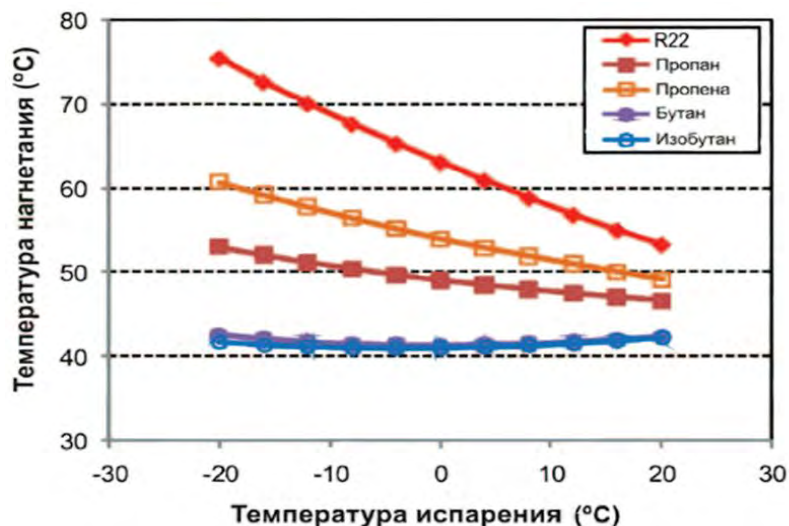


Рисунок 9. Зависимость температуры нагнетания от температуры кипения при температуре конденсации 40°C , переохлаждении 0°C , перегреве 5°C . [2]

2.8 Падение давления

Падение давления в испарителе и в конденсаторе холодильной машины, работающей на пропане, впрочем, как и у всех углеводородов, меньше по сравнению с R22. Данный фактор более существен для испарителя, так как величина падения давления больше сказывается при низких давлениях. Диаметры труб холодильной машины, работающей на R22, подходят для использования их на пропане, в принципе использование труб несколько меньшего диаметра не оказывает негативного влияния на работу машины.

2.9 Холодильный коэффициент

Холодильный коэффициент действительного цикла равен отношению холодопроизводительности к потребляемой мощности компрессора. Установлено что при перезаливке «дроп-ин» холодильной машины с R22 на пропан холодильный коэффициент возрастает минимум на 5%. При конструктивной оптимизации элементов холодильной машины можно добиться повышения холодильного коэффициента на 10% и более. Основными причинами данного улучшения является более высокая эффективность компрессора, вследствие низкой степени сжатия и более высоких значений коэффициента теплоотдачи в испарителе.

2.10 Холодопроизводительность

Удельно массовый расход пропана в идентичном цикле примерно в два раза меньше удельно массового расхода R22 в то же время теплота парообразования пропана в два раза больше. В связи с этим холодопроизводительность одного и того же компрессора, в равных условиях работы, на R22 и на пропане отличается не значительно. Холодопроизводительность компрессора при работе на пропане примерно на 10% ниже.

3. Основные элементы холодильной машины

Обычно системные компоненты холодильной машины на R22 и на пропане существенно не отличаются. Необходимо учесть воспламеняющиеся свойства пропана

при выборе регуляторов давления, электромагнитных клапанов и других электрических приборов, и устройств, чтобы они соответствовали условиям взрывозащиты.

3.1 Испарители и конденсаторы

Испарители и конденсаторы холодильной машины, работающей на пропане имеют как правило тот же дизайн и размер что испарители и конденсаторы холодильной машины, работающей на R22 и работают примерно при равных значениях давлений. Коэффициенты теплопередачи испарителя, как правило, выше на 5-10%, а конденсатора примерно равны, но это не существенно влияет на размеры теплообменных аппаратов. Для использования в холодильной машине, работающей на пропане, подходят все распространенные типы теплообменников, в том числе с воздушным охлаждением, кожухотрубные (затопленные и с внутритрубным кипением), пластинчатые. Применение современных высокоэффективных микроканальных теплообменных аппаратов позволяет помимо прочего уменьшить заправку хладагента, что особенно важно при применении пропана. Алюминиевые микроканальные теплообменники находят все большее применение в качестве конденсаторов и испарителей в холодильных машинах и кондиционерах, работающих на пропане. На рисунке 10 показан фрагмент микроканального теплообменника. Достоинством такого теплообменника является прочность и компактность, при меньшем внутреннем объеме (до 77% меньше чем в классическом теплообменнике), высокая эффективность.



Рисунок 10. Фрагмент устройства микроканального теплообменника

3.2 Компрессоры

Большинство типов компрессоров, предназначенных для работы на R 22, подходят для использования на пропане, тем не менее, следует проконсультироваться с поставщиком или производителем компрессора о возможности применения и правильного выбора. Использование компрессора без одобрения поставщика или изготовителя может привести к потере гарантии. Ведущие производители компрессоров приступили к выпуску компрессоров, специально предназначенных для работы на пропане, такие как Bitzer, Danfos, Dorin, Coppeland, Embraco и т.д.. Обязательным условием является наличие четкого указания использования в системе воспламеняющегося хладагента пропана. Как и в компрессорах, работающих на других хладагентах, допускается использование нагревателей картера во избежание чрезмерной растворимости пропана в масле.

3.3 Расширительное устройство

В холодильных машинах, работающих на пропане, могут использоваться все виды устройств расширения, которые используются в обычных холодильных машинах. Для работы на пропане выпускаются специальные терморегулирующие вентили TRV, и они в настоящее время доступны на рынке. Возможно использование TRV для R22 в виду близости соотношения давления от температуры R22 и пропана. Также могут быть использованы электронные расширительные клапаны, которые должны соответствовать требованиям к электрическим компонентам для воспламеняющихся хладагентов. Длина капиллярной трубки специфична для каждого хладагента. В настоящее время имеются компьютерные программы, а также графики для определения диаметра и длины капиллярной трубки, но более предпочтительным является метод экспериментального подбора длины капиллярной трубки. Опыт работы с пропаном показывает, что расход пропана через капиллярную трубку должен быть практически равен расходу 404A и это должно быть отправной точкой для оптимизации системы.

3.4 Фильтры-осушители

Фильтры-осушители используются для поглощения остаточной влаги в холодильной системе. Используемые фильтры-осушители совместимы с пропаном, наиболее приемлемыми являются фильтры-осушители типа ХН-5 и ХН-6 или их эквивалент.

4. Меры безопасности при проектировании и изготовлении холодильных систем, работающих на пропане

4.1 Стандарты безопасности, связанные с воспламеняемостью пропана

Вопросы безопасности при проектировании и изготовлении холодильного оборудования, работающего на воспламеняющихся хладагентах (ВХА), включая пропан, отражены в соответствующих разделах международных и межгосударственных стандартов. Ниже приводится перечень стандартов, в которых отражены эти вопросы, и их статус в республике к настоящему времени.

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 1ЕС 60335-2-89-2013. Безопасность бытовых и аналогичных приборов Часть 2-89 «Частные требования к торговому холодильному оборудованию со встроенным или дистанционным узлом конденсации хладагента или компрессором для предприятий общественного питания» принят Межгосударственным советом по стандартизации и сертификации (протокол №44-2013 от 14 ноября 2013 г.).

Настоящий стандарт распространяется на следующие приборы:

- витрины холодильники и холодильные шкафы;
- холодильные шкафы на колесах;
- прилавки обслуживания и прилавки самообслуживания;
- аппараты шоковой заморозки и скороморозильные аппараты с интенсивным движением воздуха, в том числе направленные **ВХА** в количестве **не более 150 грамм**.

2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 1ЕС 60335-2-24-2012. Безопасность бытовых и аналогичных приборов Часть 2-34 «Частные требования к холодильным приборам морозеницам и устройствам для производства льда» принят Межгосударственным советом по стандартизации и сертификации (протокол №44-2013 от 14 ноября 2013 г.)

Указанный стандарт устанавливает требования безопасности к следующим приборам номинальным напряжением не более 250В для однофазных приборов, 480В - для других приборов и 24В постоянного тока - для приборов, работающих от батарей:

- холодильным приборам для бытового и аналогичного использования;
- устройствам для производства льда со встроенным мотор-компрессором и устройствам для производства льда, предназначенным для размещения в отделениях для хранения замороженных продуктов;
- холодильным приборам и устройствам для производства льда, используемым в кемпингах, жилых автоприцепах и катерах для проведения досуга.

Эти приборы могут работать как от сети или от отдельной батареи, так и объединять в себе возможность питания от данных источников. Настоящий стандарт также устанавливает требования безопасности к морозеницам, предназначенным для бытового использования, номинальным напряжением не более 250В для однофазных приборов и 480 В - для других приборов. Стандарт также распространяется на приборы компрессионного типа для бытового или аналогичного использования, в которых применяются **воспламеняющиеся хладагенты (ВХА)** в количестве **не более 150 грамм**.

3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.2. 12.2.33-2012 (идентичен ISO 5149-1993) Система стандартов безопасности труда «Системы холодильные холодопроизводительностью свыше 3,0 кВт. Требования безопасности» принят Межгосударственным советом по стандартизации и сертификации (протокол № 42-2012 от 15 ноября 2012 г.).

Этот стандарт модифицирован по отношению к международному ISO 5149-1993 и распространяется на холодильные системы холодопроизводительностью свыше 3,0 квт при стандартном режиме (холодильные машины, агрегаты, компрессоры, теплообменные аппараты, тепловые насосы) и устанавливает требования безопасности конструкции и к размещению холодильных систем, в том числе заправленные **ВХА** в количестве более 150 грамм.

4. Межгосударственный стандарт ГОСТ 1ЕС 60335-2-40 Бытовые и аналогичные электрические приборы. Безопасность. «Часть 2-40. Дополнительные требования к электрическим тепловым насосам, воздушным кондиционерам и осушителям», принят Межгосударственным советом по стандартизации и сертификации (протокол №37 от 10 июня-2010 г.).

Этот стандарт устанавливает требования безопасности электрических тепловых насосов, в том числе тепловых насосов для горячей воды коммунального водоснабжения, воздушных кондиционеров и осушителей, оснащенных герметичными мотор-компрессорами, бытового и аналогичного применения номинальным напряжением не более 250В для однофазных приборов и 600 В - для других приборов. Приборы, не предназначенные для бытового применения, но которые могут быть источником опасности для людей, например, приборы, используемые

неспециалистами в магазинах, в легкой промышленности и на фермах, входят в область распространения данного стандарта. В область применения настоящего стандарта также входят электрические тепловые насосы, воздушные кондиционеры и осушители, содержащие **ВХА**, а также дополнительные нагреватели или средства для их отдельной установки, которые сконструированы как часть комплекта прибора и их органы управления встроены в прибор.

5. Межгосударственный стандарт ГОСТ EN 378-1-2014, который идентичен европейскому стандарту EN 378 -1 Refrigerating systems and heat pumps - Safety and environmental requirements, принят Межгосударственным советом по стандартизации и сертификации (протокол №70-П от 30 сентября - 2014 г.).

ГОСТ EN 378 состоит из следующих частей под общим названием «Системы холодильные и тепловые насосы - Требования безопасности и охраны окружающей среды».

- Часть 1: Основные требования, определения, классификация и критерии выбора.
- Часть 2: Проект, конструкция, изготовление, испытания, маркировка и документация.
- Часть 3: Размещение оборудования и защита персонала.
- Часть 4: Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт и восстановление.

Стандарт определяет требования безопасности и охраны окружающей среды на этапах проектирования, производства, строительства, монтажа, эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и утилизации холодильных систем и установок по отношению к окружающей среде в помещениях и окружающей среде в целом.

Целью стандарта является снижение вероятности возникновения потенциальных аварий со стороны холодильных установок и **всех** хладагентов, в том числе **ВХА**, с ущербом для жизни и здоровья людей, имущества и окружающей среды.

Этот стандарт устанавливает требования к безопасности людей и имущества (кроме продукции, находящейся в охлаждаемом или обогреваемом объеме), а также к охране атмосферы в помещениях и окружающей среды в целом для:

- а) мобильных и стационарных холодильных систем всех типов и размеров, в том числе тепловых насосов;
- б) систем охлаждения и/или обогрева с промежуточным контуром;
- в) различных вариантов размещения холодильных систем.

Указанные стандарты включают в себя как общие требования безопасности, которые следует учитывать при проектировании и строительстве всех объектов охлаждения и кондиционирования воздуха, независимо от горючести используемого хладагента, так и вопросы безопасности, связанные с воспламеняемостью хладагента. Далее рассматриваются только вопросы безопасности, связанные с воспламеняемостью хладагента.

4.2 Требования безопасности к холодильным системам с заправкой пропана не более 150 грамм

В соответствии с ГОСТ 1ЕС 60335-2-89-2013 и ГОСТ 1ЕС 60335-2-24-2012 холодильные системы, это бытовые холодильники, малое торговое холодильное оборудование и т. д, с заправкой ВХА не более 150 грамм могут, размещены во всех помещениях, что и холодильные системы, заправленные не воспламеняющимся хладагентом без дополнительных ограничений. Но из-за воспламеняемости пропана следует принимать необходимые меры безопасности как на самом холодильном оборудовании, так и в цехах предприятия-изготовителя.

Возгорание пропана может произойти при одновременном сочетании трех ситуаций:

- образование утечки горючего газа;
- образование взрывоопасной концентрации смеси воздуха и пропана;
- наличие источника зажигания, искры и/или высокой температуры.

Для того, чтобы газ воспламенился, должны возникнуть одновременно все три ситуации, поэтому основная задача безопасного обращения с горючими газами — исключение сочетания этих условий.

Компрессоры, предназначенные или переводимые, для работы на пропане, должны оснащаться внутренним устройством защиты и пусковыми устройствами или пусковыми реле, исключающими возникновение искр вблизи компрессора и иметь предупреждающую этикетку (символ) желтого цвета, предупреждающий о наличии горючего газа.

В соответствии с стандартом ГОСТ 1ЕС 60335-2-24-2012 по электрическим испытаниям:

- все электрические приборы, переключающиеся в процессе эксплуатации, могут быть источником воспламенения. В их число входят реле температуры, дверные выключатели освещения, двухпозиционные (on/off) или другие переключатели, реле высокого и низкого давления, кликсоны наружного расположения, таймеры оттаивания и т.д.
- все элементы холодильной системы: испаритель, конденсатор, дверные обогреватели, трубопроводы и компрессор, содержащие газ, считаются источником горючего хладагента ввиду возможного появления утечки пропана.

Безопасная концентрация пропана составляет 8 г/м^3 (составляющей 25% от нижнего предела воспламеняемости), установлена исходя из того, что опасность пожара на кухне стандартного размера очень мала, даже если течь не обнаружена.

Основная цель всех мероприятий по обеспечению безопасности работы с пропаном — изолирование пространства с элементами, содержащими горючий хладагент, от пространства с приборами, создающими искру при переключении, а также имеющие высокую температуру.

На рисунке 11 показаны возможные три варианта конструкции холодильного шкафа, заправленного пропаном:

- вариант 1 испаритель и реле температуры, дверной выключатель установлены внутри холодильного шкафа. Такое расположение является критичным для установок с воспламеняемыми хладагентами (ВХА) и не рекомендуется к использованию;
- варианте 2 испаритель установлен внутри шкафа, а реле температуры и дверной выключатель снаружи, такое расположение является более безопасным решением;
- варианте 3 реле температуры и дверной выключатель установлены внутри шкафа, а испаритель встроен в стену за облицовкой. Такое решение называется защищенной системой охлаждения и используется довольно часто в торговых шкафах и в бытовых холодильниках.

Как показывает анализ многие холодильные и морозильные установки, работающие на ВХА, спроектированы с учетом раздельного размещения холодильных агрегатов и электрических приборов. Электрические переключающие устройства больших автономных охладителей напитков и морозильников устанавливаются на их верхних панелях приборов.

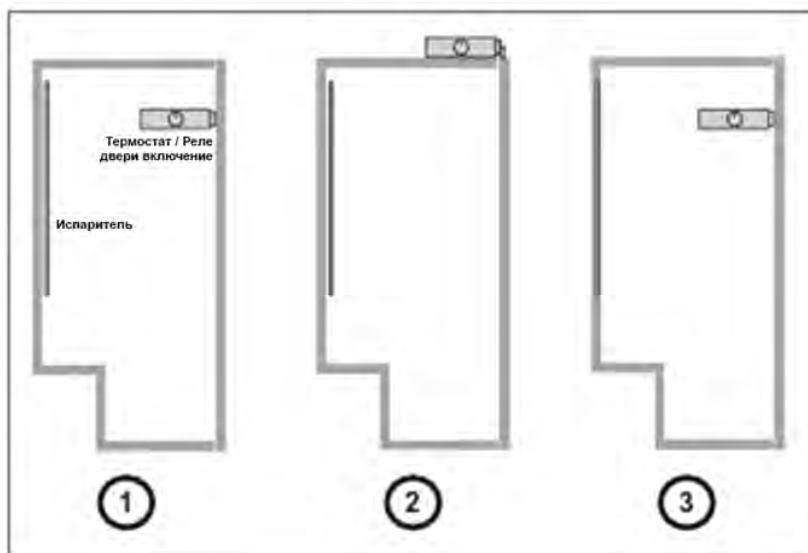


Рисунок 11. Различные варианты конструкций холодильного шкафа

Критическая ситуация возникает, когда невозможно установить испаритель и реле температуры вне шкафа. В этом случае имеется возможности установки реле температуры и переключатели в герметичном исполнении, исключающие проникновение в них газа или использование электронных реле температуры.

Вентиляторы, установленные внутри холодильной камеры, должны быть безопасными не имеющие искрение при работе. Электрические разъемы и патроны для ламп должны удовлетворять техническим требованиям стандарта пожаровзрывобезопасности. В странах ЕС каждая серия холодильных установок с хладагентом R290 должна быть проверена и допущена к эксплуатации независимым институтом в соответствии с требованиями европейских стандартов, даже если соблюдены все перечисленные выше условия TS/IEC/EN.

В руководстве по эксплуатации холодильной установки, работающей на ВХА пропане должна содержаться необходимая информация и инструкции по обращению с установками, заправленными ВХА хладагентами. Например, запрет на очистку поверхностей морозильных камер с помощью ножа и указание объема помещения, в котором устанавливается холодильник (в соответствии с количеством заправленного хладагента, исходя из нормы 8 гр/м³). Системы, использующие реле или другие электрические приборы вблизи компрессора, должны удовлетворять следующим требованиям: вентиляторы, установленные рядом с конденсатором или компрессором, не должны производить искр даже при блокировании и перегрузке. Они не должны оснащаться искрящими тепловыми переключателями и эти переключатели должны соответствовать требованиям стандарта IEC 60079-15. Реле должны соответствовать требованиям стандарта IEC 60079-15 или должны устанавливаться в местах, где утечки хладагента неспособны образовать горючую смесь с воздухом, например, в герметичных коробках. Так, например, компрессоры оснащаются пусковым устройством с длинным кабелем, который можно разместить в отдельно стоящих распределительных коробках.

В Европейских странах системы с ВХА и системы защиты сертифицируются и регулярно контролируются соответствующими органами. Необходимым требованиям должны отвечать производственные участки, где производится заправка холодильного оборудования с ВХА. Эти требования во многом схожи с требованиями для газозаправочных станций, и в частности в отношении электрооборудования и принудительной вентиляции. Производственные участки должны быть оснащены непрерывно работающими датчиками обнаружения газа, размещенные в местах возможной утечки хладагента. Например, вокруг заправочных станций, с аварийной сигнализацией и дублированием вентиляции при концентрации газа 15-20% от минимального уровня воспламеняемости (НПВ) и отключением электрических приборов,

не имеющих взрывозащищенного корпуса, при концентрации газа 30-35% от НПВ. Для заправки холодильного оборудования с ВХА должны использоваться заправочные станции, специально предназначенные для заправки горючих хладагентов, оснащенные системой безопасности.

Обслуживание и ремонт холодильных установок с ВХА R290 должны проводить квалифицированные специалисты. Так как эти работы требуют аккуратного обращения с установкой, заправленного ВХА пропаном, который является потенциальной опасностью при проведении работ. При обслуживании установки необходима хорошая вентиляция, а выхлопной патрубок вакуумного насоса должен быть выведен в атмосферу. Оборудование, используемое техником по обслуживанию холодильных установок, должно отвечать требованиям, предъявляемым к установкам с ВХА R290, в части качества вакуумирования и точности заправки. Для обеспечения точности заправки рекомендуется использовать электронные весы. Заправочные станции должны быть сертифицированы для работы с горючим хладагентом, а их электрооборудование соответствовать требованиям действующих стандартов.

4.2.1 Маркировка и инструкции.

При доступе к деталям при проведении работ по техническому обслуживанию, на паспортной табличке прибора должен быть хорошо виден символ «Внимание! Опасность возгорания». (рис 1.) Этот символ должен быть помещен также на заводскую табличку холодильного оборудования рядом со сведениями о типе хладагента и количестве хладагента для зарядки системы.

В инструкции холодильного оборудования, заправленного ВХА, должна быть указана следующая дополнительная информация для пользователя:

- «Запрещается хранить внутри настоящего прибора взрывоопасные вещества и предметы, такие как аэрозольные баллоны с воспламеняющимися смесями».
- «Внимание! Не загоразживайте вентиляционные отверстия, расположенные в корпусе прибора или во встраиваемой конструкции»;
- «Внимание! Не используйте механические устройства или другие средства для ускорения процесса оттаивания, кроме рекомендуемых изготовителем»;
- «Внимание! Не допускайте повреждения контура хладагента»;
- «Внимание! Не используйте электрические приборы внутри отделений приборов для хранения продуктов, если только они не относятся к типу, рекомендуемому изготовителем».



Рисунок 12. Символ «Внимание! Опасность возгорания» 4.2.2 Отличительные особенности технологии изготовления и испытания холодильного оборудования, заправляемого ВХА - пропаном

Испытание приборов давлением

Приборы, в которых используется ВХА, должны выдерживать:

- давление в 3,5 раза превышающее давление насыщенных паров хладагента при температуре 70⁰С, которые в процессе нормального режима работы подвергаются воздействию давления на стороне высокого давления, значение давления для проведения испытания округляют до 0,5 Мпа (5 бар). Для приборов, работающих на ВХА пропане (R290) это значение составляет $P_{\text{проб}} = 3,5 \times 26 = 87$ бар с округлением 90 бар;
- давление, в 5 раз превышающее давление насыщенных паров хладагента при температуре 20⁰С, либо равное 2,5 Мпа (25 бар), в зависимости от того, какое из них больше, для частей, которые в процессе нормального режима работы подвергаются воздействию давления только на стороне низкого давления, значение давления округляют до 0,2 Мпа (2бар). Для приборов, работающих на пропане (R290) это значение составляет $P_{\text{проб}} = 5 \times 8,4 = 42$ бар...

Испытания с имитацией утечки хладагента

Особенностью производства холодильного оборудования, заправленного ВХА является необходимость проведения производственных испытаний на имитацию утечки хладагента. Имитацию утечки выполняют в наиболее критической точке охлаждающей системы. Критическими точками являются только соединения между частями контура хладагента. Метод имитации утечки заключается во впрыскивании паров хладагента через капиллярную трубку в критическую точку. Капиллярная трубка должна иметь диаметр 0,7 +0,05 мм и длину от 2 до 3 м.

Впрыскиваемое количество отбирают из парового пространства баллона, содержащего такое количество жидкого хладагента, которое обеспечит его присутствие в баллоне до конца испытаний. Поддерживают следующую температуру баллона:

- а) $32 \pm 2^{\circ}\text{C}$ - при имитации утечки в контурах с давлением на стороне всасывания (на низкой стороне давления);
- б) $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$ - при имитации утечки в контурах с давлением на стороне нагнетания (на высокой стороне давления).

Количество впрыскиваемого газа определяется взвешиванием баллона. Концентрацию вытекающего хладагента внутри отделений для хранения продуктов и внутри любого внутреннего или наружного отсека измеряют как можно ближе к электрическим компонентам, которые в условиях нормального режима работы или ненормального режима работы создают искрение или электрическую дугу. Измерения выполняют каждые 30 секунд от начала испытания, в течение 1 часа после прекращения впрыскивания газа.

Испытание двигателей вентиляторов с заторможенным ротором

Эти испытания проводятся с целью проверки степени нагрева обмотки двигателя вентилятора конденсатора и воздухоохладителя, в том случае, когда двигатель заблокируется или не запустится. Ротор двигателя блокируют и подают номинальное напряжение в течение 360 часов. Испытания считаются законченными, если: до истечения

указанного времени защитное устройство, при наличии такового, разомкнет цепь или температура обмоток, в остановившемся состоянии, двигателя остается ниже 90°C. Во время испытания температура обмоток не должна превышать 370°C. Через 72 часа после начала испытания двигатель подвергается испытанию на диэлектрическую прочность. Чтобы источник отключился, в случае чрезмерного повышения тока утечки на землю, подключают устройство защитного отключения с номинальным остаточным током 30 миллиампер. В конце испытания при напряжении превышающим номинальное в два раза измеряют ток утечки между обмоткой и корпусом, которое не должно быть более 2 миллиампер.

4.3. Требования безопасности к холодильным системам с заправкой ВХА пропаном более 150 грамм

Правила безопасности при применении ВХА более 150 грамм отражены в Межгосударственном стандарте ГОСТ 12.2. 12.2.33-2012 Система стандартов безопасности труда. «Системы холодильные холодопроизводительностью свыше 3,0 кВт. Требования безопасности».

4.3.1 Использование систем охлаждения и холодильных агентов с учетом категории помещений и зданий

При проектировании систем охлаждения выбор хладагента и типа холодильной системы осуществляться с особым учетом категории помещения. Для каждой категории помещений и зданий, применение определенных систем охлаждения, определенных мест для размещения машин и трубопроводов, запрещается, или подвергается ограничениям, или допускается без ограничений в зависимости от применения тех или других хладагентов. Эти условия отражены в соответствующих разделах Межгосударственного стандарта ГОСТ 12.2. 12.2.33-2012. Система стандартов безопасности труда. «Системы холодильные холодопроизводительностью свыше 3,0 кВт. Требования безопасности» Этот стандарт является одним из первых документов в странах СНГ, разрешающих использование ВХА пропана, как хладагента и в других сферах холодильной техники, а не только в сфере специального промышленного производства.

Ниже приведены принятые в ГОСТ 12.2. 12.2.33-2012 система классификации холодильных систем, хладагентов, категории помещений и размещение холодильного оборудования.

4.3.2 Классификация холодильных систем по ГОСТ 12.2. 12.2.33-2012

Холодильная система в зависимости от способа отвода теплоты непосредственно от воздуха или от охлаждаемого вещества подразделяется на:

- непосредственную — это когда испаритель холодильной машины омывается непосредственно воздухом или каким-либо веществом, который охлаждается;
- промежуточную - это когда испаритель холодильной машины, помещенный вне пространства, где тепло отбирается от воздуха или от технологической жидкости, охлаждает хладоноситель, циркулирующий для охлаждения воздуха или технологической жидкости.

Таблица 4. Классификация холодильных систем

Определение	Холодильная система	Воздух или охлаждаемая жидкость
Непосредственная система		
Промежуточная открытая система		
Промежуточная открытая система с уровнем в испарителе		
Промежуточная закрытая система		
Промежуточная закрытая система с уровнем в испарителе		
Промежуточная сдвоенная система		

4.3.3. Классификация холодильных агентов

В зависимости от степени опасности физиологического воздействия на людей воспламеняемости и взрывоопасности смесей с воздухом холодильные агенты разделяются на три группы:

- 1 - невоспламеняющиеся нетоксичные холодильные агенты (ХФУ, почти все ГХФУ и ГФУ);

- 2 - токсичные и вызывающие коррозию холодильные агенты, нижний предел воспламенения которых (или нижняя граница взрыва) составляет более 3,5% по объему в смеси с воздухом (аммиак);
- 3 - холодильные агенты, нижний предел воспламенения которых (нижняя граница взрыва) ниже 3,5% по объему в смеси с воздухом (пропан и другие углеводороды).

4.3.4 Требования к размещению холодильных систем

Условия размещения оборудования

При решении вопросов безопасности холодильных систем следует учитывать также расположение, число находящихся людей и категории помещений. Здания и помещения, которые обслуживаются холодильными установками, подразделяются на пять категорий, основные отличия которых приведены в таблице 5.

Таблица 5. Категории зданий и помещений

Категория здания	Общие характеристики	Примеры
А - Некоторые ведомственные учреждения	Учреждения, где люди имеют ограниченную возможность самостоятельного передвижения	Больницы, суды и тюрьмы с камерами
В - Общественные учреждения	Учреждения, где люди могут свободно собираться	Театры, танцевальные залы, торговые центры, вокзалы, школы, церкви, библиотеки, рестораны
С - Жилища	Помещения, где предусмотрен сон людей	Дома, гостиницы, жилые помещения, клубы, школьные интернаты
Д - Учреждения торговли	Учреждения, где люди могут собираться в каком-либо количестве; часть людей обязательно компетентна в вопросах обеспечения безопасности учреждения	Учреждения, небольшие магазины и рестораны, лаборатории, заводы и фабрики широкого профиля, рынки со свободным доступом
Е - Промышленные предприятия)	Учреждения, в которые люди имеют доступ лишь по специальному допуску, и где производят, готовят и хранят материалы или продукты	Предприятия химической и пищевой промышленности, фабрики разных видов мороженого, пивные заводы, холодильные склады, молочные заводы, бойни

Согласно этому стандарту, как правило, недопустимо использование пропана и других углеводородных хладагентов в помещениях категории А, В, С и D, в которых обычно присутствуют люди, не входящие в состав специально подготовленного персонала, обслуживающего холодильные установки. Эти хладагенты могут

употребляться в лабораториях категории D, в установках полной заводской готовности с общим количеством хладагента не более 2,5 кг, а также в помещениях промышленных производств категории E (с общим количеством хладагента более 2,5 кг) в специальных случаях и при условии, что все электрические устройства в помещениях, где установлена какая-либо часть холодильной системы, должны соответствовать требованиям для опасных зон.

Для оборудования, работающего на пропане, исполнение электрооборудования по уровню его взрывозащиты должно соответствовать ГОСТ 12.2.020:

- зоне класса B-Ia — для размещаемого в машинных отделениях холодильных установок;*
- зоне класса B-Ig — для размещаемого на наружных площадках.*

5. Классификация холодильных систем по европейскому стандарту EN 378 -1

Все действующие версии международного и европейского стандартов включают в себя метод достижения требуемого уровня безопасности путем ограничения количества заправки хладагента в единичную холодильную систему. Ограничение объема заправки любого хладагента зависит от его токсичности и воспламеняемости.

5.1 Классификация хладагентов по токсичности и воспламеняемости. Группы опасности хладагентов

Классификация группы опасности хладагентов заключается в буквенно-цифровом обозначении, первый знак - заглавная буква обозначает токсичность (А - низкая токсичность, В - высокая токсичность), второй знак-арабская цифра указывает на воспламеняемость (горючесть).

Группа А (низкая токсичность): хладагенты, при средней концентрации которых в воздухе рабочей зоны, равной или более 400 мл/м³ (400 частей на миллион по объему), отсутствует вредное влияние почти на всех работающих, могущих подвергаться воздействию хладагента изо дня в день в течение 8-часового рабочего дня при 40-часовой рабочей неделе;

Группа В (высокая токсичность): хладагенты, при средней концентрации которых в воздухе рабочей зоны ниже 400 мл/м³ (400 частей на миллион по объему) отсутствует вредное влияние почти на всех работающих, могущих подвергаться воздействию хладагента изо дня в день в течение 8-часового рабочего дня при 40-часовой рабочей неделе.

Классификация в зависимости от воспламеняемости

Класс 1 (негорючие хладагенты)

К первому классу относят индивидуальные вещества, используемые в качестве хладагентов, которые не способны к распространению пламени в ходе испытаний на открытом воздухе при температуре вещества 60 °С и давлении 101,3 кПа.

Класс 2 (трудно горючие хладагенты)

Ко второму классу относят индивидуальные вещества, используемые в качестве хладагентов, при выполнении следующих трех условий:

- способность к распространению пламени в ходе испытаний на открытом воздухе при температуре вещества 60 °С и давлении 101,3 кПа;
- значение НКПВ не менее 3,5 % по объему;
- теплота сгорания менее 19000 кДж/кг.

Класс 3 (горючие хладагенты)

К третьему классу относят вещества, используемые в качестве хладагентов, при выполнении следующих двух условий:

- способность к распространению пламени в ходе испытаний на открытом воздухе при температуре вещества 60 °С и давлении 101,3 кПа;
- значение НКПВ менее 3,5 % по объему или теплота сгорания менее 19000 кДж/кг.

В соответствии с данной классификацией все углеводородные хладагенты: пропан (R290), бутан (R600), изобутан (R600a), пропилен (R1270), этан (R170) а также их смеси относятся к группе опасности A3, аммиак (R717) относится к группе – B2, углекислота (R744) относится к группе - A1 и т.д.

5.2 Помещения для размещения холодильных систем. Категории помещений.

Помещения, в которых размещают холодильные системы и/или их составные части классифицируют в зависимости от степени их влияния на безопасность людей, которые могут находиться в этих помещениях в тот момент, когда в работе холодильных систем возникают какие-либо аномалии. При рассмотрении вопросов обеспечения безопасности учитывают расположение холодильных систем, количество людей, которые могут находиться вблизи холодильных систем и/или их составных частей и категории помещений. Машинные отделения считают помещениями, в которых посторонних людей нет.

Общедоступные помещения – категория А.

Помещение, в котором люди могут находиться в состоянии сна, или в котором может находиться неконтролируемое количество людей, причем все они, как правило, не осведомлены о мерах индивидуальной безопасности. Например: госпитали, места содержания лиц, взятых под стражу, больницы, театры, супермаркеты, вокзалы, гостиницы, учебные заведения, жилые дома, рестораны, катки, салоны транспортных средств.

Охраняемые помещения – категория В.

Помещения, здания или части зданий, где может находиться только ограниченное количество людей, часть которых обязательно осведомлена об общих мерах безопасности. Например: производственные и офисные помещения общего назначения, проектные и конструкторские бюро, лаборатории.

Помещения с ограниченным доступом – категория С.

Помещения, доступ в которые разрешен только ограниченному кругу уполномоченных лиц, осведомленных об общих мерах безопасности в учреждении (например, цеха и участки промышленного производства). Например: холодильные склады, нефтеперерабатывающие предприятия, бойни, служебные помещения супермаркетов, производственные помещения химической и пищевой промышленности, цеха по производству продуктов питания, мороженого, льда.

При наличии в здании помещений нескольких категорий к холодильным системам, расположенным в этом здании, применяют наиболее жесткие, из возможных, требования безопасности, определяемые категорией соответствующего помещения. При наличии в

здании нескольких категорий помещений к холодильным системам, расположенным в этом здании, применяют наиболее жесткие из возможного требования безопасности, определяемые категорией соответствующего помещения. Если помещения разных категорий изолированы друг от друга, например, непроницаемыми капитальными стенами, полами и потолками, к холодильным системам (элементам холодильных систем), расположенным в этих изолированных помещениях, применяют требования безопасности, определяемые категорией каждого изолированного помещения в отдельности.

Таблица 6. Категории помещений

Категории	Общие характеристики	Примеры
А – Общедоступные помещения	Комнаты, части зданий и помещения, где: - люди могут спать; - могут находиться лица с ограниченной возможностью самостоятельного передвижения; - может находиться неконтролируемое количество людей, причем все они, как правило, не осведомлены о мерах индивидуальной безопасности	Госпитали, тюрьмы и стадионы, театры, супермаркеты, школы, классы, вокзалы, гостиницы, жилые дома, рестораны
В – Охраняемые помещения	Помещения, здания или части зданий, где может находиться только ограниченное количество людей, часть которых обязательно осведомлена об общих мерах безопасности предприятия	Офисные и производственные помещения общего назначения, рабочие места на общепромышленных предприятиях, прочие рабочие места общего назначения
С – Помещения с ограниченным доступом	Помещения, здания или части зданий, доступ в которые разрешен только ограниченному кругу лиц со специальной подготовкой, которые осведомлены об общих и специальных мерах безопасности на предприятии, где производят, пребывают, или хранят материалы или продукты	Производственные помещения, например, химической промышленности, пищевой промышленности, производства напитков, льда, мороженого, нефтепереработки, холодильные склады, скотобойни и служебные помещения супермаркетов, недоступные для посторонних лиц
Данный перечень примеров не является исчерпывающим		

5.3 Классификация холодильных систем.

Холодильные системы классифицируют в соответствии со способом отвода теплоты (охлаждения) или подвода теплоты (нагрева) в атмосферу или охлаждаемую (нагреваемую) среду. на непосредственные и промежуточные.

Непосредственные системы.

Испаритель и конденсатор системы охлаждения находятся в непосредственном контакте с воздухом или охлаждаемой (нагреваемой) средой. Системы, в которых в непосредственном контакте с воздухом или охлаждаемыми (нагреваемыми) продуктами находится промежуточный теплоноситель (например, при переносе теплоты путем теплопроводности или орошения) также рассматривают как непосредственные системы.

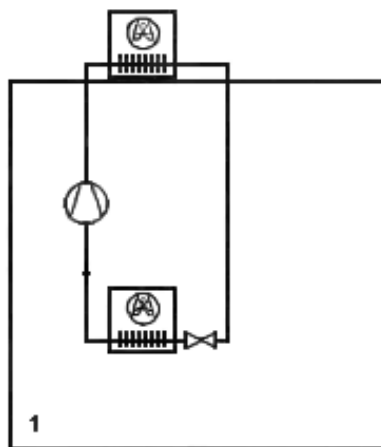
Промежуточные системы.

В испарителе охлаждают, а в конденсаторе нагревают промежуточный теплоноситель, который циркулирует по замкнутому контуру, содержащему теплообменники, находящиеся в непосредственном контакте с охлаждаемой (нагреваемой) средой.

5.4 Варианты размещения холодильных систем.

Существуют три варианта размещения холодильных систем и оборудования. Тот или иной вариант размещения выбирают в соответствии с требованиями соответствующего стандарта, учитывающего возможные опасности (риски). В зависимости от взаимного расположения холодильного оборудования и помещения, содержащего холодопотребляющий объект, имеют место следующие варианты размещения:

а) холодильная система установлена в том же помещении, что и холодопотребляющий объект;



1-холодопотребляющий объект

Рисунок 13. Вариант установки холодильной системы в том же помещении, что и холодопотребляющий объект

б) холодильная система с компрессорами, жидкостными ресиверами и конденсаторами установлена в машинном отделении или на открытом воздухе, а ее отдельные элементы, внутри которых может циркулировать хладагент, находятся в том же помещении, что и холодопотребляющий объект;

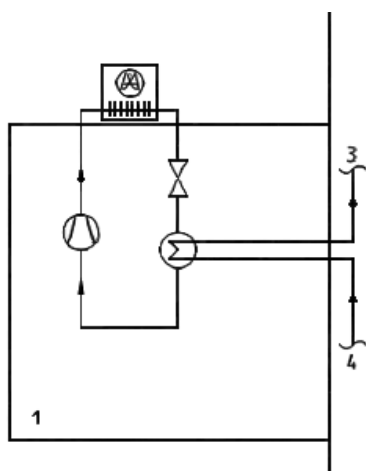


Рисунок 14. Вариант установки холодильной системы когда часть ее элементов располагается в том же помещении, что и холодопотребляющий объект, а другая часть в машинном отделении или на открытом воздухе. 1- машинное отделение, 2-холодопотребляющий объект, 3-трубопровод подачи жидкого хладагента в испарители, 4-трубопровод отсоса пара хладагента из испарителей.

с) холодильная система со всеми ее элементами, содержащими хладагент, установлена в машинном отделении или на открытом воздухе;

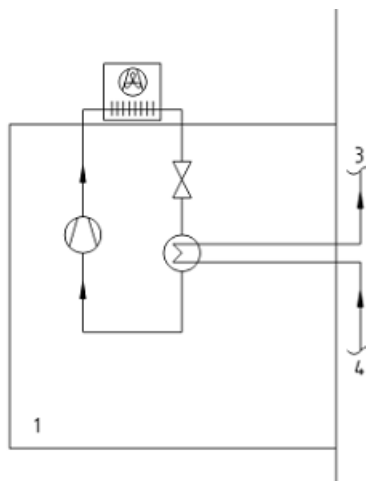


Рисунок 15. Вариант установки холодильной системы со всеми ее элементами, содержащими хладагент, установлена в машинном отделении или на открытом воздухе. 1-машинное отделение или открытый воздух, 2-холодопотребляющий объект, 3-линия подачи хладоносителя, 4-линия возврата хладоносителя.

5.5 Максимальная допустимая величина заправки холодильной системы пропаном

В таблице 7 взятой из [8] указаны допускаемые комбинации размещения холодильных систем в зависимости от категории помещения для систем, работающих на пропане (группа опасности АЗ). Для комбинаций, которые допускают размещение с определенными ограничениями, приведены дополнительные требования и/или ограничения по величинам заправки системы хладагентом. Предельно допустимые значения количества хладагента в системе могут быть выражены в абсолютных величинах, либо рассчитаны из характеристик хладагента и объемов помещений, содержащих холодопотребляющий объект.

Таблица 7.

Группа опасности хладагента—АЗ пропан		
Варианты размещения элементов холодильной системы	Категория помещения	
	Общедоступные помещения – категория А	
	Системы непосредственного охлаждения	Промежуточные системы
В охлаждаемом помещении и машинном отделении могут находиться люди	1. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы-см. 5.6. Для всех остальных систем: только герметичные системы, максимальная заправка = $0,008 \times \text{объем помещения}$, но не более 1.5 кг	2. Рассматривать как систему непосредственного охлаждения: см. ячейку 1
Компрессор и жидкостный ресивер в машинном отделении, где нет людей, или на открытом воздухе	3. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы-см.5.6. Для всех остальных систем: только герметичные системы, максимальная заправка = $0,008 \times \text{объем помещения}$, но не более 1.5 кг	4. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы – см.5.6: Максимальная заправка = $0,008 \times \text{объем помещения}$, но не более 1.5 кг
Все элементы холодильной системы, содержащие хладагент, в машинном отделении, где нет людей, или на открытом воздухе	5. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы-см.5.6. Для всех остальных систем: максимальная заправка = $0,008 \times \text{объем помещения}$, но не более 1.0 кг, если система ниже уровня пола и не более 5.0 кг, если система выше уровня пола	6. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы-см 5.6. максимальная заправка = $0,008 \times \text{объем помещения}$, но не более 1.0 кг, если система ниже уровня пола и не более 5.0 кг, если система выше уровня пола
	Охраняемые помещения – категория В	
	Системы непосредственного охлаждения	Промежуточные системы
В охлаждаемом помещении и машинном отделении могут	7. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы-см.5.6. Для всех остальных систем: максимальная заправка =	8. Рассматривать как систему непосредственного охлаждения: см. ячейку 7

находиться люди	0,008 х объем помещения, но не более 1.0 кг, если система ниже уровня пола и не более 2.5 кг, если система выше уровня пола	
Компрессор и жидкостный ресивер в машинном отделении, где нет людей, или на открытом воздухе	9. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы - см. 5.6. Для всех остальных систем: максимальная заправка = 0,008 х объем помещения, но не более 1.0 кг, если система ниже уровня пола и не более 2.5 кг, если система выше уровня пола	10. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы-см. 5.6: максимальная заправка = 0,008 х объем помещения, но не более 1.0 кг, если система ниже уровня пола и не более 2.5 кг, если система выше уровня пола
Все элементы холодильной системы, содержащие хладагент, в машинном отделении, где нет людей, или на открытом воздухе	11. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы-см.5.6. Для всех остальных систем: максимальная заправка = 0,008 х объем помещения, но не более 1.0 кг, если система ниже уровня пола и не более 10 кг, если система выше уровня пола	12. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы - см.5.6: максимальная заправка = не более 1.0 кг, если система ниже уровня пола и не более 10 кг, если система выше уровня пола
Помещения с ограниченным доступом – категория С		
	Системы непосредственного охлаждения	Промежуточные системы
В охлаждаемом помещении и машинном отделении могут находиться люди	13. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы-см.5.6. Для всех остальных систем: максимальная заправка = не более 1.0 кг, если система ниже уровня пола и не более 10 кг, если система выше уровня пола	14. Рассматривать как систему непосредственного охлаждения: см. ячейку 13
Компрессор и жидкостный ресивер в машинном отделении, где нет людей, или на открытом воздухе	15. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы-см.5.6. Для всех остальных систем: максимальная заправка = не более 1.0 кг, если система ниже уровня пола и не более 25 кг, если система выше уровня пола	16. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы-см. 5.6: максимальная заправка = не более 1.0 кг, если система ниже уровня пола и не более 25 кг, если система выше уровня пола
Все элементы холодильной системы, содержащие хладагент, в машинном отделении, где нет людей, или на	17. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы-см.5.6. Для всех остальных систем: максимальная заправка = не более 1.0 кг, если система	18. Воздушные кондиционеры и тепловые насосы-см.5.6: максимальная заправка = не более 1.0 кг, если система ниже уровня пола и без ограничения,

открытом воздухе	ниже уровня пола и без ограничения, если система выше уровня пола	если система выше уровня пола
------------------	---	-------------------------------

Таким образом, чтобы определить предельно допустимую величину заправки пропана или любого углеводородного хладагента (группа опасности хладагента - А3), систему необходимо классифицировать по следующим признакам:

- категория помещения, содержащего холодопотребляющий объект (А, В или С);
- вариант исполнения холодильной системы (с непосредственным охлаждением или промежуточная система);
- вариант размещения холодильной системы (в охлаждаемом помещении, часть системы вынесена в машинное отделение или на открытый воздух, все элементы холодильной системы вынесены за пределы охлаждаемого помещения);

Из таблицы следует, что предельно допустимая величина заправки углеводородным хладагентом при установке холодильной системы ниже уровня пола во всех вариантах должна составлять **не более 1 кг**. Для общедоступных помещений максимально допустимая заправка единичной герметичной холодильной системы во всех вариантах должна составлять **не более 1,5 кг**.

Пример. Холодильная система, использующая хладагент R290 установлена в магазине для охлаждения торговых витрин с продуктами питания. Все элементы системы, содержащие хладагент, за исключением конденсатора, находятся в магазине (площадь пола торгового зала 55 м², высота 3,5м). Требуется определить допустимую величину заправки холодильной системы хладагентом R290.

Группа опасности хладагента - А3. Категория помещения А - общедоступные помещения. Система охлаждения – непосредственная. Вариант размещения оборудования: - оборудование размещено в помещении, содержащем холодопотребляющий объект и общедоступном для людей (категории А).

Максимальная заправка = ППНЧ х объем помещения, но не более 1,5 кг.

Максимальная заправка = 0,008 кг/м³ х (55 х 3,5) м³ = 1,54 кг. Заправка должна быть не более 1,5 кг. При этом холодильная система должна быть герметичной.

5.6 Предельно допустимая заправка воспламеняемым хладагентом в системах кондиционирования воздуха и тепловых насосах, используемых в целях комфортного жизнеобеспечения людей

Герметичные системы заводского изготовления с заправкой хладагентами группы А3 устанавливают в помещениях, не являющихся машинными отделениями (специальными машинными отделениями), без каких-либо ограничений. Максимальное допустимое количество хладагента, находящегося в невентилируемом помещении, определяют следующим образом.

Если объем заправки превышает 4 м³ × НКПВ, (для пропана 0,152 кг) максимальное допустимое количество хладагента, находящегося в помещении, определяют по формуле:

$$m_{\text{макс}} = 2,5 \times (\text{НКПВ})^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2} \text{ (кг)}$$

$$\text{для пропана } m_{\text{макс}} = 2,5 \times (0,038)^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2} = 0,042 \times h_0 \times A^{1/2} \text{ (кг)}$$

где минимальная площадь поверхности пола $A_{\text{мин}}$, необходимая для того, чтобы в данном помещении можно было установить элементы оборудования с полной величиной заправки хладагентом m кг, должна соответствовать значению:

$$A_{\min} = (m / (2.5 \times (\text{НКПВ})^{5/4} \times h_0))^2, (\text{м}^2)$$

для пропана $A_{\min} = (m / (2.5 \times (0,038)^{5/4} \times h_0))^2, (\text{м}^2) = (m / 0,042 \times h_0)^2 (\text{м}^2)$

где:

$m_{\max}$ – максимальное допустимое количество хладагента, находящегося в помещении, кг;

m – количество хладагента, заправленного в систему;

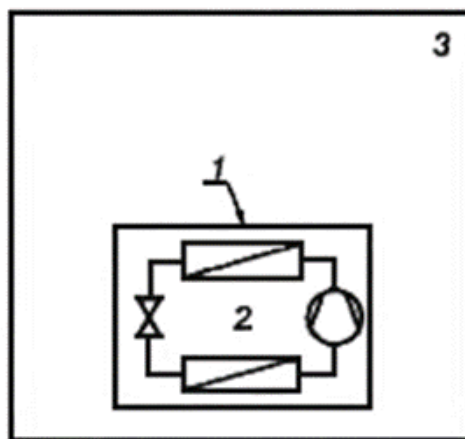
$A_{\min}$ – минимальная площадь поверхности пола в помещении, необходимая для того, чтобы в данном помещении можно было установить элементы оборудования, м^2 ;

A – площадь поверхности пола в помещении, м^2 ;

НКПВ = 0,038 нижний концентрационный предел воспламенения пропана в смеси с воздухом, $\text{кг}/\text{м}^3$;

h_0 – высота монтажа оборудования, м:

- 0,6 м. при размещении на полу;
- 1,8 м. при монтаже на стене;
- 1,0 м. при монтаже на окне;
- 2,2 м. при монтаже на потолке.



1 кожух; 2-внутреннее пространство кожуха (зона испытания); 3- помещение

Рисунок 16. Невентилируемые помещения или зоны

Некоторые значения максимального количества заправки и минимальной площади помещения, вычисленные по выше приведенным формулам приведены в таблицах 3 и 4

Таблица 8. Максимальное количество заправки (кг)

Категория	НКПВ, $\text{кг}/\text{м}^3$	h_0 , м	Площадь помещения, м^2						
			4	7	10	15	20	30	50
R290	0,038	0,6	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,14	0,18
		1,0	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,23	0,30
		1,8	0,15	0,20	0,24	0,29	0,34	0,41	0,53
		2,2	0,18	0,24	0,29	0,36	0,41	0,51	0,65

Таблица 9. Минимальной площади помещения

Категория	НКПВ, кг/м ³	h ₀ , м	Количество заправки М, кг, для минимальной площади помещения, м ²						
R290	0,038		0,152	0,228	0,304	0,456	0,608	0,76	0,988
		0,6		82	146	328	584	912	1541
		1,0		30	53	118	210	328	555
		1,8		9	16	36	65	101	171
		2,2		6	11	24	43	68	115

Пример 1: Система кондиционирования воздуха заправлена хладагентом R290 в количестве 300г, НКПВ R290 = 0,038 кг/м³. Заправка превышает $(4\text{м}^3 \times \text{НКПВ}) = 152 \text{ гр.}$ Следовательно, минимальный размер помещения, где можно будет установить эту систему, необходимо определить в зависимости от варианта размещения оборудования (см. таблицу 10)

Таблица 10.

Высота монтажа (м)	Вариант размещения оборудования	Минимальная площадь пола (м ²)	Минимальный объем помещения при высоте 2,2 м. м ³
0,6	Монтаж на полу	142,1	312,6
1,0	Монтаж на окне	51,2	112,5
1,8	Монтаж на стене	15,8	34,7
2,2	Монтаж на потолке	10,6	23,3

Пример 2: Для помещения площадью 30 м² максимально допустимая величина заправки воздушного кондиционера, работающего на R 290, составляет 230 г при монтаже кондиционера на окне. (см таблицу 3)

5.7 Частные требования для герметичных систем кондиционирования воздуха и тепловых насосов с ограниченной заправкой заводского изготовления

Герметичные агрегаты, не объединенные на заводе в единый блок (то есть каждая функциональная единица имеет свой корпус) могут иметь заправку:

$$(4 \text{ м}^3) \times \text{НКПВ} < m < (8 \text{ м}^3) \times \text{НКПВ}$$

$$0,152 < m < 0,304 \text{ кг пропана}$$

Максимальная заправка при размещении агрегата в помещении должна соответствовать величине:

$$m_{\text{макс}} = 0,25 \times A \times \text{НКПВ} \times 2,2$$

$$m_{\text{макс}} = A \times 0,0209 \text{ кг пропана}$$

откуда минимальную площадь поверхности пола в помещении, необходимая для того, чтобы в данном помещении можно было установить агрегат, заправленный хладагентом в количестве m (кг), определяют по выражению:

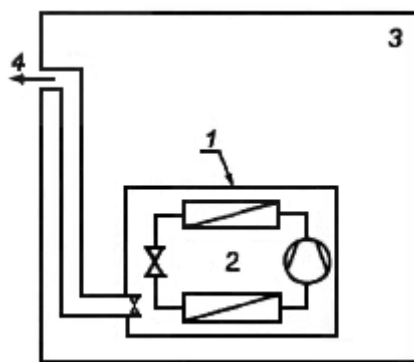
$$A_{\min} = m_{\max} / (0.25 \times \text{НКПВ} \times 2,2)$$

$$A_{\min} = m_{\max} / 0.0209 \text{ м}^2 \text{ для пропана}$$

где: $m_{\max}$ – максимально допустимая величина заправки для помещения, кг; m – количество хладагента в агрегате, кг; $A_{\min}$ – минимальная площадь поверхности пола в помещении, необходимая для того, чтобы в данном помещении можно было установить агрегат, м²; A – площадь поверхности пола в помещении, м². НКПВ – нижний концентрационный предел воспламенения хладагента в смеси с воздухом, кг/м³, значения НКПВ для остальных углеводородов приведены в приложении EN 378-1–20125.

5.8 Требования для предельных количеств заправки хладагента в зонах с механической вентиляцией.

Максимальная величина заправки пропаном для таких систем в общедоступных помещениях не должна превышать $m_{\max} \leq 4,94$ кг. ($m_{\max} = 130 \times \text{НКПВ}$)



1-кожух; 2-зона испытания; 3 помещение; 4-воздушный поток в наружу

Рисунок 17. Помещение с механической вентиляцией

Механическую вентиляцию применяют только к стационарным приборам.

Механическая вентиляция означает, что в кожухе прибора или в помещении имеется система вентиляции, которая в случае утечки должна отвести хладагент в зону, где нет источников возгорания и, газ сможет быстро рассеяться.

5.9. Вентиляция машинных отделений

Естественная вентиляция

Площадь свободного проема $F \text{ м}^2$, обеспечивающая вентиляцию машинного отделения, должна быть не менее $F = 0,14 G^{1/2}$ (2), где G - масса в килограммах хладагента, заполняющего систему самых больших размеров, какая-то часть которой находится в машинном отделении, кг.

Искусственная вентиляция

Расход воздуха $Q \text{ м}^3/\text{с}$, создаваемый системой искусственной вентиляции машинного отделения, должен быть не менее

$Q = 13,88 G^{2/3} \text{ м}^3/\text{с}$ (3), где G - масса хладагента, заполняющего систему самых больших размеров, какая-то часть которой находится в машинном отделении, кг.

Тем не менее, система вентиляции, обеспечивающая воздухообмен более 15 раз в час, не требуется.

5.9.1 Требования для механической вентиляции в кожухе прибора

Холодильный контур снабжен отдельным кожухом, не имеющим сообщения с помещением. Кожух прибора должен иметь систему вентиляции, которая создаст воздушный поток из внутреннего пространства кожуха наружу через вентиляционный ствол. Изготовитель должен указать ширину и высоту вентиляционного ствола, максимальную длину и количество изгибов. Конструкция прибора должна предусматривать создание воздушного потока между помещением и внутренним пространством кожуха прибора. Расход воздушного потока наружу должен быть не менее

$$Q_{\min} = S \cdot 15 (m_c / \rho) \text{ (с минимальным значением } 2 \text{ м}^3/\text{ч}),$$

Где: $Q_{\min}$ -минимальный требуемый объемный расход вентиляции, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$S = 4$ - коэффициент безопасности;

m_c - масса заправки хладагента, кг

ρ - плотность хладагента при атмосферном давлении и температуре 25°C , $\text{кг}/\text{м}^3$.

Примечание - Значение константы 15 (постоянной величины) основывается выше на допущениях, используемых в формулах количества заправки, т.е. на выпуск всего количества заправки в течение 4 мин.

Соответствие требованиям для вентиляционной системы прибора проверяют следующими испытаниями.

Прибор должен быть установлен в соответствии с указаниями изготовителя. Максимальная длина и количество изгибов вентиляционного ствола не должны превышать значений, указанных изготовителем.

Объем помещения должен быть не менее 10-кратного объема прибора, должен быть обеспечен достаточный объем компенсационного воздуха для замены воздуха, выпущенного во время испытаний. Перепад давлений воздуха измеряют между внутренним пространством кожуха прибора и помещением. Расход воздушного потока измеряют на внешнем (выходном) конце вентиляционного ствола. Вентиляция должна осуществляться наружу или в помещение с минимальным объемом в соответствии с указанным для варианта не вентилируемой зоны. Осуществляют постоянное обнаружение или мониторинг воздушного потока. В случае снижения воздушного потока до величины ниже $Q_{\min}$ в течении 10 секунд после этого события отключают прибор или мотор-компрессор. Вентиляция включается датчиком газообразного хладагента до достижения 25% от НКПВ. Датчик должен быть надлежащим образом позиционирован с учетом

плотности хладагента и должен проходить периодическую поверку в соответствии с указаниями изготовителя.

6. Требования для охлаждающих систем с использованием вторичных теплообменников

Если используется ВХА и система включает в себя вторичный теплообменник не допускается выпуск хладагента из теплообменника в зоны, обслуживаемые текущей средой вторичного теплообменника. Для обеспечения соответствия данному требованию может быть предусмотрено следующее:

- автоматический разделитель воздуха и хладагента во вторичном контуре на выпускной трубе испарителя или конденсатора. Такие устройства должны быть на высоком уровне по отношению к теплообменнику. Разделитель воздуха/хладагента должен выводить номинальное значение расхода, достаточного для вывода хладагента, который может быть выпущен через теплообменник. Разделитель воздуха должен выводить хладагент в машинное отделение, в кожух прибора, в специально предназначенное место снаружи.

Для предотвращения разрыва вторичного теплообменника необходимо:

- 1) использование устройства защиты от замерзания, в котором учтены:
 - температура замерзания текущей среды;
 - распределение через теплообменник;
 - недопустимое понижение температуры испаряющегося хладагента.

Примечание: Должны быть представлены предупреждения относительно действий, которые могут привести к повреждениям в результате замерзания, например, добавление или удаление хладагента в жидкой фазе из теплообменника, содержащего непроточную воду.

- 2) указание требований к специфическим свойствам текущей среды вторичного теплообменника для предотвращения коррозии, включая: воду - изготовитель должен указать в руководстве по монтажу качество воды, которое необходимо для данного теплообменника. В случае применения соляного раствора - изготовитель должен указать в руководстве по монтажу вид соляного раствора и допустимые пределы его концентрации, которые можно использовать для данного теплообменника.

Прибор, теплообменники которого могут быть повреждены в результате замерзания (тепловые насосы и чиллеры), испытывают следующим образом:

- Прибор работает в стабильных условиях. Следят за объемным расходом через испаритель.
- Отключают циркуляционный насос.
- Устройство защиты от замерзания должно отключить компрессор

Через 1 мин. циркуляционный насос вновь включают в работу и вновь включится в работу компрессор. Повторяют эти действия 10 раз. После 10 повторов объемный расход через испаритель должен быть не ниже, чем расход, измеренный в начале.

Прибор должен быть испытан с минимальным расходом воды при номинальном напряжении и частоте и при следующем температурном режиме:

- слив воды устанавливают чуть выше нижней отметки отключения устройств защиты против замерзания испарителя;
- значения на стороне конденсатора устанавливают таким образом, чтобы получить самую низкую температуру конденсации в пределах нормального рабочего диапазона;
- испытательное оборудование устанавливают таким образом, чтобы не было автоматической регулировки расхода воды на стороне испарителя;
- прибор должен непрерывно работать в течение 6-ти часов. В течении 6-ти часов не должно появиться ни одно из следующих условий, указывающих на начало замерзания:
- расход воды на стороне испарителя не должен снизиться более чем на 5% по сравнению с первоначальным расходом;
- температура испарения не должна снизиться более чем на 2⁰С;
- разность между температурой воды входящей в испаритель и выходящей из испарителя не должна снизиться более чем на 30% по сравнению с первоначальной разностью температур.

Затем прибор испытывают с максимальным расходом воды при условиях, описанных выше.

7. Дополнительные требования к оборудованию, обусловленные использованием ВХА пропана

При использовании ВХА пропана, для соединения трубок не допускается применение низкотемпературных припоев на основе свинца/олова.

Приборы с использованием ВХА пропана должны иметь такую конструкцию, которая исключает возможность того, что просочившийся хладагент создаст опасность возгорания или взрыва, стекая в такие места прибора или заставляясь в таких местах прибора, где установлены электротехнические детали, которые могут быть источником возгорания и функционировать при нормальных условиях эксплуатации или в случае утечки хладагента.

Считается, что утечка газа из отдельных компонентов с содержанием менее 0,5 гр. огнеопасного газа, таких как терморегуляторы, не создают опасных ситуаций.

Все электротехнические детали, которые могут служить источником возгорания и функционировать при нормальных условиях или в случае утечки, должны соответствовать одному из следующих условий:

- требованиям ГОСТ Р 52350.15 (разделы 9-15);
- не располагаться в месте скопления потенциально огнеопасной смеси или располагаться в корпусе. Корпус, в котором располагаются электротехнические детали должен соответствовать требованиям ГОСТ Р 523500.15 для корпусов, пригодных для использования с газами группы ПА или с применяемым хладагентом;

- температура поверхности, на которые может произойти утечка пропана не должна быть выше 370⁰С;
- при использовании ВХА - пропана все приборы должны заправляться хладагентом на месте изготовления или на месте установки, как рекомендовано изготовителем.

Часть прибора, заправляемая на месте установки, которая требует пайки или сварки при установке, не должна поставляться заправленной пропаном. Выполняемые в процессе установки соединения частей охлаждающей системы, хотя бы одна часть которой заправлена, должна выполняться следующим образом:

- паяные, сварные или механические соединения должны быть выполнены до открытия клапанов, обеспечивающих перетекание хладагента между частями холодильной системы;
- не допускается использование внутри помещений механических соединений многоразового применения и конических соединений;
- трубопровод хладагента должен быть защищен или находиться в корпусе для предотвращения повреждений;
- гибкие соединительные элементы хладагента (линии между внутренним и внешним блоками), которые могут быть смещены при нормальной эксплуатации, должны быть защищены от механических повреждений.

7.1 Маркировка и инструкции

Символ пламени и символ  прочтения руководства пользователя должны быть видны в случае применения ВХА - пропана при:

- доступе к частям, которые подвергаются обслуживанию и ремонту,
- осмотре прибора при продаже или после установки,
- осмотре упаковки прибора, если прибор заполнен хладагентом.

При использовании ВХА - пропана символы прочтения руководства пользователя  руководства по ремонту  и руководства по монтажу  должны быть нанесены на прибор в месте заметном для лиц, которым необходимо знать эту информацию. Высота символа должна быть не менее 10 мм. Дополнительный предупреждающий символ пламени должен быть нанесен на заводскую табличку прибора рядом с указанием типа хладагента и информации о зарядке. Высота символа должна быть не менее 10 мм. Символ не обязательно должен быть цветным. При использовании ВХА - пропана на прибор должна быть также нанесена следующая предупредительная надпись:

Внимание!

Прибор следует устанавливать, эксплуатировать и хранить в помещении площадью более «Х» м² (применяют только для приборов, за исключением **закрепленных приборов**).

Для приборов, не являющихся закрепленными приборами, минимальный размер помещения «Х» должен быть указан на приборе. Значение «Х» в маркировке должно определяться в квадратных метрах для невентилируемых помещений. Если маркировка

типа хладагента не видна, при осуществлении доступа к сервисному входу, сервисный вход должен иметь соответствующую маркировку символ пламени, без соблюдения цвета.

При использовании ВХА - пропана на прибор наносят не удаляемую маркировку символа пламени, и маркировку символа  ознакомления включая его цвет и форму. Высота треугольника, содержащего символ пламени должна быть не менее 30 мм.

7.2 Меры безопасности при обслуживании холодильных установок и кондиционеров, заправленных пропаном

7.2.1 Общие сведения

Для приборов с использованием ВХА - пропана должны быть представлены отдельные или комбинированные руководства по монтажу, обслуживанию и эксплуатации, включающие следующую информацию символ пламени и информация предупредительной маркировки должны быть представлены следующим образом:

Внимание!

- не применяйте никакие методы ускорения процесса размораживания или чистки кроме рекомендованных изготовителем;
- не протыкать и не поджигать.

Прибор должен находиться в помещении без постоянно работающих источников возгорания (например, отрытое пламя, работающий газовый прибор или работающий электрический нагреватель). Помните, что пропан не имеет запаха. Прибор должен устанавливаться, эксплуатироваться и храниться в помещении площадью более «Х» м² (в паспорте или на приборе должна быть указана конкретная цифра).

7.2.2 Сведения в руководстве

В руководстве должна быть указана следующая информация применительно к прибору:

- сведения относительно мест, в которых допускается размещение содержащих ВХА трубопроводов включая следующие указания:
 - о том, что трубопроводы должны монтироваться в минимальных количествах;
 - о том, что трубопроводы должны быть защищены от физических повреждений и не должны устанавливаться в невентилируемом помещении, если размер помещения меньше указанной площади помещения для эксплуатации;
 - о недопустимости размещения внутри помещений механических соединителей многоразового применения, а также о том, что все соединения должны быть доступны для техобслуживания;
 - о том, что минимальная площадь помещения должна быть указана в виде таблицы или числа без ссылки на формулу;
 - максимальный объем заправки хладагента М;
 - минимальный нормированный воздушный поток, если это требуется;
 - сведения об обращении с прибором, о его установке, чистке, обслуживании и удалении хладагента;

- минимальная площадь помещения или особые требования к помещению, в котором допускается размещение прибора за исключением случаев, когда количество заправленного пропана меньше или равно 0,152 гр;
- предупреждение о недопустимости наличия преград перед вентиляционными отверстиями;
- предупреждение о том, что обслуживание должно выполняться согласно рекомендациям изготовителя.

Руководство должно содержать указание о том, что невентилируемая зона, в которой установлен прибор с использованием ВХА, должна быть устроена таким образом, чтобы в случае утечки хладагента он не застаивался, создавая опасность возгорания или взрыва. Данное указание должно включать:

- предупреждение о том, что прибор должен храниться в хорошо вентилируемом месте, в котором площадь помещения соответствует указанной для эксплуатации площади помещения;
- прибор должен храниться таким образом, чтобы предотвратить появление механических повреждений.

Руководство должно содержать следующие конкретные сведения о полномочиях квалифицированного обслуживающего персонала:

- любое лицо, осуществляющее работы с контуром хладагента или его вскрытие, должно иметь действительное удостоверение, выданное уполномоченным аттестационным органом, которое подтверждает компетенцию такого лица по безопасной работе с ВХА и в соответствии с принятыми в промышленности требованиями к аттестации;
- обслуживание должно выполняться только согласно рекомендациям изготовителя. Техобслуживание и ремонт, которые требуют помощи со стороны другого квалифицированного персонала, должны выполняться под руководством лица, имеющего право работы с огнеопасными хладагентами.

7.2.3 Сведения по обслуживанию.

Руководство должно содержать конкретные сведения для обслуживающего персонала, включающие указания о необходимости принятия следующих мер при обслуживании прибора с использованием огнеопасного хладагента.

Проверка места работ

До начала работ над системами, содержащими огнеопасные хладагенты, необходимо выполнить проверку безопасности для сведения к минимуму риска возгорания. Для ремонта холодильной системы должны быть приняты следующие меры предосторожности до начала работ с системой.

Порядок действий при работе

Работы должны выполняться в соответствии с контролируемым порядком действий, чтобы свести к минимуму риск присутствия огнеопасных газов или паров во время выполнения работ.

Место ведения работ

Весь обслуживающий и другой персонал, находящийся в месте ведения работ, должен быть проинструктирован о характере выполняемых работ. Необходимо избегать работы в ограниченных пространствах. Место ведения работ должно быть отделено. Необходимо

обеспечить безопасные условия в месте ведения работ, контролируя присутствие легковоспламеняющихся материалов.

Проверка присутствия хладагента

Место работ необходимо проверять с помощью соответствующего детектора хладагента до начала работ и во время выполнения работ, чтобы выполняющий работы специалист был осведомлен о потенциально огнеопасной атмосфере в случае ее присутствия. Необходимо обеспечить, чтобы используемое оборудование для обнаружения утечек было пригодным для применения с огнеопасным хладагентом, т.е. безыскровым, с достаточной степенью герметичности или конструктивно искробезопасным.

Наличие огнетушителя

В случае выполнения любых огневых работ на холодильном оборудовании или на сопряженных узлах необходимо иметь под рукой соответствующие средства для тушения огня. Рядом с местом заправки должен находиться порошковый или углекислотный огнетушитель.

Отсутствие источников возгорания

Лица, выполняющие работы в отношении холодильной системы, связанные с открытием любых частей системы, содержащего или не содержащего огнеопасный хладагент, не должны использовать никакие источники возгорания таким образом, чтобы это могло создать опасность пожара или взрыва. Все возможные источники возгорания, включая курение сигарет, должны находиться на достаточном отдалении от места ведения работ.

Вентилируемая зона

Необходимо обеспечить, чтобы место работ было открытым или в достаточной степени провентилированным до вскрытия системы или выполнения огневых работ. Некоторая степень вентиляции должна поддерживаться в течение выполнения работ. Вентиляция должна безопасным образом рассеивать хладагент в случае его утечки. Желательно, чтобы он удалялся наружу в атмосферу.

7.2.4. Проверки холодильного оборудования

К холодильным установкам с использованием ВХА применяют следующие виды проверок:

- соответствие количества хладагента размеру помещения, в котором установлены содержащие хладагент части;
- правильность функционирования вентиляционного оборудования и вентиляционных отверстий и отсутствие перекрывающих их препятствий;
- на наличие хладагента во вторичном контуре при использовании контура с промежуточным хладоносителем;
- видимость и читаемость маркировки оборудования необходимо исправить нечитаемые надписи и знаки;
- проверка монтажа и укладки холодильных трубопроводов;
- исключить попадание на холодильное оборудование вызывающих коррозию веществ или должным образом защитить их от коррозии.

7.2.5 Проверки электротехнических устройств

Заменяемые электротехнические детали должны соответствовать предназначению и надлежащим техническим условиям. Следование указаниям изготовителя по техническому обеспечению и обслуживанию всегда является обязательным. В сомнительных случаях следует обратиться за помощью в технический отдел изготовителя.

Ремонт и техобслуживание электротехнических компонентов должны включать первоначальные проверки безопасности и процедуры осмотра компонентов. В случае наличия неисправности, которая может негативно повлиять на безопасность, не допускается подключение устройства к цепи электропитанию до устранения этой неисправности. Об этом необходимо уведомить собственника оборудования, чтобы были осведомлены все стороны.

Первоначальные проверки включают:

- проверку разряда конденсаторов, разряд должен выполняться безопасным способом, исключающим возможность искрообразования;
- проверку отсутствия открытых электротехнических деталей и проводки под напряжением во время проведения любых работ с оборудованием;
- проверку целостности контура заземления.

Ремонт герметизированных компонентов

- При ремонте герметизированных компонентов до снятия любых крышек, от ремонтируемого оборудования, должны быть отключены все источники электропитания. В случае абсолютной необходимости подачи электропитания на оборудование во время техобслуживания необходимо установить постоянно функционирующее средство обнаружения утечек в наиболее опасном месте, чтобы обеспечить оповещение о потенциально опасной ситуации.
- Особое внимание необходимо обратить на следующие факторы, которые повлияют на уровень защиты такие как: повреждение кабелей, чрезмерное количество соединений и качество их выполнения, повреждения уплотнений, неправильную установку сальников и т.д.
- Необходимо обеспечить правильную установку прибора.
- Необходимо убедиться в том, что состояние уплотнений или изоляционных материалов не ухудшились до такой степени, при которой они уже не могут предотвратить проникновение огнеопасной атмосферы. Заменяемые детали должны соответствовать спецификации изготовителя.

Ремонт конструктивно искробезопасных компонентов

Прежде чем подать в цепь какие-либо постоянные индуктивные или емкостные нагрузки необходимо обеспечить, чтобы они не привели к превышению допустимых значений напряжения и силы тока для используемого оборудования. Конструктивно искробезопасные компоненты являются единственным видом оборудования, с которым можно работать под напряжением в присутствии огнеопасной атмосферы. Испытательная аппаратура должна быть соответствующего класса. Замену компонентов проводят только на указанные изготовителем детали. Использование других деталей может привести к возгоранию хладагента в атмосфере в случае утечки.

Кабельная разводка

Необходимо проверить, чтобы кабельная разводка не подвергалась износу, коррозии, чрезмерному давлению, воздействию острых углов или другим вредным воздействиям в месте установки. При выполнении этой проверки необходимо также принимать во внимание эффекты старения и постоянной вибрации от таких источников, как компрессоры и вентиляторы.

7.2.6 Методы обнаружения утечек

Не допускается применение потенциальных источников возгорания при поиске или выявлении утечек хладагента. Запрещается использование галоидных течеискателей и любых других средств обнаружения с использованием открытого пламени. Для обнаружения огнеопасных хладагентов используют электронные детекторы утечки. Проверку детекторов необходимо выполнять в свободном от хладагента месте. Необходимо убедиться, что детектор не является потенциальным источником возгорания и пригоден для использования с данным хладагентом. Детектор утечки устанавливают на некоторое процентное отношение нижнего предела воспламеняемости хладагента и эталонируют для используемого хладагента с подтверждением соответствующего процента газа (максимум 25%).



А



Б

Рисунок 18. Методы определения утечки.

А - с помощью электронного течеискателя, Б - мыльной пеной

Для использования подходят специальные жидкости для обнаружения утечек, но при этом следует избегать применения хлористых моющих средств, поскольку хлор может вступать в реакцию с хладагентом и вызывать коррозию медных труб. В случае подозрения на утечку необходимо удалить или погасить все источники открытого пламени в случае обнаружения утечки, для устранения которой требуется пайка, весь хладагент должен быть извлечён из системы либо изолирован в отдаленной от места утечки части системы. Затем проводят продувку системы азотом без примеси кислорода до начала и вовремя пайки.

7.2.7 Удаление хладагента и вакуумирование

Вскрытие контура хладагента для выполнения ремонтных работ или для других целей следует применять общепринятые методы. Необходимо соблюдать следующую последовательность действий:

- удалить хладагент;
- выполнить продувку контура инертным газом;
- выполнить откачку;
- провести повторную продувку инертным газом;
- вскрыть контур резкой или пайкой.

Хладагент собирают в специальные баллоны. Систему продувают азотом без примеси кислорода, чтобы обезопасить установку может потребоваться повторение этого процесса несколько раз. Запрещается использовать для выполнения этой задачи сжатый воздух или кислород. Для выполнения продувки вакуум в системе срывают азотом и продолжают заполнение системы до достижения рабочего давления, затем проводят выпуск азота в атмосферу и снижают давление до вакуума. Этот процесс повторяют до полного удаления хладагента из системы. При выполнении последней продувки азотом давление в системе снижают до атмосферного давления. Эта операция является абсолютно необходимой для выполнения работ по пайке трубопровода. Необходимо обеспечить, чтобы вблизи выхода вакуумного насоса не было источников возгорания, а также обеспечит наличие вентиляции или осуществлять выпуск газов из вакуумного насоса наружу.

7.2.8 Порядок заправки

В сочетании с общепринятыми методами заправки необходимо соблюдать следующие требования:

- обеспечить, чтобы не происходило загрязнение различных хладагентов при использовании заправочного оборудования. Шланги и линии должны быть короткими, чтобы свести к минимуму количество содержащегося в них хладагента;
- баллоны должны использоваться в вертикальном положении;
- до заправки холодильной системы хладагентом необходимо обеспечить ее заземление;
- после завершения заправки прикрепить к системе ярлык (если это еще не сделано);
- необходимо проявлять чрезвычайную осторожность, чтобы не переполнить холодильную систему.

Перед заправкой системы необходимо выполнить ее опрессовку азотом. После завершения заправки до пуска в эксплуатацию, систему испытывают на отсутствие утечки. Еще одно дополнительное испытание на отсутствие утечки выполняют перед уходом с объекта.

7.2.9 Снятие с эксплуатации

- Необходимо ознакомиться с оборудованием и всеми его частями. Рекомендуемой нормой является безопасный сбор всех хладагентов. До начала выполнения этой задачи необходимо взять пробу масла и хладагента на тот случай, если потребуются проведение анализа перед повторным использованием регенерированного хладагента.
- Необходимо обеспечить наличие электропитания до выполнения задачи.
- Ознакомьтесь с оборудованием и его работой.
- Выполните отключение электросетей.
- Перед началом выполнения процедуры необходимо обеспечить:
 - наличие индивидуальных средств защиты и их правильное использование;
 - постоянный надзор за процессом компетентным лицом;

- соответствие оборудования для сбора хладагента и баллонов применимым стандартам.
- По возможности выполните откачку хладагента из системы.
- Если создание вакуума во всей системе невозможно используйте баллон (цилиндр) для удаления хладагента из различных частей системы.
- Установите баллон на весы до начала процесса сбора хладагента.
- Запустите опорожняющий агрегат и действуйте в соответствии с указаниями изготовителя.
- Не переполняйте баллоны (не более 80% объема жидкости)
- Не превышайте максимальное рабочее давление баллона, даже кратковременно
- После завершения процесса откачки, обеспечьте удаление баллонов с объекта и закрытие всех отсечных клапанов (вентилей) на оборудовании.
- Собранный хладагент не должен заправляться в другую холодильную систему без очистки и проверки.

Прикрепление ярлыков

К оборудованию необходимо прикрепить ярлык с записью о том, что оно снято с эксплуатации и из него удален хладагент. На ярлыке должны быть дата и подпись. Необходимо чтобы на оборудовании были ярлыки с записью о том, что оборудование работало на ВХА.

Сбор хладагента

При удалении хладагента из системы, при техобслуживании или снятия с эксплуатации рекомендуется применение безопасных методов удаления всех хладагентов.

При заправке хладагента в сливные баллоны необходимо обеспечить использование только пригодных для этой цели баллонов. Необходимо обеспечить наличие нужного количества баллонов для вмещения всего заправочного объема системы. Необходимо использовать специальные баллоны для сбора хладагента. Использование одноразовых баллонов запрещается. В пустых сливных баллонах создают разрежение и, по возможности, их охлаждают перед началом процесса сбора хладагента.

Оборудование для сбора хладагента должно быть в хорошем состоянии и пригодным для сбора огнеопасного хладагента. Необходимо обеспечить наличие комплекта поверенных весов в хорошем состоянии. Шланги должны быть оснащены герметичными разъемными соединениями и должны быть в хорошем состоянии. Перед использованием опорожняющего агрегата необходимо убедиться в том, что он пригоден для работы, прошел необходимое техническое обслуживание и что все сопутствующие электротехнические детали герметически закрыты для предотвращения возгорания в случае утечки хладагента. В сомнительных случаях необходимо проконсультироваться с изготовителем.

Не следует смешивать хладагенты в сливных установках и особенно в баллонах.

В случае удаления компрессоров или компрессорного масла необходимо обеспечить создания в них достаточного уровня разрежения, чтобы гарантировать, что в смазочном масле не останется огнеопасного хладагента. Перед возвратом компрессора поставщикам необходимо выполнить его вакуумирование, для ускорения этого процесса можно применять только электрический нагрев корпуса компрессора. При сливе масла из системы необходимо соблюдать меры безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с существующими международными и европейскими стандартами:

1. Холодильное оборудование (бытовые холодильники, торговое холодильное оборудование и т. д.), с заправкой ВХА пропаном не более 150 грамм могут размещены во всех помещениях что и холодильные системы, заправленные не воспламеняющимся хладагентом без дополнительных ограничений.
2. Для всех помещений (за исключением помещений с ограниченным доступом – категории С, а также промежуточной системы охлаждения с размещением всех элементов холодильной системы в специальном машинном отделении или на открытом воздухе охраняемых помещений категории В) максимальная заправка пропаном единичной холодильной системы определяется по формуле

$$m_{\text{макс}} = \text{ППНЧ} \times V_{\text{пом}} = 0,008 \times V_{\text{пом}} \text{ (кг)}$$

где: $V_{\text{пом}}$ объем помещения (м^3)

3. Предельно допустимая величина заправки единичной холодильной системы пропаном при установке ниже уровня пола, для всех категорий помещений и вариантов размещения элементов холодильной системы должна составлять **не более 1 кг**. При этом холодильная система должна быть только герметичной.
4. Предельно допустимая величина заправки единичной холодильной системы пропаном устанавливаемой в общедоступных помещениях категории А должна составлять **не более 1,5 кг**. При этом холодильная система должна быть только герметичной.
5. Предельно допустимая величина заправки единичной холодильной системы пропаном промежуточной системы охлаждения с размещением всех элементов холодильной системы в специальном машинном отделении или на открытом воздухе общедоступных помещений категории А должна составлять **не более 5 кг**.
6. Предельно допустимая величина заправки единичной холодильной системы пропаном устанавливаемой в охраняемых помещениях категории В должна составлять **не более 2,5 кг**.
7. Предельно допустимая величина заправки единичной холодильной системы пропаном промежуточной системы охлаждения с размещением всех элементов холодильной системы в специальном машинном отделении или на открытом воздухе охраняемых помещений категории В должна составлять **не более 10 кг**.
8. Предельно допустимая величина заправки единичной холодильной системы пропаном устанавливаемой в помещениях с ограниченным доступом категории С должна составлять **не более 10 кг**.
9. Предельно допустимая величина заправки единичной холодильной системы пропаном, устанавливаемой в помещениях с ограниченным доступом категории С и вынесенным компрессором и жидкостным ресивером в машинное отделение или на открытый воздух должна составлять **не более 25 кг**.
10. Величина заправки единичной холодильной системы пропаном промежуточной системы охлаждения с размещением всех элементов холодильной системы в специальном машинном отделении или на открытом воздухе помещений с ограниченным доступом категории С – **не ограничивается**.
11. Предельно допустимая величина заправки пропана в герметичных системах кондиционирования воздуха и тепловых насосах заводского изготовления, используемых в целях комфортного жизнеобеспечения людей, и устанавливаемых в невентилируемых помещениях должна определяться по формуле:

$$m_{\text{макс}} = 0,042 \times h_0 \times A^{1/2} (\text{кг}) \text{ если } m \text{ больше } 0,152 \text{ кг},$$

где h_0 – высота монтажа оборудования,

м: 0,6 м при размещении на полу; 1,0 м при монтаже на окне; 1,8 м при монтаже на стене; 2,2 м при монтаже на потолке.

A - площадь пола помещения.

12. Предельно допустимая величина заправки пропана в герметичных системах кондиционирования воздуха и тепловых насосах, не объединенных на заводе в единый блок и устанавливаемых в неветилируемых помещениях должна не более **$m < 0,304$ кг**.
13. Максимальная заправка пропана в герметичных системах кондиционирования воздуха и тепловых насосах, не объединенных на заводе в единый блок и устанавливаемых в неветилируемых помещениях должна не более **$m_{\text{макс}} = A \times 0,0209$ кг**.
14. Максимальная величина заправки пропаном холодильных систем, систем кондиционирования воздуха и тепловых насосов, устанавливаемых в общедоступных помещениях в зонах с механической вентиляцией не должна превышать **$m_{\text{макс}} \leq 4,94$ кг** ($m_{\text{макс}} = 130 \times \text{НКПВ}$).

ИСТОЧНИКИ:

1. Европейский опыт регулирования фторсодержащих газов. www.ozoneproram.ru
2. Natural Refrigerants. PROKLIMA international. Jose M. Corberain. Use of hydrocarbons of working fluids in heat pumps and refrigeration equipment. www.gts.de/proklima
3. Guidelines for the use of hydrocarbon refrigerants in static refrigerations and air-conditioning systems (From ACRIB). www.airned.nl
4. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.2. 12.2.33-2012 (идентичен ISO 5149-1993). Система стандартов безопасности труда «Системы холодильные холодопроизводительностью свыше 3,0 кВт. Требования безопасности».
5. Межгосударственный стандарт ГОСТ 1ЕС 60335-2-24-2012. Безопасность бытовых и аналогичных приборов Часть 2-34 «Частные требования к холодильным приборам морозильникам и устройствам для производства льда».
6. Межгосударственный стандарт ГОСТ 1ЕС 60335-2-89-2013.Безопасность бытовых и аналогичных приборов Часть 2-89 «Частные требования к торговому холодильному оборудованию со встроенным или дистанционным узлом конденсации хладагента или компрессором для предприятий общественного питания».
7. Межгосударственный стандарт ГОСТ 1ЕС 60335-2-40 Бытовые и аналогичные электрические приборы. Безопасность. «Часть 2-40. Дополнительные требования к электрическим тепловым насосам, воздушным кондиционерам и осушителям».
8. EN 378 -1+A2:2012-07/ IN2 Refrigerating systems and heat pumps - Safety and environmental requirements. Part 1 Basic requirements, definitions, classification and selection criteria.
9. Oz DSt 1.7 1998 «Порядок применения международных и межгосударственных региональных и национальных стандартов и нормативных документов других стран»

ПРИЛОЖЕНИЕ

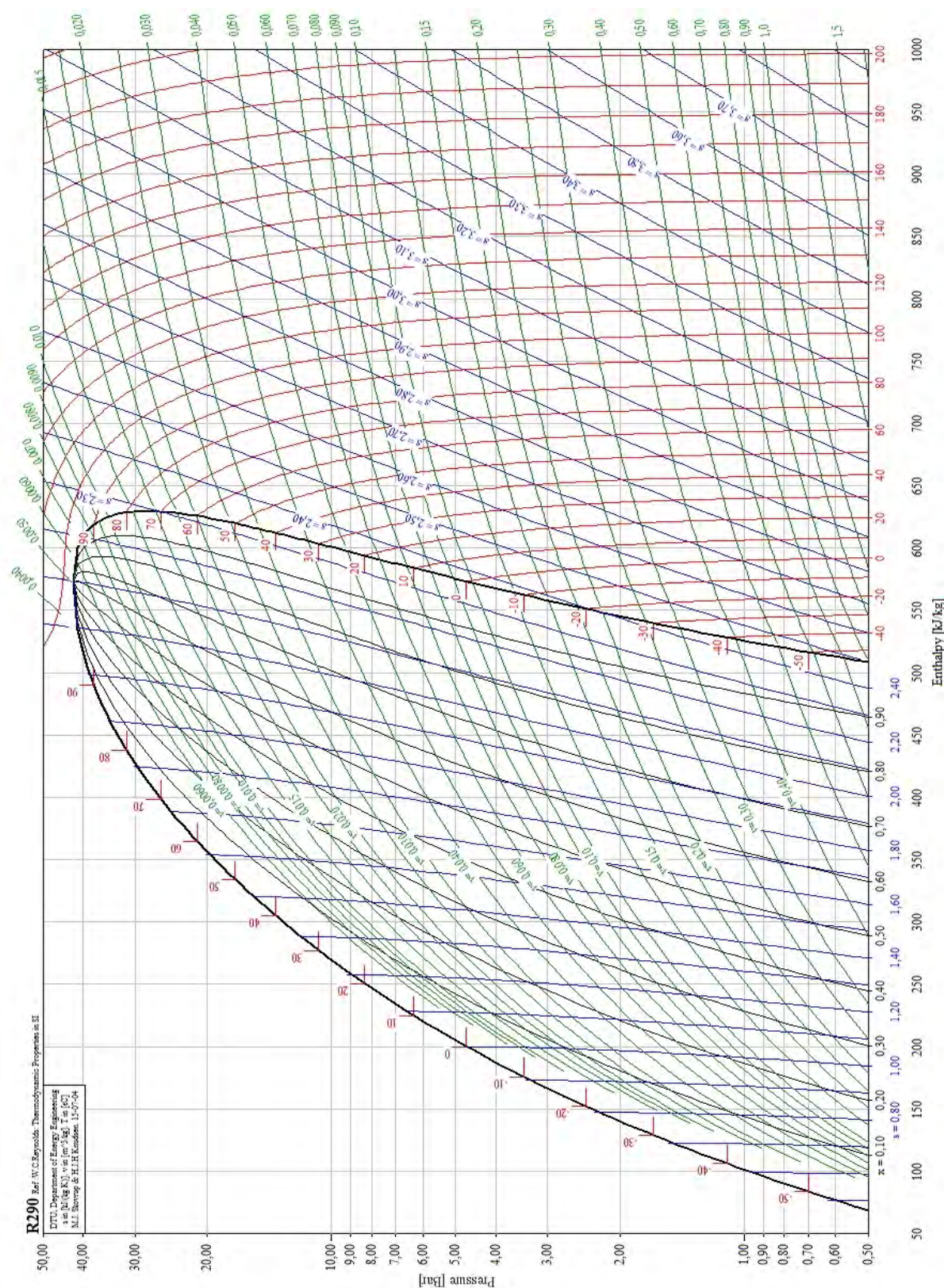


Рисунок 1. Диаграмма энтальпия-давление пропана (R290)

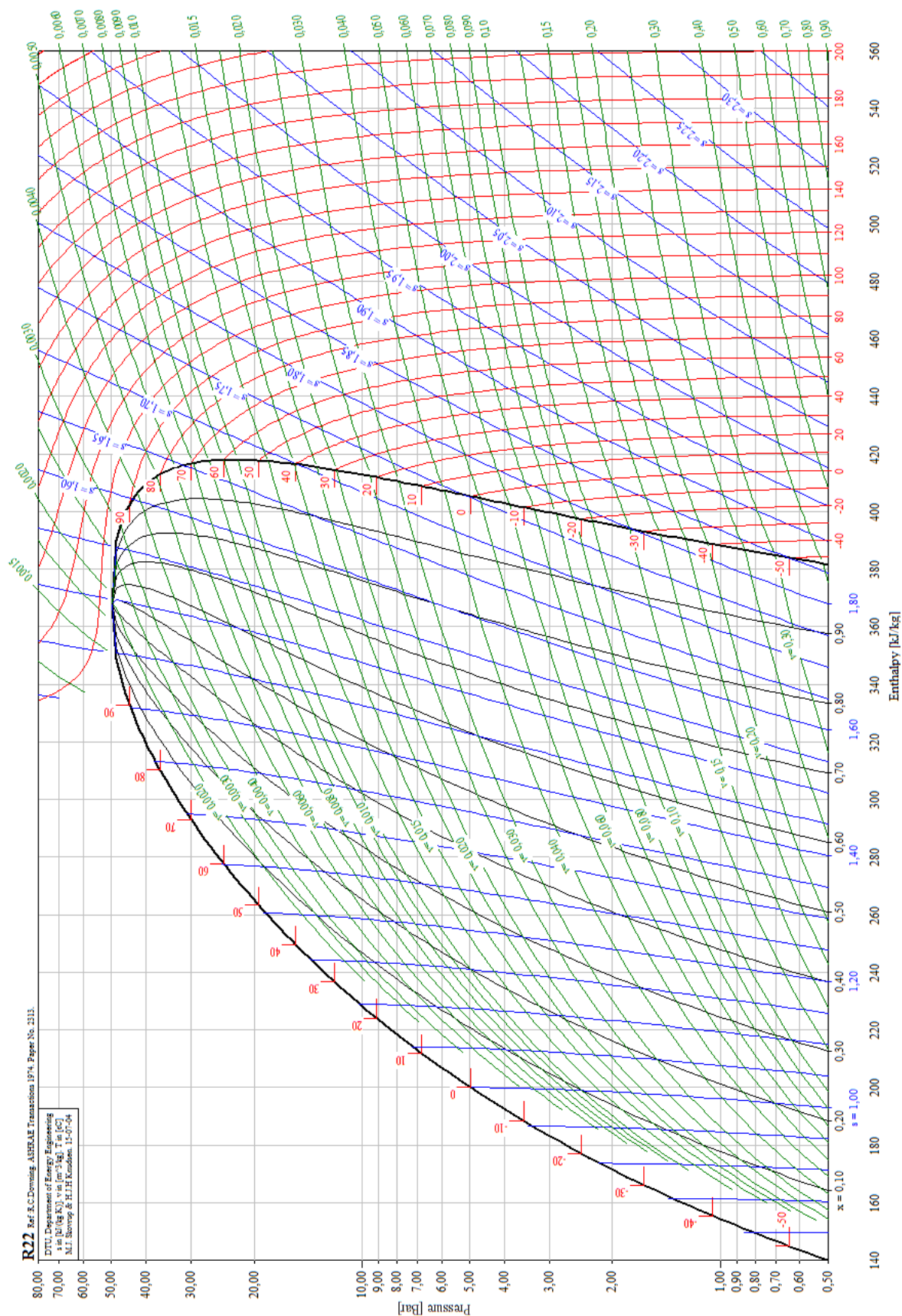


Рисунок 2. Диаграмма энтальпия-давление R22

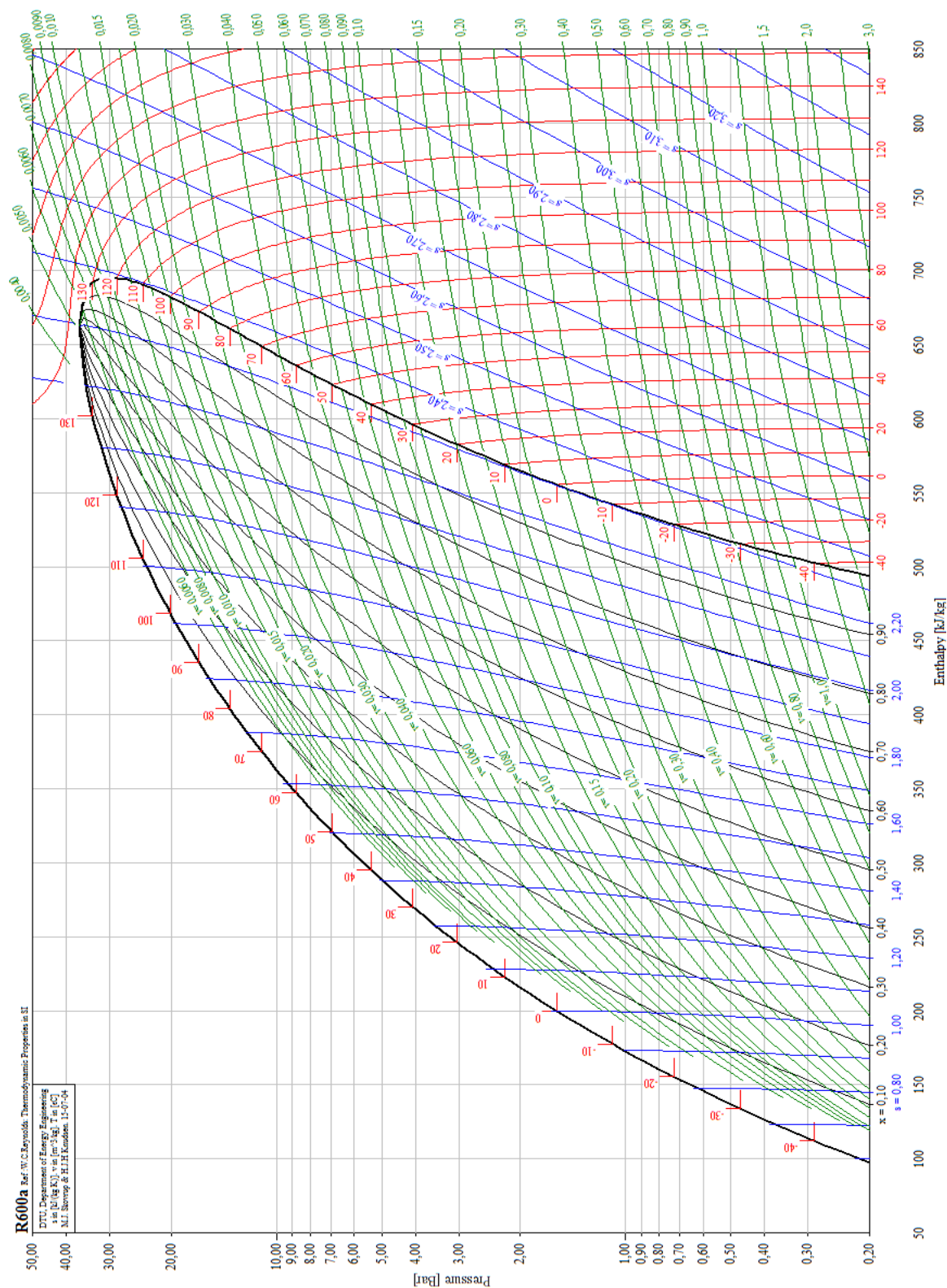


Рисунок 3. Диаграмма энтальпия-давление изобутана R600a

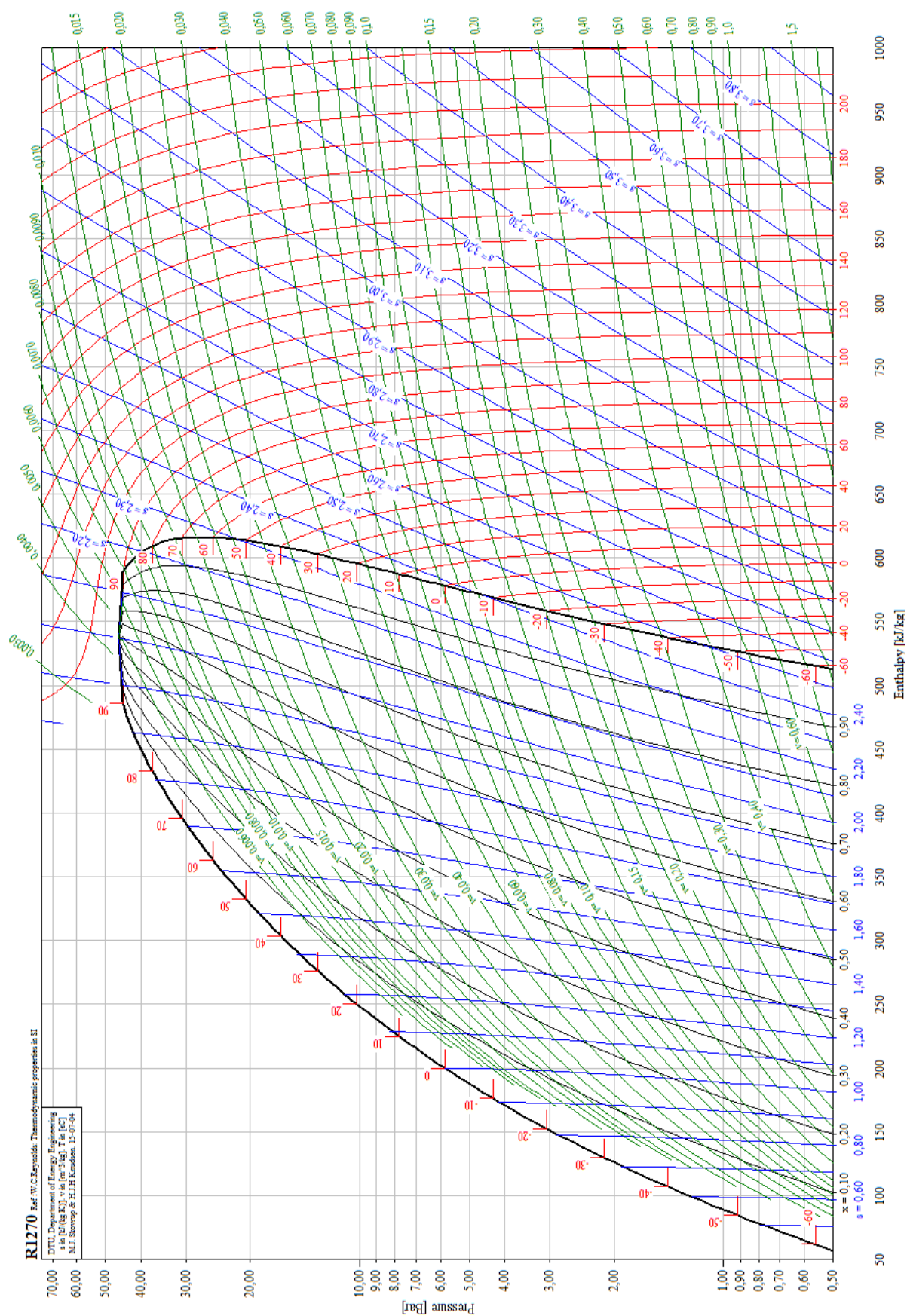


Рисунок 4. Диаграмма энтальпия-давление пропилена R1270



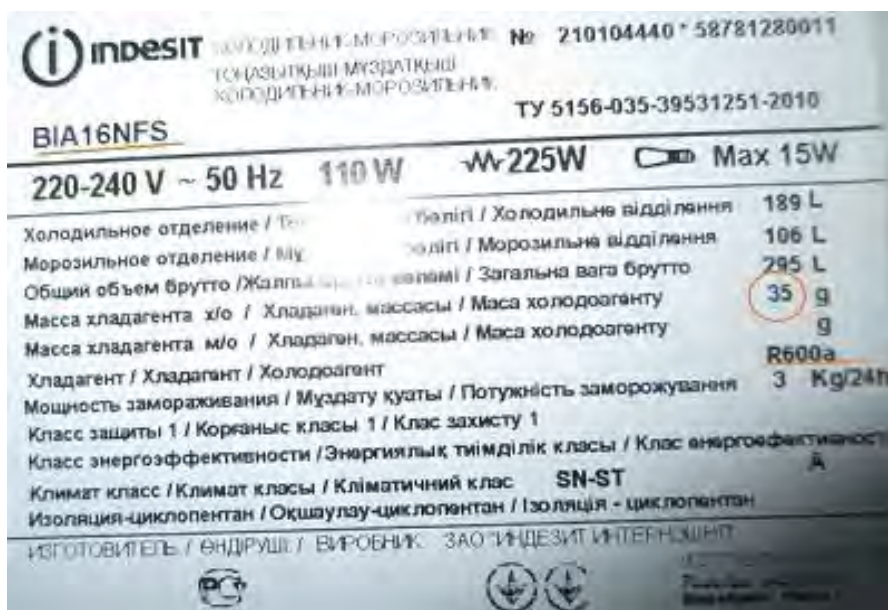
Холодильник Индезит [NBA18FNF](#) хладагент R600 норма заправки 35 грамм.

Indesit хондильник-морозильник тоңазыткыш-мүздәткыш NBA18FNF			
220-240 V ~ 50 Hz 110 W 225 W Max 15W			
ОБЩИЙ ОБЪЕМ БРУТТО	ХОЛОДИЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ	МАССА ХЛАДАГЕНТА	
Жалпы брутто көлемі 339 L	Тоңазытатын бөлігі 233 L	Хладагент, массасы 35 g	
ИЗОЛЯЦИЯ-ЦИКЛОПЕНТАН	МОРОЗИЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ	МАССА ХЛАДАГЕНТА	
Оқшаулау-циклопентан	Мүздәтатын бөлігі 106 L	Хладагент, массасы g	
ХЛАДАГЕНТ	R600a	КЛАСС ЗАЩИТЫ 1	КЛИМАТ КЛАСС SN-ST
Хладагент		Корғаныс класы «1»	Климат класы
МОЩНОСТЬ ЗАМОРАЖИВАНИЯ	КЛАСС ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ		A
Мүздәту қуаты 10 Kg/24h	Энергиялық тиімділік класы		
ӨНДІРУШІ:	ИЗГОТОВИТЕЛЬ: ЗАО "ИНДЕЗИТ ИНТЕРНЭШНЛ"		

Холодильник Индезит [NBA181FNF](#) хладагент R600 норма заправки 35 грамм.

Indesit хондильник-морозильник тоңазыткыш-мүздәткыш NBA181FNF			
220-240 V ~ 50 Hz 110 W 225 W Max 15W			
ОБЩИЙ ОБЪЕМ БРУТТО	ХОЛОДИЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ	МАССА ХЛАДАГЕНТА	
Жалпы брутто көлемі 339 L	Тоңазытатын бөлігі 233 L	Хладагент, массасы 35 g	
ИЗОЛЯЦИЯ-ЦИКЛОПЕНТАН	МОРОЗИЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ	МАССА ХЛАДАГЕНТА	
Оқшаулау-циклопентан	Мүздәтатын бөлігі 106 L	Хладагент, массасы g	
ХЛАДАГЕНТ	R600a	КЛАСС ЗАЩИТЫ 1	КЛИМАТ КЛАСС SN-ST
Хладагент		Корғаныс класы «1»	Климат класы
МОЩНОСТЬ ЗАМОРАЖИВАНИЯ	КЛАСС ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ		A
Мүздәту қуаты 10 Kg/24h	Энергиялық тиімділік класы		
ӨНДІРУШІ:	ИЗГОТОВИТЕЛЬ: ЗАО "ИНДЕЗИТ ИНТЕРНЭШНЛ"		

Холодильник Индезит [BIA16NFS](#), хладагент R600a норма заправки 35 грамм.



Холодильник Индезит [NBA18FNFNXH](#), хладагент R600a норма заправки 35 грамм.



Инструмент и оснастка для ремонта

Для того чтобы выявить неисправность и произвести ремонт холодильника потребуется набор специальных инструментов и оборудования. Ниже приведен список необходимого оборудования:

- 1) Цифровой тестер. Прибор используется для определения сопротивления обмоток компрессора, для замеров электрических цепей холодильника — сопротивления тэнов оттайки, тепловых реле, предохранителей.
- 2) Цифровой термометр. Прибор, используется для измерения температуры в холодильной, морозильной камерах холодильника, температуры испарителя, удобен высоким быстродействием точностью измерений.

- 3) Электронный течеискатель. Прибор позволяет определить места утечки хладагента, для её последующего устранения, качество выполненных швов при ремонте холодильного агрегата. Современные течеискатели, позволяют определять микроутечки всех распространенных фреонов, а также их смесей – R-134a, R-22, R-404A, 407C, 410A. Такие приборы имеют ручную настройку порога чувствительности, гибкий зонд для работы на труднодоступных участках трубопровода, автономный источник питания. Стоит отметить их простоту в использовании.
- 4) Вакуум-заправочная станция или вакуумный насос с манометрическим коллектором, необходима при капитальных ремонтах холодильного агрегата, применяется для удаления воздуха и влаги из трубопровода холодильного агрегата.
- 5) Сварочный пост, необходим для выполнения для пайки трубопроводов агрегата при устранении утечек, замене компрессоров, конденсаторов, фильтров-осушителей, клапанов и других элементов холодильного контура.

Помимо перечисленного оборудования необходимы другие инструменты, которые могут пригодиться:

- труборез;
- пережимные клещи;
- соединительные муфты;
- защитные экраны для газопламенных работ;
- кусачки для обрезки капилляра;
- набор гаечных ключей- набор отверток;
- пассатижи;
- набор шестигранников;



Муфта Ганзена Применяется при проведении капитального ремонта для герметичного подключения к заправочному патрубку мотор-компрессора бытового холодильника или морозильной камеры. Одним концом муфта надевается на обычную сервисную трубку (не снабженную клапаном Шредера) и фиксируется.	
Пережимные клещи После заправки холодильного агрегата необходимо запаять сервисную трубку для полной герметизации контура. Паяют выход сервисной трубки при включенном компрессоре, что снижает давление фреона в трубке.	
Течеискатель Утечки хладагента из холодильного агрегата имеют крайне серьезные последствия. Агрегат больше не сможет выдавать необходимую мощность для отвода тепла.	
МАРР ГАЗ Для пайки и других процессов газопламенной обработки металлов применяют также горючий газ, состоящий из смеси метилацетилен и пропандиена, называемый МАРР (по заглавным буквам его компонентов). Благодаря высокой температуре горения, МАРР газ позволяет работать на 33% быстрее и эффективней.	
Горелка RP3T4 Горелка с откручивающимся наконечником LP (Thruster Tip), UNIWELD (США) ручная горелка отличается наконечником, создающим широкое цилиндрической формы вихревое пламя. Набор включает в себя RP3E регулятор с угловым поворотным коленом и UT4LP наконечником. Горелка с цилиндрическим наконечником максимизирует поток пламени.	
Сварочный пост Переносной газосварочный пост - переносное устройство, состоящее из платформы, баллона с кислородом, баллона с МАРР- газом, газопламенной горелки, газовые рукава, регулятор давления баллонный кислородный одноступенчатый (редуктор). Горелка поста присоединена к баллонным редукторам газовыми рукавами.	
Герметизирующий карандаш LA-CO Применяется для герметизации трещин, проколов испарителей, ремонта конденсаторов. Поверхность в месте повреждения должна быть зачищена и обезжирена, при наличии лакокрасочного покрытия – краска зачищается. Для облегчения снятия слоя краски перед зачисткой возможно нагреть краску в зоне повреждения открытым пламенем	
Ножницы для резки капиллярных трубок Капиллярная трубка имеет малый диаметр и внутреннее сечение, через которое проходит сконденсировавшийся фреон. Обычным инструментом такие трубки резать затруднительно нельзя, так внутреннее отверстие заминается. Ножницы специально предназначены для резки таких труб - они равномерно обжимают трубу по всему внешнему диаметру, что препятствует заминанию трубы и потере внутреннего отверстия.	



Безопасное использование альтернатив ГХФУ в холодильном оборудовании и климатической технике: Воспламеняемые хладагенты



Введение

В то время как процесс вывода из обращения гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) прогрессирует, ожидается, что в развивающихся странах будет значительное внедрение альтернативных хладагентов, таких как углеводороды, аммиак, углекислый газ, ненасыщенные гидрофторуглероды (ГФУ) - или ГФО. Многие из этих альтернативных хладагентов имеют свои особенности с точки зрения токсичности, воспламеняемости и высокого давления, которые отличаются от ранее используемых веществ, таких как хлорфторуглероды (ХФУ) и гидрохлорфторуглероды (ГХФУ). Когда холодильное оборудование и климатическая техника прошли установку, обслуживание, ремонт или демонтаж, проблемы безопасности должны быть тщательно рассмотрены, в особенности, когда обслуживающий технический персонал работает с хладагентами, свойства которых им не знакомы. Поэтому

Оценка общих рисков

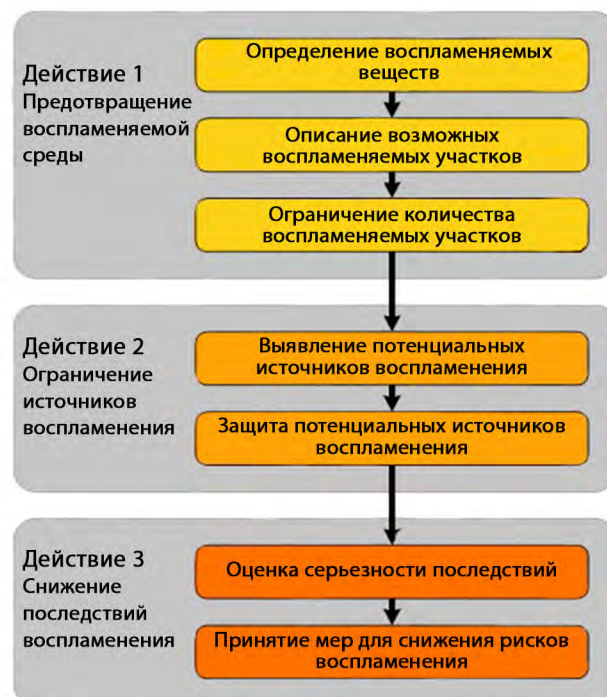
Со всеми легковоспламеняющимися хладагентами возникает риск возможного воспламенения из-за огнеопасной концентрации. Воспламенение происходит из-за незащищенных источников воспламенения – это может быть электрическая искра, открытое пламя, горячая поверхность или некоторые другие процессы, создающие риски воспламенения. Воспламенение может произойти везде, куда просочился хладагент и смешался с воздухом в опасных пропорциях.

Особые требования

Для воспламеняемых хладагентов, соответствующие требования по разработке и применению можно найти в инструкциях, стандартах, сводах правил и руководствах. Основные вопросы, описанные в этих источниках, включают следующее:

- Ограничение количества хладагента, которое не будет представлять угрозу воспламенения (ограничение количества заправляемого хладагента);
- Проектирование системы и компонентов для меньшего количества заправляемого хладагента;
- Не устанавливать оборудование в уязвимых местах;

важно, что холодильный сектор акцентирует внимание на технических вопросах и вопросах безопасности хладагентов. Существует несколько видов воспламеняемых хладагентов, некоторые были разработаны давно, некоторые - недавно. Воспламеняемость хладагентов находится в различных диапазонах, можно заметить, что некоторые хладагенты в вопросах воспламенения имеют низкие предельно допустимые концентрации (ПДК). Например, хладагент R290 имеет ПДК равный 38 г на 1 м³, а у хладагента ГФУ 1234yf он равен 289 г на 1 м³. Существуют другие особенности, такие как минимальная энергия воспламенения, температура сгорания и скорость горения.



Основные действия для оценки рисков токсичности

- Системы могут иметь высокий уровень утечек;
- Разработка системы таким образом, чтобы не было потенциальных источников воспламенения (отсутствие утечек);
- Более частое использование течеискателя и систем вентиляции для рассеивания утечек хладагента;
- Применение необходимых предупреждений для технического персонала, который должен быть осведомлен об опасности (например, обозначение воспламеняемости

на оборудовании), включая необходимую информацию относительно воспламенения при установке и работе с документацией. Стандарты, такие как EN 1127-11, содержат конструктивные соображения по безопасному использованию систем на легковоспламеняющихся хладагентах.

Инструменты и оборудование

Для специалистов холодильной отрасли, которые работают с воспламеняемыми хладагентами, необходимо применять инструменты и оборудование. Инструменты и оборудование помогают обеспечить безопасность во время работы с воспламеняемыми хладагентами.

Инструменты и оборудование для работы с воспламеняемыми хладагентами

Наименование	Примечание
Течеискатель	должен быть электронным и предназначен для соответствующего хладагента
Балансировочные весы	должны подходить для работы с воспламеняемыми хладагентами
Манифольд	материалы должны быть совместимыми, способные выдерживать максимальное давление и подходить для использования воспламеняющихся хладагентов
Вакуумметр	материалы должны быть совместимы для работы с воспламеняемыми хладагентами
Вакуумный насос	должен подходить для работы с воспламеняемыми газами или быть устроенным так, чтобы мог включаться и выключаться в местах, где выпуск воспламеняемого хладагента не может происходить
Воздуховод	служит для предотвращения выброса парниковых газов в атмосферу
Переходник баллона для извлеченного хладагента	нужно убедиться, что используется правильный тип переходника для безопасного извлечения хладагента
Машина для извлечения хладагентов	должна соответствовать для работы с воспламеняемыми хладагентами
Баллон для извлеченного хладагента	должен быть предназначен для максимального давления воспламеняемого хладагента, иметь соответствующие предупреждения и быть совместимым с воспламеняемыми хладагентами. Также нужно предусмотреть применение надлежащих правил работы с баллоном.
Механическая вентиляция	работая с большими зарядами хладагента, необходимо использовать установку механической вентиляции для рассеивания хладагента, который был случайно выпущен
Персональное защитное оборудование	защитные очки, перчатки, огнетушитель

Манифольд для работы с воспламеняющимися хладагентами



Машина для извлечения хладагентов



Приложение 1

Согласно стандарту 34-1997 ASHRAE «Классификация по группам безопасности» введены две категории хладагентов по токсичности - А и В, и три группы пожарной безопасности в каждой из этих категорий. К категории «А» отнесены вещества с ПДК (предельно допустимая концентрация), более или равной 400 ppm (мг/м3). К категории «В» относят хладагенты, токсичные при концентрации в воздухе менее 400 ppm. Первую группу в каждой категории составляют невоспламеняемые хладагенты, вторую - с «умеренной» воспламеняемостью, третью - высоковоспламеняемые. Так, все ГХФУ-хладагенты имеют индекс А1, так как считаются нетоксичными и невоспламеняемыми. Индекс А2 имеет хладагент R32, А3 - пропан (R290). Токсичным хладагентом считают R123 - индекс В1. Аммиак классифицирован как В2.

РОО «ЭКОХОЛОД»

г. Бишкек, ул. Горького 142, каб. 122

тел./факс: +996 (312) 548 853

www.ecoholod.com.kg

Индексы безопасности хладагентов по стандарту 34-1997 ASHRAE

Хладагенты	Индексы
R22	A1
R744 (CO2)	A2
R600a (изобутан)	A3
R717 (аммиак)	B2
R502	A1
R134a	A1
R404A	A1/A1
R407C	A1/A1
R410A	A1/A1
R507A	A1
R290 (пропан)	A3

РОО «ЭКОХОЛОД»

г. БИШКЕК, ул. ГОРЬКОГО 142, каб. 122, тел./факс: +996 (312) 548 853

www.ecoholod.com.kg