



АЛЬТЕРНАТИВЫ ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИМ ВЕЩЕСТВАМ

Бишкек 2018

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

ОЗОНовый ЦЕНТР КЫРГЫЗСТАНА

**АЛЬТЕРНАТИВЫ
ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИМ ВЕЩЕСТВАМ**

Бишкек 2018

В данной брошюре собраны сведения по физико-химическим и потребительским свойствам озонобезопасных гидрофторуглеродов, гидрофторолефинов, гидрохлорфторолефинов, углеводородов, неорганических веществ и смесевых хладагентов на основе гидрофторуглеродов.

Кроме этого брошюра содержит сведения по переводу предприятий следующих секторов на озонобезопасные технологии: сектор аэрозольных пропеллентов, сектор бытовой холодильной техники, сектор торгового холодильного оборудования, сектор промышленного холодильного оборудования, сектор сервисного обслуживания кондиционеров воздуха и тепловых насосов, сектор сервисного обслуживания кондиционеров воздуха в автомобилях и общественном транспорте, сектор производства сэндвич-панелей, сектор производства предизолированных труб, сектор растворителей.

Брошюра рекомендуется работникам в сфере обслуживания холодильного оборудования и кондиционеров воздуха, работникам сектора пенообразователей, аэрозолей и растворителей, а также студентам и преподавателям технических ВУЗов, среднего профессионального образования.

Брошюра написана на примере отраслей Российской Федерации и с учетом соответствующих стандартов и технических регламентов Евразийского Экономического Союза.

Содержание

Глава 1. Физико-химические и потребительские свойства озонобезопасных гидрофторуглеродов	4
Глава 2. Физико-химические и потребительские свойства озонобезопасных гидрофторолефинов и гидрохлорфторолефинов	8
Глава 3. Физико-химические и потребительские свойства озонобезопасных углеводородов	11
Глава 4. Физико-химические и потребительские свойства озонобезопасных неорганических веществ.....	19
Глава 5. Физико-химические и потребительские свойства озонобезопасных смесевых хладагентов на основе гидрофторуглеродов	23
Глава 6. Физико-химические и потребительские свойства озонобезопасных смесевых хладагентов на основе гидрофторуглеродов, гидрохлорфторолефинов и гидрофторолефинов	27
Глава 7. Информационно-аналитическая записка о переводе предприятий сектора аэрозольных пропеллентов на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере	32
Глава 8. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора бытовой холодильной техники на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере.....	54
Глава 9. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора торгового холодильного оборудования на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере	72
Глава 10. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора промышленного холодильного оборудования на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере	90
Глава 11. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора сервисного обслуживания кондиционеров воздуха и тепловых насосов на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере.....	99
Глава 12. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора сервисного обслуживания кондиционеров воздуха в автомобилях и общественном транспорте на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере	116
Глава 13. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора производства сэндвич-панелей на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере.....	122
Глава 14. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора производства предизолированных труб на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере	133
Глава 15. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора растворителей на озонобезопасные вещества и альтернативные технологии с учетом международного опыта в этой сфере	141

Информация по альтернативам ОРВ, а также необходимые сведения и расчет затрат, которые потребуются для перехода на данные альтернативы

Глава 1. Физико-химические и потребительские свойства озонобезопасных гидрофторуглеродов

В целом, к озонобезопасным веществам, применяющимся в качестве альтернативы озоноразрушающим веществам (далее – ОРВ) и переходных ОРВ в различных сферах применения (аэрозольные пропелленты, хладагенты, вспениватели, растворители, средства огнегашения) относятся вещества как антропогенного (гидрофторуглероды, гидрофторолефины, гидрохлорфторолефины и т.д.), так и природного (диоксид углерода, аммиак, пропан, изобутан, вода и т.д.).

Гидрофторуглероды (далее – ГФУ) – класс фторорганических веществ, масштабное производство и использование которых было инициировано принятием Монреальского протокола. ГФУ в 1990-х гг. начали активно вытеснять хлорфторуглероды (далее – ХФУ), применявшиеся в качестве пропеллентов, хладагентов, вспенивателей и растворителей. Большинство ГФУ обладают значительным ППП, что предопределило их включение в «группу парниковых газов» Киотского протокола, а затем в проект Кигалийской поправки к Монреальскому протоколу. Описание основных ГФУ приведены ниже.

ГФУ-32 (хладагент 32, фреон 32, диформетан, метиленфторид, фтористый метилен, ASHRAE # R-32, HFC-32, CH_2F_2 , CF_2H_2 , difluoromethane, ASHRAE safety group A2, CAS # 75-10-5, HS code – --2903.30) применяется в качестве хладагента и компонента ряда смесевых хладагентов (самый популярный – R-410A).

Представляет собой бесцветный горючий нетоксичный газ. Неагрессивен к металлам и полимерным материалам. При соприкосновении с пламенем и горячими поверхностями разлагается с образованием высокотоксичных продуктов. ОРС = 0, ППП = 675. ПДК_{р.з.} = 3000 мг/м³. Класс опасности – 4.

ГФУ-32 в промышленности получают жидкофазным фторированием дихлорметана фтороводородом в присутствии катализатора хлорида сурьмы. В Российской Федерации этот хладагент не производится.

В соответствии с требованиями ГФУ-32 разливается в баллоны различной емкости, спецконтейнеры и другие сосуды, рассчитанные на давление 3,5 МПа. Коэффициент заполнения – 0,75 кг продукта на 1 дм³ вместимости сосуда.

Транспортировка осуществляется любым видом транспорта, соблюдая правила перевозки опасных грузов, а хранение – в закрытых складских помещениях. Температура в

условиях хранения и транспортировки не должна превышать 50°C.

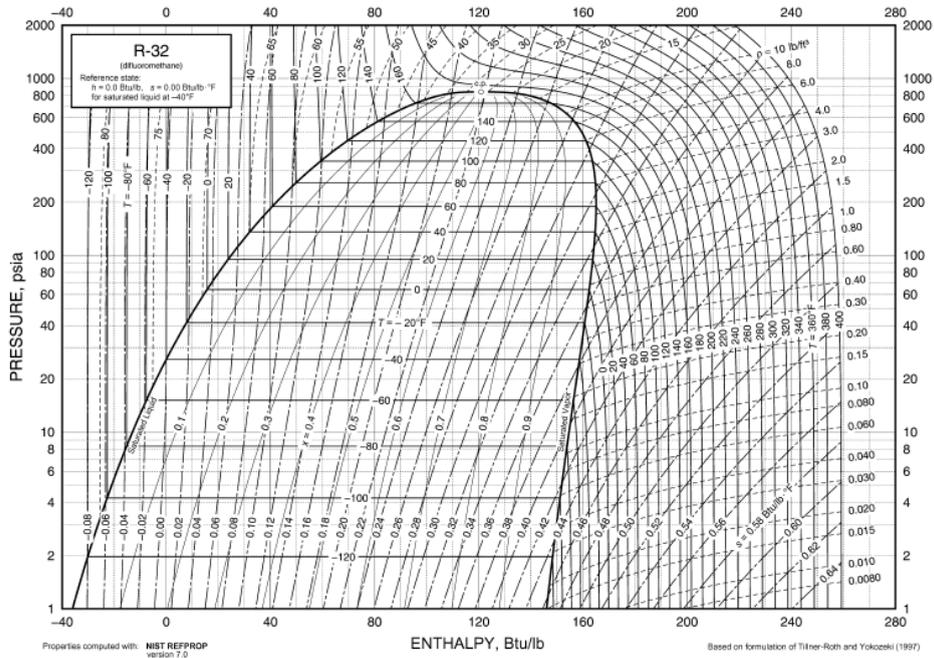


Рисунок 1.1. Термодинамические свойства ГФУ-32.

ГФУ-125 (хладагент 125, фреон 125, пентафторэтан, ASHRAE # R-125, HFC-125, $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{H}$, pentafluoroethane, CF_3CHF_2 , ASHRAE safety group A1, CAS # 354-33-6, HS code -- 2903.30) применяется в качестве хладагента и компонента ряда смесевых хладагентов (самый популярный – R-410A), а также в качестве огнегасящего агента в системах пожаротушения.

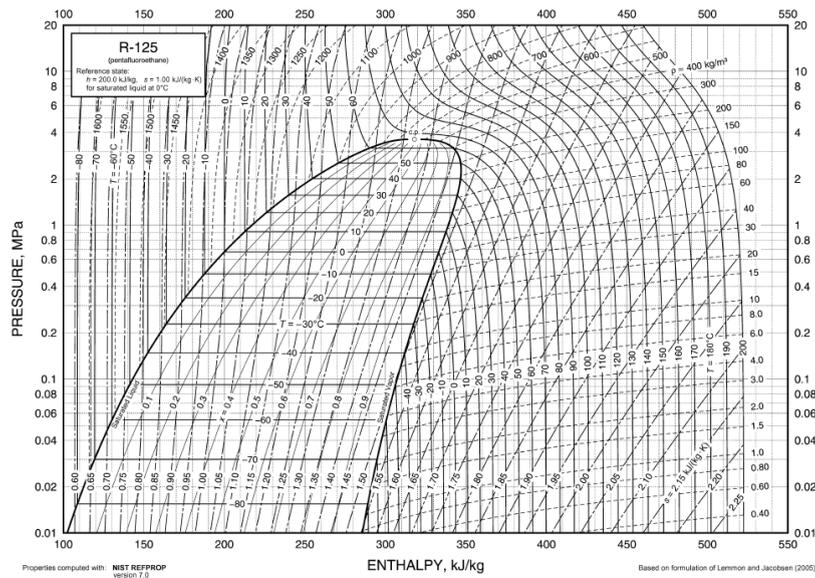


Рисунок 1.2. Термодинамические свойства ГФУ-125.

Представляет собой бесцветный негорючий газ. Стабилен до температуры 900 °C.

ОРС = 0, ПГП = 3 500. ПДК_{р.з.} = 1 000 мг/м³. Класс опасности – 4.

ГФУ-125 в промышленности получают газофазным каталитическим фторированием 1,1,1,2-тетрафторхлорэтана.

В соответствии с требованиями ГФУ-125 заливается в стальные баллоны, рассчитанные на давление 9,8 МПа, и в контейнеры, рассчитанные на давление 2,5 МПа. Коэффициент заполнения – 0,9 кг продукта на 1 дм³ вместимости сосуда.

Транспортировка ГФУ-125 осуществляется железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а хранение – в складских помещениях, под навесом и на открытом воздухе под брезентом, исключая попадание прямых солнечных лучей.

ГФУ-134а (хладагент 134а, фреон 134а, 1,1,1,2-тетрафторэтан, ASHRAE # R-134a, HFC-134a, CF₃CFH₂, 1,1,1,2-tetrafluoroethane, CF₃CH₂F, ASHRAE safety group A1, CAS # 811-97-2, UN # 3159, HS code – --2903.30) применяется в качестве пропеллента (в том числе в медицинских дозированных ингаляторах), хладагента, компонента смесевых хладагентов, вспенивателя (парообразователя) полиуретановой изоляции. Представляет собой бесцветный газ. ОРС = 0, ПГП = 1 430. Время жизни в атмосфере –12 лет. ПДК р.з. не установлена. Класс опасности – 4. Этот хладагент относится к классу безопасности А1 (низкотоксичное и слабогорючее вещество), следовательно, его использование не представляет угрозы для безопасности.

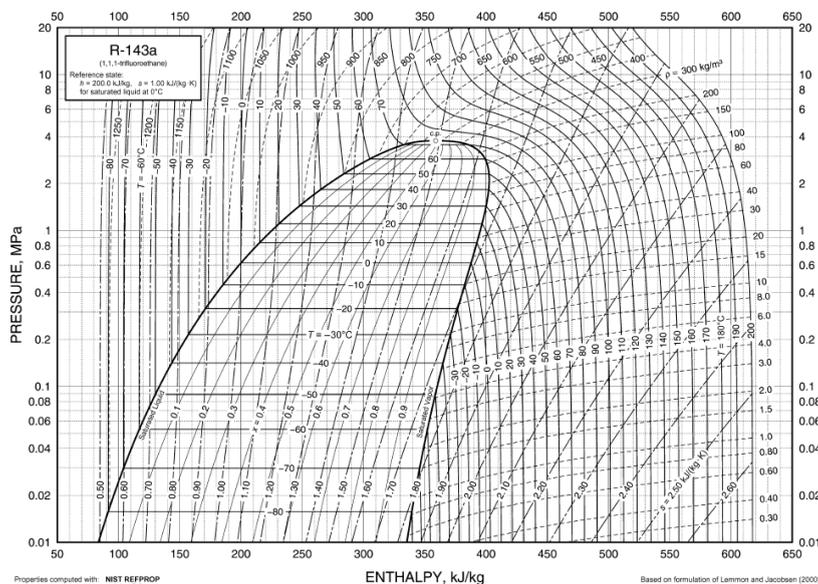


Рисунок 1.3 Термодинамические свойства ГФУ-134а.

ГФУ-134а нашел широкое применение в поршневых, спиральных и винтовых чиллерах разной производительности. В силу низкого рабочего давления конструкция деталей системы немного отличается от конструкции деталей, предназначенных для

работы на ГХФУ-22, R-407C и R-410A. ГФУ-134a менее эффективен, чем ГХФУ-22, однако при внесении соответствующих изменений в конструкцию системы возможно достичь более высокой эффективности. Стоимость систем, работающих на ГФУ-134a, существенно выше, чем у систем на ГХФУ-22, в силу их большего размера. Так как ГФУ-134a широко распространен, очевидно, что для его использования отсутствуют существенные препятствия за исключением высокого ПГП.

ГФУ-134a в промышленности получают каталитическим гидрофторированием трихлорэтилена при высокой температуре в две стадии.

В соответствии с требованиями ГФУ-134a заливается в баллоны вместимостью от 0,4 до 50 дм³, рассчитанные на давление 9,8 и 14,7 МПа и в контейнеры- бочки вместимостью до 1023 дм³. Коэффициент заполнения – 0,9 кг продукта на 1 дм³ вместимости сосуда.

Транспортировка осуществляется железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а хранение – в складских помещениях при температуре не выше 50С.

ГФУ-152a (хладагент 152a, фреон 152a, 1,1-дифторэтан, ASHRAE # R-152a, HFC-152a, CF₂HCH₃, 1,1-difluoroethane, CHF₂CH₃, ASHRAE safety group A2, CAS # 75-37-6, HS code – -- 2903.30) применяется в качестве пропеллента, компонента смесевых хладагентов и вспенивателя (порообразователя) полиуретановой изоляции. Представляет собой горючий бесцветный газ. ОРС = 0, ПГП = 124. ПДК_{р.з.} = 3 000 мг/м³. Класс опасности – 4.

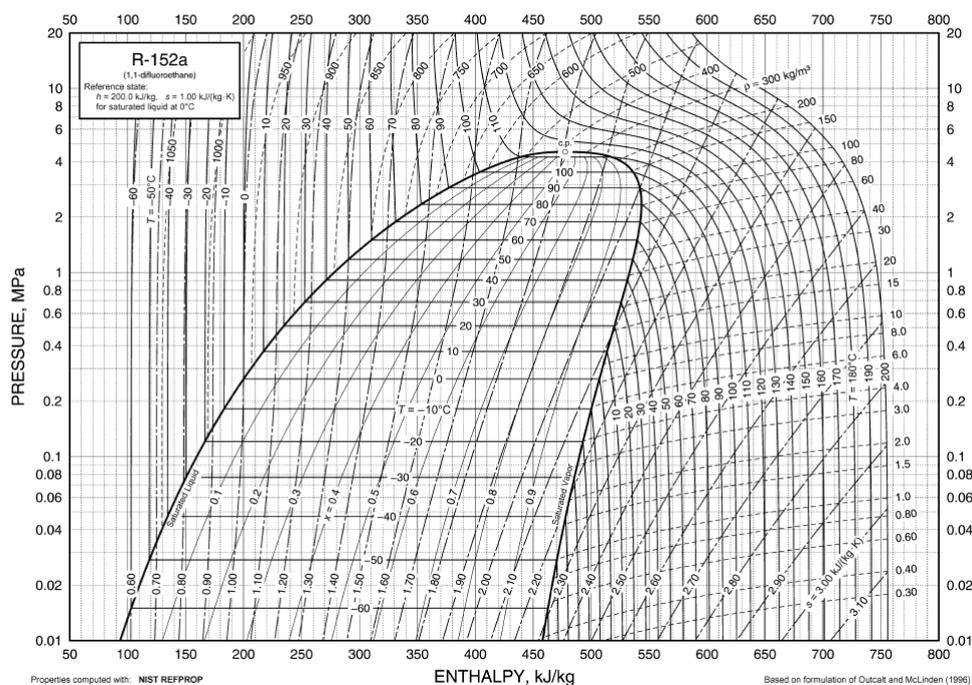


Рисунок 1.4. Термодинамические свойства ГФУ-152a.

ГФУ-152a в промышленности получают жидкофазным гидрофторированием

хлорэтилена фтороводородом в присутствии катализатора тетраоксида олова.

В Российской Федерации этот хладагент не производится.

В соответствии с требованиями ГФУ-152а заливается в баллоны, бочки, контейнеры и другие сосуды, рассчитанные на давление 1,2 МПа. Коэффициент заполнения – 0,8 кг продукта на 1 дм³ вместимости сосуда.

Транспортировка ГФУ-152а осуществляется железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а хранение – в складских помещениях при температуре не выше 50⁰С.

ГФУ-227ea (хладагент 227ea, фреон 227ea, 1,1,1,2,3,3,3-гептафторпропан, ASHRAE # R- 227ea, HFC-227ea, CF₃CFH₂, HS code – --2903.30) применяется в качестве компонента смесевых хладагентов, газовых диэлектриков, пропеллента и огнегасителя. Представляет собой бесцветный газ. ОРС = 0, ППП = 3 220.

ГФУ-227ea в промышленности получают гидрофторированием гексафторпропилена фтороводородом в присутствии оксифторидного катализатора при высокой температуре или жидкофазным гидрофторированием гексафторпропилена фтороводородом в присутствии пентафторида тантала или ниобия.

ГФУ-245fa (хладагент 245fa, фреон 245fa, 1,1,1,3,3-пентафторпропан, R-245fa, HFC- 245fa, CF₃CH₂CF₂H, Enovate®, HS code – --2903.30) применяется в качестве хладагента, альтернативного хладагенту ХФУ-11, для холодильных агрегатов низкого давления. Представляет собой бесцветный газ.

ОРС = 0. ППП = 1 030. Время жизни в атмосфере – 8, 4 года. Класс опасности – 4.

ГФУ-245fa в промышленности получают фторированием 1,1,1,3,3-пентахлорпропана пентафторидом сурьмы при повышенной температуре (120 °С) и давлении 1,2-1,4 МПа.

В Российской Федерации ГФУ-245fa не производится.

С учетом достаточно высокого ППП потребление ГФУ-227ea в различных секторах промышленности в качестве хладагента может рассматриваться как не имеющее перспектив в среднесрочной перспективе.

Глава 2. Физико-химические и потребительские свойства озонобезопасных гидрофторолефинов и гидрохлорфторолефинов

Гидрофторолефины (далее – ГФО) и гидрохлорфторолефины (далее – ГХФО) являются новым классом безопасных для озонового слоя и климата Земли альтернативных пропеллентов, хладагентов, вспенивателей и технологических средств очистки,

обезжиривания и промывки (растворителей), разработанных совместно компаниями Du Pont и Honeywell (США). В настоящее время в ряде развитых (США) и развивающихся (Китай, Мексика) стран осуществляется ввод в эксплуатацию мощностей по производству ГХФО и ГФО, что, по-видимому, приведет к снижению на них цен в среднесрочной перспективе. Производство ГХФО и ГФО на территории Российской Федерации отсутствует и его создание в течение ближайших 10-15 лет не планируется из-за патентных ограничений.

ГФО-1234ze(E) (хладагент 1234ze(E), фреон 1234ze(E), 1,3,3,3-тетрафторпропен, ASHRAE # R-1234ze(E), HFO-1234ze(E), 1,3,3,3-tetrafluoropropene, Solstice[®] GBA, Solstice[™] 1234ze(E) (Honeywell), ASHRAE safety group A2) – однокомпонентный хладагент. Применяется в качестве вспенивателя в однокомпонентных видах применения, а также хладагента в чиллерах. Представляет собой негорючий бесцветный газ. ОРС = 0, ППП < 1. Класс опасности – 4.

Может использоваться вместо ГФУ-134а в новом оборудовании, при проектировании которого будет учтена меньшая объемная производительность нового хладагента. Согласно стандарта ISO 817 относится к классу A2L (низкотоксичное, слабогорючее). При использовании в поршневых или спиральных компрессорах показал такую же эффективность, как у ГФУ-134а. В спиральных и поршневых компрессорах возможно использование прежнего полиэфирного смазочного масла. Из-за сложности производства нового вещества стоимость ГФО-1234ze(E) значительно выше, чем ГФУ-134а. Основные препятствия для внедрения обусловлены требованиями к безопасности эксплуатации слабогорючих хладагентов (класс A2L согласно FDIS ISO 817). Новый класс был включен в стандарты ISO 5149 и IEC-60335-2-40. В практическом плане это означает ограничение на размер систем, размещаемых внутри помещений. Кроме того, в силу неясности возможностей применения существует проблема нехватки определенных типов компонентов, включая компрессоры. Для обеспечения безопасности при работе с горючими хладагентами необходимы высокая квалификация и опыт персонала. Использование горючих хладагентов в некоторых типах зданий может быть запрещено нормами строительной безопасности.

ГФО-1234ze (хладагент 1234ze, фреон 1234ze, 1,3,3,3-тетрафторпропен, ASHRAE # R-1234ze, HFO-1234ze, 1,3,3,3-tetrafluoropropene, ASHRAE safety group A2L) применяется в качестве пропеллента, обеспечивающего среднее давление 3,4 бар при 21 °С, а также компонента смесевых хладагентов. Представляет собой негорючий бесцветный газ. Термически устойчив до 200⁰С.

ОРС = 0, ППП < 6. Класс опасности – 4.

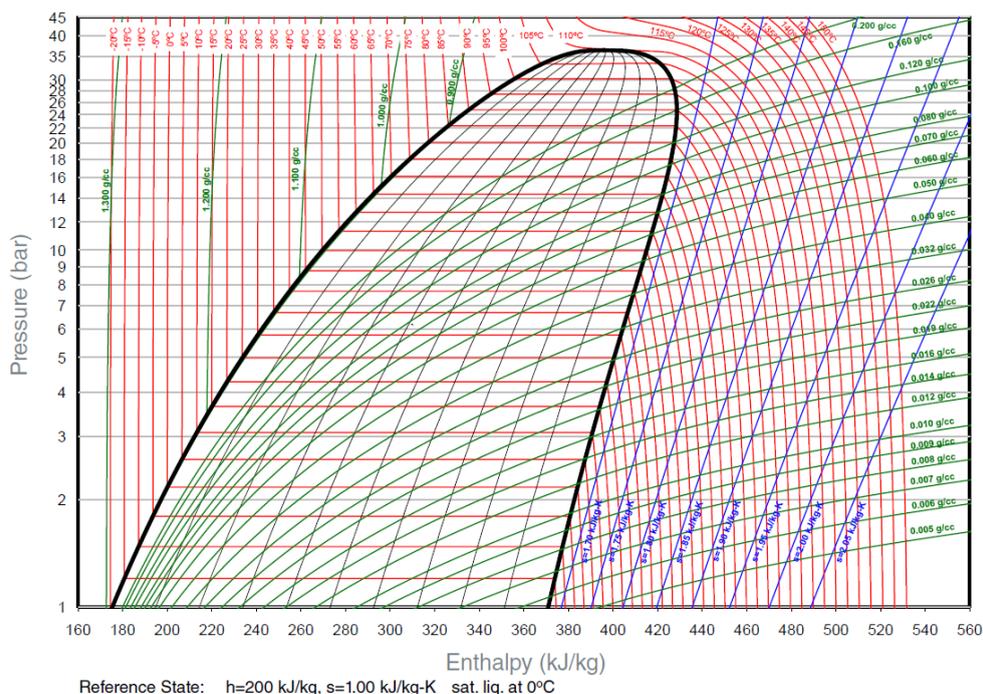


Рисунок 2.1. Термодинамические свойства ГФО-1234ze(E)

ГФО-1234yf (хладагент 1234yf, фреон 1234yf, 1,3,3,3-тетрафторпропен, ASHRAE # R- 1234ze, HFO-1234yf, 1,3,3,3-tetrafluoropropene, Solstice™ 1234yf (Honeywell), Opteon yf (Du Pont), ASHRAE safety group A2L) – однокомпонентный хладагент. Применяется в качестве хладагента в холодильном и климатическом оборудовании, а также в автомобильных кондиционерах (как альтернатива ГФУ-134а). Может использоваться для изготовления смесевых хладагентов. Представляет собой бесцветный газ.

$OPC = 0$, ПГП = 0. Время жизни в атмосфере – 11 дней. Класс опасности – 4. Обладает средней пожароопасностью.

Благодаря практически одинаковым значениям давления и температуры может использоваться для замены ГФУ-134а в работающих системах. Согласно стандарта FDIS ISO 817 относится к классу A2L (низкотоксичное, слабогорючее).

Общий уровень эффективности такой же, как у ГФУ-134а, однако теоретический COP (англ. Coefficient of Performance) на несколько процентов ниже. Из-за сложности производства нового вещества стоимость ГФО-1234yf значительно выше, чем ГФУ-134а. Основные препятствия для внедрения обусловлены требованиями к безопасности эксплуатации слабогорючих хладагентов (класс A2L согласно FDIS ISO 817). Новый класс был включен в стандарты ISO 5149 и IEC-60335-2-40. В практическом плане это означает ограничение на размер систем, размещаемых внутри помещений. Кроме того, в силу неясности возможностей применения существует проблема нехватки определенных типов компонентов, включая компрессоры. Для обеспечения безопасности при работе с

горючими хладагентами необходимы высокая квалификация и опыт персонала. Использование горючих хладагентов в некоторых типах зданий может быть запрещено нормами строительной безопасности.

ГХФО-1233zd(E) (хладагент 1233zd(E), фреон 1233zd(E), 1-хлор-3,3,3-трифторпропен, ASHRAE # R-1233zd(E), HFO-1233zd(E), 1-chloro-3,3,3-trifluoropropene, Solstice™ 1233zd(E), Solstice® LBA (Honeywell), ASHRAE safety group A1) – однокомпонентный хладагент, применяется в качестве вспенивателя, а также хладагента в чиллерах низкого давления. Согласно стандарта ISO 817 относится к классу A1 (низкотоксичное, негорючее). Представляет собой негорючий бесцветный газ.

ОРС = 0, ПГП = 1. Время жизни в атмосфере – 26 дней. Класс опасности – 4. Молекулярный вес – 130 г/моль.

При использовании в центробежных компрессорах эффективность немного выше, чем у ГХФУ-123, что позволяет проектировать системы с очень высокими показателями энергоэффективности. Имеет более высокую стоимость, чем ГХФУ-123. Однако расходы могут быть снижены и окупятся в приемлемый период времени за счет высоких показателей энергоэффективности, снижающих затраты конечных пользователей.

Исследования, проведенные компанией Whirlpool в 2013 г., показали, что теплоизоляционные свойства пенополиуретановой (далее – ППУ) изоляции бытовых холодильников, изготовленной с применением Solstice® LBA, на 10-12 % эффективнее циклопентана и на 2-4 % – ГФУ-245fa.

ГХФО-1233zd (хладагент 1233zd, фреон 1233zd, 1-хлор-3,3,3-трифторпропен, ASHRAE # R-1233zd, HFO-1233zd, 1-chloro-3,3,3-trifluoropropene, 1233zd Solstice™ Performance Fluid (Honeywell), ASHRAE safety group A2) применяется в качестве растворителя. Представляет собой негорючую бесцветную жидкость.

ОРС = 0, ПГП < 5. Время жизни в атмосфере – 26 дней. Класс опасности – 4. Обладает термической и гидролитической стабильностью и хорошей совместимостью с большинством конструкционных материалов.

Глава 3. Физико-химические и потребительские свойства озонобезопасных углеводородов

Ряду углеводородов было найдено применение в качестве озонобезопасной альтернативы пропеллентам, хладагентам, вспенивателям и технологическим средствам очистки, обезжиривания и промывки на основе ХФУ и ГХФУ. С учетом низкого ПГП

широкое внедрение этого класса веществ представляется наиболее вероятным в ближайшие годы.

Пропан (хладагент 290, фреон 290, ASHRAE # R-290, C₃H₈, ASHRAE safety group A3, CAS # 74-98-6, UN # 1978, HS code – --2901.10) применяется в качестве хладагента в холодильном оборудовании (преимущественно торговом и промышленном), кондиционерах и тепловых насосах, вспенивателя (совспенивателя) пенополиуретановой изоляции, а также компонента углеводородного пропеллента (далее – УВП) в аэрозольной продукции. Представляет собой бесцветный пожароопасный нетоксичный газ.

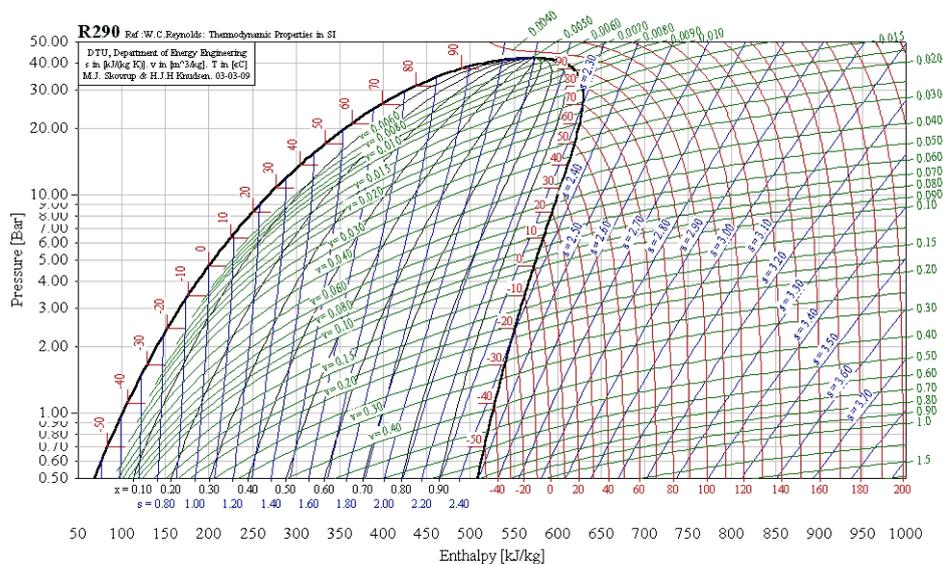


Рисунок 3.1. Термодинамические свойства пропана.

ОРС = 0, ПГП = 20. Класс опасности – 4. Время жизни в атмосфере составляет несколько дней. Относится к летучим органическим соединениям (далее – ЛОС).

Молекулярная масса – 44. $T_{\text{кип}} = -42,1 \text{ }^\circ\text{C}$. ПДК_{р.з.} = 1800 мг/м³.

Характеризуется низкой стоимостью. При его использовании в качестве хладагента не возникает проблем с выбором конструкционных материалов деталей компрессора, конденсатора и испарителя. Хорошо растворяется в минеральных маслах. Недостатки: пожароопасен, по сравнению с холодильной машиной на ГХФУ-22 заданной холодопроизводительности требуется компрессор большего объема. Образует взрывоопасные смеси с воздухом при концентрации паров от 2,1 до 9,5 %.

В Российской Федерации этот хладагент в качестве хладагента не производится.

Транспортировка осуществляется железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а хранение – в закрытых складских помещениях при температуре не выше 50⁰С.

Также пропан используется в качестве топлива, являясь основным компонентом так называемых сжиженных углеводородных газов, в производстве мономеров для синтеза полипропилена и исходного сырья для производства растворителей. В пищевой промышленности пропан зарегистрирован в качестве пищевой добавки E944 (пропеллент).

Бутан (хладагент 600, фреон 600, ASHRAE # R-600, C_4H_{10}) – органическое соединение класса алканов. В химии название используется в основном для обозначения н-бутана, который широко применяется в качестве компонента углеводородного пропеллента (УВП) в аэрозольных продуктах, а также компонента смесевых хладагентов. Содержится в природном газе, образуется при крекинге нефтепродуктов, при разделении попутного нефтяного газа и «жирного» природного газа. Представляет собой бесцветный пожароопасный малотоксичный газ.

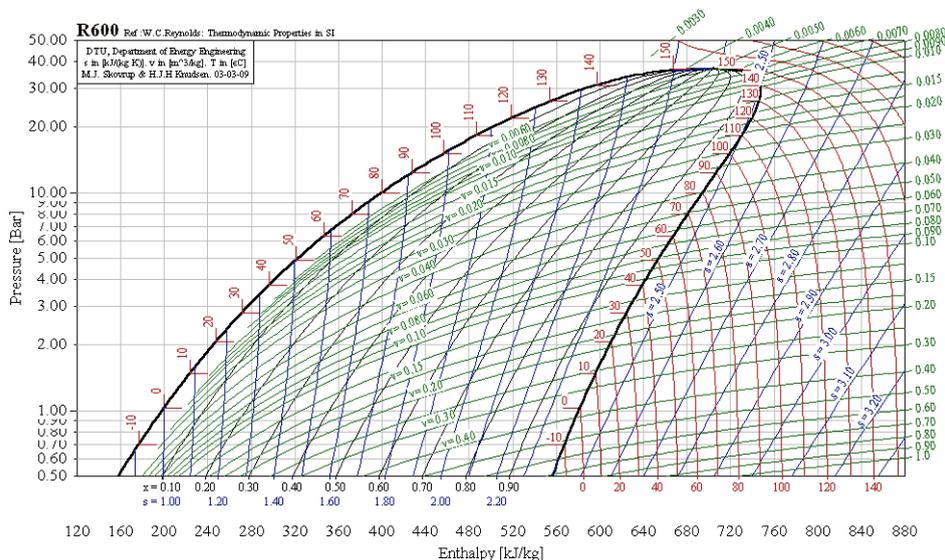


Рисунок 3.2. Термодинамические свойства бутана.

ОРС = 0, ПГП = 0. Время жизни в атмосфере составляет несколько дней. Относится к ЛОС. Класс опасности – 4 (малоопасные) по ГОСТ 12.1.007-76. В больших концентрациях ядовит, вдыхание бутана вызывает дисфункцию легочно-дыхательного аппарата.

Молекулярная масса – 58. $T_{кип} = -0,5^{\circ}C$. ПДК_{р.з.} = 300 мг/м³.

Транспортировка осуществляется железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а хранение – в заглубленных в землю газохранилищах и в закрытых складских помещениях при температуре не выше 20⁰C.

Изобутан (хладагент 600a, фреон 600a, ASHRAE # R-600a, C_4H_{10} , ASHRAE safety group A3, CAS # 75-28-5, UN # 1969, HS code – --2901.10) применяется в качестве хладагента в холодильном оборудовании (преимущественно бытовом) и мобильных кондиционерах,

компонента смесевых хладагентов, а также компонента углеводородного пропеллента (УВП) в аэрозольной продукции. Представляет собой бесцветный пожароопасный нетоксичный газ.

ОРС = 0, ПГП = 0. Время жизни в атмосфере составляет несколько дней. Относится к ЛОС. Класс опасности – 4.

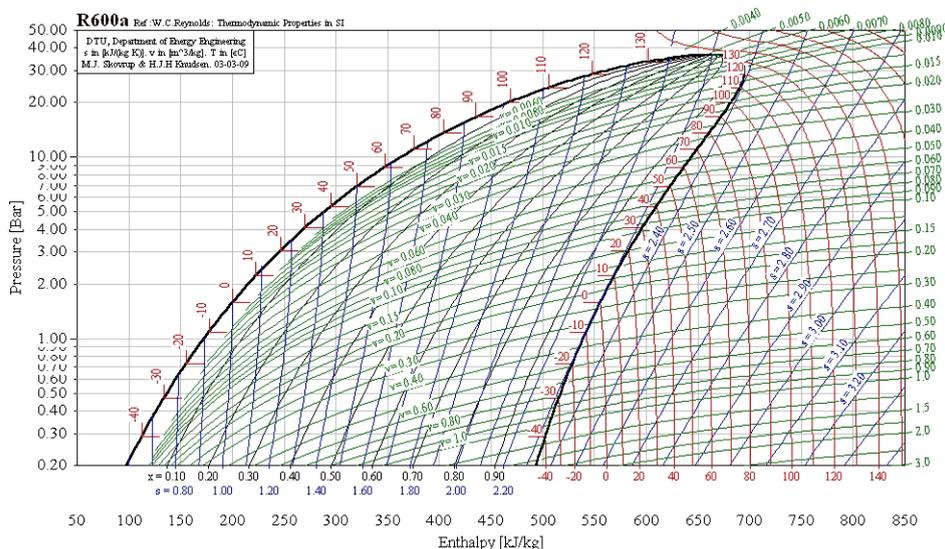


Рисунок 3.3. Термодинамические свойства изобутана

Молекулярная масса – 58. $T_{\text{кип}} = -11,7^{\circ}\text{C}$. ПДК_{р.з.} = 300 мг/м³.

Холодильные агрегаты на R-600a характеризуются меньшим уровнем шума из-за низкого давления в рабочем контуре хладагента. В связи с тем, что в холодильных агрегатах R-600a используется в минимальных количествах (около 65 г), то его не требуется утилизировать (оставшийся хладагент остается растворенным в масле). Типовая норма заправки R-600a значительно меньше (примерно от 30 до 60 %) других хладагентов. Вместе с нормой заправки сокращаются и заправочные допуски, вследствие чего холодильный агрегат следует заправлять R-600a особенно тщательно. При его использовании не возникает проблем с выбором конструкционных материалов деталей компрессора, конденсатора и испарителя. Хорошо растворяется в минеральных маслах XФ12-16, Mobil Gargoyle Arctic Oil 155 и 300, Suniso 3GS и 4GS. Недостатки: пожаро- и взрывоопасен, образует взрывоопасные смеси с воздухом при концентрации паров от 1,3 до 8,5%.

Перевозки осуществляются железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а хранение – в закрытых складских помещениях при температуре не выше 20⁰С.

Пропилен (хладагент 1270, фреон 1270, ASHRAE # R-1270, CH₂CHCH₃, HS code – -2901.10) применяется в качестве хладагента в холодильном оборудовании

(преимущественно торговом и промышленном), кондиционерах и тепловых насосах в качестве альтернативы ГХФУ-22 и R-502. Представляет собой бесцветный пожароопасный газ, обладающий наркотическим эффектом.

ОРС = 0, ППП = 3. Время жизни в атмосфере составляет несколько дней. Относится к ЛОС. Класс опасности – 4.

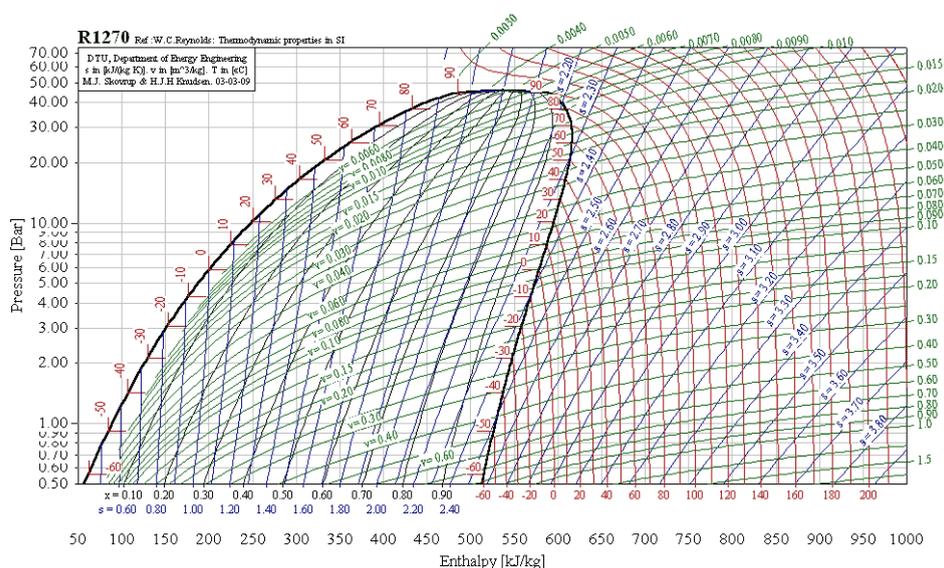


Рисунок 3.4. Термодинамические свойства пропилена

Характеризуется низкой стоимостью. При его использовании не возникает проблем с выбором конструкционных материалов деталей компрессора, конденсатора и испарителя. Хорошо растворяется в минеральных маслах. Образует взрывоопасные смеси с воздухом.

В промышленном производстве пропилен выделяют из газов нефтепереработки (при крекинге сырой нефти в кипящем слое (процесс фирмы BASF), пиролизе бензиновых фракций) или попутных газов, а также из газов коксования угля. Существует несколько видов пиролиза пропилена: пиролиз в трубчатых печах, пиролиз в реакторе с кварцевым теплоносителем (процесс фирмы Phillips Petroleum Co.), пиролиз в реакторе с коксовым теплоносителем (процесс фирмы Farbwerke Hoechst), пиролиз в реакторе с песком в качестве теплоносителя (процесс фирмы Lurgi), пиролиз в трубчатой печи (процесс фирмы Kellogg), процесс Лавровского – Бродского, автотермический пиролиз по Бартоломе. Пропилен получают также дегидрированием алканов в присутствии катализатора (Cr_2O_3 , Al_2O_3). Промышленным способом получения пропилена наряду с крекингом служит дегидратация пропанола над оксидом алюминия.

В Российской Федерации пропилен в качестве хладагента не производится. Перевозки осуществляются железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а

хранение – в закрытых складских помещениях при температуре не выше 50⁰С.

Пентан (C₅H₁₂) применяется в качестве вспенивателя при производстве ППУ-изоляции. ОРС = 0, ПГП = 3. Время жизни в атмосфере составляет несколько дней. Относится к ЛОС. Класс опасности – 4.

Существуют три изомера пентана: нормальный пентан CH₃(CH₂)₃CH₃ (н-пентан), изопентан (CH₃)₂CHCH₂CH₃ (2-метилбутан) и неопентан (CH₃)₄C (2,2-диметилпропан, тетраметилметан). н-Пентан и изопентан – бесцветные жидкости со слабым запахом, неопентан – газ. н-Пентан растворяется в органических растворителях и практически не растворяется в воде. В качестве вспенивателя (совспенивателя) полиуретановой изоляции в основном применяют н-пентан и изопентан с небольшим добавлением воды. Метод углеводородного вспенивания с использованием пентана хотя и требует более сложного и дорогостоящего оборудования, но позволяет получить пенополиуретан, обладающий более высокими эксплуатационными характеристиками по сравнению со многими аналогами. Коэффициент теплопроводности газа, образующегося при вспенивании пентаном, ниже, чем при использовании чисто водного вспенивания, чем обуславливается лучшие теплоизоляционные свойства изделий из ППУ на пентане. Использование в качестве вспенивателя пентана дает возможность работать при меньшей плотности. Заливочная плотность пены на пентане составляет 42 кг/м³ против 45-50 кг в случае применения водного вспенивания.

Пентаны являются типичными насыщенными алифатическими углеводородами. Пентаны выделяют из конденсатов природного газа, из нефти, легких погонных сланцевой смолы, а также из углеводородов (синтез-газа), синтезируемых из оксида углерода (СО) и водорода (H₂).

Недостатки пентанов: пожароопасны, образуют взрывоопасные смеси с воздухом при концентрации паров от 1,4 до 7,6 (изопентан) или до 8,0 (н-пентан) % об.

Транспортировка осуществляется железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а хранение – в закрытых складских помещениях при температуре не выше 50⁰С.

Циклопентан (пентаметилен), брутто-формула (система Хилла): C₅H₁₀. Является углеводородом ациклического ряда. Молекулярная масса – 70,1. Применяется (с небольшим добавлением воды) в качестве безопасного для озонового слоя и климата Земли вспенивателя пенополиуретановой изоляции в бытовом и торговом холодильном оборудовании, предизолированных трубах, автофургонах, сэндвич-панелях и других

изделиях. Бесцветная летучая жидкость с характерным запахом керосина, $T_{\text{кип}} = +49,3^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{пл}} = -93,9^{\circ}\text{C}$, плотность $0,745 \text{ г/см}^3$ (20°C). Циклопентан нерастворим в воде и хорошо смешивается с органическими растворителями (в частности с этанолом).

ОРС = 0. ППП менее 25. Время жизни в атмосфере составляет несколько дней.

Относится к ЛОС.

Недостатки циклопентана: пожароопасен, образует взрывоопасные смеси с воздухом при концентрации паров от 1,4 до 8,0% об.

Метод углеводородного вспенивания с использованием циклопентана хотя и требует более сложного и дорогостоящего оборудования, но позволяет получить пенополиуретан, обладающий более высокими эксплуатационными характеристиками по сравнению со многими аналогами. Коэффициент теплопроводности газа, образующегося при вспенивании циклопентаном, ниже, чем при использовании чисто водного вспенивания, чем обуславливается лучшие теплоизоляционные свойства изделий из ППУ на циклопентане.

Примерно 95% произведенного в мире циклопентана используется в качестве вспенивающего агента при производстве пенополиуретана.

Основными поставщиками циклопентана являются следующие компании: Haltermann (Германия), Hercutec Chemie GmbH. (Германия), Bayer MaterialScience (Дания), SK Global Chemical Co. (Южная Корея), Synthesis S. p. A. (Италия) и др.

При транспортировке циклопентана необходимо соблюдать особые меры предосторожности, избегать нагрева, т.к. это вещество легко переходит в газообразное состояние. Циклопентан горюч, что требует особых мер предосторожности при его транспортировке и переработке.

Стоимость циклопентана на рынке составляет приблизительно 5-6 долл. США за 1 кг.

Транспортировка осуществляется железнодорожным, автомобильным и речным транспортом в стандартных бочках, а хранение – в закрытых складских помещениях при температуре не выше 50°C .

В Российской Федерации циклопентан не производится.

Метилформиат (метиловый эфир муравьиной кислоты, метилметаноат, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$). Молекулярная масса – 60,05. Бесцветная жидкость с резким запахом. Плотность – $974,2 \text{ кг/м}^3$ при 20°C , плотность пара по воздуху – 2,07. $T_{\text{пл}} = -99,8^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кип}} = 31,8^{\circ}\text{C}$. В 100 мл воды растворяется 10 г метилформиата. Смешивается со спиртом, эфиром. Метилформиат в промышленности получают взаимодействием метанола с СО в присутствии CH_3ONa . ОРС = 0, ППП = 0.

Метилформиат применяется в качестве:

- вспенивателя в производстве полиуретанов;

- растворителя жиров, минеральных и растительных масел, эфиров целлюлозы и жирных кислот;
- сырья в изготовлении некоторых уретанов, моно- и диметилформамида и муравьиной кислоты;
- фумиганта.

Метилформиат содержится в выбросах в атмосферу производств органического синтеза и пестицидов.

Обладает наркотическим эффектом и раздражающим действием на слизистые оболочки. Вдыхание паров в концентрации 25 г/м^3 в течение 20 мин вызывает у мышей раздражение слизистых оболочек и ослабление дыхания. Содержание в воздухе в концентрации 1% вызывает смерть животных через 2,5 ч., 5% – через 0,5 ч. Смертельная доза для человека при случайном приеме внутрь – 30 г. Вдыхание паров метилформиата в концентрации 3800 мг/м^3 в течение 1 мин неблагоприятными проявлениями не сопровождается. Необходимо учитывать, что древесно-стружечные плиты при горении выделяют до 5,3% метилформиата. После отравления во внутренних органах обнаруживаются метилформиат и метанол. Гигиенические нормативы: ОБУВ_{а.в.} – $0,04 \text{ мг/м}^3$. Зарубежные стандарты: TWA – 100 млн^{-1} , 250 мг/м^3 ; STEL – 150 млн^{-1} , 375 мг/м^3 ; IDLH – 5000 млн^{-1} .

Неотложная помощь: при ингаляционном отравлении – вынести из зоны заражения и сделать искусственное дыхание с ингаляцией кислородом; при приеме внутрь – осуществить промывание желудка и дать солевое слабительное. Вероятное осложнение – отек легких.

Недостатки метилформиата: Легковоспламеняющаяся жидкость. $T_{\text{всп.}} = -21^{\circ}\text{C}$. Температура самовоспламенения – 456°C . Концентрационные пределы распространения пламени – от 5,54 до 21,8% об. Максимальное давление взрыва – 720 кПа. Адиабатическая температура горения – 1690 К. Минимальная энергия зажигания – 0,4 кДж. Средства тушения: воздушно-механическая пена, порошки.

Транспортировка осуществляется железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а хранение – в закрытых складских помещениях при температуре не выше 50°C .

Диметиловый эфир (метиловый эфир, метоксиметан, древесный эфир, ДМЭ, $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) – простой эфир, широко применяемый в качестве аэрозольного пропеллента, а также экологически чистого моторного топлива. Является продуктом переработки природного газа или древесины. Представляет собой бесцветный пожароопасный нетоксичный газ со

слабым запахом эфира.

ОРС = 0. ПГП = 0. Класс опасности – 4. ПДК_{р.з.} = 200 мг/м³.

Молекулярная масса – 46. T_{кип} = -23,65 °С.

Характеризуется низкой стоимостью, не подверженной сезонным и конъюнктурным колебаниям. Недостатки: пожароопасен, образует взрывоопасные смеси с воздухом при концентрации паров от 3,4 до 18,2 %.

В Российской Федерации ДМЭ производится ОАО «Новомосковская акционерная компания «Азот» (г. Новомосковск Тульской обл.).

Транспортировка осуществляется железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а хранение – в закрытых складских помещениях при температуре не выше 40°С.

Глава 4. Физико-химические и потребительские свойства озонобезопасных неорганических веществ

Аммиак (оксид водорода, нитрид водорода, хладагент 717, фреон 717, ASHRAE # R-717, NH₃, ASHRAE safety group B2, CAS # 7664-41-7, UN # 1005, HS code – --2814.10) – однокомпонентное вещество класса опасности B2 (высокотоксичный, слабогорючий). При нормальных условиях – бесцветный газ с резким характерным запахом нашатырного спирта. ОРС = 0. ПГП = 0. ПДК_{р.з.} = 20 мг/м³. Класс опасности – IV (малоопасные вещества) по ГОСТ 12.1.007.

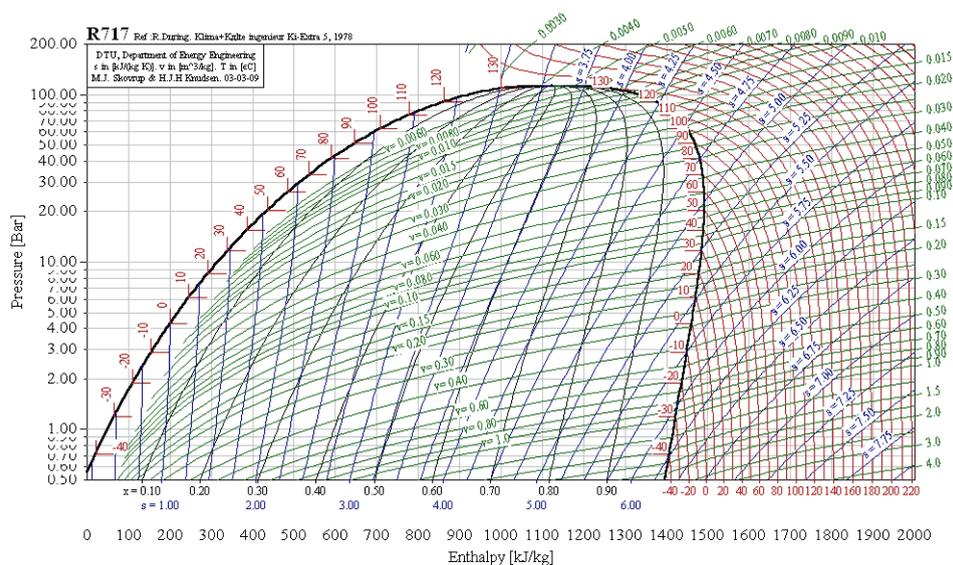


Рисунок 4.15. Термодинамические свойства аммиака.

Аммиак более 100 лет используется в холодильных машинах разных типов. Термофизические свойства R-717 обеспечивают высокую эффективность. Давление пара и

холодопроизводительность R-717 такие же, как у ГХФУ-22. Однако из-за высокой температуры нагнетания в низкотемпературных сферах применения, как правило, требуется двухступенчатое сжатие. Стоимость R-717 невелика: менее 1 долл. США за кг. В системах, работающих на R-717, используют стальные трубопроводы и компоненты, в силу чего стоимость маломощных систем может превышать стоимость систем, работающих на ГХФУ-22 или ГФУ. Однако при увеличении мощности до 400-600 кВт их цена становится конкурентоспособной. Для работы с R-717 необходима высокая квалификация и опыт персонала. Действуют ограничения на использование систем непосредственного охлаждения на R-717 в зонах пребывания людей, что связано с его высокой токсичностью.

По физиологическому действию на организм относится к группе веществ удушающего и нейротропного действия, способных при ингаляционном поражении вызвать токсический отек легких и тяжелое поражение нервной системы. Аммиак обладает как местным, так и резорбтивным действием. Пары аммиака сильно раздражают слизистые оболочки глаз и органов дыхания, а также кожные покровы. Пары аммиака вызывают обильное слезотечение, боль в глазах, химический ожог конъюнктивы и роговицы, потерю зрения, приступы кашля, покраснение и зуд кожи. При соприкосновении сжиженного аммиака и его растворов с кожей возникает жжение, возможен химический ожог с пузырями, изъязвлениями. Кроме того, сжиженный аммиак при испарении поглощает тепло, и при соприкосновении с кожей возникает обморожение различной степени.

Запах аммиака ощущается при концентрации 37 мг/м³. В атмосферном воздухе населенных пунктов и в жилых помещениях среднесуточная концентрация аммиака (ПДК_{с.с.}) не должна превышать 0,04 мг/м³, максимально разовая концентрация (ПДК_{м.р.}) – 0,2 мг/м³. Таким образом, ощущение запаха аммиака свидетельствует о превышении допустимых норм.

В промышленности аммиак получают по процессу Гаера посредством синтеза из водорода и азота при следующих условиях: температура 500⁰С, давление 350 атм., катализатор (пористое железо с примесями Al₂O₃ и K₂O).

На долю России приходится около 9% мирового производства аммиака. Российская Федерация является одним из крупнейших мировых экспортеров аммиака (25% от общего объема производства аммиака, что составляет около 16% мирового экспорта).

Вода (оксид водорода, хладагент 718, фреон 718, ASHRAE # R-718, H₂O) – бинарное неорганическое соединение. Применяется в качестве хладагента и теплоносителя в составе холодильного и климатического оборудования, а также тепловых насосов. Широко используется (совместно с диоксидом углерода и другими вспенивателями) в процессах

вспенивания пенополиуретанов. Представляет собой прозрачную бесцветную жидкость, не имеющую запаха и вкуса.

$$\text{ОРС} = 0. \text{ ПГП} = 0.$$

Среди существующих в природе жидкостей вода обладает наибольшей теплоемкостью. Теплота ее испарения выше теплоты испарения любых других жидкостей, а теплота кристаллизации уступает лишь аммиаку (R-717). В качестве теплоносителя воду также используют в тепловых сетях для передачи тепла по теплотрассам от производителей тепла к потребителям. Лед широко применяют для охлаждения в системе общественного питания и медицине. Для ряда применений ХФУ-113 в качестве растворителя разработаны озонобезопасные альтернативы, представляющие собой водные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ). Следует отметить, что вода является сильнополярным растворителем и в природных условиях всегда содержит растворенные вещества (соли, газы).

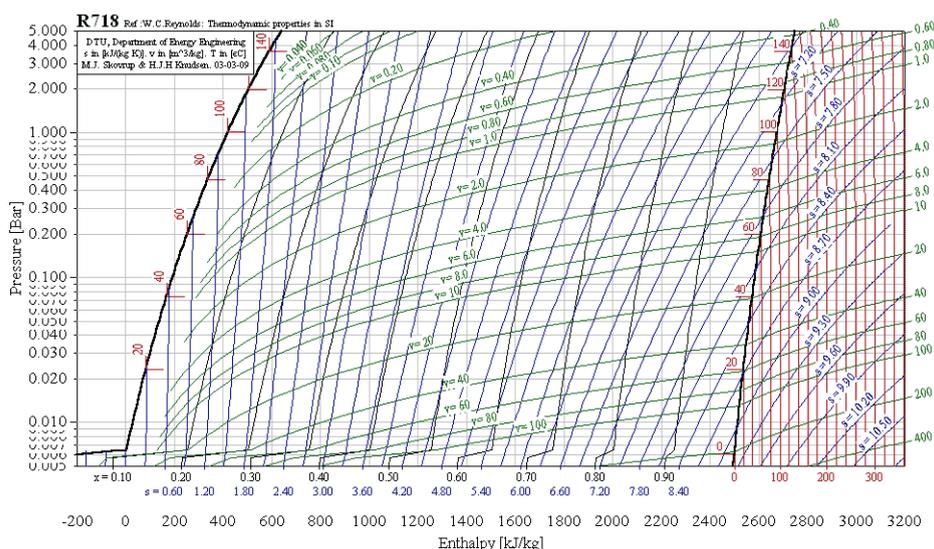


Рисунок 4.26. Термодинамические свойства воды.

Диоксид углерода (хладагент 744, фреон 744, ASHRAE # R-744, CO₂) – однокомпонентное вещество, относящееся к классу опасности А1 (низкотоксичное, негорючее). ОРС = 0. ПГП = 1.

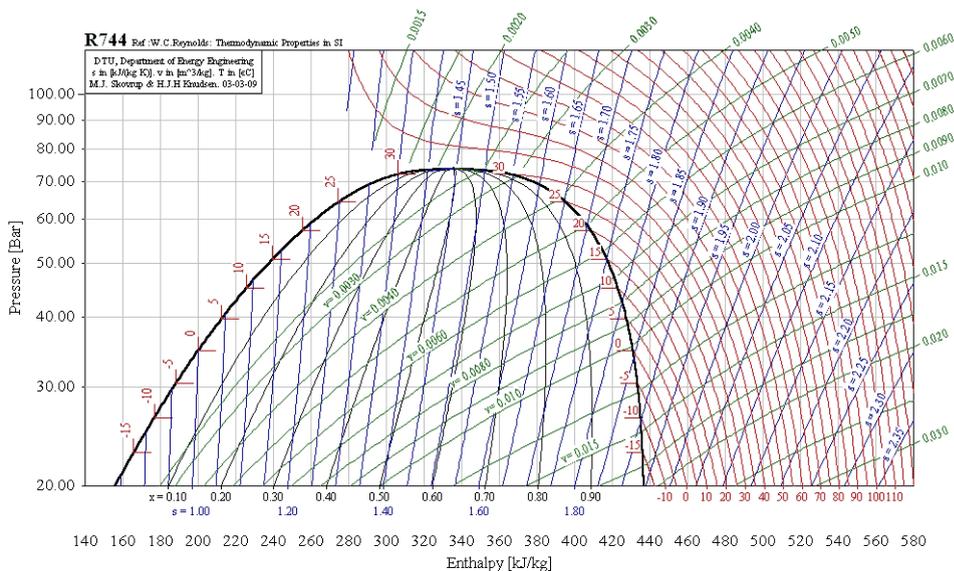


Рисунок 4.3. Термодинамические свойства CO₂

При концентрации свыше 5% (92 г/м³) может вызвать кислородную недостаточность и удушье. Следует также учитывать, что диоксид углерода тяжелее воздуха, поэтому в слабопрветриваемых помещениях может накапливаться у пола.

Широко применяется в системах пожаротушения, в пищевой промышленности и медицине. С 1900 по 1930 гг. R-744 использовался в холодильном оборудовании и был вытеснен ХФУ. С 1990 г. возобновилось использование R-744 в системах разных типов. Термофизические свойства R-744 обеспечивают высокую эффективность при определенных температурах. Давление пара в несколько раз выше, чем у обычных хладагентов, благодаря чему достигается более высокая объемная холодопроизводительность. Однако из-за низкой критической температуры КПД цикла уменьшается при повышении температуры перед дроссельным устройством. Для достижения такой же эффективности при высокой температуре окружающей среды, как у ГХФУ-22, необходимы другие устройства. При применении эжектора вместо обычного дроссельного устройства возможно повышение энергоэффективности на 10-20% по сравнению с обычным хладагентом. Повышение эффективности при высокой температуре окружающей среды может быть достигнуто путем применения таких устройств, как экономайзер (параллельное подключение компрессоров), детандер, регенеративный теплообменник и механический переохладитель.

Стоимость жидкого диоксида углерода невелика: как правило, приблизительно 1 евро за кг. Однако из-за высокого давления в некоторых системах требуется более прочная конструкция, обеспечивающая безопасность и означающая дополнительные расходы. В то же время меньший размер труб для R-744 (по сравнению с обычными системами) позволяет сделать трубопровод более компактным и сэкономить изоляционный материал. Системы

определенной мощности (в зависимости от сферы применения – от 50 до 500 кВт) могут стать конкурентоспособными в ценовом аспекте. Устройства, необходимые для повышения эффективности при высокой температуре окружающей среды, также повышают стоимость оборудования.

Недостатки:

1. Для работы на R-744 необходимо обеспечить высокую прочность компонентов / системы в связи с высоким рабочим давлением.
2. В системах на R-744 наблюдается снижение производительности при высокой температуре окружающей среды, влекущее существенное повышение стоимости оборудования (дополнительные расходы в настоящее время во многом покрываются благодаря экономии за счет роста эффективности).
3. Необходимо специальное обучение техников и оснащение их специальными инструментами.

Глава 5. Физико-химические и потребительские свойства озонобезопасных смесевых хладагентов на основе гидрофторуглеродов

Смесевой хладагент R-404A

Состав: 52% ГФУ-143а, 44% ГФУ-125, 4% ГФУ-134а. Производится под торговыми марками SUVA HP62, FX70, Genetron 404a, Forane 404a, Solkane 404a. OPC = 0. ПГП = 3700. Относится к классу A1 (низкотоксичное и негорючее вещество).

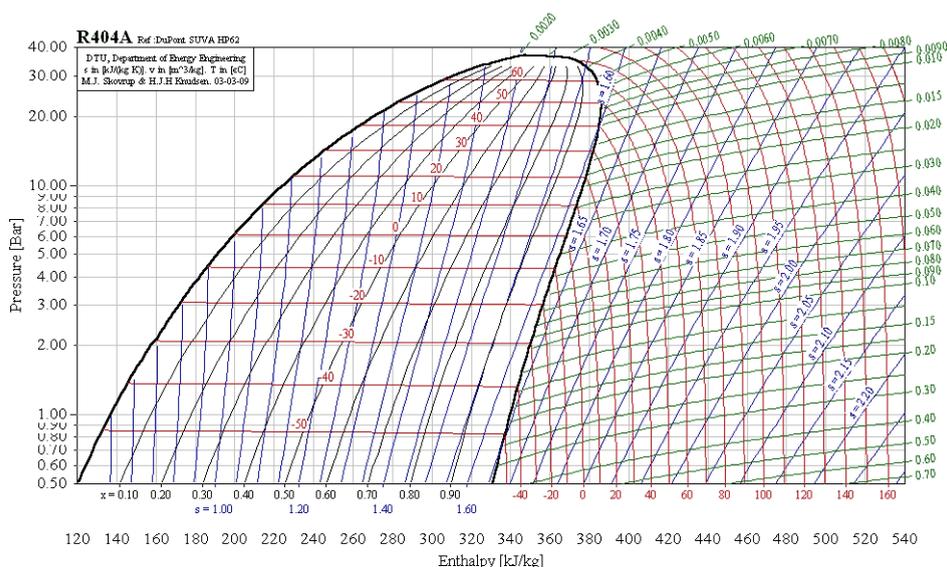


Рисунок 5.1. Термодинамические свойства R-404A

Хладагент R-404A появился на рынке в начале 1990-х гг. и первоначально использовался как прямая замена R502a, а затем приобрел самостоятельное значение в

качестве хладагента для транспортных холодильных систем.

R-404A достаточно устойчива по составу и допускает многократные дозаправки после утечек, что делает его привлекательной для эксплуатации в мобильных системах охлаждения. Тем не менее, не рекомендуется проводить дозаправку (после утечки хладагента из контура) в системах с длинными коммуникационными линиями.

Используется также в низкотемпературных промышленных холодильных установках.

R-404A условно горюч. Концентрационные пределы распространения пламени в воздухе отсутствуют. При соприкосновении с пламенем и горячими поверхностями разлагается с образованием высокотоксичных продуктов.

Этот хладагент нельзя использовать в смеси с воздухом (остаточным в устройствах холодильной системы) и для проведения нагрузочных испытаний под давлением.

В определенных сегментах холодильного оборудования может использоваться в качестве замены ГХФУ-22. Стоимость хладагента приблизительно в 2-4 раза выше, чем ГХФУ-22.

Поставляется в стандартных баллонах. Вес заправленных баллонов 10,9 кг. Перевозки осуществляются железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а хранение – в закрытых складских помещениях при температуре не выше 50⁰С.

Смесевой хладагент R-407C

Состав: 52% ГФУ-134а, 25% ГФУ-125, 23% ГФУ-32. ОРС = 0, ППП = 1700. Широко используется в кондиционерах, чиллерах и тепловых насосах в качестве заменителя ГХФУ-22. R-407C относится к классу A1 (низкотоксичное, негорючее вещество).

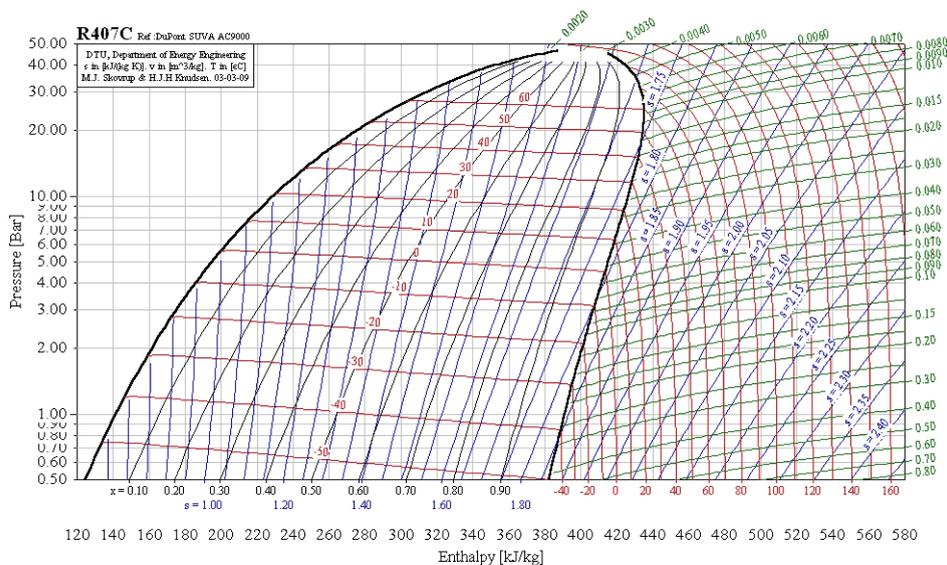


Рисунок 5.2. Термодинамические свойства R-407C.

Большинство систем кондиционирования воздуха и тепловых насосов, в которых в настоящее время в качестве хладагента применяется R-22, может быть переведено на R-407C. Исключение составляют «затопленные» испарители. R-407C не применим в системах с центробежными компрессорами. Большинство деталей систем, изначально спроектированных для ГХФУ-22, совместимо с R-407C. Перед заменой (ретрофитом) необходимо удостовериться в совместимости пластмассовых и эластомерных деталей с R-407C и полиэфирным маслом.

Систему, работающую на R-407C, можно дозаправлять при небольших утечках. После нескольких утечек из-за разных характеристик компонентов, входящих в смесь, возможно значительное изменение массовых долей, что приводит к потере производительности установки. Производители оборудования не рекомендуют дозаправку после значительных утечек и советуют утилизировать остатка хладагента в системе и произвести полную перезаправку системы. Обладает достаточной эффективностью, однако при проектировании теплообменников необходимо учитывать температурный гистерезис.

Для R-407C необходимо полиэфирное масло, которое дороже обычного минерального и требует более аккуратной заправки (оно очень активно поглощает влагу и теряет свои свойства).

Негорючий. При прикосновении с пламенем и раскаленными поверхностями разлагается с образованием высокотоксичных продуктов.

Стоимость хладагента приблизительно в 2-3 раза выше, чем ГХФУ-22.

R-407C поставляется в одноразовых баллонах. Вес – 11,3 и 11,6 кг.

Перевозки осуществляются железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а хранение – в закрытых складских помещениях при температуре не выше 52⁰С.

Смесевой хладагент R-410A

Состав: 50% ГФУ-125, 50% ГФУ-32. Торговые марки: Puron, EcoFluor R410, Genetron R410A, AZ-20, R-410A. OPC = 0. ППП = 1890.

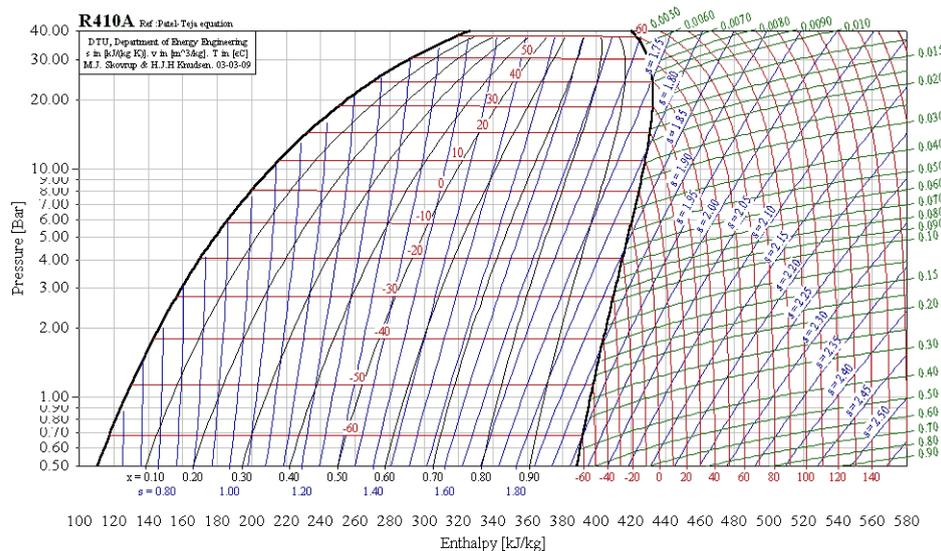


Рисунок 5.3. Термодинамические свойства R-410A

R-410A – квазиазеотропная смесь, которая при утечке практически не меняет своего состава, в связи с чем оборудование может быть просто дозаправлено. Негорючий газ. При соприкосновении с пламенем и горячими поверхностями разлагается с образованием высокотоксичных продуктов. Контакт с некоторыми активными металлами при определенных условиях (например, при очень высоких температурах и/или давлении) может привести к взрыву или возгоранию. Является заменой для ГХФУ-22, предназначен для заправки новых систем кондиционирования воздуха высокого давления.

R-410A был запатентован в 1991 г. компанией Allied Signal (позже была приобретена корпорацией Honeywell). В 1996 г. Carrier Corporation впервые вывела на рынок бытовые кондиционеры на этом фреоне (хладагент R-410A в этих устройствах представлен под торговой маркой «Puron»).

R-410A сохраняет свои эксплуатационные свойства гораздо дольше, чем ГХФУ-22. Удельная холодопроизводительность R-410A примерно на 50% больше, чем у ГХФУ-22 (при температуре конденсации 54⁰C), а рабочее давление в цикле на 35-45% выше, чем у ГХФУ-22, что приводит к необходимости внесения конструктивных изменений в оборудование. R-410A не может использоваться в качестве ретрофитного (замещающего) хладагента для ГХФУ-22.

На сегодняшний день R-410A – наиболее часто применяемый хладагент в новых системах мобильного и стационарного бытового охлаждения. Для фреона R-410A необходимо специальное полиэфирное масло, которое дороже обычного минерального и требует более аккуратной заправки (оно очень активно поглощает влагу и теряя свои свойства).

R-410A обладает очень высокой удельной холодопроизводительностью (выше, чем R-407C, ГХФУ-22 и ГФУ-134a), что позволяет использовать менее мощный компрессор.

R-410A позволяет проводить дозаправку контура при утечке (без необходимости полной замены хладагента), что его выгодно отличает от большинства смесевых хладагентов.

При установке оборудования на R-410A необходимо придерживаться следующих основных рекомендаций:

- 1) не допускать попадания загрязнений в гидравлический контур (равно как при работе и с другими хладагентами);
- 2) при пайке трубопроводов они должны быть заполнены инертным или слабовазимодействующим газом, например, азотом с низким содержанием влаги;
- 3) особенно тщательно производить вакуумирование и осушение трубопроводов (это ограничение накладывается, в первую очередь, требованиями к работе с полиэфирными маслами, необходимыми в системах с R-410A);
- 4) дозаправку хладагента осуществлять исключительно в жидкой фазе;
- 5) для магистралей применяется медная трубка с более толстыми стенками, припой рекомендуется с повышенным содержанием серебра (для более прочного шва), рекомендуется минимизировать использование флюсов (также для повышения надежности соединений).

Для транспортировки, хранения (и для сбора при обслуживании холодильных установок и в случае утечки) хладагенту R-410A требуются баллоны, выдерживающие давление 48 бар, которые должны быть заполнены максимум на 75% веса. Поэтому вес стандартного баллона, правильно заправленного хладагентом R-410A, составляет 11,3 кг.

Стоимость хладагента приблизительно в 2-3 раза выше, чем ГХФУ-22.

Транспортировка R-410A осуществляется железнодорожным, автомобильным и речным транспортом, а хранение – в закрытых складских помещениях при температуре не выше 50⁰С.

Глава 6. Физико-химические и потребительские свойства озонобезопасных смесевых хладагентов на основе гидрофторуглеродов, гидрохлорфторолефинов и гидрофторолефинов

Смесевой хладагент L-40

Состав: 40% ГФУ-32, 10% ГФУ-152a, 20% ГФО-1234yf, 30% ГФО-1234ze(E) ОРС = 0.
ППП = 290.

Предназначен для прямой замены R-404A в средне- и низкотемпературном

холодильном оборудовании, что приводит к повышению эффективности холодильной системы приблизительно на 10%. При этом благодаря одинаковым значениям давления не требует значительной модернизации. Согласно стандарта FDIS ISO 817 все компоненты этой смеси относятся к классу A2L (низкотоксичные, слабогорючие).

Прямые затраты на хладагент обещают быть выше, чем у R-404A. Совместим с полиэфирными маслами, использовавшимися с R-404A.

Основные препятствия для внедрения обусловлены требованиями к безопасности эксплуатации слабогорючих хладагентов (класс 2L согласно FDIS ISO 817). Новый класс был включен в действующие стандарты, например, ISO 5149. В практическом плане это означает ограничение на размер систем, размещаемых внутри помещений. Кроме того, в силу неясности возможностей применения существует проблема нехватки определенных типов компонентов, включая компрессоры. Для обеспечения безопасности при работе с горючими хладагентами необходимы высокая квалификация и опыт персонала. Использование горючих хладагентов в некоторых типах зданий может быть запрещено нормами строительной безопасности.

Смесевой хладагент L-41

Состав: 73% ГФУ-32 и 27% ГФО-1234zd(E).

ОРС = 0. ПГП = 490.

Предназначен для замены R-410A в климатическом оборудовании. Согласно стандарта FDIS ISO 817 все компоненты этой смеси относятся к классу A2L (низкотоксичные и слабогорючие вещества). Эффективность сопоставима с R-410A. Мощность систем приблизительно на 6–10% ниже, но может быть скорректирована в новых системах. Температура нагнетания немного выше, чем у R-410A, но не выше пределов имеющихся компрессоров. Благодаря относительно высокой критической точке по сравнению с другими хладагентами подходит для работы при высокой температуре окружающей среды (в теплом климате). Прямые затраты на хладагент как у R-410A. Смесь совместима с существующими полиэфирными маслами. В условиях высокой температуры окружающей среды потребление энергии ниже, чем в случае R-410A.

Основные препятствия для внедрения обусловлены требованиями к безопасности эксплуатации горючих хладагентов класса 2L. Новый класс был включен в стандарты ISO 5149 и IEC-60335-2-40. В практическом плане это означает ограничение на размер систем, размещаемых внутри помещений. Кроме того, в силу неясности возможностей применения существует проблема нехватки определенных типов компонентов, включая компрессоры. Для обеспечения безопасности при работе с горючими хладагентами необходимы высокая

квалификация и опыт. Использование горючих хладагентов в некоторых типах зданий может быть запрещено нормами строительной безопасности.

Смесевой хладагент L-20

Состав: 45% ГФУ-32, 20% ГФУ-152a и 35% ГФО-1234zd(E).

ОРС = 0. ППП = 330.

Предназначен для замены ГХФУ-22 в климатическом оборудовании без существенных изменений благодаря одинаковым значениям давления. Согласно стандарта FDIS ISO 817 все компоненты этой смеси относятся к классу A2L (низкотоксичные, слабогорючие). При использовании в существующих устройствах, работающих на ГХФУ-22, наблюдается аналогичная холодопроизводительность и эффективность в диапазоне 95-97%. Усовершенствование технологий может повысить эффективность, в частности, при работе систем только на охлаждение в теплом климате. Хорошие рабочие характеристики в теплом климате в основном обусловлены относительно высокой критической точкой (приблизительно 93⁰С) по сравнению с другими хладагентами, например, R-410A и ГФУ-32. Прямые затраты как у существующих смесевых хладагентов на основе ГФУ (R-407C и др.). L-20 совместима с существующими полиэфирными маслами. Благодаря более высокой эффективности при высокой температуре окружающей среды снижается энергопотребление по сравнению с другими хладагентами.

Основные препятствия для внедрения обусловлены требованиями к безопасности эксплуатации слабогорючих хладагентов (класс 2L согласно FDIS ISO 817). Новый класс был включен в стандарты ISO 5149 и IEC-60335-2-40. В практическом плане это означает ограничение на размер систем, размещаемых внутри помещений. Кроме того, в силу неясности возможностей применения существует проблема нехватки определенных типов компонентов, включая компрессоры. Для обеспечения безопасности при работе с горючими хладагентами необходимы высокая квалификация и опыт. Использование горючих хладагентов в некоторых типах зданий может быть запрещено нормами строительной безопасности.

Смесевой хладагент DR-5

Состав: 72,5% ГФУ-32 и 27,5% ГФО-1234yf.

ОРС = 0. ППП = 490.

Предназначен для замены R-410A в климатическом оборудовании. Согласно стандарта FDIS ISO 817 все компоненты этой смеси относятся к классу A2L (низкотоксичные и слабогорючие вещества). Эффективность как у R-410A. Мощность систем приблизительно на 6-10% ниже, но может быть скорректирована в новых системах.

Температура нагнетания немного выше, чем у R-410A, но не выше пределов имеющихся компрессоров. Благодаря относительно высокой критической точке по сравнению с другими хладагентами подходит для работы при высокой температуре окружающей среды (в теплом климате).

Прямые затраты могут быть относительно высокими из-за содержания ГФО-1234yf, отличающегося высокими производственными затратами. Смесь совместима с существующими полиэфирными маслами. Благодаря более высокой эффективности при высокой температуре окружающей среды снижается энергопотребление по сравнению с R-410A.

Основные препятствия для внедрения обусловлены требованиями к безопасности эксплуатации слабогорючих хладагентов. Новый класс был включен в стандарты ISO 5149 и IEC-60335-2-40. В практическом плане это означает ограничение на размер систем, размещаемых внутри помещений. Кроме того, в силу неясности возможностей применения существует проблема нехватки определенных типов компонентов, включая компрессоры. Для обеспечения безопасности при работе с горючими хладагентами необходимы высокая квалификация и опыт. Использование горючих хладагентов в некоторых типах зданий может быть запрещено нормами строительной безопасности.

Смесевой хладагент N-13

Состав: 42% ГФУ-134a и 58% ГФО-1234ze(E).

ОРС = 0. ПГП = 600.

Негорючая двухкомпонентная смесь. Используется вместо ГФУ-134a в новом оборудовании, при проектировании которого будет учтена меньшая объемная производительность нового хладагента. Согласно стандарта FDIS ISO 817 смесь относится к классу A1 (низкотоксичное и негорючее вещество). При использовании в поршневых или спиральных компрессорах показал такую же эффективность, как у ГФУ-134a. В спиральных и поршневых компрессорах возможно использование прежнего полиэфирного смазочного масла.

Из-за того, что N-13 является смесью нового (ГФО-1234ze(E)) и существующего (ГФУ-134a) веществ, имеет умеренную стоимость, которая мало отличается от стоимости хладагентов, присутствующих на рынке. Благодаря слабой горючести и умеренной цене этот хладагент может получить признание в ближайшем будущем.

Смесевой хладагент XR-10

Состав: 44% ГФУ-134a и 56% ГФО-1234yf.

ОРС = 0. ПГП = 630.

Невоспламеняемая двухкомпонентная смесь. Предназначен для замены ГФУ-134а в новом оборудовании с обеспечением аналогичной мощности и эффективности. Согласно стандарта FDIS ISO 817 относится к классу А1 (низкотоксичное и негорючее вещество). При использовании в поршневых или спиральных компрессорах показал аналогичную с ГФУ-134а эффективность. В спиральных и поршневых компрессорах возможно использование прежнего полиэфирного смазочного масла. Благодаря высокой критической температуре демонстрирует хорошие показатели в теплом климате. Из-за того, что ХР-10 является смесью веществ с высокими производственными затратами (ГФО-1234уф и ГФО-134а), ожидается, что его стоимость будет высокой.

Основным препятствием для широкого распространения может оказаться высокая стоимость хладагента.

Смесевой хладагент N-40

Состав: 25% ГФУ-32, 25% ГФУ-125, 20% ГФУ-134а и 30% ГФУ-1234уф.

ОРС = 0. ППП = 1 330.

Негорючая смесь насыщенных (предельных) ГФУ и ненасыщенного (непредельного) ГФО-1234уф. Предназначен для замены R-404А в климатическом оборудовании. Согласно стандарта FDIS ISO 817 смесь относится к классу А1 (низкотоксичное и негорючее вещество).

Отличается значительно большей мощностью и немного более высокой эффективностью, чем R-404А. Совместим с полиэфирными смазочными маслами, используемыми с R-404А. Из-за наличия в составе ГФО-1234уф стоимость может быть выше, чем у обычных смесевых хладагентов на основе ГФУ. Существенные препятствия для внедрения отсутствуют.

Смесевой хладагент DR-33

Состав: 24% ГФУ-32, 25% ГФУ-125, 26% ГФУ-134а и 25% ГФО-1234уф.

ОРС = 0. ППП = 1 410.

Негорючая смесь насыщенных (предельных) ГФУ и ГФО-1234уф. Предназначен для замены R-404А в новом холодильном оборудовании. Согласно стандарта FDIS ISO 817 относится к классу А1 (низкотоксичное и негорючее вещество). Отличается значительно большей мощностью и немного более высокой эффективностью, чем R-404А. Совместим с полиэфирными смазочными маслами, используемыми с R-404А.

Из-за наличия в составе ГФО-1234уф стоимость может быть выше, чем у обычных смесевых хладагентов на основе ГФУ.

Существенные препятствия для внедрения отсутствуют.

Глава 7. Информационно-аналитическая записка о переводе предприятий сектора аэрозольных пропеллентов на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере

Емкость аэрозольного рынка Российской Федерации оценивается примерно 1-1,2 млрд баллонов в год. Из них около половины баллонов производится в России, остальные – импортируются. Следует отметить, что рынок аэрозолей в последние годы динамично рос вслед за ростом потребления – примерно на 15-20% в год. В среднем для производства 1 млн баллонов требуется около 20 т пропеллента, который представляет собой инертное химическое вещество, с помощью которого в аэрозольных баллонах создается избыточное давление, обеспечивающее вытеснение из упаковки активного вещества.

В настоящее время в Российской Федерации насчитывается несколько крупных производителей бытовых и технических аэрозольных продуктов: ОАО «Компания «Арнест» (г. Невинномысск Ставропольского края), ООО «Аэрозоль Новомосковск» (г. Новомосковск Тульской обл.), ОАО «Сибиар» (г. Новосибирск), ОАО «Хитон» (г. Казань), ООО «Аэростар контракт» (г. Вязьма Смоленской обл.), ООО «Веллхим» (Ногинский район Московской обл.) и технических аэрозолей: ООО «СЗК «ВЭЛВ» (г. Санкт-Петербург), ООО «Строй сервис герметик» (г. Новосибирск), ООО «Эль филлинг» (г. Электроугли Московской обл.). По производству аэрозольных баллонов предприятия первой группы занимают около 70% рынка, а второй – около 30%. Также в Российской Федерации имеется несколько десятков небольших производителей аэрозолей. Крупнейшим российским производителем аэрозольной продукции является ОАО «Арнест» – 250 млн баллонов в год.

В конце XX века в производстве товаров в аэрозольной упаковке ОРВ, а именно ХФУ-11 и ХФУ-12, находили широкое применение в качестве пропеллентов, растворителей, вспенивателей активных компонентов, добавок, понижающих горючесть, активных компонентов, а иногда и в качестве основного активного компонента (например, для охлаждения или для создания шумового эффекта).

Аэрозольный баллон представляет собой достаточно простую по устройству конструкцию. В баллон закачивается под давлением газ (пропеллент) и полезное содержимое (активный компонент). В качестве пропеллента потенциально может использоваться воздух, но это привело бы к высокому давлению в баллоне. Поэтому применяется легко сжижающийся газ, чтобы жидкость и газ находились в равновесном

состоянии. При открытии клапана давление газа выбрасывает содержимое наружу, а часть сжиженного пропеллента испаряется, возвращая давление на исходный уровень.

Для вязкого содержимого (герметики и др.) газ от содержимого может отделяться поршнем. Сравнительно новая разработка – активный компонент помещается в пластиковый мешок внутри аэрозольного баллона, что удобно как для опасного содержимого, так и некоторых косметических продуктов (крем для загара). При этом активный компонент и пропеллент не контактируют, баллон сохраняет работоспособность в перевернутом положении, а струя пропеллента на выходе из аэрозольного клапана практически не охлаждает активный компонент.

Стандартный аэрозольный клапан производится в двух вариантах исполнения – «папа» и «мама». Механизм приводится в действие при нажатии на распылительную головку вниз по вертикали. Вниз вместе с головкой двигается шток, который сжимает пружину. Отверстие в штоке проходит из-под герметизирующей прокладки в полость кармана, заполненного продуктом. В это же отверстие подается продукт и через полость штока направляется в головку для распыления. При снятии усилия с головки пружина поднимает шток вверх и клапан закрывается.

В производстве товаров в аэрозольной упаковке в качестве аэрозольного пропеллента, начиная с 1942 г., применялись следующие ХФУ: фтортрихлорметан (ХФУ-11), дифтордихлорметан (ХФУ-12) и 1,1,2,2-тетрафтордихлорэтан (ХФУ-114). В СССР, а затем в Российской Федерации использовались первые два.

Как было отмечено ранее, эти ХФУ нетоксичны, невзрывоопасны, негорючие, стабильны, химически неактивны в отношении подавляющего большинства активных агентов, являются великолепными растворителями и вспенивателями, не имеют цвета, запаха и вкуса, не вызывают коррозии конструкционных материалов, легко испаряются, обеспечивая постоянное давление внутри баллона вплоть до полного расходования содержимого. В связи с наличием у ХФУ перечисленных свойств подбор альтернатив для использования в секторе аэрозольных пропеллентов практически всегда сопряжен с поиском приемлемых компромиссов. Следствием этого стала дезинтеграция рынка аэрозольных пропеллентов на отдельные сегменты в каждом из которых преобладает применение своей альтернативы.

Альтернативы и заменители озonoопасных аэрозольных пропеллентов Технически и экономически приемлемые альтернативы

В структуре организаций Монреальского протокола имеются специализированные комитеты по технической и экономической оценке в различных секторах потребления ОРВ,

в обязанности которых входит рассмотрение проблем, связанных с наличием или отсутствием приемлемых альтернатив ОРВ. В отчетах, подготавливаемых комитетами как правило на ежегодной основе, представляются списки рекомендуемых технических альтернатив для соответствующей отрасли.

На IV Совещании Сторон Монреальского протокола было принято решение об использовании понятия «технически и экономически приемлемые альтернативы» (ТЭПА) для каждого из применений исключаемых из потребления ОРВ. Список ТЭПА для каждого промышленного сектора регулярно пересматривается и обновляется соответствующими комитетами.

Следует отметить, что для каждого сектора аэрозольных пропеллентов ТЭПА существуют для подавляющего большинства товаров в аэрозольной упаковке.

Особо важные применения

В случае, если какой-либо вид применения ОРВ является жизненно важным для функционирования общества, а ТЭПА для него не существуют или не могут быть внедрены в приемлемые сроки, то Сторонами Монреальского протокола он может быть признан как «особо важное применение». Перечень «особо важных применений» для каждого промышленного сектора регулярно пересматривается и обновляется соответствующими комитетами Монреальского протокола.

Заявки на предоставление исключений в отношении основных видов применения ОРВ, подготовленные по установленной форме, направляются Сторонами Монреальского протокола в его Секретариат до 1 февраля года, предшествующего году потребления ОРВ.

К исключениям в предшествующие годы и в настоящее время Сторонами Монреальского протокола отнесен только один вид аэрозольных продуктов: медицинские дозированные ингаляторы (далее – МДИ) для лечения астмы и обструктивных легочных заболеваний. В связи с тем, что разработанные для МДИ альтернативы (ГФУ-134а) не признавались ТЭПА, российским производителям этих аэрозольных препаратов с 2003 г. решениями совещаний Сторон Монреальского протокола предоставлялись квоты на потребление ХФУ-11 и ХФУ-12

Переходные и окончательные решения

Практически в каждом секторе потребления ХФУ и галонов возникал вопрос выбора между временным (переходным) и окончательным решением проблемы исключения ОРВ. В качестве переходных решений на рубеже XX и XXI веков в Российской Федерации рассматривались ГХФУ, которые по мнению участников рынка

могли обеспечить сравнительно безболезненное решение вопросов конверсии на протяжении двух-трех десятилетий. Принятие в 2007 г. Монреальской поправки к Монреальскому протоколу привело к необходимости ускорения процесса в направлении окончательного отказа от использования любых ОРВ.

При рассмотрении вариантов конверсии на озонобезопасные вещества и технологии в аэрозольном секторе необходимо принимать во внимание потенциальные угрозы превращения уже реализованных на практике «окончательных» решений в «переходные», что может быть сопряжено с участием Российской Федерации в действующих и будущих международных экологических соглашениях. В дальнейшем более подробно будут рассмотрены вопросы конверсии предприятий этого сектора на углеводородный пропеллент (далее – УВП), диметиловый эфир (далее – ДМЭ), ГФУ, сжатые газы и т. д. В частности, пропан, бутан и изобутан, входящие в состав УВП, относятся к летучим органическим соединениям (далее – ЛОС), способствующих фотохимическому образованию смога и приземного озона. Как известно, ЛОС регулируются Протоколом об ограничении выбросов летучих органических соединений или их трансграничных потоков к Конвенции 1979 г. о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, в связи с чем нельзя полностью исключить возможность принятия дополнительных ограничительных мер в отношении выбросов этих веществ в атмосферу в обозримом будущем. Вопрос предполагаемого включения ГФУ в виде нового приложения к Монреальскому протоколу был более подробно рассмотрен в рамках этапа I настоящей НИР.

Коммерциализация альтернатив

Задолго до внедрения ОРВ в промышленности существовал опыт использования разнообразных веществ с теми же функциями. Сроки действия патентов на эту группу альтернатив уже исчерпан, в связи с чем их производство и применение не сопряжено с проблемами правового характера.

Другой группой альтернатив, разработанных и внедренных (внедряемых) в промышленность, являются вещества, использование которых на территории своих и зарубежных стран защищены патентами, еще не исчерпавшими срок действия, который, как правило, не превышает 15-20 лет. Последним примером таких альтернатив является группа безопасных для озонового слоя и климата Земли ГХФО и ГФО.

Третья группа включает используемые в ограниченных (незначительных) объемах, либо вовсе не внедренные по тем или иным причинам альтернативы. Необходимость исключения из обращения ОРВ простимулировала развитие новых идей в области

химии и химической технологии, а также разработку новых инженерных и научно-технических решений. Следует отметить, что их внедрение без серьезного исследования потенциала и восприимчивости рынка может оказаться в зоне рискованных инвестиций.

Аналоговые и неаналоговые альтернативы

Существуют два принципиально разных подхода к проблеме замены исключаемого ОРВ: аналоговый и неаналоговый.

Аналоговый (англ. in kind) подход состоит в замене ОРВ на аналог, выполняющий ту же функцию и создающий тот же (эквивалентный) эффект. К этому типу альтернатив относятся любые озонобезопасные пропелленты.

Неаналоговый (англ. not-in-kind) подход предполагает достижение желаемого результата за счет принципиально иного технического решения. К этому типу альтернатив относится применение неаэрозольных форм упаковки продуктов: емкости с механическими насосами, тубы, флаконы, шариковые или палочковые дезодоранты и аппликаторы и т. п.

Заменители аэрозольных пропеллентов для сектора бытовых и медицинских аэрозолей приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Применяемые в секторе бытовых и медицинских аэрозолей альтернативы аэрозольных пропеллентов

Заменитель	Область
Аналоговые	
Углеводородный пропеллент (УВП)	подавляющее большинство аэрозольных товаров бытового, технического, парфюмерно-косметического, фармацевтического, медицинского (поверхностного применения) и т. п. назначения, за исключением продуктов, для которых горючесть пропеллента недопустима и не может быть подавлена вспомогательными способами.
Диметиловый эфир (ДМЭ)	Аэрозольные товары бытового, технического, парфюмерно-косметического, фармацевтического, медицинского (поверхностного применения) и т. п. назначения, за исключением продуктов, для которых горючесть пропеллента недопустима и не может быть подавлена вспомогательными способами. Особенно в композициях, содержащих полярные растворители (краски, лаки для волос, косметические и парфюмерные товары на основе спиртовых или водных составов).
Гидрофторолефины (ГФО)	Большинство аэрозольных товаров бытового, технического, парфюмерно-косметического, фармацевтического, медицинского и т. п. назначения, в том числе продуктов, для которых горючесть пропеллента недопустима.
ГФУ-134а	Медицинские дозированные ингаляторы (МДИ) для лечения астмы и хронических легочных заболеваний. Аэрозольные продукты специального
ГФУ-152а	Аэрозольные продукты, за исключением тех, для которых горючесть
	недопустима и не может быть подавлена вспомогательными способами.

ГФУ-227ea	Медицинские дозированные ингаляторы (МДИ) для лечения астмы и хронических легочных заболеваний.
ГФУ-236fa	Медицинские препараты для поверхностного применения.
Диоксид углерода	Инсектициды, репелленты, дезодоранты, освежители воздуха, антиобледенители
Закись азота	Пищевые аэрозольные продукты (взбитые сливки, муссы, кремы и т. п.).
Азот (N ₂) или воздух	Медицинские препараты для поверхностного применения, средства против ос или шершней, средства для очистки двигателей, продукты специального
Неаналоговые	
Механические насосы	Парфюмерные и косметические товары, инсектициды, ветеринарные препараты.
Другие неаналоговые альтернати	Двухкамерные системы, флаконы с шариками или другими способами распределения содержимого, кремы в тубах, дезодоранты и антиперспиранты в виде палочек, сухие порошковые ингаляторы, небулайзеры и инжекторы в медицине.

Ниже представлен анализ аналоговых технически и экономически приемлемых альтернатив в секторе бытовых и технических аэрозолей.

Углеводородный пропеллент

УВП является основным аналоговым заменителем в российской аэрозольной промышленности для большинства вышеуказанных применений. Доля продуктов с его применением превышает 90%. В некоторых случаях для продуктов, не чувствительных к чистоте применяемого пропеллента, используют легкую фракцию нефтегазов, фактически состоящих из ингредиентов УВП (пропан, бутан, изобутан). Следует отметить, что в этом случае пропеллент содержит примеси, характерные для конкретного месторождения. Производители УВП варьируют процентное содержание компонентов, добиваясь соответствия давления смеси требованиям потребителей.

В целом, стандартными требованиями, предъявляемыми к УВП во всем мире, является содержание основного вещества (пропан, н-бутан и изобутан – в сумме) не менее 95% .

В Российской Федерации предприятия – производители аэрозольных продуктов применяют УВП трех марок, в которых содержание основного вещества должно составлять не менее 99% (таблицы 7.2, 7.3).

Таблица 7.2 - Содержание основных компонентов в УВП

Компонент	Марка А		Марка Б		Марка В	
	7	26	21	39	34	50
Пропан	0	73	0	60	0	49
Бутан	92	0	78	0	65	0
Итого, основного вещества, не менее	99	99	99	99	99	99

Таблица 7.3 - Требования и нормы, которым должен отвечать УВП, согласно ТУ 39-892- 93 «Пропеллент углеводородный для аэрозольных упаковок»

Показатель	Норма		
	Марка А	Марка Б	Марка В
Давление насыщенных паров (изб.) при 20 ⁰ С, Мпа	0,25 ± 0,02	0,33 ± 0,02	0,40 ± 0,02
Массовая доля компонентов:			
- сумма пропана, бутана и изобутана, не менее	99,0		
- этана, не более	0,5		
- пентанов, не более	0,5		
- непредельных углеводородов, не более	0,02		
- сероводорода и меркаптановой серы, не более	0,0005		
- нелетучих веществ, не более	0,001		
- воды, не более	0,01		
Запах	Соответствует запаху образца эталона		

Производство УВП в сравнении с другими процессами переработки углеводородного сырья не является сложным и высокзатратным – оно представляет собой преимущественно смешение и очистку смеси пропана, бутана и изобутана в различных пропорциях. Однако конкурировать по доходности с распространенными сферами использования сжиженных углеводородных газов (далее – СУГ) не может из-за сравнительно малых объемов реализации и низкой оборачиваемости конечного продукта. Именно этим объясняется отсутствие интереса у бизнес-структур в недавнем прошлом к строительству УВП-установок. За исключением крупных производителей аэрозолей, выпускающих в настоящее время около 13-15 тыс т УВП в год, в структуре вертикальной интеграции, которых этот вид деятельности является экономически оправданным. При этом наличие собственного производства даже у них не исключало импорта газа из Республики Беларусь и Республики Казахстан, а небольшие производители аэрозолей потребляли в основном импортный УВП. В СССР первым на использование УВП в качестве пропеллента перешел еще в 1989 г. Брестский завод бытовой химии, а в Российской Федерации – в 1994 г. АО «Хитон» (г. Казань). Производство УВП в начале 90-х гг. осуществлялось на газоперерабатывающих заводах в г. Грозном и в г. Альметьевске, однако обе установки вскоре были остановлены. Поэтому все последующие годы основные поставки УВП в Российскую Федерацию осуществлялись из Республики Беларусь, где его выпуск на основе российского углеводородного сырья был налажен в 1995 г. на Белорусском ГПЗ (Республиканское унитарное предприятие «Производственное объединение «Белоруснефть», г. Речица). Спрос на УВП российского,

украинского и белорусского рынков удовлетворяла установка годовой мощностью 12 тыс т. Однако белорусский пропеллент как по цене, так и по качеству не в полной мере отвечал потребностям российского рынка, в связи с чем многие производители аэрозольной продукции, выпускавшие преимущественно аэрозоли для парфюмерии, требующие безупречного качества пропеллента, стали постепенно отказываться от белорусских поставок и научились получать УВП на собственных установках. В 2000-е годы крупные производители аэрозолей, как правило, использовали СУГ, приобретаемый в качестве исходного сырья (пропан, бутан, изобутан) на заводах ОАО «Сибур Холдинг», Коробковском ГПЗ ОАО «Лукойл» и Киришском НПЗ ОАО «Сургутнефтегаз», смешивали и доочищали его, а также закупали УВП в Республике Беларусь и Республике Казахстан с последующей доочисткой.

Товарными парками и инфраструктурой обзавелись практически все основные игроки рынка, а остальные, в число которых вошло большинство производителей технических аэрозолей, доставляли СУГ автотранспортом, покупая его как в Республике Беларусь, так и в Российской Федерации (напрямую или через посредников). Многие крупные производители аэрозолей начали также работать на контрактной основе с западными производителями косметики, которые стали определять качественные показатели УВП, необходимые для производства. Возможно, что именно это заставило российских производителей аэрозолей, расположенных не только в восточной, но и в центральной части страны, закупать чистый (с низким содержанием серы) казахстанский УВП.

После сворачивания поставок СУГ и УВП из Республики Беларусь освободившуюся нишу заняло ООО «Газ-Гарант» (г. Киржач Владимирской области). Основными потребителями продукции этого предприятия стали средние и мелкие компании по производству технических аэрозолей и бытовой химии, а также некоторые крупные производители косметических аэрозолей. ООО «Газ-Гарант» покупает у различных производителей готовые фракции (пропан, бутан и изобутан) и осуществляет их объемное смешение в определенных пропорциях в специальных емкостях-реакторах, а затем полученная смесь проходит многоступенчатую очистку и сливается в автовозы и железнодорожные цистерны для доставки потребителям. Производители косметических аэрозолей проводят доочистку УВП, производителям строительной пены и других технических аэрозолей доочистка не требуется. Учитывая то, что ООО «Газ-Гарант» не имеет прямого доступа к исходному сырью, имеющийся товарный парк компании позволяет работать без дополнительных закупок в течение 2-3 месяцев. Основными поставщиками СУГ являются Киришский НПЗ и Узеньский ГПЗ (Республика Казахстан).

Производство УВП было также налажено на предприятии ОАО «Газпром газэнергосеть» в Нижегородской области (на базе Кстовской ГНС) начальной мощностью 900 т в месяц. В г. Кстово СУГ поставляется по железной дороге с Оренбургского, Астраханского, Сургутского и Уренгойского ГПЗ для дальнейшей реализации потребителям Нижегородской области и для изготовления УВП. Продукция транспортируется специальными газовозами на автомобильной платформе, предназначенными для перевозок только пропеллента партиями от 5 до 20 т, что удобно мелким производителям аэрозолей, не имеющим больших емкостных парков для хранения сырья. Крупные партии продукции направляются потребителям по железной дороге.

Основные недостатки УВП:

1. УВП горюч и взрывоопасен, из-за чего его применение требует взрывозащищенного оформления всего производственного процесса, начиная со склада сырья и заканчивая складом готовой продукции. Это же свойство налагает существенные ограничения на его применение в продуктах, горючесть которых недопустима.
2. Из-за отсутствия запаха у УВП во многих странах введены ограничения на его транспортировку по трубопроводам и в емкостях без одорирования, из-за чего потребители вынуждены осуществлять финишную доочистку УВП, являющуюся дорогостоящим процессом.
3. УВП является неполярным растворителем, плохо смешивающимся с водными композициями и растворами других полярных жидкостей.
4. УВП относятся к ЛОС, вследствие чего в ряде стран он подпадает под правила регулирования. Например, применение УВП запрещено в аэрозольном секторе некоторых штатов США.
5. Из-за того, что УВП, как правило, изготавливается из легкой фракции нефтегазов, он может содержать следовые количества непредельных и/или серосодержащих соединений, обладающих резким запахом и химической активностью, сказывающейся на сроке хранения готовой продукции.
6. УВП тяжелее воздуха, в связи с чем во всех помещениях, где возможна утечка УВП, устройство пола должно исключать возможность скопления тяжелого газа, а система вентиляции должна обеспечивать гарантированный отсос УВП из самой нижней точки.

Выводы:

1. Использование УВП в качестве аэрозольного пропеллента в Российской Федерации признано ТЭПА с учетом вышеизложенных недостатков и ограничений.
2. В среднесрочной перспективе его присутствие на аэрозольном рынке Российской

Федерации сохранится в соотношении, сложившемся к настоящему времени.

Диметиловый эфир

Масштабы применения ДМЭ в последнее время возрастают во всем мире из-за появления более дешевых технологий его получения. Классический способ синтеза ДМЭ – дегидратация метанола, сырьем для которого служат углеводородсодержащие газы. Использовать ДМЭ в зависимости от вида аэрозоля можно как в качестве составной части УВП, в смеси с хладагентами, а также 100 %-го пропеллента.

Опыт применения ДМЭ в качестве аэрозольного пропеллента составляет около ста лет. В настоящее время ДМЭ на рынке конкурирует с УВП и сравнительно широко применяется в странах, не имеющих собственных мощностей по добыче и переработке углеводородного сырья. Большим преимуществом ДМЭ по сравнению с УВП и другими аэрозольными пропеллентами является то, что он обладает самой высокой растворимостью в воде и может с успехом заменять спирты, с которыми конкурирует как растворитель. ДМЭ может применяться как в чистом виде, так и в смеси с другими растворителями. Так, с водным раствором этилового спирта ДМЭ смешивается в любых соотношениях. ДМЭ пригоден для выпуска чрезвычайно широкого ассортимента товаров и особенно эффективен в производстве аэрозольных продуктов на основе клейких или вязких веществ (лаки для волос, смазки, краски и т. д.).

Основные недостатки ДМЭ:

ДМЭ горюч и взрывоопасен (опаснее УВП), из-за чего его применение требует взрывозащищенного оформления всего производственного процесса, начиная со склада сырья и заканчивая складом готовой продукции. Это же свойство налагает существенные ограничения на его применение в продуктах, горючесть которых недопустима.

ДМЭ является сильным полярным растворителем, в связи с чем при переходе на этот пропеллент необходима полная переработка композиций.

ДМЭ в присутствии воды вызывает коррозию жестяных и алюминиевых баллонов. Присутствие УВП или этанола во многих случаях может усилить этот процесс.

ДМЭ вызывает набухание/растворение многих традиционных конструкционных материалов (прокладок, лаков, покрытий и т. п.), используемых в аэрозольном производстве, что вынуждает производителей переходить на более дорогостоящие материалы или вводить ингибирующие добавки.

ДМЭ относится к ЛОС, вследствие чего в ряде стран он подпадает под правила регулирования. Например, ДМЭ запрещен для использования в аэрозольном секторе некоторых штатов США.

Выводы:

1. ДМЭ может рассматриваться в качестве ТЭПА по отношению к ОРВ, однако его применение сопряжено с необходимостью соблюдения тех же (иногда даже более строгих) мер по технике безопасности, указанных выше для УВП.
2. Текущие затраты могут превысить затраты при работе с УВП, т. к. ДМЭ более агрессивен химически и, следовательно, требует применения более дорогих материалов (прокладки, уплотнения и покрытия, контактирующие с пропеллентом и готовым продуктом).
3. Капитальные затраты на внедрение ДМЭ высоки во всех случаях из-за необходимости пожаровзрывозащищенного оформления всего производственного процесса, начиная с транспортировки и складирования пропеллента и заканчивая складом и отгрузкой готовой продукции.
4. Для снижения рисков производственные и складские помещения должны быть оборудованы специальными чувствительными детекторными датчиками, модифицированными вентиляционными системами и соответствующими системами пожаротушения. Переход на ДМЭ требует обязательного и тщательного обучения персонала технике безопасности. Следует отметить, что ДМЭ в качестве аэрозольного пропеллента в настоящее время не пользуется большим спросом на внутреннем рынке Российской Федерации благодаря наличию отечественного производства более дешевого УВП.

Гидрофторуглероды

Попытки перехода на ГФУ в качестве аэрозольного пропеллента предпринимались в разных странах на протяжении последних 30-40 лет. По опыту применения в аэрозольном секторе эти вещества значительно уступают УВП и ДМЭ, а потребление ГФУ в Российской Федерации чрезвычайно мало в первую очередь из-за высокой отпускной цены, делающей их неконкурентоспособными по сравнению с другими аналоговыми заменителями ОРВ. Принимая во внимание высокий ПГП, которым обладают ГФУ, перспектива их внедрения в российском аэрозольном секторе представляется маловероятной.

ГФУ-134а нашел применение только в двух аэрозольных подсекторах: производство медицинских дозирующих ингаляторов, где применяется ГФУ-134а категории «medical grade», и производство технических аэрозольных продуктов, где принципиально недопустима горючесть (в основном это специальные и технические аэрозоли).

Гидрофторолефины (ГФО)

Новая разработка в сфере пропеллентов – ГФО-1234ze. Обеспечивает среднее давление 3,4 бар при 21⁰С. Представляет собой негорючий бесцветный газ. Термически устойчив до 200⁰С. Из-за малых объемов производства и высокой цены применение в аэрозольном секторе в среднесрочной перспективе маловероятно.

Сжатые газы

Термин «сжатые газы» применяют к веществам, находящимся под высоким давлением, которые вводят в баллоны в газообразном виде, а не в виде жидкости (как УВП и ДМЭ). Поэтому рабочее давление в такой аэрозольной упаковке значительно выше, чем при использовании УВП и ДМЭ, соответственно требуется более прочный (а значит, более дорогой) баллон. К числу сжатых газов, которые могут потенциально использоваться в качестве аэрозольных пропеллентов, относят диоксид углерода (CO₂), закись азота (N₂O), азот (N₂) и сжатый воздух. Доля этих продуктов на российском аэрозольном рынке не превышает 1-1,5%. Следует отметить, что эти пропелленты негорючи, нетоксичны, экологически безопасны и не подлежат регулированию со стороны действующих и разрабатываемых в настоящее время международных экологических соглашений.

Диоксид углерода (CO₂) особенно пригоден для использования в качестве пропеллента в производстве аэрозольных продуктов, в которых допустимы крупные тяжелые капли (водно-спиртовые дезинфектанты, антистатики, инсектициды против ползающих насекомых, смазочные масла, очистители двигателей, антиобледенители, средства для запуска двигателей («быстрый старт»), средства для профилактики сминаемости текстильных изделий и т. д.). Диоксид углерода нетоксичен и невзрывоопасен. При концентрации свыше 5% (92 г/м³) может вызвать кислородную недостаточность и удушье. Следует также учитывать, что диоксид углерода тяжелее воздуха, поэтому в слабопрветриваемых помещениях может накапливаться у пола. Технические требования представлены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 - Технические требования к диоксиду углерода по ГОСТ 8050-85

Пока	Норма
Объемная доля CO ₂ , %, не менее	99,5
Минеральные масла и механические примеси, мг/кг, не более	0,1
Водяные пары, г/м ³ , не более	0,18

Закись азота (N₂O) подходит для выпуска некоторых пенистых продуктов. Поскольку закись азота является некислоотообразующим окислом, то именно этот пропеллент с успехом применяют в пищевой промышленности (взбитые сливки, муссы, крема), а также в пенистых препаратах специального назначения (средства для

полировки мебели, антиобледенители и т. д.). Закись азота негорючая, но поддерживает горение. При нагреве или от детонации может произойти взрыв баллона с жидкой закисью азота. На открытом воздухе закись азота не представляет опасности для здоровья человека, однако ее постоянное воздействие может принести вред здоровью. Техническую закись азота поставляют в баллонах из углеродистой стали (ГОСТ 949-73) вместимостью до 40 дм³. Цвет баллонов серый. Баллоны транспортируют в контейнерах и россыпью всеми видами транспорта в соответствии с правилами перевозки опасных грузов, действующих на данном виде транспорта. Технические требования к закиси азота представлены в таблице 7.5.

Таблица 7.5 - Технические требования к закиси азота технической по ТУ 2114-051-00203772-2000

Показатель	Норма
Объемная доля закиси азота, %, не менее	99,78
Водяные пары, %, не более	0,007
Азот и кислород, %, не более	0,2
Диоксид углерода, %, не более	0,0025
Оксид углерода, %, не более	0,0015
Оксиды азота при давлении не ниже 10 кгс/см ² , %, не более	0,0001
Реакция	Нейтральн.

Азот (N₂) благодаря своей химической инертности широко применяется в производстве медицинских аэрозолей (лекарства, стерильные растворы для промывки контактных линз и т. д.). Кроме того, азотный пропеллент применяют в очистителях двигателя, почвенных репеллентах, в ряде продуктов бытового назначения. Азот нетоксичен и невзрывоопасен. При концентрациях свыше 19 % может вызвать кислородную недостаточность и удушье. При попадании на кожу жидкий азот вызывает обморожение. Газообразный азот перевозят в стальных баллонах малого и среднего объема (ГОСТ 949-73).

Цвет баллонов черный. Жидкий азот перевозят автотранспортом в специальных цистернах (ГОСТ 17518-79), криогенных сосудах (ГОСТ 16024-79). Технические требования к жидкому азоту высшего сорта представлены в таблице 7.6.

Таблица 7.6 - Технические требования к жидкому азоту, сорт высший, по ГОСТ 10157-79

Показатель	Норма
Объемная доля азота, %, не менее	99,8
Кислород, %, не более	0,2
Масло, механические примеси и влага	Отсутств.

Сжатый воздух используется в производстве дезодорантов, пылеудалителей и других продуктов.

Преимуществами сжатых газов в качестве аэрозольных пропеллентов являются экологическая безопасность, негорючесть, нетоксичность, повсеместная доступность и низкая стоимость.

Основные недостатки сжатых газов:

1. Из-за того, что продукт в баллоне находится в жидкой фазе, а пропеллент – в газовой, аэрозольный баллон для сжатых газов в сборке должен выдерживать давление примерно в два раза выше, чем это требуется при использовании УВП и ДМЭ. Это значительно удорожает готовый продукт.
2. Из-за того, что продукт в баллоне находится в жидкой фазе, а пропеллент – в газовой, на выходе из сопла обычно образуется не настоящий аэрозоль, а спрей, т. е. происходит распыление довольно крупных капель продукта, увлажняющих обрабатываемую поверхность.
3. По мере расходования продукта давление внутри баллона падает, капли становятся крупнее. Для предотвращения этого производителю приходится устанавливать дорогостоящие распылительные головки специальной конструкции с уменьшенным отверстием (до 0,0254 см), использовать механические прерыватели и т. п. Это также значительно удорожает готовый продукт.
4. Если баллон оснащен обычным аэрозольным клапаном, то переворачивание баллона вверх дном при использовании приводит к выбросу пропеллента прежде, чем будет израсходован жидкий продукт. Это особенно характерно для азота, который растворяется в жидкостях примерно в 10 раз хуже, чем диоксид углерода и закись азота. Для избегания этого производителю приходится использовать специальную конструкцию аэрозольного клапана или дополнительные детали, которые значительно удорожают готовый продукт.
5. Диоксид углерода с водными растворами дает кислую реакцию, которая влечет за собой коррозию конструкционных материалов баллона.
6. Сжатые газы совершенно не пригодны для многих продуктов, требующих плотных пропеллентов (смазки, краски и т. п.).
7. Текущие затраты возрастают из-за необходимости применения баллонов и аэрозольных клапанов повышенной (по сравнению с УВП и ДМЭ) прочности.
8. Капитальные затраты при использовании сжатых газов также возрастают из-за необходимости замены практически всех емкостей, трубопроводов, соединений и т. п.

Подсектор медицинских дозированных ингаляторов (МДИ)

Хлорфторуглероды традиционно использовались в производстве медицинских дозированных ингаляторов (МДИ) «Сальбутамол», предназначенных для лечения (купирование и профилактика приступов удушья) бронхиальной астмы, хронической легочной недостаточности и других заболеваний дыхательных путей, протекающих со спастическими состояниями. Один баллончик препарата «Сальбутамол» (Aerosolum Salbutamol) содержит 12 мл и рассчитан на 100 доз. Состав препарата приведен в Таблице 7.7. ХФУ-12 используется в МДИ в качестве пропеллента, а ХФУ-11 – в качестве растворителя.

Таблица 7.7 - Состав препарата «Сальбутамол»

И	Количество, г
Сальбутамол	0,0122
Цетилолеат	0,0244
ХФУ-11	6,0
ХФУ-12	10,8

Применение ингаляционных аэрозолей является более предпочтительным в сравнении с препаратами в виде таблеток. Ингаляционный путь введения позволяет доставить малые дозы препарата непосредственно внутрь бронхиального дерева и добиться клинического эффекта на фоне низкого побочного действия. Эффективность ингаляции зависит не только от дозы аэрозоля, но и характеристики его частиц, вентиляции, соотношения вдоха и выдоха, анатомии дыхательных путей. Для достижения лучшего эффекта используется специальное вспомогательное приспособление для ингаляций (спейсер), который помогает больному доставить лекарство в бронхи.

Сальбутамол относится к типу бета-адренергического рецепторного стимулирующего средства «Бронходилататор». Основное использование продукта – симптоматическое облегчение и предотвращение спазмов при бронхиальной астме.

ЗАО «Алтайвитамины» г. Бийск, Алтайский край, и ОАО «Мосхимфармпрепараты» им. Н.А. Семашко», г. Москва, являются производителями МДИ в Российской Федерации. Цель деятельности этих предприятий – производство МДИ для обеспечения внутреннего рынка, прежде всего местного (Сибирь, Дальний Восток, Алтайский край и Уральский регион Российской Федерации – ЗАО «Алтайвитамины» и Европейская часть Российской Федерации – ОАО «Мосхимфармпрепараты» им. Н.А. Семашко»). Потребность местного рынка в МДИ, используемых в лечении астмы и хронических обструктивных легочных заболеваний, значительна и не может быть удовлетворена чрезмерно дорогими импортными

лекарственными препаратами.

Российская Федерация не производит ХФУ-11 и ХФУ-12 для обеспечения производства МДИ в связи с полным закрытием производственных мощностей хладагентов и галонов 20.12.2000 на всей территории Российской Федерации. В 2003-2012 гг. ХФУ для этих целей были импортированы из Китая, Индии (частично в 2004 г.) и Южной Кореи (частично в 2006 г.). Для того, чтобы импортированные хладагенты полностью соответствовали требованиям, установленным в Российской Федерации для используемых в производстве МДИ пропеллентов, в 2003-2005 гг. они подвергались дополнительной обработке (очистка, осушка). Использование рециркулированных и регенерированных хладагентов (фреонов) для производства МДИ в Российской Федерации строго запрещено действующим законодательством в этой сфере.

Бронхиальная астма принадлежит к числу распространенных аллергических заболеваний и может развиваться в любом возрасте, однако почти у половины больных она начинается в детском возрасте и еще у 30 % – в возрасте до 40 лет. Чаще бронхиальной астмой болеют лица женского пола. Социальная значимость этой проблемы и материальный ущерб от заболевания являются значительными. За последние годы во всем мире отмечается тенденция к увеличению заболеваемости бронхиальной астмой детей и ее более тяжелому течению. В связи с этим проблема профилактики, диагностики и лечения этого заболевания приобретает первостепенное значение. В настоящее время бронхиальная астма остается одним из актуальных вопросов пульмонологии.

По имеющимся оценкам в Российской Федерации более 10 млн пациентов страдают от астмы и острых хронических легочных заболеваний (ОХЛЗ) и нуждаются в ежедневном лечении с применением МДИ «Сальбутамол», как наиболее широко рекомендуемого врачами и применяемого пациентами средства. Заболеваемость бронхиальной астмой составляет более 8 млн человек. Бронхиальная астма является распространенным заболеванием в Российской Федерации: она встречается в 300 раз чаще, чем ишемическая болезнь сердца, в 20 раз – чем инсульт головного мозга и в 5 раз – чем ВИЧ-инфекция.

По статистическим данным Министерства здравоохранения Российской Федерации число больных бронхиальной астмой ежегодно увеличивается в среднем на 7 %. Эпидемиологические исследования последних лет свидетельствуют о том, что от 4% до 8% населения страны страдают от этого заболевания. В детской популяции этот процент повышается до 5-10%, во взрослой – колеблется в пределах 5%. На показатели распространенности существенным образом влияют определение астмы, критерии ее диагностики, а также методика изучения. Все статистические данные, как правило,

базируются на показателях, полученных по обращаемости пациентов в лечебные учреждения. Данные, полученные таким образом, не соответствуют истинной распространенности заболевания, так как многие больные не обращаются в медицинские учреждения по разным причинам, либо врачи не устанавливают им диагноз астмы, особенно на ранних стадиях болезни и в легких случаях. К низким показателям распространенности астмы приводят также отсутствие четких критериев диагностики и не регистрирование болезни из-за боязни ухудшить отчетные показатели, негативного отношения родителей ребенка к установлению диагноза хронического заболевания и т. д. У некоторых больных, особенно с легким течением астмы, не устанавливается правильный диагноз в периоде детства вообще, а у значительной части больных с астмой более тяжелого течения диагноз устанавливается с опозданием на 2-6 лет от начала болезни. Проблемы с диагностикой приводят к отсутствию или позднему началу профилактических и лечебных мероприятий. Распределение по степени тяжести больных астмой, выявленных эпидемиологическими методами, выглядит следующим образом: 70% – легкая степень, 25% – средняя и 5% – тяжелая. Эти данные существенно отличаются от данных официальной медицинской статистики, где легкие формы составляют около 20%, средней тяжести – 70% и тяжелые – 10%.

В 2004 г. был разработан, согласован и одобрен Министерством природных ресурсов Российской Федерации, Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации, Министерством промышленности и энергетики Российской Федерации и Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору Национальный план действий по поэтапному прекращению потребления озоноразрушающих веществ в производстве МДИ в Российской Федерации в 2005-2007 гг. (далее – Национальный план). Этот документ был представлен в Озоновый секретариат Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) в 2004 г.

Кроме того, всеми заинтересованными федеральными министерствами и ведомствами Правительства Российской Федерации был разработан, согласован и 28.11.2005 утвержден Министерством природных ресурсов Российской Федерации План действий по завершению остаточного потребления ОРВ и выполнению обязательств, вытекающих из Венской конвенции об охране озонового слоя и Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой, в 2005-2008 гг. (далее – План действий). Предполагалось, что часть незавершенных к 2008 г. проектов (включая проекты ЗАО «Алтайвитамины» и ОАО «Мосхимфармпрепараты» им. Н.А. Семашко») будут перенесены на 2012-2013 гг., а План действий в части сроков будет соответственно скорректирован с учетом негативных тенденций, проявившихся в секторе производства медицинских

препаратов и других отраслях промышленности в результате финансово-экономического кризиса.

В 2009-2012 гг. ОАО «Мосхимфармпрепараты» им. Н.А. Семашко» и ЗАО «Алтайвитамины» в рамках стратегии Национального плана совместно с Организацией Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО) были предприняты усилия по инициированию подготовки Проекта Глобального экологического фонда (ГЭФ) «Сокращение потребления ХФУ в производстве медицинских дозированных ингаляторов (МДИ) в Российской Федерации». Подготовка полноразмерного Проекта ГЭФ, в рамках которого предполагалось оказать финансовое содействие в размере до 2,5 млн долларов США вышеуказанным предприятиям для полного отказа от использования ХФУ в производстве МДИ, была завершена в 2011 г. Реализация этого Проекта ГЭФ началась в 2012 г.

Перенос сроков поставки технологического оборудования обусловлен продолжительностью действующих в ЮНИДО процедур – согласование технических спецификаций, проведение тендера, заключение контрактов на изготовление и поставку оборудования и т. д. В связи с тем, что поступившие на тендер предложения не в полной мере устроили оба предприятия, был инициирован новый тендер по обновленным техническим спецификациям, в которых был учтен опыт проведения предыдущих торгов.

С 2006 г. наблюдается рост продаж Сальбутамола, что объясняется популярностью этого МДИ у наименее обеспеченной части населения. В частности, в 2011 г. впервые за все время предоставления Российской Федерации исключений в отношении важнейших видов применения (т. е. с 2003 г.) наблюдалась ситуация, когда задолго до наступления нового года все закупленные хладагенты были использованы в производстве МДИ для удовлетворения потребностей рынка и на обоих предприятиях отсутствовали переходящие остатки на конец года. Аналогичная ситуация наблюдалась в 2012 г.

В 2015 г. производство и продажи Сальбутамола резко сократились, что было обусловлено тем, что предприятия приступили к инфраструктурной перестройке технологических участков, связанных с изготовлением МДИ, а также тем, что сложившаяся на протяжении последнего десятилетия система обеспечения ХФУ была демонтирована.

Следует отметить, что ЗАО «Алтайвитамины», г. Бийск, Алтайский край и ОАО «Мосхимфармпрепараты» им. Н.А. Семашко», г. Москва уже перешли на использование азота, механических насосов и УВП в своей аэрозольной продукции, отличной от МДИ.

Обеими компаниями сейчас осуществляется стратегия перехода для МДИ на основе ХФУ. Самая важная и критическая часть этой стратегии – создание озонобезопасных

пропеллентов (на основе ГФУ) для дозирующих ингаляторов отечественного производства и изменение рецептуры лекарственных средств. К настоящему времени завершены этапы осуществления всесторонних и требующих временных затрат программ тестирования и одобрения всеми уполномоченными медицинскими органами.

В 2006-2007 гг. проводились исследовательские работы по апробации применяемых предприятиями в производстве Сальбутамола комплектующих (баллоны, клапаны и др.) для наполнения их препаратом с использованием ГФУ-134а. Полученные результаты показали принципиальную возможность такой конверсии.

ОАО «Мосхимфармпрепараты» им. Н.А. Семашко» в 2006-2007 гг. были разработаны опытные образцы препарата Сальбутамол на ГФУ-134а и была подготовлена техническая документация для перехода на этот пропеллент. Также было достигнуто соглашение с фирмой Solvay об оказании технической поддержки при осуществлении перехода на использование ГФУ-134а.

В 2007 г. обеими компаниями была проделана значительная работа по подготовке предложений по финансированию конверсии производства МДИ на озонобезопасные пропелленты за счет кредитных средств, предоставляемых в рамках Российской программы организации инвестиций в оздоровление окружающей среды (РПОИ) Проекта по управлению окружающей средой (ПУОС), на возвратный счет которой начали поступать средства от реализации других инвестиционных экологических проектов. К сожалению, негативная ситуация, возникшая в российской экономике во второй половине 2008 г., привела к тому, что эти перспективные проекты оказались «замороженными» на неопределенный срок.

ЗАО «Алтайвитамины» 29.06.2006 были поданы документы на регистрацию аэрозольного препарата «Бекламетазон», не относящегося к МДИ, а 26.12.2008 – препарата «Сальбутамол АВ». В рецептуре обоих лекарственных препаратов в качестве пропеллента предусмотрен озонобезопасный ГФУ-134а.

ОАО «Мосхимфармпрепараты» им. Н.А. Семашко» 01.07.2010 подали на регистрацию препарат «Сальбутамол сульфат, аэрозоль для ингаляций дозированный 100 мкг/доза (баллоны аэрозольные алюминиевые с клапаном дозирующего действия) 90 доз (12 мл)».

Следует отметить, что ЗАО «Биофарм» (г. Москва) уже зарегистрирован препарат «Сальбутамол» на основе ГФУ-134а, но его производство из-за технологических проблем до сих пор отсутствует. Кроме того, предприятие ОАО «Фармстандарт-Лексредства» (г. Курск) использует ГФУ-134а в производстве аэрозольных лекарственных средств для наружного применения «Ингалипт», «Декспантенол» и «Каметон».

В настоящее время российскими производителями МДИ осознается необходимость осуществления конверсии на озонобезопасные технологии в предусмотренные решением, принятым на XIX Сессии Сторон Монреальского протокола, сроки. Среди сложностей, с которыми они сталкиваются при подготовке этой работы, следует отметить отсутствие в стране прецедентов осуществления перехода с озоноопасных на озонобезопасные пропелленты в производстве МДИ (что сказывается на сроках получения установленных российским законодательством разрешений), недостаток собственных средств предприятий и фактическая недоступность кредитных ресурсов в условиях кризиса для финансирования полной реконструкции производственных мощностей.

Общеизвестны четыре заменителя МДИ, относящиеся к неаналоговым технически и экономически приемлемым альтернативам, а именно:

- а. Порошковые дозирующие ингаляторы;
- б. Небулайзеры;
- в. Лекарственные препараты в форме капсул;
- г. Инъекционные медицинские препараты.

Эти заменители были указаны в отчетах ЮНЕП об аэрозольных технических средствах и обсуждены в деталях. У каждого из них есть свои достоинства и недостатки, но, тем не менее, основной вывод состоит в том, что МДИ все еще являются совершенно необходимыми и незаменимыми. Большинство пациентов, страдающих астмой и хроническими обструктивными легочными заболеваниями, не могут обходиться без Сальбутамола, и потому большинство врачей прописывает именно этот препарат.

В Российской Федерации были созданы производства озонобезопасного ГФУ-227ea (ОАО «Российский научный центр «Прикладная химия» (ГИПХ), г. Санкт-Петербург и ООО «ГалоПолимер Кирово-Чепецк», г. Кирово-Чепецк Кировской области), который рассматривался в качестве потенциально приемлемой альтернативы в производстве Сальбутамола. Мощности для промышленного изготовления, достаточно широко используемого в МДИ зарубежного производства ГФУ-134a, в России отсутствуют, в связи с чем внедрение этого хладагента может быть осуществлено только с учетом необходимости его импорта и регистрации в установленном порядке. Для организации производства МДИ по лицензии ведущих зарубежных производителей также потребуются отсутствующие у российских предприятий значительные финансовые средства, как для приобретения самой лицензии, так и для практически полной замены производственных мощностей. Учитывая, что в России отсутствует промышленное производство противоастматических препаратов длительного применения, проведение работ в этом направлении рассматривается в качестве одного из приоритетных в российской

фармакологии.

В 2014-2015 гг. на российском фармацевтическом рынке в достаточно широком ассортименте были представлены импортные аэрозольные и порошковые (порошковые дозирующие ингаляторы) противоастматические препараты.

В Государственном реестре лекарственных средств представлено 89 торговых наименований препаратов для лечения бронхиальной астмы и 35 международных непатентованных наименований.

Малые значения доли ингаляционных препаратов отечественного производства от объема продаж в денежном выражении и существенные значения доли от натурального объема свидетельствуют о высоком спросе на Сальбутамол, т. е. более дешевые отечественные препараты пользуются спросом у населения.

В Российской Федерации существуют относительно небольшие по мощности производства порошковых дозирующих ингаляторов (далее – ПДИ), небулайзеров и лекарственных препаратов в форме капсул, которые могут рассматриваться в ряде случаев в качестве альтернативы МДИ. В 2013-2014 гг. в Россию также импортировались ПДИ зарубежных производителей 9 наименований. Доля порошковых ингаляционных препаратов на российском рынке относительно невелика и составляет около 1 %, что примерно в 20 раз меньше их доли на рынках других европейских стран.

Следует отметить, что какой-либо единый унифицированный знак озонобезопасной продукции в Российской Федерации принят не был. Обычно озонобезопасные аэрозоли маркируются знаками «Не содержит хладагентов», «Озонобезопасный», «Не содержит ХФУ», «Безопасен для озонового слоя» и т. д. В дальнейшем для маркировки озонобезопасных МДИ ЗАО «Алтайвитамины» и ОАО «Мосхимфармпрепараты» им. Н.А. Семашко» после прекращения использования ХФУ планируют разработать единый маркировочный знак.

Оба предприятия направили образцы озонобезопасных МДИ (составы с различными озонобезопасными пропеллентами) в научно-исследовательские учреждения, расположенные в г. Пятигорск и в г. Новосибирск. Заключение о результатах тестов на стабильность и срок службы продукта, а также клинические тесты были завершены. По итогам этой работы ЗАО «Алтайвитамины» и ОАО «Мосхимфармпрепараты» им. Н.А. Семашко определились с перспективной номенклатурой озонобезопасных противоастматических препаратов, в которую вошли:

Сальбутамол сульфат – препарат для купирования приступов астмы;

Беклометазон дипропионат – профилактический препарат длительного (продолженного) действия.

Для каждого из этих препаратов разработаны:

- состав препарата на ГФУ-134а;
- схема и описание производственного процесса;
- материальный баланс;
- проект фармакопейной статьи предприятия;
- проект инструкции по медицинскому применению;
- валидация аналитических методик;
- валидация технологического процесса;
- лабораторный регламент;
- пройдены доклинические исследования.

На ЗАО «Алтайвитамины» и ОАО «Мосхимфармпрепараты» им. Н.А.Семашко» отсутствуют излишки ОРВ, и для предотвращения любых выбросов ХФУ в атмосферу ими реализуется следующее:

- Процесс производства МДИ подвергается постоянной модернизации, что снижает потери ОРВ на каждой стадии производства;
- Осуществляется ежедневная проверка оборудования и трубопроводов;
- Испорченные аэрозольные упаковки и бракованные содержащие ХФУ изделия утилизируются и уничтожаются в специальном оборудовании, что предотвращает выбросы ХФУ в атмосферу;
- На предприятиях были внедрены в производство озонобезопасные растворители.

Проведено сравнительное исследование распределения частиц/капель по размерам и рассчитаны дозы мелкодисперсных частиц препаратов «Сальбутамол сульфат дозированный для ингаляций 100 мкг/доза» и «Вентолин аэрозоль дозированный для ингаляций 100 мкг/доза» (референтный препарат).

Выводы:

1. С учетом прогнозируемых объемов потребления ГФУ-134а, оцениваемых в 300-350 мт в год, переход ЗАО «Алтайвитамины» и ОАО «Мосхимфармпрепараты» им. Н.А.Семашко» на применение этого хладагента представляется приемлемым вариантом конверсии на озонобезопасные технологии.
2. В случае успешной реализации Проекта ЮНИДО/ГЭФ «Сокращение потребления ХФУ в производстве медицинских дозированных ингаляторов (МДИ) в Российской Федерации» конверсия на предприятиях сектора МДИ в Российской Федерации на озонобезопасные технологии будет завершена до конца 2015 г.

Глава 8. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора бытовой холодильной техники на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере

Ежегодно в мире производится приблизительно 100 млн бытовых холодильников и морозильников. Типовое устройство оснащается герметичной парокомпрессионной холодильной машиной заводской сборки с асинхронным двигателем мощностью 50–250 Вт (или с недавних пор линейным индукторным двигателем), в которой содержится от 50 до 250 г хладагента. В отдельных устройствах применяются альтернативные (не парокомпрессионные) технологии, например, в гостиничных минибарах – абсорбционные холодильные машины. Разброс сроков службы систем, установленных во всем мире, чрезвычайно широк. Средний срок службы составляет от 9 до 19 лет эксплуатации. В силу долгого срока службы изделий и больших годовых объемов производства общее количество бытовых холодильных систем в мире оценивается в 1,5-1,8 млрд единиц.

В структуре производства крупногабаритной бытовой техники в Российской Федерации холодильники и морозильники занимают первое место в стоимостном и натуральном выражениях. Их производством занимаются около 10 компаний, из которых лишь меньшая половина производит товары под отечественными марками (ФГУП «Завод имени Серго», г. Зеленодольск, Республика Татарстан, ООО «СЭПО-ЗЭМ», г. Саратов, ОАО «КЗХ «Бирюса», г. Красноярск и ООО «ТПК «Орские заводы», г. Орск, Оренбургская обл.).

На российском рынке холодильной техники довольно высока доля импорта: более трети ввозится из-за рубежа. Большая часть иностранных товаров – продукция крупнейших корпораций.

Следует отметить, что морозильники в России выпускаются не на всех предприятиях, производящих холодильники. Так, выпуск морозильников налажен на заводах «Индезит Интернэшнл» (ЗАО «Завод холодильников «Стинол»), ОАО «КЗХ «Бирюса», ФГУП «ПО «Завод им. Серго», ООО «СЭПО-ЗЭМ» и ООО «ТПК «Орские заводы». Большинство зарубежных производителей предпочитает поставлять на российский рынок морозильники под своими марками из-за рубежа.

Подразделения по выпуску встраиваемой техники также имеется не у всех производителей. Среди компаний, выпускающих и/или экспортирующих в Российскую Федерацию товары этой группы, можно выделить Indesit, Bosch, Electrolux, Miele, Liebherr, Gorenje.

Высокий уровень конкуренции со стороны международных компаний, разместивших свои производственные мощности в России, и увеличение цен на материалы и

комплектующие создают дополнительные барьеры для деятельности российских производителей. За последние годы некоторые участники рынка приостановили производство холодильников в России. Среди них: ООО «Техпроминвест», ООО «Норд-Спринт», ОАО «Московский завод домашних холодильников», ОАО «Айсберг» и др.

Тем не менее, положительной стороной возрастающего уровня конкуренции является улучшение качества российской продукции, стремление производителей следовать международным стандартам. При этом цены на отечественные товары сравнительно низки, в связи с чем спрос на них достаточно высок, особенно на региональных рынках. Самые прочные позиции среди компаний, производящих холодильную технику в России, сохраняет российское подразделение компании Indesit Company ЗАО «Завод холодильников «Стинол». В тройку лидеров также входят ОАО «КЗХ «Бирюса» и ООО «ЛГ Электроникс Рус» (LG).

Наибольшей популярностью по состоянию на сегодняшний день в секторе производства бытовой холодильной техники пользуются холодильники, производимые компаниями Electrolux, Liebherr, Vestfrost и LG, как наиболее экономичные, удобные в обращении и имеющие привлекательный дизайн. Среди производителей холодильников Таможенного союза лидирует ЗАО «Атлант» (Республика Беларусь), имеющий наиболее оптимальное соотношение «цена-качество».

С учетом того, что ввоз оборудования, содержащего ОРВ, запрещен только с 1 января 2013 г. (Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии № 158 от 18 сентября 2012 г. «О внесении изменений в разделы 1.1 и 2.1 Единого перечня 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»), потенциально возможен ввоз в Российскую Федерацию до этой даты бытового холодильного оборудования (далее - БХО), пенополиуретановая изоляция которого была изготовлена с использованием ГХФУ-141b.

Оценка потребления озоноразрушающих веществ в секторе бытовой холодильной техники

В секторе бытовой холодильной техники до 2002-2003 гг. широко применялись ХФУ-11 – в качестве вспенивателя теплоизоляции и ХФУ-12 – в качестве хладагента. Производство этих хладагентов было полностью прекращено в стране в конце 2000 г., но их потребление в секторе сохранялось как за счет созданных самими предприятиями – производителями бытовой холодильной техники запасами, так и запасами, сформированными предприятиями – производителями ОРВ и их дочерними структурами.

Отказ от ХФУ-11 и переход на ГХФУ-141b оказался для предприятий сектора не очень затратным мероприятием в виду того, что эта замена практически не сопровождалась технологическим перевооружением (оборудование для вспенивания теплоизоляции осталось прежним).

В связи с тем, что использование мотор-компрессоров, сконструированных для ХФУ-12, невозможно даже в случае применения наиболее близкого к нему по физико-химическим и термодинамическим свойствам альтернативного хладагента ГФУ-134а, а мощности по производству мотор-компрессоров этого типа оставались в стране значительными (свыше 4 млн шт.), многими предприятиями сектора был выбран путь поэтапной конверсии.

Для производства нового бытового холодильного оборудования, а также ретрофита и сервисного обслуживания находящихся в эксплуатации бытовых холодильников и морозильников в 2000-е гг. достаточно широко применялись смесевые хладагенты российского производства на основе ГХФУ, которые не требуют замены компрессора и минерального масла ХФ12-16 (таблица 8.1).

Таблица 8.1 - Состав российских смесевых хладагентов – заменителей ХФУ-12 на основе ГХФУ

Наименование хладагента	Содержание компонентов, %				
	R-21	R-22	R-142b	R-134a	R-318
АФ1	-	60,0	40,0	-	-
С10М1А	5,0	65,0	30,0	-	-
С10М1Б	15,0	65,0	20,0	-	-
С10М1В	20,0	65,0	-	15,0	-
С10М1Г	20,0	50,0	30,0	-	-
С10М2	24,7	60,5	-	14,8	-
Экохол 3	-	40,0	48,0	-	-
М1LE марка А	20,0	50,0	30,0	-	-

Также российской промышленностью было освоено производство ряда озонобезопасных смесевых хладагентов на основе ГФУ (R-134а, R-152а, R-218) и углеводородов (изобутан – R-600а, бутан – R-600) для использования в действующем холодильном оборудовании в качестве заменителя ХФУ-12 (таблица 8.2).

Таблица 8.2 - Состав российских озонобезопасных смесевых хладагентов – заменителей ХФУ-12

Наименование хладагента	Содержание компонентов, %				
	R-134a	R-152a	R-218	R-600	R-600a
С1	-	70,0	-	-	30
СМ1	62,0	-	33,0	5,0	-

Ситуация с продолжающимся до настоящего времени потреблением в стране ХФУ-12 осложняется его использованием в основном для сервисного обслуживания бытовой

холодильной техники, т. е. находящихся в настоящее время в эксплуатации у населения «озоноопасных» холодильников и морозильников, эксплуатируемых постоянно в квартирах и частных домах, и периодически – на дачных и приусадебных участках.

В целом можно считать, что сектор производства бытовой холодильной техники включает в себя не только само производство холодильников и морозильников, но и его сервисное обслуживание и ремонт (как правило, крупные предприятия – производители обладают своей собственной сетью мастерских по ремонту и сервисному обслуживанию бытовых холодильников и морозильников). На территории Российской Федерации имеется также несколько тысяч юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, оказывающих услуги по ремонту находящихся в эксплуатации холодильников и морозильников. Ремонт находящегося в эксплуатации бытового холодильного оборудования на территории Российской Федерации осложняется достаточно широкой номенклатурой применяемых хладагентов по типу (ХФУ, ГХФУ, ГФУ и УВ) и двумя видами масла, несовместимыми друг с другом (минеральное и синтетическое). Этими обстоятельствами обуславливается необходимость сервисных центров и организаций иметь в наличии соответствующие расходные материалы (хладагенты, масла) с учетом возможного ретрофита, а также оснастку и наборы инструментов.

В значительном количестве случаев ремонт бытовых холодильников оказывается нецелесообразным в связи с тем, что его стоимость может достигать 30-40% от цены нового агрегата аналогичного класса в озонобезопасном исполнении.

Учитывая значительный возраст основной части бытового холодильного оборудования, работающего на ХФУ (от 15 до 50 и более лет), ежегодно в ремонте с полной заменой хладагента нуждаются около 0,8-1,2 млн холодильных агрегатов. С учетом типовой нормы заправки, составляющей 0,15 кг, общий годовой объем ХФУ-12 или его заменителей, необходимый для обеспечения функционирования холодильников и морозильников старого образца, оценивается в 150 мт. При этом реальный уровень потребления этих веществ может существенно отличаться от указанных объемов (отказ владельцев от ремонта, потери при заправке, рециркуляция хладагента и т. д.).

Ситуация с наличием в эксплуатации БХО, содержащего ГХФУ несколько иная. Вышеуказанные смесевые хладагенты применялись в качестве замены ХФУ-12 лишь на российских предприятиях, а на приобретенных зарубежными компаниями активах конверсия на озонобезопасные хладагенты была осуществлена в большинстве случаев еще до 2000 г. Тенденция с применением ГХФУ-141b в качестве вспенивателя была практически аналогичной, но сдвинутой во времени на несколько лет (потребление

сохранилось до настоящего времени на ряде отечественных предприятий – ООО «ТПК «Орские заводы», ООО «СЭПО-ЗЭМ», ОАО «Айсберг»).

С учетом вышеизложенного представляется полезным оценить количество озоноразрушающих ХФУ и ГХФУ, которое может быть извлечено из бытового холодильного оборудования для рекуперации, восстановления, рециркуляции (рециркулирования) и уничтожения.

Следует отметить, что в середине 1990-х гг. российскими заводами – производителями БХО были закуплены 4 комплектные линии по производству мотор-компрессоров мощностью 1 млн шт. каждая. Средства для конверсии этих линий на ГФУ-134а или R-600а у предприятий отсутствовали, в связи с чем в производимых на них мотор-компрессорах применялись вышеуказанные смесевые хладагенты на основе ГХФУ.

Учитывая технологическую сложность и экономическую нецелесообразность извлечения из холодильного контура БХО и последующего разделения на отдельные компоненты с помощью ректификации смесевых хладагентов на основе ГХФУ предлагается организовать их 100%-е уничтожение в рамках системы сбора и утилизации БХО.

Оценки находящегося в эксплуатации БХО, содержащего ХФУ-11 и ХФУ-12, приведены в таблице 8.3, содержащего ГХФУ-21, ГХФУ-22. ГХФУ-142b и ГХФУ-141b - в таблице 8.4.

Таблица 8.3 - Оценка находящегося в эксплуатации БХО в Российской Федерации, содержащего ХФУ-11 и ХФУ-12, млн шт.

Годы (2002-2014)												
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
40,7	41,2	39,2	37,1	34,8	32,0	29,1	27,0	24,7	21,9	18,8	15,8	12,5

Таблица 8.4 - Оценка находящегося в эксплуатации БХО в Российской Федерации, содержащего ГХФУ-21, ГХФУ-22. ГХФУ-142b и ГХФУ-141b (производство + импорт), млн шт.

Годы (2002-2014)												
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0,9	1,8	2,4	4,5	7,6	11,3	14,3	15,4	16,6	18,1	19,3	20,6	21,8

В бытовых холодильниках и морозильниках приблизительно с 2002-2003 гг. вместо ХФУ-11 в качестве вспенивателя теплоизоляции стали использовать ГХФУ-141b.

Принимая во внимание, что ХФУ-11 и ГХФУ-141b, применявшиеся в качестве вспенивателя теплоизоляции БХО в озоноопасном исполнении, технически сложно извлечь из пенополиуретана и регенерировать (восстановить), целесообразно рассмотреть возможность их 100%-ого уничтожения (сжигания) в рамках проведения мероприятий по сбору и утилизации БХО. Следует отметить, что подобный подход полностью соответствует практике, сложившейся в развитых странах.

Для извлечения ХФУ-12 из холодильного контура холодильников и морозильников требуются недорогие и доступные оборудование и оснастка, которыми могут оснащаться создаваемые в настоящее время мощности по утилизации БХО.

С учетом типовой нормы заправки БХО (0,15 кг) количество ХФУ-12, которое по состоянию на начало 2015 г. потенциально может быть извлечено из холодильников и морозильников для рекуперации, восстановления, рециркуляции (рециркулирования) или уничтожения, составляет 1875 т.

Перспективы применения озонобезопасных хладагентов в бытовом холодильном оборудовании:

Практически во всех производимых в мире новых бытовых холодильниках вместо ХФУ-12 используются новые хладагенты, не содержащие ОРВ. Основными хладагентами в настоящее время являются R-600a и ГФУ-134a. Более 50 % бытовых холодильных устройств, выпускаемых в настоящее время в мире, содержит R-600a, практически все остальные – ГФУ-134a. Около 1 % устройств работает на ГФУ-152a, ГХФУ-22 или смесях на их основе. Таким образом, в странах, не входящих в список Статьи 5 Монреальского протокола (развитые страны), ежегодно потребляется около 3,8 тыс. т, а в странах Статьи 5 Монреальского протокола (развивающиеся страны) – 7,7 тыс. т ГФУ-134a. Причина такой разницы заключается в региональных различиях: подавляющее большинство холодильников и морозильников, производимых в Европе, содержат R-600a, в то время как в других регионах этот хладагент менее распространен. Производство устройств, работающих на R-600a, широко распространено в Азии, немного меньше – в Южной и Центральной Америке, и Южной Африке, практически отсутствует в Северной Америке и начинает расти в Австралии.

Основные усилия при разработке новых бытовых холодильников и морозильников направлены на повышение энергоэффективности посредством использования усовершенствованных компонентов, например, компрессоров с регулируемой скоростью (фактически все новые продукты высокого класса в Европе оснащены устройствами изменения частоты) и вакуумными изоляционными панелями. Экономия энергии достигается также за счет установки электронных устройств управления.

С развитием технологий продолжается постепенное внесение изменений в конструкцию изделий, целью которого является переход от ГФУ-134а на R-600а.

После вывода ХФУ-12 из обращения ГФУ-134а стал основным хладагентом, используемым в бытовых холодильных устройствах. Этот хладагент относится к классу безопасности А1 (низкотоксичное и слабогорючее вещество) и, следовательно, не представляет угрозы для безопасной эксплуатации бытовых холодильников и морозильников.

ГФУ-134а обладает такими же показателями энергоэффективности, как и ХФУ-12, однако постоянное усовершенствование холодильных агрегатов, работающих на ГФУ-134а, привело к значительному росту их эффективности. Стоимость систем, работающих на ГФУ-134а, существенно выше в силу большего размера.

R-600а является основной альтернативой ГФУ-134а. При внедрении R-600а в 1994 г. в Европе наблюдалась обеспокоенность его высокой горючестью. К настоящему времени вопрос уже закрыт, в частности, благодаря уменьшению количества хладагента в бытовых холодильниках (менее 150 г; типовое – 65 г). До настоящего времени не было разработано новых альтернатив, обладающих такой же энергоэффективностью и конкурентной ценой.

С учетом законодательных требований к безопасности (например, стандарта ИЕС-60335-2-89) R-600а идеально подходит для бытовых холодильников, поскольку при его использовании повышаются показатели энергоэффективности и снижается уровень шума (по сравнению с оборудованием, работающем на ГФУ-134а). Стоимость R-600а ниже, чем ГФУ-134а, однако увеличение размера компрессоров и необходимость соблюдать установленные требования к безопасности влекут за собой дополнительные капиталовложения и увеличение производственных затрат.

В целом существенных препятствий для использования R-600а нет, что подтверждается наличием на рынке на сегодняшний день более 500 млн бытовых холодильников, работающих на этом хладагенте. Однако в некоторых регионах (например, в США) R-600а практически не используется, чему может быть несколько причин. Это общие проблемы обеспечения общественной безопасности (или ее восприятия) и заблуждения по поводу безопасности и аварий, связанных с его горючестью, что находит отражение в ограничительных национальных стандартах и нежелании инициировать распространение R-600а в регионе. Несмотря на то, что законодательство США до сих пор ограничивает использование R-600а, в 2011 г. Агентство по охране окружающей среды (EPA) включило R-600а и смесь углеводородов (R-441A) в Политику новых значимых альтернатив (SNAP) для бытовых и малых коммерческих (торговых) холодильников и морозильников. После этого некоторые производители в США начали производство высококлассных продуктов, работающих на вышеуказанных хладагентах.

R-600a является практически стандартным хладагентом, используемым в бытовых холодильниках и морозильниках в Европе. Ежегодно в мире производится более 50 млн приборов, работающих на R-600a. Повышение энергоэффективности значительно уменьшило воздействие бытовых холодильников на климат благодаря снижению прямых (выбросы хладагента) и непрямых (выбросы CO₂, связанные с потреблением электроэнергии) выбросов.

Использование ГФО-1234yf в бытовых холодильниках и морозильниках технически возможно и может быть промежуточным этапом при переходе от ГФУ-134a к R-600a в некоторых странах, так как давление и мощность ГФО-1234yf немного ниже, чем у ГФУ-134a, а горючесть меньше, чем у R-600a. Меньшая горючесть облегчает применение этого хладагента в странах, где действуют строгие ограничения на использование R-600a.

Начались исследования возможностей использования ГФО-1234yf вместо ГФУ-134a, но эти разработки не рассматриваются в качестве первоочередной задачи (в отличие от использования в автомобильных кондиционерах). Согласно предварительным оценкам эффективность ГФО-1234yf может быть такой же, как у ГФУ-134a, однако на практике она зачастую немного ниже. По этой причине капиталовложения в оборудование на 1 % выше, чем при использовании технологий на основе ГФУ-134a в силу увеличения поверхности теплообменников (компенсация более низкой энергоэффективности). Принимая во внимание цену, этот процент определяется по стоимости хладагента при первой заправке.

В настоящее время диоксид углерода – R-744 (включая транскритические системы) представляется единственной перспективной альтернативой, пригодной для использования в обычных парокompрессионных бытовых холодильниках. Опыт использования хладагента получен на базе многолетней эксплуатации большого числа торговых автоматов, которые схожи с бытовыми холодильниками, но содержат небольшое количество хладагента.

Дополнительные расходы могут быть связаны с большим весом материалов, необходимых для обеспечения минимального уровня эффективности, в частности, морозильников в любых климатических условиях или холодильников и морозильников в теплом климате. Однако в силу использования большинства таких устройств внутри помещений влияние температуры наружного воздуха на температуру окружающей среды и эффективность системы уже не имеет прежнего значения. Более высокая стоимость также обусловлена конструкцией испарителя, который должен соответствовать высокому давлению R-744.

Основные препятствия для использования R-744 связаны с большими затратами на материалы, что снижает конкурентоспособность оборудования, работающего на нем. Кроме того, имеются дополнительные препятствия, например – общее опасение перед высоким давлением, влияние национальных и международных стандартов, требования которых

увеличивают стоимость конечного продукта, отсутствие учебных материалов и высокая стоимость сервисного оборудования.

До сих пор ни один из основных производителей бытовых холодильников не наладил серийный выпуск систем, работающих на R-744, поэтому его широкое распространение в этом секторе не представляется вероятным в течение ближайших 10-15 лет.

С учетом вышеизложенного следует отметить, что все предприятия сектора БХО, принадлежащие зарубежным компаниям-производителям холодильной техники, осуществили поэтапный отказ от использования в качестве хладагента ГФУ-134а в пользу R-600а (изобутан). Исключением является только ЗАО «Завод холодильников «СТИНОЛ», которое сохранило в своей производственной программе порядка четырех моделей холодильников, заправляемых ГФУ-134а. Реализация комплексного подхода (наряду с конверсией на циклопентан в изготовлении теплоизоляции бытовых холодильников и морозильников) позволила перейти этой группе предприятий на выпуск продукции с высокими показателями энергоэффективности (класс «А» и выше). Предприятиям, принадлежащим государственным и частным российским владельцам (ОАО «КЗХ «Бирюса», ФГУП «Завод имени Серго», ООО «СЭПО-ЗЭМ» и ООО «ТПК «Орские заводы»)), для сохранения конкурентоспособности на российском рынке еще предстоит осуществить отказ от использования ГФУ-134а в качестве хладагента и переход на R-600а.

Отказ от потребления ГХФУ-141b и конверсия на озонобезопасные вспениватели при изготовлении ППУ-изоляции в секторе бытового холодильного оборудования

По состоянию на сегодняшний день в секторе производства бытовой холодильной техники полностью отказались от потребления ГХФУ-141b и перешли на использование циклопентана ООО «Беко» (г. Киржач Владимирской обл.), ООО «Вестел-СНГ» (г. Александров Владимирской обл.), ООО «БСХ Бытовые приборы» (г. Санкт-Петербург), ЗАО «Завод холодильников «СТИНОЛ» (г. Липецк), ОАО «КЗХ «Бирюса» (г. Красноярск), ООО «Логера» (г. Руза Московской обл.) и ООО «Завод «Океан» (г. Уссурийск Приморского края). Таким образом, в секторе производства БХО вопросы конверсии на альтернативные вспениватели во многом уже решены. В настоящее время в рамках Проекта ЮНИДО / ГЭФ – Минприроды России «Поэтапное сокращение потребления ГХФУ и стимулирование перехода на не содержащее ГФУ энергоэффективное холодильное и климатическое оборудование в Российской Федерации посредством передачи технологий» завершается реализация подпроектов конверсии на озонобезопасные технологии (циклопентан) на ФГУП «Завод имени Серго» (г. Зеленодольск, Республика Татарстан) и ООО «СЭПО-ЗЭМ» (г. Саратов). Предполагается, что до конца 2015 г. аналогичная

программа перевода производственных мощностей на циклопентан будет в значительной части реализована на ООО «ТПК «Орские заводы» (г. Орск Оренбургской обл.), а ОАО «КЗХ «Бирюса» будет оказана помощь во внедрении энергоэффективных технологических решений.

К настоящему времени практически все производители БХО в мире отказались от использования ГХФУ-141b в качестве вспенивающего агента и осуществили конверсию на циклопентан. Переходя на циклопентан, предприятие получает целый ряд преимуществ, таких как существенное повышение качества и класса энергопотребления выпускаемой бытовой холодильной техники, освоение современных технологий, не оказывающих отрицательного воздействия на озоновый слой и климат Земли, возможность экспорта выпускаемой продукции за пределы Российской Федерации, а также возможность сотрудничества и совместной деятельности с основными мировыми производителями БХО.

Перевод предприятия, производящего БХО, на циклопентан представляет собой довольно сложную с технической точки зрения задачу, поскольку речь идет о замене/модернизации всей технологической линии. Более того, из-за взрывоопасности циклопентана на всех стадиях подготовки и реализации проекта по отказу от ГХФУ-141b предприятием должно уделяться особое внимание вопросам безопасности.

Сравнение озонобезопасных альтернативных вспенивателей, рекомендуемых для применения в секторе БХО представлено в таблице 8.5.

Таблица 8.5 - Сравнение озонобезопасных альтернативных вспенивателей, рекомендуемых для применения в секторе БХО

Вспениватель	Преимущества	Недостатки	Примечание
Циклопентан и смеси циклопентана и изопентана	Низкий ПГП	Горючи	Высокие суммарные капитальные затраты (оказываются приемлемыми для большинства предприятий сектора БХО)
	Низкие эксплуатационные затраты		Международный отраслевой стандарт
	Хорошие термоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов		
ГФУ-245fa	Негорючи	Высокий ПГП	Низкие суммарные капитальные затраты
	Хорошие термоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов	Высокие эксплуатационные затраты	Высокие термоизоляционные характеристики (по сравнению с углеводородами)
			Отработанная технология

ГХФО / ГФО	Низкий ПГП	Высокие эксплуатационные затраты	Отработанная в течение последних лет технология
	Негорючи		Многообещающие показатели энергоэффективности (равны или лучше, чем у насыщенных ГФУ)
			Низкие суммарные капитальные затраты

Отказ от потребления ГХФУ-141b и переход на циклопентан в секторе бытового холодильного оборудования требует замены/модернизации основного технологического оборудования.

Склад хранения циклопентана

В большинстве случаев речь идет о емкостях для хранения циклопентана объемом 30-40 куб. м, вынесенных за пределы заводских помещений. В зависимости от географического положения, а также местных норм и требований органов сертификации и контроля емкости могут быть расположены как на поверхности, так и полностью или частично под землей. Как правило, требуется не менее двух таких емкостей: одна – для непосредственного использования, другая – для аварийного слива циклопентана в случае аварии. К установке подготовки рабочей смеси циклопентан подается соответствующими насосами.

Если предполагаемые объемы потребления циклопентана относительно невелики, возможен более экономичный вариант склада. Циклопентан в бочках объемом чуть более 200 л складывается в специально отведенном для хранения месте на открытом воздухе, но обязательно под навесом, обеспечивающим защиту бочек от осадков. Со склада бочки поступают к станции смешивания, где в условиях, обеспечивающих необходимую безопасность, циклопентан посредством специального насоса подается для подготовки смеси с полиолом. На всех этапах хранения, транспортировки и смешивания циклопентана должна быть обеспечена надежная система защиты от возможного воспламенения и взрыва.

Станция смешивания полиола с циклопентаном

Станции смешивания полиола с циклопентаном устанавливаются в специальном помещении с повышенной степенью защиты. Назначением этой станции является замешивание циклопентана в полиол, являющийся одним из двух компонентов в составе полиуретана. Подача и смешивание компонентов осуществляются в полностью автоматическом режиме, после чего смесь поступает либо напрямую к пенозаливочным

машинам или же, в зависимости от особенностей производства, в цеховую рабочую емкость объемом от 500 до 1000 л.

Станции смешивания изолируются от основного помещения специальными защитными боксами, оснащенными датчиками-газоанализаторами, системой вентиляции с двухскоростным режимом, системой освещения во взрывобезопасном исполнении, а также пультом управления всеми системами контроля и обеспечения безопасности.

Система подачи смеси полиола и циклопентана к пенозаливочной технике

Полученная в цехе (участке) подготовки смесь полиола с циклопентаном подается к пенозаливочным машинам по системе трубопроводов, соединяющей все пенозаливочные машины. Данный трубопровод изготавливается из высококачественной стали, все сварочные работы производятся на месте специалистами высшей категории с целью полного исключения возможных протечек.

Пенозаливочная техника

Традиционные заливочные машины, как правило, не предназначены для работы с циклопентаном (за исключением машин, изготовленных в «предпентанизованном» исполнении). Для этого используются машины, все части и узлы которых, находящиеся в контакте с циклопентаном, имеют специальное взрывобезопасное исполнение и защиту, в частности:

- электрооборудование в варианте исполнения по классу «ЕХ»;
- клапанные системы во взрывобезопасном исполнении как на подаче компонента в расходную емкость, так и между самой емкостью и насосом;
- система поддержания азотной среды в расходной емкости с компонентом;
- система заземления всех частей машины;
- сливной поддон под расходной емкостью с компонентом в комплекте с соответствующими датчиками уровня на случай пролива компонента;
- защитный бокс;
- система двухскоростной вентиляции бокса на случай аварийной ситуации.

При разработке проекта конверсии предприятия сектора БХО следует принимать во внимание то обстоятельство, что с учетом морального и физического износа пенозаливочной техники ее модернизация при переходе на циклопентан зачастую не представляется экономически обоснованной, а иногда и технически возможной. В каждом отдельном случае данный вопрос требует отдельного рассмотрения с участием специалистов компании – изготовителя пенозаливочного оборудования.

Линии изготовления ППУ теплоизоляции шкафов и дверей БХО

Если степень износа оборудования не слишком высока, существует потенциальная возможность технического перевооружения, включающего в себя перевод электрооборудования во взрывобезопасное исполнение, заземление всех основных частей установки, оборудование защитного бокса с системой вентиляции и установку датчиков газоанализаторов в местах возможной утечки компонента.

Инертизация азотом

При использовании циклопентана в качестве вспенивающего агента вместо обычной воздушной среды в складских, промежуточных и расходных емкостях должен использоваться азот, создающий инертную невзрывоопасную среду.

Азот может поставляться в стандартных баллонах или производиться непосредственно на месте использования. Имеет смысл поставлять азот в баллонах в случае потребления в небольших и средних объемах, в то время как при больших объемах потребления рекомендуется производить азот с помощью специального оборудования и распределять его по системе трубопроводов непосредственно к потребителям. Кроме того, азот используется для продувки («инертизации») проемов шкафов холодильников непосредственно перед заливкой пенополиуретана. Выполняется это с помощью специального азотного клапана, смонтированного непосредственно на заливочной головке или на борту тележки, обеспечивающей загрузку заготовок шкафов холодильников в линию заливки. При этом автоматически будет выбрана правильная доза азота для продувки шкафа холодильника в зависимости от его модели и объема.

Защитный вентилируемый бокс

Все части и узлы линии заливки шкафов и дверей холодильников и морозильников, где предполагается наличие циклопентана в чистом виде или в смеси с полиолом, должны быть изолированы с целью предельного сокращения зон с повышенным классом пожаро- и взрывоопасности. Для этой цели используются специальные боксы, внутри которых поддерживается разряженная среда, а в конструкции применяются исключительно материалы, обладающие антистатическими свойствами. Кроме того, боксы имеют аварийные системы доступа и снабжаются системой вытяжной вентиляции, а сама система вентиляции – дублирующим двухскоростным вентиляционным оборудованием.

Основная система вентиляции работает в постоянном режиме, в случае же появления паров циклопентана и срабатывания системы аварийной безопасности к ней подключается и вторая, аварийная, система вентиляции. Благодаря этому даже в случае выброса смеси с циклопентаном или циклопентана в чистом виде низший взрывной предел LEL (англ. Low Explosion Limit) не будет превзойден ни при каких обстоятельствах, что гарантирует безопасность персонала и производственного оборудования.

Система обеспечения безопасности

Система аварийной безопасности предполагает наличие датчиков газоанализаторов, датчиков уровня на случай возможной утечки компонента, датчиков входных дверей и датчиков наличия инертной среды и работоспособности вентиляционного оборудования. Показания всех этих систем слежения выводятся на один общий или несколько локальных пультов управления и контроля.

Сами пульты управления системой безопасности оснащаются двойной системой электропитания – основной и аварийной, переключение с первой на вторую производится в автоматическом режиме. При этом обеспечивается поддержание в активном режиме всех аварийных и вентиляционных систем в момент отключения электроэнергии.

Все аварийные сигналы дублируются на специальном пульте управления, устанавливаемом в таком месте, где гарантируется постоянное нахождение оператора. Таким образом обеспечивается своевременное оповещение службы безопасности о наступлении аварийной ситуации даже в ночные часы, а также в праздничные и выходные дни.

Система электроснабжения

С целью гарантии максимального уровня безопасности предусматривается двойная (основная и аварийная) система электроснабжения на основе двух независимых источников питания. При этом подключение аварийной системы энергоснабжения произойдет автоматически, что, с одной стороны, подстрахует работу основной в случае выхода ее из строя, а с другой – исключит даже малейшую возможность отключения оборудования и в первую очередь оборудования системы безопасности от источника энергоснабжения.

В случае отсутствия двух независимых линий подачи электроэнергии необходимо обеспечить наличие специального источника питания, который будет автоматически введен в действие в случае отключения электроэнергии от основного источника.

Производственные помещения

Производственные помещения, в которых устанавливается технологическое оборудование по запениванию пенополиуретаном шкафов и дверей холодильников и морозильников, оборудуются системой аварийного выхода, системой освещения во взрывобезопасном исполнении и системой аварийной безопасности в полном соответствии с требованиями общих и местных правил и норм.

Обучение персонала

Включение в технологический цикл такого взрывоопасного вещества, как циклопентан, предполагает повышенный уровень ответственности со стороны как

руководящего, так и обслуживающего персонала предприятия. В этой связи важным компонентом проекта конверсии становится обучение персонала всех уровней правилам эксплуатации оборудования и систем безопасности, а также действиям в условиях наступления аварийной ситуации.

Проектная, нормативная и разрешительная документация

Компания – поставщик оборудования обязана предоставить предварительный проект (план) мероприятий по переводу оборудования на циклопентан. При этом данный проект, как правило, выполненный на основе зарубежных норм, непременно должен быть адаптирован к требованиям действующих российских правил, что подразумевает непременно подключение российских проектных учреждений и организаций, имеющих соответствующие разрешения и лицензии.

Кроме того, все помещения, задействованные под хранение, смешивание и заливку систем с циклопентаном, должны соответствовать требованиям российских общих и местных правил и норм.

Ведущими производителями пенозаливочного оборудования являются преимущественно итальянские компании (Cannon Afros Spa., SAIP S.u.r.l. и др.).

По состоянию на сегодняшний день в секторе производства бытовой холодильной техники полностью отказались от потребления ГХФУ-141b и перешли на использование циклопентана ООО «Беко» (г. Киржач Владимирской обл.), ООО «Вестел-СНГ» (г. Александров Владимирской обл.), ООО «БСХ Бытовые приборы» (г. Санкт-Петербург), ЗАО «Завод холодильников «Стинол» (г. Липецк), ОАО «КЗХ «Бирюса» (г. Красноярск), ООО «Логера» (г. Руза Московской обл.) и ООО «Завод «Океан» (г. Уссурийск Приморского края). Таким образом, в секторе производства БХО вопросы конверсии на альтернативные вспениватели во многом уже решены. В настоящее время в рамках Проекта ЮНИДО / ГЭФ – Минприроды России «Поэтапное сокращение потребления ГХФУ и стимулирование перехода на не содержащее ГФУ энергоэффективное холодильное и климатическое оборудование в Российской Федерации посредством передачи технологий» завершается реализация проектов конверсии на озонобезопасные технологии (циклопентан) на ФГУП «Завод имени Серго» (г. Зеленодольск, Республика Татарстан) и ООО «СЭПО-ЗЭМ» (г. Саратов). Предполагается, что до конца 2015 г. аналогичная программа перевода производственных мощностей на циклопентан будет в значительной части реализована на ООО «ГПК «Орские заводы» (г. Орск Оренбургской обл.), а ОАО «КЗХ «Бирюса» будет оказана помощь во внедрении энергоэффективных технологических решений.

Оценка затрат на осуществление конверсии на озонобезопасный циклопентан в

секторе бытового холодильного оборудования

С учетом перечня основного технологического оборудования, которое необходимо заменить / модернизировать в рамках отказа от ГХФУ-141b и перехода на циклопентан в секторе БХО, была осуществлена усредненная оценка затрат.

Устанавливаемое оборудование должно соответствовать следующим европейским и российским нормам:

- IEC 79-16 «Оборудование электрическое для взрывоопасных газовых сред»;
- IEC 79-10 «Классификация взрывоопасных зон»;
- IEC 79-14 «Электрооборудование во взрывоопасных зонах»;
- EN 50054 «Электрооборудование для обнаружения и измерения горючих газов, Общие требования и методы испытаний»;
- EN 50057 «Электрооборудование для обнаружения и измерения горючих газов – эксплуатационные требования для группы II с указанием нижнего предела взрываемости на 100 %»;
- VDMA 24 169 «Bauliche Explosionsschutzmaßnahmen an Ventilatoren»;
- Заключение № 330056, выданное итальянским экспериментальным центром по топливу: «Химические и физические свойства смесей полиола и циклопентана»;
- Заключение № SIN 93/026498, выданное итальянским экспериментальным центром по электротехнике (CESI) «Классификация зон с опасностью взрыва в связи с работой заливочных машин для ППУ в составе следующих агрегатов: система смешивания полиола-циклопентана, заливочная машина, емкость, смесительная головка».

Компания, осуществляющая модернизацию имеющихся у российских предприятий заливочных машин в «предпентанизованном» исполнении должна их оснастить оборудованием, соответствующим нормам АТЕХ. В подтверждение этого на оборудование должна быть нанесена маркировка: Ex II 3/-G IIA T3 (0°C ≤ Tamb ≤ +40°C) X

В связи с тем, что оборудование для вспенивания ППУ-изоляции при изготовлении БХО в Российской Федерации не производится, все оценки были произведены в долл. США (таблица 8.6).

Таблица 8.6 - Оценка затрат на осуществление конверсии на озонобезопасный циклопентан предприятия сектора бытового холодильного оборудования

№ п/п	Наименование	Кол-во, шт	Стоимость, долл. США	Общая стоимость, долл. США	Примечание
1.	Оборудование склада хранения циклопентана				

1.1	Участок хранения циклопентана наливного типа	2	50000 – 60000	100000 – 110000	Проект разрабатывается уполномоченным проектным институтом в соответствии с российскими нормами безопасности
1.2	Комплект оборудования для инертизации азотом	2	2000 – 2500	4000 – 5000	
2.	Зона предварительного смешивания циклопентана и полиола				
2.1	Станция предварительного смешивания циклопентана и полиола	2	70000 – 80000	140000 – 160000	
	Модуль полиола со шкафом управления	2	30000 – 35000	60000 – 70000	
3.	Модернизация существующей линии для запенивания шкафов бытовых холодильников / морозильников				
3.1	Комплект оборудования для перевода на циклопентан существующей машины запенивания шкафов бытовых холодильников / морозильников, изготовленной в «предпентанизованном» исполнении	1	50000 – 55000	50000 – 55000	
3.2	Комплект оборудования для инертизации азотом существующей машины запенивания	1	30000 – 35000	30000 – 35000	
4.	Модернизация существующей линии для запенивания дверей холодильников / морозильников				
4.1	Комплект оборудования для существующей машины запенивания дверей холодильников / морозильников, изготовленной в «предпентанизованном» исполнении	1	80000 – 85000	80000 – 85000	
5.	Конвейерная комплектная линия непрерывного действия для запенивания шкафов бытовых холодильников / морозильников				
5.1	Заливочная машина высокого давления в «пентанизованном» исполнении	1	190000 – 200000	190000 – 200000	
8.	Электронный эксплозиметр				
8.1	Электронный эксплозиметр для тестирования датчиков циклопентана	1	2500 – 3000	2500 – 3000	

9.	Система безопасности	1	50000 – 60000	50000 – 60000	
10.	Инжиниринг	1	40000 – 50000	40000 – 50000	
11.	Комплект запасных частей и расходных материалов				
11.1	Комплект запасных частей и расходных материалов на 2 года работы	1	40000 – 50000	40000 – 50000	
	ИТОГО:			786500 – 883000	

Ориентировочная стоимость оборудования, которое необходимо приобрести предприятию – производителю бытового холодильного оборудования для осуществления конверсии на озонобезопасный циклопентан может составить в среднем от 790 до 880 тыс. долл. США. Эта сумма зависит от количества заливочных машин для запенивания шкафов/дверей бытовых холодильников и морозильников на предприятии и стратегии их конверсии (модернизация и / или замена, см. пп. 3.1, 3.2, 4.1 и 5.1 таблицы 8.6).

Дополнительные расходы предприятия на проведение строительных и монтажных работ, приобретение вентиляционного оборудования, переобучение персонала и т.д. могут составить до 50% от стоимости основного оборудования.

Таким образом, суммарные затраты предприятия сектора БХО на осуществление конверсии на озонобезопасный циклопентан могут составить от 1,2 до 1,3 млн долл. США.

Выводы:

1. Значительная часть предприятий сектора БХО в основном применяет в качестве хладагента изобутан R-600a (более половины новых холодильников и морозильников, производимых в мире) и ГФУ-134a (остальные).
2. R-600a остается основной альтернативой ГФУ-134a. Благодаря использованию в холодильном контуре небольшого количества хладагента (около 65 г) исключена проблема его быстрой воспламеняемости. До настоящего времени не было разработано новых альтернатив, обладающих такой же энергоэффективностью и конкурентоспособной ценой. Имея более низкую стоимость чем ГФУ-134a, R-600a требует дополнительных капиталовложений для увеличения размера компрессоров. Также могут возрасти производственные затраты для выполнения требований к безопасности систем.
3. Начались исследования возможностей применения ГФО-1234yf вместо ГФУ-134a, однако эти разработки не рассматриваются в качестве первоочередной задачи. Меньшая по сравнению с R-600a воспламеняемость позволяет найти применение ГФО-1234yf в

странах со строгими ограничениями на использование R-600a (Российская Федерация к ним не относится). Рассматривается также возможность использования R-744 (CO₂), однако его внедрение требует существенных дополнительных затрат.

4. Значительная часть предприятий сектора БХО в Российской Федерации уже осуществила полный отказ от ГХФУ-141b в качестве вспенивателя, а оставшаяся часть – завершит конверсию на озонобезопасный циклопентан до середины 2016 г.
5. Потребление в секторе ГФУ-134a, обладающего значительным ПГП, в качестве хладагента вероятно будет завершено к 2017 г., что обусловлено большей энергоэффективностью, низким ПГП и меньшей ценой хладагента R-600a.
6. На российском рынке наметился рост продаж дорогих моделей элитного класса бытового холодильного оборудования импортного производства, что необходимо учитывать отечественным производителям холодильников при разработке своей маркетинговой политики.

Глава 9. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора торгового холодильного оборудования на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере

В рамках сектора торгового холодильного оборудования (далее – ТХО) условно можно выделить два подсектора: производства ТХО (включая автономное оборудование, конденсаторные агрегаты, централизованные системы и холодильные установки для автомобильного транспорта) и сервисного обслуживания и ремонта ТХО.

Сектор ТХО включает в себя: торговое холодильное оборудование для хранения продуктов питания и напитков, их выкладки на витринах и обеспечения разных температурных уровней для охлажденных и замороженных продуктов питания; холодильные камеры небольших размеров; холодильное оборудование для технологических процессов в системе общепита; системы центрального холодоснабжения торговых предприятий. Основные потребители этого оборудования: магазины, супермаркеты, продуктовые рынки, предприятия общепита и небольшие пивоварни. Следует отметить, что на протяжении ряда последних лет российский сектор ТХО рос более быстрыми темпами, чем сектор промышленного холодильного оборудования (30-35% к 20-25% в год соответственно).

Холодопроизводительность ТХО может находиться в диапазоне от нескольких сотен Вт до 1,5 МВт. С учетом сложившейся структуры ТХО в Российской Федерации можно выделить четыре основных категории ТХО: автономное оборудование, конденсаторные агрегаты, централизованные холодильные системы для супермаркетов и холодильные установки для автомобильного транспорта. Выбор хладагента определяется его

количеством, требуемой температурой, энергоэффективностью и регулируемыми нормами.

Современная ситуация на российском рынке ТХО характеризуется превышением предложения над платежеспособным спросом, что стимулирует рост конкуренции среди игроков рынка. В условиях переизбытка предложения отечественным предприятиям достаточно сложно составить конкуренцию зарубежным производителям. Наиболее экономически выгодным, как для поставщиков холодильного оборудования, так и для его потребителей, оказывается осуществление сборки в России зарубежного оборудования. Качество российской сборки вполне удовлетворительно, в то же время это позволяет производителям существенно снизить таможенные пошлины и транспортные расходы, а потребителям приобрести оборудование по более низкой цене и в более краткие сроки.

Следует отметить, что использование в Российской Федерации в качестве хладагентов ХФУ, ГХФУ и смесей на их основе в ТХО сокращается, что обусловлено проникновением на рынок более энергоэффективных альтернатив, а также широким применением компрессорных агрегатов импортного производства, рассчитанных для их применения.

С учетом того, что ввоз оборудования, содержащего ОРВ (ГХФУ), запрещен только с 1 января 2013 г. (Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии № 158 от 18 сентября 2012 г. «О внесении изменений в разделы 1.1 и 2.1 Единого перечня 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»), потенциально возможен ввоз в Российскую Федерацию до этой даты ТХО, пенополиуретановая изоляция которого была изготовлена с использованием ГХФУ-141b, а холодильный контур рассчитан на применение в качестве хладагента ГХФУ-22 или смесей на основе ГХФУ.

Автономное оборудование

Под автономным оборудованием понимаются системы, где все компоненты составляют единое целое (моноблок).

До недавнего времени аммиак (R-717) не применялся в таких системах в силу ограничений на использование в зонах пребывания людей из-за его горючести и токсичности.

Диоксид углерода (R-744), как правило, используется в торговых автоматах и охлаждаемых витринах для бутылочных напитков. Эта технология отличается прекрасными эксплуатационными возможностями, но сложна в обслуживании. Энергоэффективность такого оборудования такая же, как у агрегатов, работающих на ГФУ-134а, однако при

повышении температуры окружающей среды расход энергии увеличивается. Стоимость немного выше, однако транснациональные компании (Coca-Cola и др.), заказывающие такое оборудование, руководствуются в большей степени политическими и экологическими мотивами. Основным препятствием для широкого распространения этого хладагента на рынке является необходимость высокого уровня технической подготовки обслуживающего персонала. R-744 был выбран на замену углеводородам в силу меньшей угрозы безопасности в зонах общественного пользования.

ГФУ-134а может быть заменен хладагентом ГФУ-1234yf в любых сферах, где требуется низкий ППП, однако из-за ограниченного предложения количество оборудования, работающего на нем, невелико. Опубликованные результаты ряда исследований показывают, что ГФУ-1234yf сопоставим с ГФУ-134а по уровню энергоэффективности. Уже разработаны поршневые компрессоры, в которых он может использоваться. В Японии этот хладагент уже применяется в торговых автоматах. Основными препятствиями для внедрения этого хладагента на рынке являются ограниченное предложение и стоимость.

Углеводороды R-600a и R-290 нашли применение в ТХО небольшого размера, при этом R-600a используется в агрегатах меньшей мощности. В охлаждаемых витринах для бутылочных напитков используются оба хладагента, в льдогенераторах и небольших холодильных витринах – R-290. Энергоэффективность углеводородных хладагентов либо эквивалентна энергоэффективности ГХФУ и ГФУ, обычно используемых в этой сфере, либо превышает ее. Небольшие дополнительные расходы на обеспечение безопасности включены в стоимость, которая почти не отличается от стоимости оборудования, работающего на ГФУ.

Европейский стандарт EN-378 разрешает применять углеводородные хладагенты в размере заправки до 1,5 кг в зонах общественного пользования, если площадь помещения достаточно велика. Крупные транснациональные компании решили отказаться от использования ГФУ в новых системах. В этой связи углеводородные хладагенты широко применяются в небольших системах ТХО, содержащих от 15 г до 1,5 кг хладагента.

Основными хладагентами в автономном оборудовании пока остаются ГФУ-134а и R-404A, но эта ситуация сохранится в течение максимум 5-7 лет. Последний хладагент в Европе уже рассматривается в качестве краткосрочного варианта конверсии. Главным препятствием для использования обоих хладагентов является их высокий ППП, в силу чего существующие и будущие международные соглашения в сфере регулирования обращения парниковых газов антропогенного происхождения потребуют отказа от использования ГФУ-134а во всем мире и R-404A как минимум в Европе. В настоящее

время существует:

Две возможных альтернативы R-404A:

1. Негорючие смеси (N-40 и DR-33);
2. Горючие хладагенты класса 2L с низким ППП (L-40).

Две альтернативы ГФУ-134a:

1. Негорючие смеси (N-13 и XR-10);
2. Горючие хладагенты класса 2L (ГФУ-1234yf и ГФУ-1234ze(E)).

Конденсаторные агрегаты

Холодопроизводительность конденсаторных агрегатов, как правило, составляет от 1 до 20 кВт. Под конденсаторными агрегатами подразумевают устройство, состоящее из одного или двух компрессоров, конденсатора и ресивера и размещаемое обычно за пределами торговой площади. Конденсаторные агрегаты устанавливаются в специализированных магазинах (булочных, мясных лавках и небольших продовольственных магазинах).

Аммиак (R-717) в таких системах не используется в силу опасности. В Северной Европе продается несколько новых моделей конденсаторных агрегатов, работающих на диоксиде углерода (R-744), однако их продвижение на рынок идет медленно. При высоких температурах наружного воздуха применяют двухступенчатые системы на R-744, в холодных странах – одноступенчатые. Установка двухступенчатой системы требует значительных дополнительных расходов, поэтому стоимость является основным препятствием для использования систем, работающих на R-744. Если будет принято решение о полном отказе от углеводородных хладагентов, то возможно продолжение разработок в этом направлении, но при этом рыночная доля таких систем останется ограниченной.

В Европе эксплуатируется несколько моделей конденсаторных агрегатов холодопроизводительностью от 1 до 20 кВт с наружным охлаждением, работающих на R-290 и R-1270. Опыт эксплуатации этих установок показал их высокую энергоэффективность. Чтобы ограничить увеличение расхода энергии, системы с наружным охлаждением оснащают вторичным контуром с увеличенной площадью теплообменников. Стоимость таких систем, работающих на вышеуказанных углеводородных хладагентах, как правило, на 5-15 % выше, чем у систем на ГФУ.

Углеводороды рассматриваются как долгосрочное решение и требуют усовершенствования холодильного контура в связи с требованиями к безопасности при обслуживании.

Оптимальными хладагентами на основе ГФУ для конденсаторных агрегатов

являются ГФУ-134а, R-404А и в некоторой степени R-410А. ГФУ-134а используется в маломощных системах с температурой испарения более -15°C . В системах большей мощности на всех температурных уровнях используются R-404А и R-410А. Данные по энергоэффективности ГФУ широко применяются для сравнительного анализа других альтернативных хладагентов. Как и в других категориях ТХО, ГФУ с высоким ПГП рассматриваются лишь в качестве краткосрочных вариантов, хотя они все еще занимают лидирующие позиции на рынке.

Централизованные системы

Централизованные системы являются оптимальным вариантом охлаждения продуктов питания для супермаркетов. Они состоят из многокомпрессорных агрегатов, установленных в машинном зале. Существует два основных вида таких установок: системы непосредственного охлаждения и системы с промежуточным хладоносителем.

По состоянию на сегодняшний день наиболее распространены системы непосредственного охлаждения. Хладагент подается в жидком виде из машинного зала в торговый зал, где испаряется в теплообменниках витрин и в газообразной форме возвращается к всасывающим коллекторам многокомпрессорных агрегатов. Охлаждение морозильных камер происходит аналогичным образом.

В мощных системах с промежуточным хладоносителем используется аммиак, а на низкотемпературном уровне, как правило, диоксид углерода. Действующими требованиями к безопасности количество таких установок пока ограничено. Аммиак рассматривается в качестве эффективного хладагента в централизованных системах ТХО. При этом дополнительные расходы составят 10-15% от стоимости систем с промежуточным хладоносителем, работающих на ГФУ и R-744, и связаны с использованием стали вместо меди. Однако при мощности более нескольких сотен кВт такие системы становятся более конкурентоспособными с точки зрения цены. В странах с холодным климатом конкуренцию аммиаку составляют ГФУ, углеводороды и даже диоксид углерода, однако пользователи могут продолжать выбирать решения на аммиаке.

Уверенное положение на европейском рынке заняли двухступенчатые системы, в которых R-744 используется как на среднетемпературном (от -10 до -15°C), так и на низкотемпературном (от -35 до -38°C) уровнях: на сегодняшний день такие системы установлены более чем в 1 000 магазинов стран ЕС.

Крупные европейские компании на среднетемпературном уровне используют холодильные машины на ГФУ-134а и на низкотемпературном – системы непосредственного охлаждения, работающие на R-744, или системы с промежуточным хладагентосителем. Такое сочетание применяется в разных климатических условиях. R-

744 эффективен при температуре конденсации ниже 25⁰С. При высокой температуре окружающей среды значительно увеличивается энергопотребление транскритического цикла. В настоящее время ведется работа над повышением их энергоэффективности. Дополнительные расходы и в этом случае составляют 10-15%.

Низкая энергоэффективность при работе в жарком климате является одним из препятствий для продвижения диоксида углерода в подсекторе централизованных систем ТХО. В силу того, что R-744 в системе находится под высоким давлением, прочность пайки должна быть выше, чем в обычных системах, работающих на ГФУ. R-744 рассматривается в качестве долгосрочного решения для нижней ветви каскадных систем, работающих на среднетемпературном хладагенте. С учетом климатических условий R-744 может стать основным вариантом для использования в Российской Федерации.

Углеводороды (R-290 или R-1270) применяются менее чем в 100 централизованных системах в странах ЕС. R-290 и R-1270 эффективны при использовании как на средне-, так и на низкотемпературном уровнях охлаждения. Дополнительные расходы связаны с предотвращением утечек и обеспечением безопасности. Нормы и стандарты ограничивают содержание хладагента в системе и тем самым создают препятствие для использования углеводородов. Распространение централизованных систем, работающих на углеводородах, сдерживается конкуренцией со стороны R-744, обладающего низким ПГП.

Положение ГФУ с низким ПГП такое же, как описано выше. В настоящее время отсутствуют ГФУ с низким ПГП, пригодные для использования в централизованных системах. Для модернизации действующих систем потенциально возможно использование негорючих смесей (N-40 и DR-33), которые повысят энергоэффективность приблизительно на 7%. Слабогорючие хладагенты (L-40) могут найти применение в системах с промежуточным хладоносителем, в частности, работающих на рассоле или диоксиде углерода под давлением, где становится возможным снизить горючесть. Другими альтернативами ГФУ-134а являются следующие варианты: негорючие смеси (N-13 и XR-10) для модифицированных систем и слабогорючие хладагенты (ГФУ-1234yf и ГФУ-1234ze(E)) для каскадных систем.

Самый распространенный хладагент с относительно низким ПГП в настоящее время – R-404А, однако в новых установках на низкотемпературном уровне вместо него используется ГФУ-134а. Попытки применения R-410А в новых установках не увенчались успехом. В качестве промежуточных вариантов предлагаются R-407А и R-407F. Стоимость R-404А в настоящее время снижается. Следует отметить, что все развитые страны будут сокращать использование ГФУ с высоким ПГП по мере вступления в силу новых международных норм в сфере сокращения производства и потребления ГФУ.

К системам охлаждения на транспортных средствах предъявляются крайне высокие технические требования. Оборудование должно быть пригодно для работы при самых разных температурах окружающей среды и в разных природных условиях (ветер, солнечное излучение, дождь, брызги морской воды и т. д.) и для перевозки разных грузов при разных температурах, иногда одновременно в разных отсеках.

Холодильные установки для автомобильного транспорта

В развитых странах предпочтительными хладагентами для охлаждения на транспортных средствах пока являются ГФУ. Количество хладагента может составлять от менее 1 кг (фургоны-рефрижераторы) до нескольких кг (грузовики, трейлеры и рефрижераторные контейнеры). По имеющимся оценкам объем утечек хладагентов составляет 20% в грузовиках и трейлерах и 30% в фургонах. Во всех контейнерах для смешанной перевозки используются герметичные или полугерметичные системы, объем утечек в которых составляет менее 5%.

Практически во всех трейлерах и большегрузных автомобилях используется R-404A. В Германии один из производителей холодильного оборудования этого типа применяет в качестве хладагента R-410A. ГФУ-134a широко распространен в малогабаритных грузовиках и фургонах, так как он пока еще может использоваться в автомобильных кондиционерах. ГФУ-134a не является идеальным решением, но он удобен. При необходимости увеличить холодопроизводительность, малогабаритные грузовики и фургоны могут оснащать системами на R-404A. ОРВ в новом оборудовании не используются более десяти лет.

Перспектива необходимости отказа от использования хладагентов с высоким ПГП создает проблемы в секторе ТХО на автотранспортных средствах. Испытания альтернатив с низким ПГП проводятся в ряде развитых стран, но в ближайшем будущем появления подходящего альтернативного варианта не предвидится. Основная проблема заключается в получении хладагента с такими же высокими рабочими характеристиками, что и у R-404A. Более эффективный R-410A отличается высоким давлением (из-за чего большинству производителей приходится вносить изменения в технологию) и относительно высоким ПГП.

ГФУ-134a и альтернативные хладагенты с низким ПГП представляют интерес, однако на данный момент они пригодны только для перевозки охлажденных грузов, а для проверки их пригодности к перевозке замороженных грузов необходимы дополнительные испытания.

Использование R-744 в автомобильном транспорте по-видимому станет возможным после появления на рынке более эффективных многоступенчатых компрессоров, которые в

настоящее время находятся в стадии разработки.

В Великобритании, Австралии и Германии проводились испытания сравнительно небольшого количества автомобилей, оборудованных холодильными системами на углеводородах (в основном на R-290). По их результатам было установлено, что применение углеводородов является предпочтительным вариантом, так как они позволяют снизить энергопотребление на 20 и более процентов. В Германии разработан грузовик-рефрижератор на пропилен (R-1270), который в настоящее время проходит полевые испытания в сети супермаркетов. По показателям эта система превосходит R-404A и сравнима с R-410A. Для более широкого внедрения на рынок производителям и покупателям требуются особые правила и стандарты, обеспечивающие безопасность использования углеводородов в транспортных холодильных системах.

В отличие от трейлеров, в контейнерах для смешанной перевозки в основном используется ГФУ-134а и в некоторых случаях R-404A. Выбор ГФУ-134а объясняется его широкой доступностью и относительно низкой ценой, несмотря на то, что R-404A (или в настоящее время R-410A) лучше подходит для этой сферы применения. Благодаря более низкому давлению объем утечек ГФУ-134а меньше, чем у R-404A, однако выше риск попадания воздуха в контур охлаждения при перевозке замороженных продуктов. Имеются успехи в продвижении R-744 в качестве хладагента в контейнерах. Благодаря двухступенчатому сжатию, разгрузке цилиндров и двигателя с регулируемой скоростью, эффективность системы на R-744 оказалась такой же, как у лучших в своем классе установок, работающих на ГФУ.

Токсичность и проблемы совместимости с материалами делает аммиак (R-717) непригодным для использования в грузовиках, трейлерах и контейнерах для смешанной перевозки.

Альтернативой парокompрессионным установкам на автомобильном транспорте являются криогенные системы или системы с разомкнутым контуром, в которых жидкий диоксид углерода или азот испаряется в изотермическом контейнере, установленном в грузовике. Такие системы отличаются низким уровнем шума и надежностью, а также обладают постоянной холодопроизводительностью, независимой от частоты вращения двигателя. С другой стороны, системы, подающие диоксид углерода или азот в грузовой отсек (а это происходит не во всех подобных системах), должны быть оснащены датчиками газа, чтобы исключить риск отравления хладагентами. Сжижение криогенной жидкости требует дополнительного расхода энергии, что в зависимости от источника энергии может увеличить или уменьшить эксплуатационные затраты. Системы требуют регулярной дозаправки, для чего необходимо создание соответствующей инфраструктуры

для хранения и дозаправки сжиженных газов. Помимо всего прочего, такие системы отличаются самой низкой эффективностью и экологичностью. Это связано с тем, что используемая в них рабочая жидкость должна извлекаться из окружающей среды или определенных процессов, что означает компрессию в условиях, где минимальное давление практически равно атмосферному, и, следовательно, такие системы расходуют во много раз больше энергии, чем системы с закрытым компрессионным контуром. Таким образом, с учетом энергопотребления в течение срока службы эти системы нерентабельны.

В секторе производства ТХО вопросы конверсии на альтернативные вспениватели во многом уже решены. Перевод на циклопентан и другие озонобезопасные вещества оставшихся крупнейших производителей этого сектора – ОАО «Полнос» (г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл), ООО «ПК «Совиталпродмаш» (г. Волжск, Республика Марий Эл) и др. запланировано на 2015-2016 гг. как за счет собственных средств предприятий, так и за счет безвозмездной помощи, которая будет оказана в рамках Проекта ЮНИДО / ГЭФ – Минприроды России «Поэтапное сокращение потребления ГХФУ и стимулирование перехода на не содержащее ГФУ энергоэффективное холодильное и климатическое оборудование в Российской Федерации посредством передачи технологий»

К настоящему времени практически все производители ТХО в мире отказались от использования ГХФУ-141b в качестве вспенивающего агента и осуществили конверсию на циклопентан. Переходя на циклопентан, предприятие получает целый ряд преимуществ, таких как существенное повышение качества и класса энергопотребления выпускаемой холодильной техники, освоение современных технологий, не оказывающих отрицательного воздействия на озоновый слой и климат Земли, возможность экспорта выпускаемой продукции за пределы Российской Федерации, а также возможность сотрудничества и совместной деятельности с основными мировыми производителями ТХО.

Перевод предприятия, производящего ТХО, на циклопентан представляет собой довольно сложную с технической точки зрения задачу, поскольку речь идет о замене/модернизации всей технологической линии. Более того, из-за взрывоопасности циклопентана на всех стадиях подготовки и реализации проекта по отказу от ГХФУ-141b предприятие должно уделяться особое внимание вопросам безопасности (таблица 9.1).

Таблица 9.1 – Сравнение озонобезопасных альтернативных вспенивателей, рекомендуемых для применения в секторе ТХО

Вспениватель	Преимущества	Недостатки	Примечание
Циклопентан и смеси циклопентана и изопентана	Низкий ПГП	Горючи	Высокие суммарные капитальные затраты, которые оказываются приемлемыми для большинства крупных предприятий сектора ТХО и не приемлемыми для предприятий малого и среднего бизнеса
	Низкие эксплуатационные затраты		Отработанная технология в секторе ТХО
	Хорошие теплоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов		
ГФУ-245fa, ГФУ-365mfc / ГФУ-227ea	Негорючий	Высокий ПГП	Низкие суммарны
	Хорошие теплоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов	Высокие эксплуатационные затраты	Высокие теплоизоляционные характеристики (по сравнению с углеводородами)
СО ₂ (вода)	Низкий ПГП	Средние характеристики пеноматериалов: высокая теплопроводность и высокая плотность пены	Низкие суммарные капитальные затраты
	Негорючий	Высокие эксплуатационные затраты	Улучшенные рецептуры второго поколения, не увеличивающие плотность ППУ-изоляции по сравнению с ГФУ
Метилформат	Низкий ПГП	Средние характеристики пеноматериалов: высокая теплопроводность и высокая плотность пены	Средние суммарные капитальные затраты (рекомендована защита от коррозии)
	Горюч, но в смесях с полиолами может быть негорючим	Высокие эксплуатационные затраты	
ГХФО / ГФО	Низкий ПГП	Высокие эксплуатационные затраты	Апробированная в последние годы технология
	Негорючий		Многообещающие показатели энергоэффективности (равны или лучше, чем у насыщенных ГФУ)
			Низкие суммарные капитальные затраты

Перечень основного технологического оборудования, которое необходимо

заменить/модернизировать в рамках отказа от ГХФУ-141b и перехода на циклопентан в секторе торгового холодильного оборудования

Склад хранения циклопентана

В большинстве случаев речь идет о емкостях для хранения циклопентана объемом 30-40 куб. м, вынесенных за пределы заводских помещений. В зависимости от географического положения, а также местных норм и требований органов сертификации и контроля емкости могут быть расположены как на поверхности, так и полностью или частично под землей. Как правило, требуется не менее двух таких емкостей: одна – для непосредственного использования, другая – для аварийного слива циклопентана в случае аварии. К установке подготовки рабочей смеси циклопентан подается соответствующими насосами.

Если предполагаемые объемы потребления циклопентана относительно невелики, возможен более экономичный вариант склада. Циклопентан в бочках объемом чуть более 200 л складывается в специально отведенном для хранения месте на открытом воздухе, но обязательно под навесом, обеспечивающим защиту бочек от осадков и солнечных лучей. Со склада бочки поступают к станции смешивания, где в условиях, обеспечивающих необходимую безопасность, циклопентан посредством специального насоса подается для подготовки смеси с полиолом. На всех этапах хранения, транспортировки и смешивания циклопентана должна быть обеспечена надежная система защиты от возможного воспламенения и взрыва.

Станция смешивания полиола с циклопентаном

Станции смешивания полиола с циклопентаном устанавливаются в специальном помещении с повышенной степенью защиты. Назначением этой станции является замешивание циклопентана в полиол, являющийся одним из двух компонентов в составе полиуретана. Подача и смешивание компонентов осуществляются в полностью автоматическом режиме, после чего смесь поступает либо напрямую к пенозаливочным машинам или же, в зависимости от особенностей производства, в цеховую рабочую емкость объемом от 500 до 1000 л.

Станции смешивания изолируются от основного помещения специальным защитным боксом, оснащенным датчиками-газоанализаторами, системой вентиляции с двухскоростным режимом, системой освещения во взрывобезопасном исполнении, а также пультом управления всеми системами контроля и обеспечения безопасности.

Система подачи смеси полиола и циклопентана к пенозаливочной технике

Полученная в цехе (участке) подготовки смесь полиола с циклопентаном подается к пенозаливочным машинам по системе трубопроводов, соединяющей все пенозаливочные

машины. Данный трубопровод изготавливается из высококачественной стали, все сварочные работы производятся на месте специалистами высшей категории с целью полного исключения возможных протечек.

Пенозаливочная техника

Традиционные заливочные машины, как правило, не предназначены для работы с циклопентаном (за исключением машин, изготовленных в «предпентанизованном» исполнении). Для этого используются машины, все части и узлы которых, находящиеся в контакте с циклопентаном, имеют специальное взрывобезопасное исполнение и защиту, в частности:

- электрооборудование в варианте исполнения по классу «ЕХ»;
- клапанные системы во взрывобезопасном исполнении как на подаче компонента в расходную емкость, так и между самой емкостью и насосом;
- система поддержания азотной среды в расходной емкости с компонентом;
- система заземления всех частей машины;
- сливной поддон под расходной емкостью с компонентом в комплекте с соответствующими датчиками уровня на случай пролива компонента;
- защитный бокс;
- система двухскоростной вентиляции бокса на случай аварийной ситуации.

При разработке проекта конверсии предприятия сектора ТХО следует принимать во внимание то обстоятельство, что с учетом морального и физического износа пенозаливочной техники ее модернизация при переходе на циклопентан зачастую не представляется экономически обоснованной, а иногда и технически возможной. В каждом отдельном случае данный вопрос требует отдельного рассмотрения с участием специалистов компании – изготовителя пенозаливочного оборудования.

Линии изготовления ППУ теплоизоляции холодильных шкафов и боксов

Если степень износа оборудования не слишком высока, существует потенциальная возможность технического перевооружения, включающего в себя перевод электрооборудования во взрывобезопасное исполнение, заземление всех основных частей установки, оборудование защитного бокса с системой вентиляции и установку датчиков газоанализаторов в местах возможной утечки компонента.

Инертизация азотом

При использовании циклопентана в качестве вспенивающего агента вместо обычной воздушной среды в складских, промежуточных и расходных емкостях должен использоваться азот, создающий инертную невзрывоопасную среду.

Азот может поставляться в стандартных баллонах или производиться непосредственно на месте использования. Имеет смысл поставлять азот в баллонах в случае потребления в небольших и средних объемах, в то время как при больших объемах потребления рекомендуется производить азот с помощью специального оборудования и распределять его по системе трубопроводов непосредственно к потребителям. Кроме того, азот используется для продувки («инертизации») проемов шкафов/холодильных боксов непосредственно перед заливкой пенополиуретана. Выполняется это с помощью специального азотного клапана, смонтированного непосредственно на заливочной головке или на борту тележки, обеспечивающей загрузку заготовок шкафов/холодильных боксов в линию заливки. При этом автоматически будет выбрана правильная доза азота для продувки шкафа холодильника в зависимости от его модели и объема.

Защитный вентилируемый бокс

Все части и узлы линии заливки шкафов/холодильных боксов и дверей, где предполагается наличие циклопентана в чистом виде или в смеси с полиолом, должны быть изолированы с целью предельного сокращения зон с повышенным классом пожаро- и взрывоопасности. Для этой цели используются специальные боксы, внутри которых поддерживается разряженная среда, а в конструкции применяются исключительно материалы, обладающие антистатическими свойствами. Кроме того, боксы имеют аварийные системы доступа и снабжаются системой вытяжной вентиляции, а сама система вентиляции – дублирующим двухскоростным вентиляционным оборудованием.

Основная система вентиляции работает в постоянном режиме, в случае же появления паров циклопентана и срабатывания системы аварийной безопасности к ней подключается и вторая, аварийная, система вентиляции. Благодаря этому даже в случае выброса смеси с циклопентаном или циклопентана в чистом виде низший взрывной предел LEL (англ. Low Explosion Limit) не будет превзойден ни при каких обстоятельствах, что гарантирует безопасность персонала и производственного оборудования.

Система обеспечения безопасности

Система аварийной безопасности предполагает наличие датчиков газоанализаторов, датчиков уровня на случай возможной утечки компонента, датчиков входных дверей и датчиков наличия инертной среды и работоспособности вентиляционного оборудования. Показания всех этих систем слежения выводятся на один общий или несколько локальных пультов управления и контроля.

Сами пульты управления системой безопасности оснащаются двойной системой электропитания – основной и аварийной, переключение с первой на вторую производится

в автоматическом режиме. При этом обеспечивается поддержание в активном режиме всех аварийных и вентиляционных систем в момент отключения электроэнергии.

Все аварийные сигналы дублируются на специальном пульте управления, устанавливаемом в таком месте, где гарантируется постоянное нахождение оператора. Таким образом обеспечивается своевременное оповещение службы безопасности о наступлении аварийной ситуации даже в ночные часы, а также в праздничные и выходные дни.

Система электроснабжения

С целью гарантии максимального уровня безопасности предусматривается двойная (основная и аварийная) система электроснабжения на основе двух независимых источников питания. При этом подключение аварийной системы энергоснабжения произойдет автоматически, что, с одной стороны, подстрахует работу основной в случае выхода ее из строя, а с другой – исключит даже малейшую возможность отключения оборудования и в первую очередь оборудования системы безопасности от источника энергоснабжения.

В случае отсутствия двух независимых линий подачи электроэнергии необходимо обеспечить наличие специального источника питания, который будет автоматически введен в действие в случае отключения электроэнергии от основного источника.

Производственные помещения

Производственные помещения, в которых устанавливается технологическое оборудование по запениванию пенополиуретаном шкафов и дверей холодильников и морозильников, оборудуются системой аварийного выхода, системой освещения во взрывобезопасном исполнении и системой аварийной безопасности в полном соответствии с требованиями общих и местных правил и норм.

Обучение персонала

Включение в технологический цикл такого взрывоопасного вещества, как циклопентан, предполагает повышенный уровень ответственности со стороны как руководящего, так и обслуживающего персонала предприятия. В этой связи важным компонентом проекта конверсии становится обучение персонала всех уровней правилам эксплуатации оборудования и систем безопасности, а также действиям в условиях наступления аварийной ситуации.

Проектная, нормативная и разрешительная документация

Компания – поставщик оборудования обязана предоставить предварительный проект (план) мероприятий по переводу оборудования на циклопентан. При этом данный проект, как правило, выполненный на основе зарубежных норм, непременно должен быть адаптирован к требованиям действующих российских правил, что подразумевает

непрерывное подключение российских проектных учреждений и организаций, имеющих соответствующие разрешения и лицензии.

Кроме того, все помещения, задействованные под хранение, смешивание и заливку систем с циклопентаном, должны соответствовать требованиям российских общих и местных правил и норм.

Ведущими производителями пенозаливочного оборудования являются преимущественно итальянские компании (Cannon Afros Spa., SAIP S.u.r.l. и др.).

Оценка затрат на осуществление конверсии на озонобезопасный циклопентан в секторе торгового холодильного оборудования

С учетом перечня основного технологического оборудования, которое необходимо заменить / модернизировать в рамках отказа от ГХФУ-141b и перехода на циклопентан в секторе ТХО была осуществлена усредненная оценка затрат. В связи с тем, что оборудование для вспенивания ППУ-изоляции в Российской Федерации не производится, все оценки были сделаны в долл. США (таблица 9.2).

Устанавливаемое оборудование должно соответствовать следующим европейским и российским нормам:

- IEC 79-16 «Оборудование электрическое для взрывоопасных газовых сред»;
- IEC 79-10 «Классификация взрывоопасных зон»;
- IEC 79-14 «Электрооборудование во взрывоопасных зонах»;
- EN 50054 «Электрооборудование для обнаружения и измерения горючих газов, Общие требования и методы испытаний»;
- EN 50057 «Электрооборудование для обнаружения и измерения горючих газов – эксплуатационные требования для группы II с указанием нижнего предела взрываемости на 100 %»;
- VDMA 24 169 «Bauliche Explosionsschutzmaßnahmen an Ventilatoren»;
- Заключение № 330056, выданное итальянским экспериментальным центром по топливу: «Химические и физические свойства смесей полиола и циклопентана»;
- Заключение № SIN 93/026498, выданное итальянским экспериментальным центром по электротехнике (CESI) «Классификация зон с опасностью взрыва в связи с работой заливочных машин для ППУ в составе следующих агрегатов: система смешивания полиола-циклопентана, заливочная машина, емкость, смесительная головка».

Компания, осуществляющая модернизацию имеющихся у российских предприятий заливочных машин в «предпентанизированном» исполнении должна их оснастить оборудованием, соответствующим нормам АТЕХ. В подтверждение этого на оборудование

должна быть нанесена маркировка: Ex II 3/-G IIA T3 (0°C ≤ Tamb ≤ +40°C) X.

Ориентировочная стоимость оборудования, которое необходимо приобрести среднемасштабному предприятию – производителю торгового холодильного оборудования для осуществления конверсии на озонобезопасный циклопентан может составить в среднем от 680 до 770 тыс. долл. США. Эта сумма зависит от количества заливочных машин для запенивания боксов / шкафов / дверей ТХО на предприятии и стратегии их конверсии (модернизация и / или замена, см. пп. 3.1 и 4.1 таблицы 9.2).

Дополнительные расходы предприятия на проведение строительных и монтажных работ, приобретение вентиляционного оборудования, переобучение персонала и т.д. могут составить до 50% от стоимости основного оборудования.

Таблица 9.2 - Оценка затрат на осуществление конверсии на озонобезопасный циклопентан среднемасштабного предприятия сектора торгового холодильного оборудования.

№№ п/п	Наименование	Кол- во, шт	Стоимость, долл. США	Общая стоимость, долл. США
1.	Оборудование склада хранения циклопентана			
1.1	Сменный пневматический подающий насос для подачи циклопентана в бочки станции предварительного смешивания	1	5000 – 5500	5000 – 5500
1.2	Комплект оборудования для инертизации азотом	1	2000 – 2500	2000 – 2500
2.	Зона предварительного смешивания циклопентана и полиола			
2.1	Станция предварительного смешивания циклопентана и полиола	1	70000 – 80000	70000 – 80000
	Модуль полиола со шкафом управления	1	30000 – 35000	30000 – 35000
3.	Модернизация существующей линии для запенивания холодильных шкафов / боксов ТХО			
3.1	Комплект оборудования для перевода на циклопентан существующих машин запенивания шкафов /боксов ТХО	2	100000 – 110000	200000 – 220 000
3.2	Комплект оборудования для инертизации азотом существующей машины запенивания	2	30000 – 35000	60000 – 70000
4	Замена заливочной машины высокого давления			
4.1	Заливочная машина высокого давления	1	190000 – 200000	190000 – 200000
5.	Электронный эксплозиметр			
5.1	Электронный эксплозиметр для тестирования датчиков циклопентана	1	2500 – 3000	2500 – 3000
6.	Система безопасности	1	50000 – 60000	50000 – 60000

7.	Инжиниринг	1	40000 – 50000	40000 – 50000
8.	Комплект запасных частей и расходных материалов			
8.1	Комплект запасных частей и расходных материалов на 2 года работы	1	35000 – 40000	35000 – 40000
	ИТОГО:			684500 – 766000

Таким образом, суммарные затраты предприятия сектора БХО на осуществление конверсии на озонобезопасный циклопентан могут составить от 1 до 1,2 млн долл. США.

Таким образом, суммарные затраты среднемасштабного предприятия сектора ТХО на осуществление конверсии на озонобезопасный циклопентан могут составить от 0,9 до 1,1 млн долл. США.

Выводы:

1. В секторе ТХО в настоящее время в основном используется автономное оборудование, работающее на ГФУ-134а и R-404А.
2. R-600а и R-290 применяются в секторе ТХО в небольших системах, содержащих от 15 г до 1,5 кг хладагента.
3. R-744 в секторе ТХО в основном используется в торговых автоматах. Несмотря на преимущества, применение R-744 связано с техническими сложностями.
4. Стоимость оборудования в секторе ТХО, работающего на углеводородных хладагентах, с учетом затрат на обеспечение его безопасности практически не отличается от стоимости оборудования на ГФУ.
5. ГФУ-134а в секторе ТХО потенциально может быть заменен на ГФО-1234yf, обладающий схожими показателями энергоэффективности. Основным препятствием для внедрения ГФО-1234yf является его цена.
6. Продвижение на рынок конденсаторных агрегатов, работающих на альтернативных хладагентах R-744, R-290 и R-1270, идет медленно. Такие установки демонстрируют высокие показатели энергоэффективности, однако их стоимость, как правило, на 5-15 % выше, чем у систем на ГФУ.
7. Оптимальными ГФУ-хладагентами для конденсаторных агрегатов в настоящее время являются ГФУ-134а, R-404А и в некоторой степени R-410А.
8. В целом в развитых странах применение в ТХО ГФУ с высоким ПГП рассматриваются в качестве краткосрочных вариантов.
9. В настоящее время для охлаждения супермаркетов крупные европейские компании на среднетемпературном уровне используют холодильные машины на ГФУ-134а, а на низкотемпературном – системы непосредственного охлаждения, работающие на R-744,

или системы с промежуточным хладоносителем.

10. Аммиак применяется в централизованных системах с промежуточным хладоносителем большой мощности, в которых на низкотемпературном уровне используется R-744. В силу требований техники безопасности количество таких установок пока ограничено.
11. Снижения ППП можно достичь путем замены ГФУ-134а на ГФО-1234yf или ГФО-1234ze при условии учета низкой воспламеняемости этих хладагентов на этапе проектирования. В действующих установках в качестве негорючих хладагентов могут использоваться смеси с малым температурным гистерезисом, например, N-13 или XP-10.
12. Уверенное положение в секторе ТХО на европейском рынке заняли двухступенчатые системы, в которых R-744 используется как на среднетемпературном, так и на низкотемпературном уровнях.
13. В странах ЕС и США в настоящее время ведется разработка транскритических систем, работающих на R-744, в которых будут достигнуты более высокие показатели энергоэффективности при высокой температуре окружающей среды. Дополнительные расходы в этом случае составят 10-15%. Среди хладагентов со средним или высоким ППП основным остается R-404А, однако в новых установках на среднетемпературном уровне вместо него используется ГФУ-134а. В качестве промежуточного варианта предлагается R-407F. Существуют также негорючие варианты с относительно низким ППП: ГФО-смеси N-40 и DR-33.
14. Оптимальными хладагентами для охлаждения на автотранспортных средствах пока продолжают являться ГФУ. Практически во всех автоприцепах и большегрузных автомобилях используется R-404А. В малогабаритных автомобилях и фургонах – ГФУ-134а. В настоящее время ведутся испытания альтернативных ГФО с низким ППП и хладагентов, не содержащих ГФУ, однако появление конкурентоспособной альтернативы в ближайшем будущем маловероятно.
15. Использование R-744 в холодильных агрегатах на автомобилях станет возможным после появления на рынке более эффективных многоступенчатых компрессоров, которые на данный момент находятся на стадии разработки.
16. Испытания углеводородов (в основном R-290) в автомобильных холодильных установках показали, что благодаря меньшему потреблению энергии (на 20 и более%) они могут стать предпочтительной альтернативой.

Глава 10. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора промышленного холодильного оборудования на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере

К сектору промышленного холодильного оборудования (далее – ПХО) относятся: оборудование для заморозки и хранения при низких и средних температурах продуктов питания на складах хранения; оборудование для технологического кондиционирования коммерческой недвижимости и цехов производства; холодильное оборудование для сопровождения всевозможных процессов производства. Основными потребителями такого оборудования являются: склады, предприятия пищевой промышленности, промышленные предприятия, объекты коммерческой недвижимости, пивоваренные предприятия и предприятия по производству безалкогольных напитков. Преимущественную долю на российском рынке составляет ПХО – 60%, на ТХО приходится 40% рынка.

Хотя доля холодильного оборудования импортного производства в настоящее время на российском рынке невелика (20%), преимущественную часть оборудования составляет продукция, собранная в России из импортных комплектующих (70%), а доля оборудования, собранного из отечественных комплектующих, лишь 10%.

Характеризуя некоторые основные тенденции спроса на ПХО в Российской Федерации, необходимо отметить, что основными потребителями холодильного оборудования являются сетевые супермаркеты, пищевые комбинаты, пивоваренные компании и холодильные склады, т.е. перспективы развития рынка ПХО будут и в дальнейшем связаны с перспективами развития средних и крупных предприятий перерабатывающей промышленности и торговли. В развитых же странах (ЕС, США, Канада, Япония и др.) основная доля поставок ПХО в стоимостном выражении приходится на масштабные проекты в химической, нефтеперерабатывающей и горнодобывающей отраслях.

В секторе ПХО величина холодопроизводительности систем, как правило, составляет от 10 кВт до 10 МВт, а температура испарения варьирует от -50°C до $+20^{\circ}\text{C}$. Приблизительно 75% всех промышленных холодильных установок в мире используются в пищевой промышленности, остальные – на производстве, для обеспечения функционирования спортивных сооружений и в организации досуга. Более 90% крупных промышленных холодильных систем и от 5% (в Индии и Китае) до 25% (в Российской Федерации) систем меньшего размера работают на аммиаке (R-717). Промышленные аммиачные системы в среднем на 15% более эффективны, чем системы, работающие на ГФУ, в связи с чем, в 40% промышленных холодильных систем в странах ЕС

используется R-717. Из-за сильного запаха, присущего R-717, конструкция промышленных аммиачных холодильных систем отличается высокой герметичностью. Объем утечек из европейских систем, работающих на аммиаке, в настоящее время составляет 8-10 %.

С учетом того, что ввоз оборудования, содержащего ОРВ, на территорию Российской Федерации запрещен только с 1 января 2013 г. (Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии № 158 от 18 сентября 2012 г. «О внесении изменений в разделы 1.1 и 2.1 Единого перечня 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»), импорт до этой даты компонентов ПХО, рассчитанных на использование в качестве хладагента ГХФУ-22, наблюдался в значительных объемах.

Помимо широко распространенного аммиака к альтернативам ГХФУ-22 относятся углеводороды, диоксид углерода (R-744) – для работы с низкими температурами (заморозка), ГФУ и воздух – для работы с очень низкими температурами.

При замене холодильной системы на ГХФУ-22 на систему на R-717 с тепловыми насосами для рекуперации тепла и подогрева воды энергопотребление снижается на 40%. Энергопотребление аммиачных установок может быть значительно снижено за счет использования дополнительных усовершенствований (понижения температуры конденсации, повышения температуры испарения, использования компрессоров с регулируемой скоростью и многоступенчатых систем).

Углеводороды используются только там, где они уже предусмотрены требованиями по безопасности (на газоперекачивающих станциях, на нефтехимических заводах и т.д.). Эти хладагенты обладают высокой эффективностью и совместимы с большинством материалов и смазочных материалов. Однако в них используются более дорогие, чем в аммиачных системах, средства противопожарной безопасности.

R-744 показал высокую эффективность при использовании в низкотемпературных ветвях каскадных аммиачных систем, в частности, в пищевой промышленности, где хладагент испаряется в морозильном оборудовании предприятия.

В условиях холодного и умеренного климата большинства регионов России целесообразно использовать R-744 в качестве единственного хладагента.

Рядом исследований было показано, что в низкотемпературных установках возможно использование воздуха, обладающего высокой энергоэффективностью при температуре ниже -60°C .

С 2001 г. компания Nestle использует в своем промышленном холодильном

оборудовании природные хладагенты и системы, работающие на R-717 и R-744. По мнению компании, в низкотемпературных установках следует по возможности применять диоксид углерода (CO₂) в сочетании с аммиаком (NH₃). Помимо множества технических и экономических преимуществ диоксид углерода является более безопасным для окружающей среды, людей и товаров.

Чиллеры

Для кондиционирования воздуха в больших коммерческих зданиях и комплексах зданий (гостиницы, офисные здания, больницы, университеты и др.) обычно используются чиллеры. Они охлаждают воду или другой теплоноситель (например, смесь воды и антифриза), который подается в теплообменники блоков подготовки воздуха или фанкойлов для охлаждения и осушения воздуха. Чиллеры также используются для технологического охлаждения на таких коммерческих и промышленных объектах, как центры обработки данных, узлы связи, электростанции, литейные цеха и т.д. Еще одной сферой применения чиллеров являются централизованные системы холодоснабжения, которые обеспечивают кондиционирование воздуха в нескольких зданиях при помощи одной системы распределения охлажденной воды, а не отдельных систем для каждого здания. Основной задачей чиллера является охлаждение, однако его можно использовать и для рекуперации тепла. Основными компонентами парокомпрессионного чиллера являются: один или более компрессоров с электродвигателями (или, реже, двигателями или турбинами с открытым приводом), охладитель жидкости (испаритель), конденсатор, трубопровод хладагента, маслосистема, дроссельное устройство, расходомер, силовая установка (обычно пусковое устройство или частотно-регулируемый электропривод) и блок защиты и управления. Как правило, чиллеры изготавливаются и проходят испытания в процессе производства на предприятии – изготовителе. Работы по соединению компонентов чиллера, содержащих хладагент, на площадке не требуются, за исключением чиллеров очень большого размера, которые поставляются в виде нескольких аппаратов. Монтаж и установка заключаются в подключении к источникам воды, электроэнергии и системам управления. Парокомпрессионные чиллеры разделяются по типам компрессоров: на чиллеры с центробежными и объемными компрессорами. Чиллеры могут разделяться и по типам теплообменников конденсатора. Наиболее распространены чиллеры с водяным или воздушным охлаждением, реже встречаются чиллеры с испарительным охлаждением и сухие охладители.

Чиллеры с объемными компрессорами

К чиллерам с объемными компрессорами относятся чиллеры с поршневыми, винтовыми и спиральными компрессорами. Модели небольшой производительности в

большинстве случаев охлаждаются воздухом, модели мощностью более 350 кВт чаще оснащаются водяным охлаждением. Производительность чиллеров может превышать несколько МВт.

Аммиак (R-717) широко применяется в поршневых и винтовых чиллерах, используемых в технологическом охлаждении, кондиционировании воздуха и на складах хранения пищевых продуктов. В силу высокой токсичности и горючести хладагента такие системы размещаются снаружи или в специальных машинных залах. Высокий уровень шума систем большой производительности обуславливает необходимость их установки в звуко-изолированном помещении. Чиллеры такого типа широко применяются в ЕС в аэропортах и аналогичных зонах, требующих большой производительности климатического оборудования. R-717 эффективен при использовании как в средне-, так и в высокотемпературных сферах применения. Системы на R-717 холодопроизводительностью более 200 кВт и приблизительно до 6 МВт по экономической эффективности аналогичны системам, работающим на ГХФУ-22. Барьеры в применении чиллеров такие же, как и в использовании систем на R-717 в целом. Однако следует отметить, что R-717 более пригоден для применения в промышленных системах и системах большой производительности. Соответствующие законодательные нормы успешно действуют в ЕС уже много лет, однако наблюдается интерес в других странах к внесению соответствующих поправок в некоторые стандарты. R-717 является перспективным хладагентом для использования в коммерческих и промышленных установках большой производительности и, если не учитывать действующие в Российской Федерации нормативные требования, пригоден для большинства сфер применения.

В настоящее время в поршневых чиллерах разных производителей используется диоксид углерода (R-744). Мощность таких машин может достигать нескольких сотен киловатт. Сфера применения включает в себя как кондиционирование воздуха, так и охлаждение. В системах других типов эффективность падает с ростом температуры окружающей среды. Таким образом, чиллеры с водяным охлаждением лучше подходят для использования в странах с жарким климатом. Однако использование чиллеров не только для охлаждения, но и для обогрева, позволяет увеличить их сезонную эффективность. В настоящее время ведутся разработки новых моделей, в которых используются новые знания о термодинамических свойствах и особенностях систем. Такие модели обещают быть более эффективными, чем современные системы на ГХФУ и ГФУ. Стоимость чиллеров небольшой производительности, работающих на R-744, выше, чем стоимость систем на ГХФУ-22, поскольку используемые в них трубопроводы и детали должны выдерживать высокое давление. Однако относительная стоимость систем

производительностью около 100 кВт приближается к стоимости систем на ГХФУ-22. В последние годы в странах ЕС производство чиллеров с объемным компрессором, работающих на R-744, увеличилось. Такие чиллеры широко распространены и все чаще применяются как для кондиционирования воздуха, так и для охлаждения. Однако эффективность ограничивает их использование преимущественно в странах прохладном климате.

Многие производители в ЕС, США и Японии поставляют чиллеры на R-290 и R-1270. Углеводороды с давних пор широко используются в газоперекачивающих установках и нефтехимической промышленности, а в настоящее время стали применяться для кондиционирования воздуха, хранения пищевых продуктов и охлаждения технологических процессов. В большинстве случаев они применяются в поршневых и винтовых чиллерах. В настоящее время отсутствуют чиллеры, работающие на смесевых углеводородных хладагентах. Эффективность R-290 и R-1270 как в средне-, так и в высокотемпературных сферах применения такая же, как у ГХФУ-22, или выше. Многие производители указывают, что COP (англ. Coefficient of Performance – коэффициент преобразования теплоты, холодильный коэффициент) чиллеров на углеводородах выше, чем у аналогичных моделей, работающих на ГХФУ или ГФУ. Как правило, расходы на перевод чиллеров на УВ невысоки, несмотря на необходимость применения защитных мер, определяющих размер дополнительных издержек. Препятствия для использования углеводородов зависят от конфигурации чиллера. Существенных препятствий для использования чиллеров с воздушным или водяным охлаждением, размещаемых на открытом воздухе (с определенными интервалами) нет. Электрооборудование систем в машинных залах должно быть пригодно для использования в опасных зонах. Кроме того, данные системы оснащают системами обнаружения утечки углеводородного хладагента и аварийной вентиляцией (как и в случае чиллеров, работающих на других хладагентах). Основным препятствием является невозможность размещения чиллеров на углеводородах ниже уровня земли (например, в подвальных этажах), если в конструкции системы не предусмотрены дополнительные защитные меры. Кроме того, необходимо специальное обучение техников. В Европе и некоторых других регионах расширяется использование чиллеров на углеводородах, однако их общее количество до сих пор меньше, чем систем на ГХФУ-22 и ГФУ. Таким образом, углеводородные хладагенты являются перспективной, экономически и энергетически эффективной альтернативой для использования в коммерческой и промышленной сферах, за исключением случаев, требующих размещения чиллеров ниже уровня земли.

ГФО-1234ze(E) пригоден для использования в чиллерах. Испытания оборудования

на этом хладагенте уже проведены в ряде стран ЕС. При использовании в поршневых, спиральных или винтовых компрессорах этот хладагент показал такую же эффективность, как ГФУ-134а. В спиральных и поршневых компрессорах возможно использование прежнего полиэфирного смазочного масла. В винтовых компрессорах возможно использование полиэфирного масла того же типа, однако степень вязкости должна соответствовать требованиям производителя оборудования. Несмотря на то что ГФО-1234ze(E) является слабовоспламеняемым хладагентом, как минимум наружная установка должна производиться в соответствии с определенными руководствами и стандартами. ГФО-1234ze(E) может заменить ГФУ-134а в действующих системах при условии незначительных переделок (изменения размера компрессоров). Благодаря высокой критической температуре этот хладагент показывает высокую эффективность в условиях теплого климата.

В чиллерах с объемными компрессорами широко применяются R-407C и R-410A. Особенности использования таких систем такие же, как у сплит-систем и тепловых насосов.

ГФУ-134а нашел широкое применение в поршневых, спиральных и винтовых чиллерах разной производительности. В силу низкого рабочего давления конструкция деталей системы немного отличается от конструкции деталей, предназначенных для работы на ГХФУ-22, R-407C и R-410A. Этот хладагент относится к классу безопасности A1 (низкотоксичное и слабогорючее вещество), следовательно, его использование не представляет угрозы для безопасности. ГФУ-134а менее эффективен, чем ГХФУ-22, однако при внесении соответствующих изменений в конструкцию системы возможно достичь более высокого COP. Стоимость систем, работающих на ГФУ-134а, существенно выше, чем у систем на ГХФУ-22, в силу их большего размера. Так как ГФУ-134а широко распространен, очевидно, что для его использования отсутствуют существенные препятствия.

Смесевой хладагент L-20 может заменить ГХФУ-22 и R-407C в чиллерах с поршневыми или спиральными компрессорами. В силу того, что величины давления у этой смеси такие же, как у ГХФУ-22 и R-407C, внесения значительных изменений в конструкцию не требуется. Хотя L-20 является слабовоспламеняемым хладагентом, установка должна производиться в соответствии с определенными руководствами и стандартами. Эти требования совпадают с требованиями к конструкции и машинным залам для чиллеров, работающих на R-717. Существенными ограничениями для проектирования систем и внедрения L-20 на сегодняшний день являются его доступность на российском рынке и цена.

Смесевой хладагент N-13 пригоден для использования в чиллерах с объемными

компрессорами и может заменить ГФУ-134а в действующих системах при условии незначительных переделок (изменения размера компрессоров). При использовании в поршневых, спиральных или винтовых компрессорах этот хладагент показал такую же эффективность, как ГФУ-134а. В спиральных и поршневых компрессорах возможно использование прежнего полиэфирного смазочного масла. В винтовых компрессорах возможно использование полиэфирного масла того же типа, однако степень вязкости должна соответствовать требованиям производителя оборудования. Благодаря высокой критической температуре этот хладагент показывает высокую эффективность в теплом климате. В настоящее время производители в ЕС и США проводят испытания и разрабатывают прототипы чиллеров с поршневыми и винтовыми компрессорами.

Смесевой хладагент ХР-10 также потенциально пригоден для использования в чиллерах с объемными компрессорами и при условии незначительных переделок может заменить ГФУ-134а в действующих системах (в первую очередь, изменения размера компрессоров). При использовании в поршневых или спиральных компрессорах этот хладагент показал такую же эффективность, как ГФУ-134а. В спиральных и поршневых компрессорах возможно использование прежнего полиэфирного смазочного масла.

Возможен перевод чиллеров с объемным компрессором с R-410А на ГФУ-32 с учетом его горючести. Благодаря лучшим характеристикам теплопередачи энергоэффективность таких систем такая же, как у систем на ГХФУ-22 и R-410А, или немного выше. Повышение производительности на единицу рабочего объема компрессора считается положительным аспектом при использовании чиллеров со спиральными компрессорами большой производительности и, наоборот, отрицательным при использовании чиллеров с винтовыми компрессорами малой производительности. Поскольку в случае водяных теплообменников характеристики теплопередачи являются ограничивающим фактором, их улучшение у этого хладагента считается преимуществом. ГФУ-32 хорошо подходит для чиллеров большой производительности с воздушным охлаждением из-за меньшего падения давления. Требования к машинным залам, обусловленные горючестью хладагента, аналогичны требованиям к системам на R-717. Электрические переключатели чиллеров большой производительности могут быть источником воспламенения ГФУ-32. Однако поскольку машинные залы в обязательном порядке оснащаются вентиляционными системами для предотвращения возникновения опасной концентрации, особые требования к переключателям применительно к хладагентам класса А2L не предусмотрены. В настоящее время в Японии проводится оценка рисков использования чиллеров, работающих на хладагентах класса А2L. ГФУ-32 пригоден для использования в чиллерах малой производительности, а хладагенты серии

ГФО-1234 предпочтительны для более крупных систем.

Центробежные чиллеры

К центробежным относятся чиллеры, оснащенные одно-, двух- или трехступенчатыми центробежными компрессорами. Такие компрессоры, как правило, используются в системах с водяным охлаждением производительностью более 1 МВт. Центробежные чиллеры с воздушным охлаждением менее распространены и используются, как правило, для кондиционирования воздуха в очень больших зданиях и централизованных системах холодоснабжения.

Центробежные чиллеры, работающие на R-717, встречаются редко, однако они доступны на рынке и используются в некоторых сферах. R-744 в центробежных чиллерах не применяется.

Углеводороды в незначительном объеме используются в центробежных чиллерах, как правило, на нефтехимических заводах, где соблюдаются меры безопасности при работе в опасных зонах.

Эффективность ГФО-1234ze(E) в центробежных компрессорах немного выше, чем у ГФУ-134а. В силу наружного размещения требования к безопасности к таким чиллерам аналогичны требованиям к чиллерам с объемными компрессорами. Благодаря высокой критической температуре этот хладагент показывает высокую эффективность в теплом климате. В настоящее время в эксплуатации находятся несколько чиллеров на ГФО-1234ze(E).

Для замены ГХФУ-123 в центробежных чиллерах низкого давления может использоваться ГХФО-1233zd(E). При использовании в центробежных компрессорах эффективность этого хладагента немного выше, чем у ГХФУ-123, что позволяет проектировать системы с высокими показателями энергоэффективности. Этот хладагент является новым веществом, и, следовательно, его стоимость существенно выше, чем у ГХФУ-123. Однако в перспективе она может быть снижена и окупиться в разумный период времени благодаря высоким показателям энергоэффективности, которые приводят к снижению затрат конечных пользователей. В настоящее время производители в развитых странах оценивают возможности использования этого хладагента.

ГФУ-134а широко применяется в центробежных чиллерах разной производительности. В силу более высокого рабочего давления конструкция деталей таких систем немного отличается от систем на ГХФУ-123. Этот хладагент относится к классу безопасности A1 (низкотоксичное и слабогорючее вещество), следовательно, его использование не представляет угрозы для безопасности. Энергоэффективность значительно ниже, чем у ГХФУ-123. Общая конструкция систем схожа с конструкцией

систем на ГХФУ-123. Так как ГФУ-134а широко распространен, очевидно, что для его использования отсутствуют существенные препятствия.

Использование ГФУ-32 в центробежных чиллерах возможно с учетом его горючести. Теплопроводность этого хладагента выше, чем у R-410А, однако из-за высокой внутренней утечки, большого перепада давления и меньшей молярной массы эффективность компрессора снижается по сравнению с системами на ГФУ-134а и других хладагентах низкого давления (например, ГФО-1234ze). Кроме того, точка кипения этого хладагента не такая высокая, как у ГФУ-134а и ГФО-1234ze, поэтому системы, работающие на ГФУ-32, требуют испарителя большего размера. Таким образом, применение ГФУ-32 в центробежных чиллерах существенно ограничено и практически не встречается.

Выводы:

1. Более 90 % крупных промышленных холодильных систем и от 5 % (в Индии и Китае) до 25 % (в Российской Федерации) систем меньшего размера работают на аммиаке (R-717). Энергоэффективность таких систем на 15 % выше, чем систем с применением ГФУ.
2. Углеводородные хладагенты в ПХО используются только там, где уже предусмотрены требования к безопасности (на нефтехимических и др. предприятиях).
3. R-717 широко используется в технологическом охлаждении, кондиционировании воздуха и хранении пищевых продуктов.
4. R-717 эффективен при использовании как в средне-, так и в высокотемпературных сферах применения.
5. Многие производители в ЕС, США и Японии поставляют чиллеры на R-290 и R-1270. Определенные препятствия для использования чиллеров, работающих на углеводородах, обусловлены конфигурацией агрегатов.
6. ГФО-1234ze(E) может заменить ГФУ-134а в действующих системах с незначительными изменениями (размер компрессора). По сравнению с ГФУ-134а этот хладагент имеет аналогичную эффективность при использовании в поршневых, спиральных и винтовых компрессорах и более высокую – в центробежных.
7. ГХФО-1233zd(E) может заменить ГХФУ-123 в центробежных чиллерах низкого давления с незначительным повышением эффективности. В силу высоких критических температур чиллеры на ГФУ-1234ze(E) и ГХФО-1233zd(E) демонстрируют высокие показатели в теплом климате.
8. В чиллерах с объемными компрессорами наряду с ГФУ-134а широко используются R-407C и R-410А. ГФУ-134а также широко применяется в центробежных чиллерах разных мощностей.

9. Углеводородные хладагенты в незначительном объеме используются в центробежных чиллерах на нефтехимических заводах, где соблюдаются меры безопасности при работе в опасных зонах.
10. Преимущественную долю на российском рынке составляет промышленное холодильное оборудование – 60%, на торговое холодильное оборудование приходится 40% рынка.
11. На российском рынке преимущественную долю занимает холодильное оборудование, собранное в России из импортных комплектующих.
12. Доля холодильного оборудования импортного производства на российском рынке составляет около 20%.
13. На ПХО, собранное из отечественных комплектующих, приходится лишь около 10 % рынка.
14. Основными потребителями ПХО в России являются сетевые супермаркеты, пищевые комбинаты, пивзаводы и промышленные холодильники.
15. Наиболее привлекательным сегментом рынка ПХО является изготовление новых и модернизация имеющихся холодильных складов и камер.

Глава 11. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора сервисного обслуживания кондиционеров воздуха и тепловых насосов на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере

В Российской Федерации производство автономных кондиционеров и сплит-систем всех типов отсутствует. С учетом того, что ввоз оборудования в Российскую Федерацию, содержащего ОРВ, запрещен только с 1 января 2013 г. (Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии № 158 от 18 сентября 2012 г. «О внесении изменений в разделы 1.1 и 2.1 Единого перечня 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»), в 2012 г. было завезено рекордное количество автономных кондиционеров и сплит-систем, рассчитанных на использование ГХФУ-22.

Автономные кондиционеры

Под небольшими автономными кондиционерами понимаются кондиционеры малой производительности, в которых все компоненты системы охлаждения собраны в одном блоке. Холодопроизводительность таких агрегатов, как правило, составляет 1,0-10 кВт. К ним относятся оконные, внутрстенные, мобильные и агрегатированные кондиционеры. Небольшие автономные кондиционеры предназначены для обогрева или охлаждения

отдельных помещений, например, спален, небольших магазинов, ресторанов и офисов.

До недавнего времени аммиак (R-717) не применялся в таких системах в силу ограничений на использование в зонах пребывания людей из-за его горючести и токсичности. Кроме того, в силу требований к конструкции систем малой производительности агрегаты на R-717 занимали бы слишком много места.

Диоксид углерода (R-744) практически не используется в небольших автономных кондиционерах. Однако ведутся разработки систем специального назначения, предназначенных как для охлаждения, так и для обогрева, например, так называемых блоков контроля параметров окружающей среды (англ. Electronic Control Unit – ECU). Такие системы предпочтительнее использовать при низкой температуре окружающей среды, так как при превышении 31⁰С, являющейся критической температурой для R-744, их эффективность может снизиться больше, чем при использовании хладагентов с более высокой критической температурой. Таким образом, в стандартных рабочих условиях, предусматривающих, как правило, температуру наружного воздуха, равную 35⁰С (стандарт EN 14511), эффективность обычных систем, работающих на R-744, ниже, чем у систем на других хладагентах. Однако недавние испытания показали, что усовершенствование подобных систем, например, оснащение компрессорами с регулируемой скоростью и эжекторами, может заметно повысить эффективность даже при высокой температуре окружающей среды. В то же время общая эффективность систем, предназначенных не только для охлаждения, но и для обогрева, позволяет использовать их также в странах с жарким климатом. Данных о расходах, связанных с использованием R-744 в небольших автономных кондиционерах, немного, однако в зависимости от компонентов оборудования и требований к материалам теоретическая стоимость установок, работающих на R-744, может быть как выше, так и ниже, чем у систем, работающих на ГХФУ-22. Из-за низкой эффективности использование систем, работающих на R-744, только для охлаждения нерентабельно. Большой интерес представляют разработки моделей, работающих также на обогрев. Распространение таких систем можно ожидать только в странах, где существует потребность в оборудовании, предназначенном для охлаждения и обогрева.

Пропан (R-290) уже достаточно много лет используется в мобильных кондиционерах, производством которых занимается несколько компаний. Также ведутся разработки оконных кондиционеров. Для систем небольшой мощности R-290 представляется более предпочтительным хладагентом, чем R-1270. Информация об использовании смесевых углеводородных хладагентов в мобильных кондиционерах отсутствует.

COP R-290 такой же, как у ГХФУ-22, или выше. Различие между этими хладагентами практически отсутствует при нормальной и высокой температуре окружающей среды. Небольшие автономные кондиционеры, работающие на R-290, отличаются немного более высокой стоимостью в силу дополнительных расходов на обеспечение безопасности электрооборудования и снижения расходов на теплообменники. Общая стоимость систем, работающих на R-290, может оказаться ниже, чем систем, работающих на R-410A, но при этом эффективность снижается на 10%. Препятствия, связанные с обеспечением безопасности, не такие значительные, как при использовании систем, устанавливаемых на месте, т.к. небольшие автономные кондиционеры не требуют операций с хладагентом. Однако стандарты безопасности ограничивает содержание хладагента в определенных категориях оборудования. В настоящее время некоторые производители разрабатывают новые модели кондиционеров, работающих на R-290. В целом можно отметить, что R-290 в силу высокой эффективности и низкой стоимости является перспективным хладагентом для использования в небольших автономных кондиционерах.

Широкое использование R-407C в небольших автономных кондиционерах началось еще до начала вывода ГХФУ-22 из обращения в развитых странах. Это связано с тем, что давление паров этого хладагента почти такое же, как у ГХФУ-22. Он относится к классу безопасности A1 (низкотоксичное и слабогорючее вещество) и, следовательно, его использование не представляет угрозы для безопасности. R-407C менее эффективен, чем ГХФУ-22, однако при внесении соответствующих изменений в конструкцию системы, возможно, достичь практически аналогичного COP. Как правило, цена систем, работающих на этом хладагенте, выше, чем на ГХФУ-22. Так как R-407C широко распространен, очевидно, что для его использования также отсутствуют существенные препятствия.

Хладагент R-410A постепенно замещает R-407C в развитых странах, где он широко применялся. В других странах (включая Российскую Федерацию), где вывод ГХФУ-22 из обращения начался позже, использование R-407C вряд ли достигнет значительных объемов.

В большинстве небольших автономных кондиционеров вместо ГХФУ-22 используется R-410A. В силу более высокого рабочего давления конструкция компонентов таких систем немного отличается. Он относится к классу безопасности A1 (низкотоксичное и слабогорючее вещество) и, следовательно, его использование не представляет угрозы для безопасности. R-410A менее эффективен, чем ГХФУ-22, однако при внесении соответствующих изменений в конструкцию системы возможно достичь более высокого COP. При повышении температуры окружающей среды эффективность (и

холодопроизводительность) этого хладагента снижается больше, чем у ГХФУ-22. Как правило, цена систем, работающих на этом хладагенте, выше, чем на ГХФУ-22. В силу широкого распространения R-410A, очевидно, что для его использования нет существенных препятствий, за исключением проблем, связанных с высокой температурой окружающей среды, и сложности в обслуживании систем с высоким рабочим давлением. В настоящее время R-410A является стандартным хладагентом для автономных систем кондиционирования воздуха.

Небольшие автономные кондиционеры можно перевести с R-410A на ГФУ-32. Хотя ГФУ-32 горюч, его необходимое количество вряд ли позволит достичь нижнего предела воспламеняемости (НПВ). По сравнению с ГХФУ-22 и R-410A у ГФУ-32 лучшая теплопередача при большей скорости потока в теплообменнике, благодаря чему в компактных моделях COP может быть относительно выше. При высокой температуре окружающей среды энергоэффективность ГФУ-32 снижается на несколько процентов больше, чем у ГХФУ-22, но не так значительно, как у R-410A. В таких условиях температура нагнетания в компрессоре может быть очень высокой, что снижает надежность системы. Стоимость небольших установок, работающих на ГФУ-32, аналогична стоимости систем на R-410A и ГХФУ-22. Электрические компоненты в таких системах вряд ли могут спровоцировать воспламенение ГФУ-32, однако их первоначальная проверка требует определенных расходов. Один из крупнейших китайских производителей уже поставляет на австралийский рынок компактные автономные кондиционеры, работающие на ГФУ-32.

Небольшие автономные кондиционеры можно перевести с R-410A на смесь L-41. В силу низкой горючести необходимое количество этого хладагента вряд ли позволит достичь нижнего предела воспламеняемости (НПВ) в случае утечки. Основными препятствиями для использования этой смеси является цена, доступность и горючесть, однако международные стандарты не ограничивают использования L-41 в таком оборудовании в большинстве сфер применения. В настоящее время о разработке небольших автономных кондиционеров, работающих на L-41, информация отсутствует.

Мини-сплит-системы

Бытовые и небольшие коммерческие климатические системы зачастую представлены безканальными мини-сплит-системами. Они широко применяются в коммерческих зданиях, школах, квартирах и частных домах. Мини-сплит-системы включают в себя конденсаторный блок (компрессор/теплообменник), устанавливаемый вне охлаждаемого или обогреваемого помещения. Этот блок соединяется трубопроводами и электрическими кабелями с внутренним блоком (фанкойлом) внутри помещения, который

обычно размещается на стене или даже на потолке или полу. Кондиционеры с обратным циклом (тепловые насосы) заняли прочное положение на рынке Российской Федерации, где они в основном применяются для обогрева в прохладное время года, а в летний период – для охлаждения.

Аммиак (R-717) в таких системах не используется из-за ограничений на применение в зонах пребывания людей. Конкурентоспособность этих систем также низка из-за недостаточной производительности и требований к установке.

В настоящее время на рынке нет сплит-систем, работающих на диоксиде углерода (R-744), однако ведутся исследования их рабочих характеристик и перспективности. Из-за низкого COP охлаждения при работе в номинальном режиме небольшие автономные кондиционеры, работающие на R-744, неконкурентоспособны. Однако с учетом наличия режима обогрева сезонная эффективность кондиционеров с обратным циклом, работающих на R-744, может быть такой же, как у современных установок, работающих на R-410A. Стоимость сплит-систем такая же, как у небольших автономных кондиционеров, работающих на этом хладагенте, однако установка обойдется дороже за счет прокладки трубопроводов и электрических кабелей. Распространение сплит-систем на R-744 ограничено теми же препятствиями, что наблюдаются в случае небольших автономных кондиционеров. При этом дополнительную сложность составляет прокладка трубопроводов и необходимость обучения техников обращению с этим хладагентом. Из-за низкой эффективности использование систем, работающих на R-744, только в режиме охлаждения нерентабельно, однако больший интерес представляют разработки моделей, работающих в режиме охлаждения и обогрева.

Небольшое количество сплит-систем на R-290 присутствует на рынке достаточно давно. В последнее время несколько ведущих компаний приступили к производству новых моделей на этом хладагенте. Несмотря на то, что R-290 является предпочтительным вариантом среди углеводородных хладагентов, некоторые компании исследуют возможности использования R-1270. Об использовании других углеводородных хладагентов в новых системах информация отсутствует. В большинстве случаев COP R-290 такой же, как у ГХФУ-22, или выше. Результаты многих исследований показывают увеличение COP на 15% без снижения производительности. Незначительные дополнительные расходы связаны с обеспечением безопасности электрооборудования. В то же время снижение расходов на теплообменники повышает экономическую эффективность таких систем. Также требуются средства на специализированную подготовку техников и обеспечение их соответствующими инструментами. Системы на R-290 производятся несколькими компаниями. Некоторые производители обещают

запустить в производство систем после завершения строительства производственных линий. В частности, до конца 2015 г. китайские производители планируют перевести 18 производственных линий с ГХФУ-22 на R-290. Соответственно, продолжаются обширные исследования и разработки в связи с вопросами обеспечения безопасности и уменьшением количества хладагента. В силу высокой эффективности и низкой стоимости R-290 является перспективным хладагентом для использования в сплит-системах малой производительности.

В Российской Федерации уже имеется успешный опыт перевода сплит-системы, работающей на ГХФУ-22, на R-290.

Широкое использование R-407C в сплит-системах началось еще до начала вывода ГХФУ-22 из обращения в развитых странах. Это связано с тем, что давление паров этого хладагента почти такое же, как у ГХФУ-22. Этот хладагент относится к классу безопасности A1 (низкотоксичное и слабогорючее вещество) и, следовательно, его использование не представляет угрозы для безопасности. Прочие аспекты применения R-407C совпадают с его использованием в небольших автономных кондиционерах.

R-410A используется в большинстве сплит-систем, которые работают не на ГХФУ-22. Конструкция компонентов таких систем немного отличается в силу более высокого рабочего давления. Этот хладагент относится к классу безопасности A1 (низкотоксичное и слабогорючее вещество) и, следовательно, его использование не представляет угрозы для безопасности. Прочие аспекты применения R-410A совпадают с его использованием в небольших автономных кондиционерах.

Возможен перевод сплит-систем с R-410A на хладагент L-41. В силу низкой горючести необходимое количество этого хладагента вряд ли позволит достичь нижнего предела воспламеняемости (НПВ) в случае утечки. Эта смесь обладает примерно такой же эффективностью, как и R-410A, однако данные о возможности ее применении при высокой температуре окружающей среды отсутствуют. Стоимость систем, работающих на L-41, должна быть значительно выше в силу высокой стоимости хладагента. Основным препятствием для использования этой смеси также является горючесть, однако международные стандарты не ограничивают ее использования в таком оборудовании в большинстве сфер применения. В настоящее время проводятся обширные испытания и опробование систем, работающих на L-41. Разработки ведут производители из Японии, Южной Кореи, Китая и Новой Зеландии.

Потенциально возможен перевод сплит-систем с R-410A на ГФУ-32. В силу низкой горючести содержание этого хладагента будет таким, что в случае утечки нижний предел воспламеняемости (НПВ) вряд ли будет достигнут. Во многих мини-сплит-системах ГФУ-

32 так же эффективен, как R-410A и ГХФУ-22. Пробные замены хладагента в высокоэффективных системах, работающих на R-410A, в ряде случаев показывают сохранение рабочих характеристик. Это объясняется тем, что скорость потока в теплообменнике рассчитана на R-410A, а для ГФУ-32 она слишком низкая. В силу большего теоретического COP, лучших характеристик теплопередачи и свойств переноса по сравнению с R-410A оптимизация систем для использования ГФУ-32 может привести к улучшению COP, чем в случае систем, работающих на R-410A и ГХФУ-22. Стоимость систем аналогична стоимости систем на R-410A и ГХФУ-22. Из-за высокого рабочего давления стоимость более крупных систем схожа со стоимостью систем на R-410A, но немного выше, чем у систем на ГХФУ-22. Электрические компоненты в таких системах вряд ли могут спровоцировать воспламенение ГФУ-32, однако требуется их первоначальная проверка.

Компания Daikin запустила серийное производство сплит-систем на ГФУ-32 в Японии (в 2012 г.) и в Индии (в 2013 г.). Несколько компаний продемонстрировали прототипы таких кондиционеров на последних выставках. Подводя итог, можно отметить, что благодаря оптимальному сочетанию стоимости, энергоэффективности и безопасности ГФУ-32 имеет большой коммерческий потенциал в подсекторе мини-сплит-систем.

Возможен перевод сплит-систем с ГХФУ-22 или R-407C на смесь L-20. В силу низкой горючести необходимое количество этого хладагента вряд ли позволит достичь нижнего предела воспламеняемости (НПВ) в случае утечки. Эта смесь обладает примерно такой же эффективностью, как ГХФУ-22, однако данные о ее применении при высокой температуре окружающей среды отсутствуют. Стоимость систем, работающих на L-20, должна быть значительно выше, чем у систем на ГХФУ-22 и R-407C, в силу высокой стоимости хладагента. Основным препятствием для использования этой смеси является горючесть, однако международные стандарты не ограничивают ее использования в таком оборудовании в большинстве сфер применения. В настоящее время проводятся обширные испытания и опробование систем, работающих на L-20. Модели мини-сплит-систем на L-20 разрабатываются производителями из Японии, Южной Кореи и Китая.

Возможен перевод сплит-систем с R-410A на смесь DR-5. В силу низкой горючести необходимое количество этого хладагента вряд ли позволит достичь нижнего предела воспламеняемости (НПВ) в случае утечки. Эта смесь обладает примерно такой же эффективностью, как и R-410A, однако данные о ее применении при высокой температуре окружающей среды отсутствуют. Стоимость систем, работающих на DR-5, должна быть значительно выше, чем у систем на R-410A, в силу высокой стоимости хладагента. Основным препятствием для использования этой смеси является горючесть, однако

международные стандарты не ограничивают ее использования в таком оборудовании в большинстве сфер применения. В настоящее время проводятся обширные испытания и опробование систем, работающих на DR-5. Модели мини-сплит-систем на DR-5 разрабатываются производителями из Японии и США.

Мульти-сплит-системы

К безканальным кондиционерам относятся также мульти-сплит-системы. Их конструкция отличается от обычных сплит-систем подключением одного внешнего конденсаторного блока к двум и более внутренним (иногда до 50). Сплит-системы с двумя внутренними блоками могут использоваться в жилых помещениях, но, как правило, чаще устанавливаются в коммерческих зданиях. Как и обычные сплит-системы, мульти-сплит-системы могут быть с обратным циклом и работать в режиме охлаждения и обогрева. Системы с переменным расходом хладагента (VRF-системы) – один из видов безканальных мульти-сплит-систем. Их отличие состоит в способности изменять расход хладагента в зависимости от потребностей системы. Производительность VRF-систем варьирует от 10 кВт до 130 кВт и более.

Из-за ограничений на использование в зонах пребывания людей R-717 (аммиак) в таких системах не применяется.

Как минимум два производителя выпускают мульти-сплит-системы, работающие на диоксиде углерода (R-744). Однако, как и в описанных выше кондиционерах воздуха других типов, не менее половины мощности таких систем должно приходиться на обогрев. Мульти-сплит-системы обладают такой же энергоэффективностью, как и другие типы кондиционеров. Стоимость мульти-сплит-систем, как и обычных с одним внутренним блоком, выше, чем у небольших автономных кондиционеров, за счет необходимости прокладки трубопроводов – большей протяженности, чем у обычных сплит-систем. Основными препятствиями для использования мульти-сплит-систем, работающих на R-744, остаются те же, что и для использования описанных выше других типов кондиционеров. Применение систем большой производительности может дополнительно быть ограничено возможностью утечки больших объемов хладагента в небольших зонах пребывания людей, что может привести к кратковременному токсическому эффекту. Для решения этой проблемы необходимо усовершенствование защитных устройств. Ожидается, что другие производители начнут или уже начали изготовление мульти-сплит-систем на R-744, работающих в режиме охлаждения и обогрева, несмотря на то что такие системы будут предназначены для использования в умеренном климате и широкого распространения не получат.

Хотя такие системы технически реализуемы, углеводороды (R-290, R-1270) крайне

редко используются в них из-за ограничений на количество хладагента в кондиционерах, располагаемых в зонах пребывания людей.

Особенности мульти-сплит-систем, работающих на R-407C и R-410A, такие же, как у обычных сплит-систем.

Теоретически возможен перевод мульти-сплит-систем с R-410A на L-41. Эта смесь обладает схожей эффективностью, однако данные о ее применении при высокой температуре окружающей среды отсутствуют. Стоимость систем, работающих на L-41, должна быть немного выше в силу высокой стоимости хладагента и дополнительных расходов, связанных с его горючестью. Основными препятствиями для использования этой смеси являются цена, доступность на рынке и горючесть. Также в действующие международные стандарты потенциально могут быть внесены поправки, ограничивающие использование L-41 в оборудовании этого типа.

В большинстве типов мульти-сплит-систем возможно использование ГФУ-32. Благодаря меньшей молярной массе, более высокому давлению и меньшей массе циркулирующего хладагента ГФУ-32 отличается меньшим уровнем потери давления, чем ГХФУ-22 и R-410A, и, следовательно, более привлекателен с точки зрения энергоэффективности систем такого типа. Их стоимость аналогична стоимости систем на R-410A и немного выше, чем у систем на ГХФУ-22 (из-за высокого рабочего давления). В мульти-сплит-системах проблема высокой температуры нагнетания в условиях высокой температуры окружающей среды имеет меньшее значение. В силу того, что компоненты мульти-сплит-систем большой производительности работают в условиях, близких к пределу воспламеняемости, необходимо проведение углубленных испытаний. Из-за угрозы выброса всего содержащегося в мульти-сплит-системе хладагента в одной из нескольких обслуживаемых зон пребывания людей, возможно образование большого горючего облака газа. При этом предполагается, что возможность быстрого выброса хладагента внутри помещения не слишком высока, поэтому необходимы защитные меры для минимизации таких концентраций. В настоящее время в Японии проводится оценка рисков использования мульти-сплит-систем, работающих на хладагентах класса A2L. В заключение следует отметить, что запуск в серийное производство систем этого типа, работающих на ГФУ-32, может занять несколько лет.

Теоретически возможен перевод мульти-сплит-систем с ГХФУ-22 или R-407C на L-20. Эта смесь обладает схожей эффективностью, однако данные о ее применении при высокой температуре окружающей среды отсутствуют. Стоимость систем, работающих на L-20, должна быть немного выше, чем у систем на R-407C, в силу высокой стоимости хладагента и дополнительных расходов, связанных с его горючестью. Основным

препятствием для использования этой смеси является горючесть, в связи с чем в действующие международные стандарты могут быть внесены поправки, ограничивающие использование L-20 в оборудовании этого типа.

Потенциально возможен перевод мульти-сплит-систем на DR-5. В силу близких параметров, замечания относительно систем на ГФУ-32 применимы и к DR-5. В настоящее время отчеты о разработках мульти-сплит-систем, работающих на DR-5, не обнаружены.

Канальные сплит-системы

Канальные бытовые сплит-системы, как правило, используются там, где централизованные системы воздушного отопления требуют прокладки системы воздуховодов в каждое жилое помещение или небольшие зоны в коммерческих или административных зданиях. Конденсаторный блок (компрессор и теплообменник) размещается вне кондиционируемого помещения и подает хладагент в один или несколько теплообменников системы воздуховодов. Воздух, проходя через теплообменник, охлаждается или нагревается, после чего через воздуховоды подается в кондиционируемые помещения. В принципе, возможно проектирование канальных систем с обратным циклом, однако такие системы используются реже. Производительность канальных систем варьирует от 5 до 17,5 кВт.

Аммиак (R-717) в таких системах не используется из-за ограничений на применение в зонах пребывания людей. Конкуренентоспособность этих систем также невелика из-за низкой производительности и требований к установке.

Особенности канальных систем, работающих на диоксиде углерода (R-744), такие же, как у обычных и мульти-сплит-систем.

Хотя такие системы технически реализуемы, углеводороды редко используются в них из-за ограничений на количество хладагента в кондиционерах, располагаемых в зонах пребывания людей.

Особенности канальных систем, работающих на R-407C и R-410A, такие же, как у описанных выше сплит-систем.

ГФУ-32, L-20, L-41 и DR-5 могут использоваться в канальных системах. Особенности такого применения схожи с мульти-сплит-системами.

Поскольку канальные системы часто устанавливаются в небольших кладовых, на чердаках и т. п., то быстрый выброс хладагента может привести к образованию опасной концентрации в небольшом пространстве. Таким образом, данные системы должны иметь особые конструктивные особенности, которые в настоящее время находятся в разработке. В США проводится оценка рисков использования канальных систем. Запуск в серийное производство данных систем, работающих на ГФУ-32 и L-41, может занять несколько лет.

В настоящее время проводятся обширные испытания и опробование систем, работающих на этих хладагентах. Модели разрабатываются производителями из Японии, Южной Кореи и Китая.

Коммерческие каналные сплит-системы и моноблочные кондиционеры

Коммерческие каналные кондиционеры и тепловые насосы производятся двух видов: сплит-системы с внутренним блоком подготовки воздуха и теплообменником и моноблочные агрегаты со встроенным вентилятором и теплообменником, соединенные каналами с системой распределения воздуха коммерческого здания. Большинство коммерческих агрегатированных кондиционеров и тепловых насосов устанавливаются на крышах или на земле за пределами офисов, магазинов, ресторанов или административных зданий. Сложные системы с одним и более компрессорами часто используются для кондиционирования в замкнутых пространствах в малоэтажных торговых центрах, магазинах, школах или других коммерческих зданиях небольшого размера. Производительность коммерческих каналных систем варьирует от приблизительно 10 кВт до 100 кВт и более.

Аммиак (R-717) в таких системах не используется из-за ограничений на применение в зонах пребывания людей. Конкурентоспособность подобных систем также невелика из-за низкой производительности и требований к установке.

Несколько компаний в ЕС производят каналные и крышные системы на диоксиде углерода (R-744) разной производительности. Как и у других кондиционеров, работающих на R-744, эффективность обычных коммерческих каналных систем немного снижается при высокой температуре окружающего воздуха. При низкой температуре их эффективность приблизительно такая же, как у систем на ГХФУ-22 и других аналогичных хладагентах. Экономическая эффективность не отличается от других типов кондиционеров воздуха, работающих на R-744.

Хотя такие системы технически реализуемы, углеводороды редко используются в них из-за ограничений на количество хладагента в кондиционерах, располагаемых в зонах пребывания людей.

Особенности коммерческих каналных систем, работающих на R-407C и R-410A, такие же, как у описанных выше сплит-систем. Применение ГФУ-32, L-20, L-41 и DR-5 в коммерческих системах возможно и имеет такие же особенности, как в обычных каналных системах.

Тепловые насосы для производства горячей воды

Ряд тепловых насосов предназначен для производства горячей воды (от 55 до 90⁰C) для бытовых и прочих нужд. При выборе хладагента следует учитывать рабочую

температуру таких насосов. Тепловой насос производства горячей воды состоит из водяного бака, водонагревательной установки на базе теплового насоса. Некоторые модели снабжаются дополнительным теплообменником. Вода из бака или непосредственно из водопровода нагревается конденсатором (или газоохладителем в системах транскритического цикла), после чего возвращается в бак. Оттуда вода подается в точки потребления. При необходимости получения горячей воды в условиях низкой наружной температуры целесообразно оснащение тепловых насосов «воздух-вода» каскадными холодильными системами с двумя хладагентами.

Аммиак (R-717) широко применяется в системах производства горячей воды разной производительности (от 250 кВт до 1 МВт и более). В силу высокой токсичности хладагента и высокого уровня шума такие системы размещаются снаружи или в специальных машинных залах. Ежегодное обслуживание таких систем должны проводить квалифицированные техники и инженеры. Тепловые насосы этого типа используются в централизованных системах отопления и холодоснабжения, а также для обогрева и охлаждения технологических установок. Тепловые насосы на R-717 обладают высокой эффективностью благодаря тому, что критическая точка этого хладагента намного выше, чем у большинства других хладагентов. Системы теплопроизводительностью более 250 кВт по экономической эффективности аналогичны системам, работающим на ГХФУ-22.

Основные препятствия для внедрения R-717 такие же, как и при использовании других систем на R-717: во-первых, экономически эффективными такие системы становятся только начиная с определенной мощности, во-вторых, во многих странах действуют ограничивающие нормативы. В ЕС, США и Канаде расширяется использование тепловых насосов на R-717, особенно на тех промышленных предприятиях, где этот хладагент уже используется. R-717 является перспективным хладагентом для использования в коммерческих и промышленных установках большой производительности и, если не учитывать нормативные требования, пригоден для большинства сфер. Использование тепловых насосов в большей степени ограничено субсидиями в энергетический сектор, чем технологией. В большинстве стран электроэнергия намного дороже, чем субсидируемое ископаемое топливо.

Благодаря высокой температуре перегрева при нагнетании и отводу теплоты при изменяющейся температуре диоксид углерода (R-744) особенно пригоден для производства горячей воды. В силу этого многие производители во всем мире производят бытовые и небольшие коммерческие тепловые насосы производства горячей воды на R-744. Годовое производство бытовых систем достигает нескольких миллионов штук. Тепловые насосы отличаются высокими параметрами энергоэффективности. Следует

отметить, что энергетическими преимуществами такие тепловые насосы обладают только при высокой температуре окружающей среды. Для повышения параметров энергоэффективности повсеместно используются такие усовершенствования, как эжекторы. При использовании холодной стороны для кондиционирования воздуха при одновременном производстве горячей воды, достигается очень высокий общий COP. Общая эффективность установок производства горячей воды, работающих на R-744, намного выше, чем при использовании других хладагентов, и в силу этого сложно сравнивать их экономическую эффективность. Основным препятствием для их использования является высокая стоимость по сравнению с обычными водонагревателями, работающими на ископаемом топливе. В тепловых насосах, подключенных к так называемым умным сетям электроснабжения, учитывается почасовой тариф, благодаря чему тепло вырабатывается в период низкой стоимости электроэнергии. Ожидается дальнейшее распространение установок производства горячей воды, работающих на R-744, в Азии и в некоторой степени в ЕС. Очевидно, что R-744 является одним из альтернативных хладагентов, наиболее подходящих для этого типа тепловых насосов.

Углеводородные хладагенты не нашли широкого применения в тепловых насосах производства горячей воды, несмотря на то, что это рентабельная технология.

Особенности систем, работающих на R-407C и R-410A, такие же, как у описанных выше сплит-систем. Системы, работающие на R-410A, широко распространены как в развитых, так и в развивающихся странах. Применение нашел и ГФУ-134a, несмотря на то, что из-за более низкого давления такие системы более громоздки и вследствие этого отличаются большей стоимостью.

Возможен перевод тепловых насосов производства горячей воды с R-410A на ГФУ-32. Проблемы, связанные с горючестью ГФУ-32 и стоимостью систем, работающих на этом хладагенте, такие же, как у описанных выше обычных сплит-систем. Теоретический КПД цикла у ГФУ-32 больше, чем у R-410A, однако немного ниже, чем у ГХФУ-22, в то время как давление в 1,5 раза выше, чем в ГХФУ-22, и такое же, как у R-410A. Температура нагнетания выше при работе с высокой степенью сжатия, в связи с чем установки этого типа требуют более точного и быстрого регулирования температуры. О разработке тепловых насосов производства горячей воды, работающих на ГФУ-32, информация отсутствует.

Возможен перевод тепловых насосов производства горячей воды с ГХФУ-22 на L-20. Проблемы, связанные с горючестью этой смеси, такие же, как у систем, работающих на ГФУ-32.

ГФО-1234ze(E) потенциально может заменить ГФУ-134a в действующих тепловых

насосах для подогрева воды, что потребует незначительных переделок (изменения размера компрессоров). Благодаря меньшей горючести по безопасности такие системы сравнимы с системами, работающими на ГФУ-32 и L-20. По другим параметрам эти системы схожи с системами, работающими на ГФУ-134а, за исключением больших капиталовложений ввиду увеличения их размера (из-за меньшего давления) и более высокой стоимости самого хладагента.

Смесь N-13 может заменить ГФУ-134а в действующих системах при условии незначительных переделок (изменения размера компрессоров). Особенности использования систем, работающих на этой смеси, такие же, как у систем на ГФО-1234ze(E), за исключением горючести.

Тепловые насосы для обогрева помещений

Обогрев помещений осуществляется посредством нагрева воды и ее последующей подачи в установки кондиционирования воздуха, радиаторы или теплые полы. Температура воды зависит от типа излучателя. Низкотемпературные установки нагревают воду до 25-35⁰С (теплые полы), среднетемпературные – до 45⁰С (установки кондиционирования воздуха), высокотемпературные – до 55-60⁰С (лучистое отопление). Существуют также установки сверхвысокой температуры (65-80⁰С), предназначенные для замены водонагревателей, работающих на ископаемом топливе. Выбор хладагента определяется требуемой температурой воды.

Аммиак (R-717) широко применяется в системах с производительностью от 250 кВт до 1 МВт и более. В силу высокой токсичности хладагента, высокого уровня шума и необходимости обеспечить достаточное пространство вокруг системы такие тепловые насосы размещаются снаружи или в специальных машинных залах. Как правило, такие тепловые насосы производят и горячую воду. Тепловые насосы на R-717 обладают высокой эффективностью. Системы теплопроизводительностью более 250 кВт по экономической эффективности аналогичны системам, работающим на ГХФУ-22. По имеющимся оценкам капиталовложения в такие системы окупаются в течение 2 и менее лет. Основные препятствия для внедрения аммиака такие же, как и при использовании других систем охлаждения и обогрева на R-717: во-первых, экономически эффективными такие системы становятся начиная с определенной мощности, во-вторых, во многих странах действуют ограничивающие нормативы. В ЕС, США и Канаде расширяется использование тепловых насосов на R-717, однако распространение таких систем неизбежно соразмерно рыночной доле тепловых насосов в целом. R-717 является перспективным хладагентом для использования в коммерческих и промышленных установках большой производительности и, если не учитывать нормативные требования, пригоден для большинства сфер.

Диоксид углерода (R-744) не так широко применяется в тепловых насосах для обогрева помещений, как для производства горячей воды. В основном это связано со снижением эффективности при понижении температуры воды на выходе. Относительная эффективность тепловых насосов для обогрева помещений, работающих на R-744, зависит от конструкции. В целом, такие системы обладают высокой энергоэффективностью, если температура подаваемого воздуха превышает 40⁰С. Это представляет особый интерес, в частности, при проектировании систем с радиаторами. Следует отметить, что энергетическими преимуществами такие тепловые насосы обладают только при высокой температуре окружающей среды. Однако тепловые насосы на R-744 показывают приемлемый COP и при очень низкой температуре окружающей среды. Герметичные системы «вода-вода» или «воздух-вода» заводского изготовления могут быть относительно небольшого размера и, следовательно, требовать небольших расходов на сырье и материалы. Однако добавление некоторых компонентов, необходимых для повышения эффективности, может привести к повышению стоимости по сравнению с обычными системами, работающими на ГХФУ-22. Основным препятствием, обуславливающим медленное продвижение таких систем на рынок, остается их стоимость. Однако ожидается что с увеличением рыночной доли такие тепловые насосы (приспособленные для подключения к так называемым умным сетям энергоснабжения) станут более конкурентоспособными. Все больше азиатских и европейских производителей начинают выпускать тепловые насосы для обогрева помещений и насосы с двумя температурными уровнями, работающие на R-744, и ожидается, что такая тенденция сохранится. Проникновение R-744 в сектор обогрева помещений идет медленнее, чем в сектор производства горячей воды, однако с развитием технологии такие системы становятся более конкурентоспособными и их рыночная доля увеличивается. Важную роль в определении конкурентоспособности играет количество тепла, необходимого для производства горячей воды и обогрева помещений. Результаты моделирования использования систем на R-744 в энергосберегающих домах в Норвегии (в рамках проекта Центра тепловых насосов некоммерческой организации «Международное энергетическое агентство» по использованию систем отопления и охлаждения в энергосберегающих домах) показали, что эффективность тепловых насосов на R-744, используемых для обогрева помещений и производства горячей воды для бытовых нужд, как минимум на 60 % выше, чем у обычных тепловых насосов. Благодаря использованию усовершенствованных компрессоров и эжекторов точка безубыточности сместилась на 50 %-ое использование мощности для производства горячей воды для бытовых нужд. Более того, в силу развития зданий с практически нулевым энергопотреблением, требующих

минимум энергии для обогрева помещений, в будущем производство горячей воды обещает стать главным источником тепла.

Углеводороды, в частности R-290, достаточно давно используются в странах ЕС в небольших тепловых насосах (для бытовых нужд), однако после вступления в силу Директивы ЕС об оборудовании, работающем под давлением, их использование сократилось в силу сокращения доступности компрессоров. Такие тепловые насосы размещаются снаружи или в специальных вентилируемых кожухах. Кроме того, на европейском рынке имеются коммерческие тепловые насосы большой производительности, работающие на R-290 и R-1270. Об использовании других углеводородных хладагентов информация отсутствует. Тепловые насосы на R-290 и R-1270 обладают высокой эффективностью и приемлемой экономической эффективностью, однако последняя зависит от конструкции систем безопасности. Как и при использовании углеводородов в общем, основным препятствием остаются вопросы обеспечения безопасности. Содержание хладагента в системах, части которых размещаются в зонах пребывания людей, ограничено, в то время как для систем, размещаемых снаружи или в вентилируемых кожухах, таких ограничений нет. Применение углеводородных хладагентов требует обучения техников обращению с горючими хладагентами. В странах ЕС доля коммерческих систем на углеводородных хладагентах растет, в связи с чем они являются перспективной альтернативой для небольших и коммерческих тепловых насосов для обогрева помещений.

В тепловых насосах широко используются R-407C и R-410A. Особенности их использования такие же, как у описанных выше сплит-систем.

В тепловых насосах обогрева помещений возможно использование ГФУ-32 и смеси L-20. Эффективность и экономическая эффективность таких систем такая же, как у тепловых насосов для производства горячей воды. Вопрос безопасности решается размещением теплообменника снаружи отапливаемого помещения. Информация о разработке тепловых насосов обогрева помещений, работающих на ГФУ-32 или L-20, отсутствует

Оценка количества озоноразрушающих ХФУ и ГХФУ, которое может быть извлечено из автономных кондиционеров воздуха и сплит-систем для рекуперации, восстановления, рециркуляции (рециркулирования) и уничтожения

Производство автономных (оконных) кондиционеров на территории бывшего СССР было создано в Азербайджане на Бакинском заводе кондиционеров. В производственной программе предприятия были включены две модели кондиционеров БК-1000 и БК-2500 (обе по лицензии фирмы Hitachi, Япония), отличавшиеся надежностью

и неприхотливостью.

Средний объем производства составлял 450-500 тыс. шт. в год. Значительная часть поступала на территорию нынешней Российской Федерации. В 1990-е гг. на российском рынке стали появляться китайские недорогие аналоги (на ХФУ-12, а затем – на ГХФУ-22).

Приблизительно с 1999-2000 гг. на территорию Российской Федерации стали поступать сплит-системы на ГХФУ-22 (самый дешевый и массовый вариант). Их ввоз (а также мобильных кондиционеров, заправленных этим же хладагентом) прекратился лишь в конце 2012 г.

Доза типовой заправки бакинских кондиционеров: БК-1000 – 0,86 кг, БК-2500 – 1,2 кг. Для расчетов принимаем среднюю заправку кондиционера на ХФУ-12 в 1,0 кг.

После 2000 г. было предпринято несколько попыток организовать производство / сборку сплит-систем в Российской Федерации, рассчитанных на применение ГХФУ-22 (компания Rolsen и др.). К 2008 г. все производственные мощности в России были по разным причинам закрыты.

В представленных ниже таблицах 11.1 и 11.2 нарастающим/убывающим итогом (с учетом импорта) указан парк автономных кондиционеров воздуха на ХФУ-12 и сплит-систем на ГХФУ-22.

Доза типовой заправки самых популярных сплит-системы на ГХФУ-22 от 0,8 кг (для кондиционеров производительностью 800-850 Вт по холоду и около 1 кВт по обогреву) до 1,2 кг (для сплит-систем большей производительности). Для расчетов принимаем среднюю заправку кондиционера на ГХФУ-22 в 1,0 кг.

Таблица 11.1 - Оценка количества находящихся в эксплуатации в Российской Федерации автономных кондиционеров, содержащих ХФУ-12, млн шт.

Годы (2002-2014)												
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1	1,9	1,7	1,4	1,1	0,8	0,5	0,2

Таблица 11.2 - Оценка количества находящихся в эксплуатации в Российской Федерации автономных кондиционеров и сплит-систем, содержащих ГХФУ-22, млн шт.

Годы (2002-2014)												
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0,5	0,8	1,2	1,7	2,2	2,8	3,5	3,8	4,5	5,3	6,2	7,5	7,5

С учетом вышеизложенного по состоянию на начало 2015 г. количество ХФУ-12 и ГХФУ-22, которое потенциально может быть извлечено из автономных кондиционеров

воздуха и сплит-систем для рекуперации, восстановления, рециркуляции (рециркулирования) и уничтожения составляет 200 т и 7500 т, соответственно.

Выводы:

1. Возможности использования диоксида углерода (R-744) в небольших автономных кондиционерах воздуха не представляются широкими. Основными препятствиями в данном случае являются эффективность и стоимость. С точки зрения эффективности, использование систем, работающих на R-744, только для охлаждения нецелесообразно.
2. Пропан (R-290) много лет используется в мобильных кондиционерах. Для систем небольшой мощности R-290 представляется более предпочтительным хладагентом, чем R-1270.
3. В большинстве небольших автономных кондиционеров вместо ГХФУ-22 используется R-410А. Возможен перевод систем с R-410А на ГФУ-32. При высокой температуре окружающей среды энергоэффективность ГФУ-32 снижается на несколько процентов больше, чем у ГХФУ-22, но не так значительно, как у R-410А.
4. Зафиксирован рост производства сплит-систем на R-290, в связи с чем он является перспективной альтернативой ГХФУ-22 в этом сегменте рынка.
5. В настоящее время на рынке отсутствуют сплит-системы, работающие на R-744, однако в этом направлении ведутся разработки.
6. Аммиак (R-717) довольно широко используется в водяных тепловых насосах и тепловых насосах для обогрева помещений мощностью от 250 кВт до 1 МВт и более. В силу высокой токсичности хладагента такие системы размещаются снаружи или в специальных машинных залах. Основные препятствия для распространения систем на R-717: во-первых, экономически эффективными такие системы становятся начиная с определенной мощности, во-вторых, во многих странах (включая Российскую Федерацию) действуют ограничивающие нормативы.

Глава 12. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора сервисного обслуживания кондиционеров воздуха в автомобилях и общественном транспорте на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере

Краткое описание сектора кондиционеров воздуха в автомобилях и на общественном транспорте

С начала 1950-х гг. вплоть до середины 1990 гг. в кондиционерах воздуха легковых автомобилей и кабин грузовиков использовался один и тот же хладагент – ХФУ-12. Его заменой стал ГФУ-134а, который до сих пор применяется практически повсеместно, хотя

запрет на его использование в странах ЕС вступил в силу в 2012 г. В разных странах либо продолжается использование ГФУ-134а, либо он заменяется на ГФО-1234yf, дефицит которого на рынке замедляет процесс перехода. Другой альтернативой перевода автомобильного транспорта на хладагенты, безопасные для озонового слоя и климата Земли, является диоксид углерода (R-744).

Варианты рабочих веществ для кондиционеров городского транспорта, междугородних автобусов и пассажирских поездов более разнообразны: сначала ХФУ-12 и ГХФУ-22, позднее – ГФУ-134а и R-407C. В Германии в некоторых моделях автобусов используется R-744. Более 100 междугородних скоростных поездов оснащены системами с обратным циклом Брайтона-Джоуля.

В Российской Федерации массовое проникновение на рынок автомобильных кондиционеров началось во второй половине 1990-х гг. К настоящему времени доля автомобильных кондиционеров, заправленных ХФУ-12, чрезвычайно мала и не может рассматриваться в качестве сколь-нибудь значимой проблемы при проведении сервисного обслуживания автомобильного транспорта в России. В железнодорожных пассажирских вагонах ХФУ-12 был заменен на смесевые хладагенты на основе ГХФУ российского производства, а затем по мере обновления подвижного состава – на ГФУ-134а и R-407C.

Системы кондиционирования воздуха в легковых автомобилях

Мировое автомобильное производство (в 2014 г. выпущено более 60 млн автомобилей) отличается глубокой специализацией. Системы кондиционирования воздуха выпускаются поставщиками уровня 1, которые производят оборудованные системой управления комплектные системы, предназначенные для обогрева, охлаждения и вентиляции. Сильная конкуренция между поставщиками, созданная автопромышленниками, привела к необходимости выбрать однокомпонентный, уникальный, признанный всеми хладагент. Такой хладагент должен быть товаром широкого потребления. История показывает, что ГФУ-134а был единственным хладагентом, который все автопромышленники выбрали в качестве альтернативы ХФУ-12. Требования настоящего времени остались такими же: однокомпонентный хладагент, признанный во всем мире.

С 2000 по 2010 гг. проводились исследования по разработке систем на R-744, и некоторые производители сообщили о том, что они готовы внедрить этот хладагент. Поставщики первого уровня и автопромышленники разработали несколько технологий использования R-744: внутренние теплообменники, компрессоры с внешним управлением, микроканальные газоохладители и испарители, предназначенные специально для R-744. Разрабатываются новые шланги сверхнизкого просачивания. В 2013 г. возобновился

интерес к автомобильным кондиционерам, работающим на R-744, после того как некоторые немецкие производители (Mercedes-Benz, Volkswagen и др.) сообщили о намерении разрабатывать такие системы и решении продолжить использование ГФУ-134а до запуска R-744 в серийное производство.

Были проведены многочисленные испытания в жарком и холодном климате, по результатам которых R-744 показал такую же эффективность, как ГФУ-134а, за исключением работы на холостом ходу и при очень высокой температуре окружающей среды.

Основным препятствием для использования систем на R-744 является их стоимость: даже при годовом производстве не менее 150 000 кондиционеров их стоимость будет как минимум вдвое выше, чем у стандартных кондиционеров. Другой проблемой остается отсутствие признания во всем мире, в силу чего одни и те же модели необходимо оснащать кондиционерами, работающими на R-744 и ГФУ-134а. Два дополнительных препятствия были связаны с надежностью и обслуживанием автокондиционеров на R-744:

- вал сальниковых компрессоров имел высокий риск утечки хладагента и отсутствовал опыт использования таких деталей в больших масштабах;
- для обслуживания таких систем необходим специально обученный персонал и оборудование, для чего, в свою очередь, необходимо развитие новой мировой сети компаний, обслуживающих автомобили различных брендов.

В электрокарах и гибридных автомобилях, где имеется высокое напряжение, возможно использование герметичных компрессоров. Благодаря этому исключается риск утечки из уплотнений вала и повышается надежность систем, работающих на R-744, однако проблема высокой стоимости остается. В общем можно отметить, что использование R-744 сложно с технической точки зрения и тем самым ограничено. Только лучшие поставщики уровня 1 смогли разработать эффективные компрессоры для работы на R-744.

Углекислый газ эффективен и их следует выбирать из-за показателей давления конденсации и испарения. Дополнительные расходы невелики, если не принимать во внимание вопросы безопасности, которые являются основным препятствием для использования хладагентов этого типа в легковых автомобилях. Продажи углекислого газа для автомобильных кондиционеров продолжатся в некоторых странах, но не примут мирового масштаба и не получат поддержки автопромышленников мирового уровня. В заключение можно отметить, что R-290 не является и не станет признанным во всем мире альтернативным хладагентом для автомобильных кондиционеров.

ГФУ-152а проиграл соревнование с R-744, так как немецкие автопромышленники выступили категорически против использования горючих хладагентов в легковых

автомобилях.

В рамках решения проблемы горючести хладагента в 2003 г. производители химических веществ DuPont и Honeywell предложили новые негорючие смеси с низким ПГП (Н и DP-1), однако потерпели поражение: смесь Н разлагалась, а один из компонентов DP-1 оказался токсичным.

Большим шагом вперед оказалось предложение этих же компаний по внедрению ГФО-1234yf. Он более горюч, чем ГФУ-134а, но обладает примерно такими же термодинамическими свойствами, что упрощает его применение. По мнению разработчиков, невысокая горючесть не создает существенных препятствий для использования этого хладагента.

По результатам многочисленных испытаний были изменены диаметр всасывающей линии и отрегулирован теплообменник, что позволило приблизиться к показателям энергоэффективности ГФУ-134а. Исследования и разработки не показали значительных отличий от лучших в своем классе систем, работающих на ГФУ-134а. Стоимость таких систем обещает быть в 5-7 раз выше, чем систем на ГФУ-134а, однако известно, что в химической промышленности цены могут изменяться до 10 раз в зависимости от объема продаж.

В настоящее время препятствия для использования этого хладагента связаны с патентами производителей химических веществ. Апелляционные суды по патентным делам Великобритании и ЕС признали патент недействительным. Компания Honeywell обжалует это решение. Таким образом, массовое производство систем на ГФУ с низким ПГП откладывается. Несмотря на неопределенность ситуации, обусловленную высокой ценой и малой доступностью, ГФО-1234yf обладает нулевым ПГП и в силу этого рассматривается как реальный выход для автомобильной промышленности, особенно в ЕС, где с 2011 г. действует требование использовать хладагенты с ПГП менее 150 в новых легковых автомобилях. Переход с ГФУ-134а на ГФО-1234yf представляется одним из реальных вариантов, так как в автомобильных кондиционерах предпочитают использовать широко распространенные решения. Мировые автопроизводители, такие как Toyota, Nissan, Honda и др. (кроме немецких) предпочитают переход на ГФО-1234yf в силу слишком большого количества препятствий для внедрения R-744, в частности, связанных с безопасностью, долговечностью компрессора и обнаружением утечек. В пользу этого говорит также анализ LCCP (англ. Life-Cycle Climate Performance – программа расчета рабочих параметров теплового насоса на протяжении полного жизненного цикла оборудования), который показал, что ГФО-1234yf превосходит R-744 практически при любой температуре окружающего воздуха. Можно отметить, что на данный момент на

рынке имеется некоторое количество ГФО-1234uf и уже запущено производство автомобилей на этом хладагенте.

Если не рассматривать перевод действующих кондиционеров на смеси углеводородов, то на сегодняшний день ГФУ-134а пока остается единственным хладагентом, используемым в легковых автомобилях. Из-за отсутствия массового производства ГФО-1234uf даже в странах ЕС новые кондиционеры заправляются ГФУ-134а. Системы на ГФУ-134а являются эталоном для всех альтернативных хладагентов. Условием массового производства кондиционеров является их стоимость, причем между поставщиками уровня 1 наблюдается сильная конкуренция. Единственным очевидным препятствием для использования новых хладагентов является их ППП. Есть основания ожидать, что графики перехода на ГФУ-134а будут различаться по регионам мира.

Системы кондиционирования воздуха на общественном транспорте

В автобусах и пассажирских поездах используются кондиционеры одинакового типа, которые выпускаются малыми сериями (несколько сотен в год). Их холодопроизводительность варьирует от 10 до 35 кВт в зависимости от размера автобуса или железнодорожного вагона. Из-за небольшого размера рыночной доли в этой сфере применяются те же теплообменники, что и в стационарных кондиционерах. В автобусах используются сальниковые компрессоры, которые приводятся в движение двигателем, как в легковых автомобилях. В поездах устанавливаются герметичные компрессоры с электроприводом. Поэтому в автобусах и поездах используются разные хладагенты.

С 1996 г. один из немецких производителей автобусов выпускает системы на диоксиде углерода. R-744 показал хорошие рабочие характеристики в умеренном климате и несколько лет использования этого хладагента не выявили серьезных проблем. Основными барьерами для использования кондиционеров на R-744 являются их стоимость и сложность технического обслуживания. Следует отметить, что разработка систем на R-744 для охлаждения на транспортных средствах компаниями, занимающимися также производством кондиционеров для автобусов и поездов, может активизировать разработку таких систем для автобусов и железнодорожных вагонов.

В заключение можно отметить, что кондиционеры для автобусов и поездов являются узкоспециализированной сферой применения. Разработка новых систем, работающих на R-744, возможна как следствие разработок в областях с большей рыночной долей и учета нормативных ограничений.

В соответствии с требованиями к безопасности транспортных средств применение углеводородных хладагентов в автобусах и железнодорожных пассажирских вагонах запрещено.

По-видимому, разработка кондиционеров на ГФО-1234yf для легковых автомобилей повлечет развитие таких систем для автобусов и пассажирских вагонов, в настоящее время работающих на ГФУ-134а. Переход может произойти на основе опыта использования ГФО-1234yf в автопромышленности. Системы кондиционирования в поездах, работающие на R-407C, в ближайшем будущем могут быть переведены на новые смеси (ГФО-1234yf или ГФО-1234ze).

Как и у кондиционеров в легковых автомобилях, энергоэффективность таких систем примерно такая же, как и на ГФУ-134а при условии небольшой переделки с учетом термодинамических свойств ГФО-1234yf. Стоимость хладагента в настоящее время выше стандартной, однако это не является серьезным препятствием в силу того, что она составляет менее 1% от общей стоимости кондиционера. Основным препятствием на данный момент является отсутствие нормативных ограничений. Перевод систем кондиционирования как с ГФУ-134а на ГФО-1234yf, так и с R-407C на новые смеси с низким ПГП не представляет большой сложности.

В самолетах, как правило, используются системы с обратным циклом Брайтона-Джоуля, оснащенные воздушными компрессорами и турбинами. Основным отличием между самолетами и поездами является наружная температура (у самолетов она составляет -50°C). Эффективность систем воздушных систем охлаждения в самолетах относительно невысокая – ниже, чем у парокомпрессионных систем. Их холодопроизводительность быстро снижается при высокой наружной температуре. Летом 2010 г. несколько немецких междугородних скорых поездов были оснащены подобными системами кондиционирования, однако они оказались неспособны обеспечить достаточное охлаждение, так как были рассчитаны только на эксплуатацию в умеренном климате. Их преимуществом является отсутствие хладагента, а недостатком – снижение холодопроизводительности при высокой наружной температуре.

На сегодняшний день в развитых странах в основном используются ГФУ-134а и R-407C, а в развивающихся – ГФУ-134а и ГХФУ-22. R-407C часто используется в поездах благодаря небольшому размеру систем, встраиваемых в крыши вагонов. Препятствия для использования таких систем связаны с высоким ПГП, даже с учетом того факта, что в ЕС эти сферы применения на несколько лет могли быть исключены из запрета на использование хладагентов с высоким ПГП. Ожидается, что в течение ближайших 10 лет R-407C будет заменен любым из вышеупомянутых альтернативных хладагентов. В целом, использование ГФУ в этих узких сферах может продолжиться, а переход от хладагентов с высоким ПГП на альтернативные хладагенты зависит от общего развития климатического сектора.

Выводы:

1. В автомобильных системах кондиционирования воздуха (в зависимости от страны/ региона) оптимальным вариантом является переход на использование в качестве хладагента ГФО-1234yf, однако ограниченное предложение этого хладагента может замедлить переход.
2. Ряд автопроизводителей (Toyota и др.) рассматривает возможность использования других хладагентов, в частности, R-744, а до его запуска в серийное производство будет применять ГФУ-134а. R-744 показал такую же высокую эффективность, как лучшие в своем классе системы, работающие на ГФУ-134а. Однако основным препятствием для использования систем на R-744 остается их стоимость, а также вопросы безопасности, долговечности компрессора и обнаружения утечек.
3. В настоящее время использование ГФО-1234yf затормозилось из-за патентных споров производителей химических веществ, что задерживает массовое производство систем, работающих на хладагентах с низким ПГП.

Глава 13. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора производства сэндвич-панелей на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере

Краткое описание сектора производства сэндвич-панелей

Основные крупные производители сэндвич-панелей уже перешли на использование озонобезопасного циклопентана в качестве вспенивателя пенополиуретановой изоляции. Предполагается, что другие предприятия этого сектора либо осуществят поэтапный переход с промежуточным внедрением технологий на основе ГХФУ-22 и смеси ГХФУ-22 / ГХФУ-142b, либо сразу перейдут на применение озонобезопасных вспенивателей на основе циклопентана, метилформиата или гидрофторолефинов (ГФО).

Под наименованием «сэндвич-панели» подразумевается целый класс многослойных конструкций. Конкретнее – многослойные панели. Слово «сэндвич» (от англ. sandwich – сущ.: бутерброд или гл.: слоить) в названии объясняется «слоистым» строением материала. Чаще всего конструкционный «сэндвич» состоит из трех основных функциональных слоев: изолирующего (тепло-, шумо-) сердечника и внешних (обеспечивающих защиту от внешних воздействий, конструктивную жесткость, декоративную функцию) слоев.

Для большинства видов сэндвич-панелей важнейшей функцией является термоизоляция ограждаемого объема. Основу такой панели составляет теплоизолирующий сердечник из высокоэффективных теплоизолирующих материалов. Толщина этого слоя

варьирует в зависимости от назначения и климатических условий, в которых будет эксплуатироваться изделие.

Помимо эффективности технических и конструкционных характеристик при высокой технологичности строительно-монтажных работ (далее - СМР), сэндвич-панели отличаются архитектурной выразительностью.

Все эти факторы и определяют постоянство роста популярности этого строительного материала.

Облицовка сэндвич-панелей может быть самой разнообразной в зависимости от назначения панелей и пожеланий заказчика.

Основными облицовочными материалами для «сэндвич-панелей» являются:

- металл (как правило – тонколистовая нержавеющая или оцинкованная сталь толщиной 0,35-0,50 мм с полимерным покрытием из полиэстера, пластизола, поливинилхлорида или со специальным гигиеническим покрытием, допускающим непосредственный контакт с пищевыми продуктами);
- гипсокартон;
- фанера;
- пластик;
- бумага.

Различают два типа крепления сэндвич-панелей к несущим конструкциям – скрытое (когда основное крепление находится под крепежным листом панели) и видимое, когда крепление видно снаружи. Для крепления используются специальные самонарезающие винты или специальные крепежные элементы (клямеры).

Высокие эксплуатационные характеристики зданий и сооружений с применением сэндвич-панелей во многом зависят от стыка панелей, так называемого «замка», который должен:

- обеспечивать прочность соединения конструкции;
- гарантировать отсутствие «мостиков холода» (ограниченные по объему части строительных элементов, через которые осуществляется повышенная теплоотдача);
- не допускать проникновения паров влаги в утеплитель;
- воспринимать термические изменения размеров сэндвич-панелей.

Замки для холодильного оборудования:

- замок шип-паз;
- эксцентриковый замок – встроенный в торцы панелей по периметру крючковый замок, позволяющий стягивать панели между собой.

Швы и стыки могут дополнительно заполняться герметизирующей мастикой,

прокладками из полиуретана, неопрено-полиуретановой лентой или полиуретановой пеной. В некоторых системах также дополнительно устанавливается алюминиевая фольга. Торцевые швы панелей заполняются монтажной пеной или минеральной ватой и закрываются нащельником.

Продуктовая линейка сэндвич-панелей зависит от:

- функционального назначения панелей;
- материала сердечника;
- материала облицовки;
- способа производства и монтажа.

По функциональному назначению сэндвич-панели можно разделить следующие подвиды:

- строительные (стенные, кровельные, облицовочные (для реконструкции и утепления старых зданий и помещений, с созданием современного дизайна или приданием повышенных гигиенических свойств) и утеплительные);
- панели для холодильных камер;
- панели для автофургонов;
- панели для столешниц и других элементов интерьеров.

По виду теплоизоляционного материала сэндвич-панели можно разделить на три основные группы:

- с утеплителем из стекловаты;
- с утеплителем из минеральной ваты;
- с утеплителем из пенополистирола;
- с утеплителем из пенополиуретана.

Стекловата представляет собой минеральное волокно, которое по технологии получения и свойствам имеет много общего с минеральной ватой. Для получения стеклянного волокна используют то же самое сырье, что и для обычного стекла, или отходы стекольной промышленности. Продукция из стекловолокна представлена следующими производителями – Saint-Gobain Isover (Финляндия) и Ursa (Германия).

Минеральная вата – это волокнистый материал, получаемый из силикатных расплавов горных пород, металлургических шлаков и их смесей. Ведущие мировые производители минерало-ватной продукции в качестве сырья используют исключительно горные породы, что позволяет получать минеральную вату высокого качества с длительным сроком эксплуатации. Именно такой материал рекомендуется применять для ответственных конструкций – в случае, когда требуется многолетняя надежная работа данных строений. Минеральная вата, полученная из доменных шлаков, не обладает

достаточной долговечностью в условиях знакопеременных температур, повышенной влажности, действия высоких нагрузок и деформаций. Ее применение оправдано в дачном строительстве, при возведении временных сооружений и для конструкций, в которых легко выполняются ремонтные работы. Большая часть предприятий – поставщиков минеральной ваты расположена на территории Российской Федерации, крупнейший из которых ROCKWOOL Russia ЗАО «Минеральная вата», г. Железнодорожный Московской обл. Исключение составляют компании Paroc (Финляндия), Saint-Gobain Isover (Финляндия), Izomat (Словакия), ОАО «Гомельстройматериалы» (Республика Беларусь) и Rockwool (Дания).

Пенополистирол уже более 40 лет неизменно занимает прочное место в мире как теплоизоляционный материал для современного строительства. Пенополистирол в Европе, Америке и Азии называют стиропором, по названию исходного материала, применяющегося для его производства. Существуют два вида пенополистирола: вспененный (ППС) и экструдированный (ЭПС). Крупными производителями пенополистирола являются заводы ОАО «Мосстройпластмасс», г. Москва и ОАО «ГК «Мосстрой-31», г. Москва. Крупные производители расположены также в Северо-Западном регионе: ООО «Завод Пластпром», г. Псков, ООО «Пеноплекс Спб», г. Санкт-Петербург, ООО «Стиробалт», г. Санкт-Петербург. Основные иностранные производители – Dow Chemical (США), Basf (Германия) и Austrotherm (Австрия) и компания Knauf, заводы которой расположены также в Российской Федерации.

Полиуретан является неплавкой терморезистивной пластмассой с ярко выраженной ячеистой структурой. Только 3% от его объема занимает твердый материал, образующий каркас из ребер и стенок. Эта кристаллическая структура придает материалу механическую прочность. Остальные 97% объема занимают полости и поры, заполненные газом (вспенивателем) с низкой теплопроводностью. Пенополиуретан предлагают следующие иностранные компании – BASF (Германия), Bayer AG (Германия), Huntsman Polyurethanes (Голландия), Dow Chemical (США), Nestaan (Голландия) и ООО «Интерфом» (Украина). Как следует из таблицы 13.1, пенополиуретан является наиболее технологичным и энергоэффективным сердечником для сэндвич-панелей.

Таблица 13.1 - Сравнение теплоизоляционных материалов при соответствующих толщинах

Материал	Толщина
Пенополиуретан	1 см
Пенополистирол	1,4 – 1,8 см

Минеральная вата, стекловата	1,75 см
Дерево	5 – 8 см
Кирпич	12 – 25 см
Бетон	40 – 60 см

Пенополиуретан представляет собой готовую к переработке жидкую смесь, поставляемую производителям сэндвич-панелей в виде двух- или многокомпонентных систем. Нанесение осуществляется методом заливки с помощью заливочных машин. Максимум объема (до 95-97%) занимают полости и поры, заполненные газом с низкой теплопроводностью, причем доля замкнутых пор достигает 90-95%. Остальные 3-5% занимает твердая полимерная матрица.

Обладая превосходными теплоизоляционными характеристиками, небольшой массой, отличной адгезией к внешним листам, высокой химической стойкостью и термостойкостью, пенополиуретан является абсолютным лидером среди материалов, используемых в качестве энергоэффективного наполнителя.

Анализ перспектив использования безопасных для озонового слоя и климата Земли вспенивателей в производстве сэндвич-панелей

Использование в качестве вспенивателя циклопентана дает возможность создавать теплоизоляцию меньшей плотности. Заливочная плотность пены на циклопентане составляет 42 кг/м³ против 45-50 кг/м³ в случае водного вспенивания. Это означает, что при одинаковых размерах сэндвич-панель с заполнением пентан-вспененным полиуретаном, будет более легкой по сравнению с СО₂-вспененным полиуретаном, а равномерная пористость пены с пузырьками маленького размера дает возможность получить максимальные теплоизоляционные характеристики.

В случае применения водного вспенивания основным агентом является диоксид углерода, образующийся в результате реакции одного из компонентов полиуретана (изоцианата) с водой. Сравнение характеристик ППУ-изоляции представлены в таблице 13.2.

Таблица 13.2 - Сравнение характеристик ППУ-изоляции, получаемой при изготовлении сэндвич-панелей с помощью углеводородного и водного типа вспенивания

Параметр	Углеводородное вспенивание	Водное вспенивание
Вспенивающий агент	Вода и углеводороды (циклопентан, н-пентан, изопентан или изобутан)	Вода (диоксид углерода, образующийся в реакции изоцианата с водой)
Тип вспенивания	Химический (в стадии инициации) и физический (в стадии роста пены)	Химический на всех стадиях

Коэффициент теплопроводности пены, мВт/м·К (для н-пентана)	18-20	23-27
Заливочная плотность пены, кг/м ³ (для н-пентана)	38-42	45-55

Пенополиуретаны относятся к органическим горючим материалам. В сэндвич-панели пенополиуретан всегда изолирован от открытого пламени уплотнениями и листами металла, поэтому его горение сводится к химическому разложению с выделением дыма. Горючесть пенополиуретана, а, соответственно, и количество дымных веществ, выделяемых при повышении температуры, определяется плотностью пенополиуретана и наличием противопожарных добавок.

Сэндвич-панели также могут изготавливаться с утеплителем из минеральной ваты или пенополистирола, каждый из которых обладает рядом существенных недостатков.

У пенополистирола достаточно низкие механические свойства, он химически нестоек, часто становится местом нахождения грызунов, так что его применение в пищевой промышленности весьма ограничено. Коэффициент теплопроводности материала 0,04-0,055 Вт/м². Кроме того, этот материал обладает низкой пожаробезопасностью.

Минеральная вата является теплоизоляционным материалом с волокнистой структурой. Пространство между волокнами заполнено воздухом, который, собственно, и является теплоизолятором. Основной недостаток материала – большая влаго-впитываемость и значительная масса (в панелях применяют вату с плотностью не менее 100 кг/м³). Опыт использования минеральной ваты в районах с резкими колебаниями влажности и температуры показал, что эффективную теплозащиту этот материал обеспечивает не более чем на 1-2 сезона, после чего начинает набирать влагу и терять свои теплоизоляционные свойства. Применение этого теплоизолятора широко распространено в России, так как у него есть преимущество – по российским нормам он считается негорючим материалом. Следует отметить, что чистая минеральная вата является негорючей, но для обеспечения уменьшения влаго-впитываемости волокна обычно пропитывают специальными органическими добавками, которые в свою очередь горючи, при производстве панелей для скрепления наполнителя с покровными листами используют полиуретановые клеи (до двух кг на м²), которые также горючи. Поэтому, если рассматривать панель с наполнителем из минеральной ваты, как конструкцию, то между листами металла находится до 10% горючих составляющих, так что абсолютная негорючесть достаточно условна.

В 1990-х гг. рынок сэндвич-панелей был разделен между перспективным

рынком облицовочных панелей и рынком торгового холодильного оборудования (передвижного и стационарного), на котором панели с полиуретановым наполнением используются в малых холодильных камерах и холодильном транспорте. В этот период существенная часть этого рынка обслуживалась предприятиями с периодическим циклом производства. По мере увеличения спроса со стороны строительного сектора, обеспечившего постоянную загрузку мощностей и экономию за счет масштаба, предприятия с непрерывным циклом производства стали доминировать на рынке.

Как и в случае с другими изоляционными пеноматериалами, до 1990 г. основным вспенивателем был ХФУ-11. Поскольку на этом этапе на большинстве предприятий использовался периодический цикл производства, существовало значительное сопротивление экспериментам с углеводородами и естественной заменой стал ГХФУ-141b. Первоначальный переход в большинстве развитых стран (за исключением Российской Федерации, Республики Беларусь, Украины и др.) произошел одновременно с переходом в других секторах пеноматериалов в период с 1994 по 1996 гг. Оказалось, что по мере расширения мощностей непрерывного цикла производства стало возможным проектировать оборудование для использования углеводородов при минимальном изменении инвестиционных затрат. В то время низкие тепловые характеристики углеводородов в секторе панелей имели меньшее значение, чем в секторе листового полиуретана. Это отражает тот факт, что толщина панелей в основном зависит от требований к конструкционной прочности длинных пролетов, а не только от тепловых характеристик (таблица 13.3).

Таблица 13.3 - Сравнение озонобезопасных альтернативных вспенивателей, рекомендуемых для применения в секторе производства сэндвич-панелей

Вспениватель	Преимущества	Недостатки	Примечание
Непрерывный метод производства сэндвич-панелей			
Циклопентан и н-пентан	Низкий ПГП	Горючи	Высокие суммарные капитальные затраты, которые приемлемы для крупных предприятий сектора
	Низкие эксплуатационные затраты		
	Хорошие термоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов		
ГФУ-245fa, ГФУ-365mfc /	Негорючий	Высокий ПГП	Низкие суммарные капитальные затраты

ГФУ-227ea	Хорошие термоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов	Высокие эксплуатационные затраты	Отработанная технология
ГХФО / ГФО	Низкий ПГП	Высокие эксплуатационные затраты	Апробированная в последние годы технология
	Негорючий		Многообещающие показатели энергоэффективности (равны или лучше, чем у насыщенных ГФУ)
			Низкие суммарные капитальные затраты
Периодический метод производства сэндвич-панелей			
Циклопентан и н-пентан	Низкий ПГП	Горючи	Высокие суммарные капитальные затраты, которые не приемлемы для предприятий малого и среднего бизнеса
	Низкие эксплуатационные затраты		
	Хорошие характеристики пеноматериалов (термоизоляция)		
ГФУ-245fa, ГФУ-365mfc / ГФУ-227ea, ГФУ-134a	Негорючий	Высокий ПГП	Низкие суммарные капитальные затраты
	Хорошие термоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов	Высокие эксплуатационные затраты	Отработанная технология

Вспениватель	Преимущества	Недостатки	Примечание
СО2 (вода)	Низкий ПГП	Средние характеристики пеноматериалов: высокая теплопроводность и высокая плотность пены	Низкие суммарные капитальные затраты
	Негорючий	Высокие эксплуатационные затраты	Не используются в охлаждаемых прицепах
Метилформиат	Низкий ПГП	Средние характеристики пеноматериалов: высокая теплопроводность и высокая плотность пены	Средние суммарные капитальные затраты (рекомендована защита от коррозии)

	Горюч, но в смесях с полиолами может быть негорючим	Высокие эксплуатационные затраты	
ГХФО / ГФО	Низкий ППП	Высокие эксплуатационные затраты	Апробированная в последние годы технология
	Негорючий		Многообещающие показатели энергоэффективности (равны или лучше, чем у насыщенных ГФУ)
			Низкие суммарные капитальные затраты

Основными производителями автомобильных фургонов в Российской Федерации являются: ООО «Центртранстехмаш», г. Рязань, ОАО «Комбинат автомобильных фургонов», г. Шумерля, Республика Чувашия, ОАО «Шумерлинский завод специализированных автомобилей», г. Шумерля, Республика Чувашия, ОАО «Красногорский комбинат автофургонов», п.г.т. Красногорский, Республика Марий Эл. В 2015 г. эти предприятия столкнулись с серьезной проблемой конверсии на озонобезопасные рецептуры ППУ-изоляции, применяемыми в производстве фургонов для автомобильного холодильного транспорта. Сравнение вариантов конверсии на озонобезопасные вспениватели приведено ниже в таблице 13.4.

Таблица 13.4 - Сравнение озонобезопасных альтернативных вспенивателей, рекомендуемых для применения в подсекторе автомобильного холодильного транспорта

Вспениватель	Преимущества	Недостатки	Примечание
Циклопентан и смеси циклопентана и изопентана	Низкий ППП	Горючи	Высокие суммарные капитальные затраты, которые не приемлемы для предприятий малого и среднего бизнеса
	Низкие эксплуатационные затраты		
	Хорошие термоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов		
Насыщенные ГФУ (ГФУ-245fa, ГФУ-365mfc / ГФУ-227ea)	Негорючий	Высокий ППП	Низкие суммарные капитальные затраты
	Хорошие термоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов	Высокие эксплуатационные затраты	Отработанная технология

СО ₂ (вода)	Низкий ПГП	Средние характеристики пеноматериалов: высокая теплопроводность и высокая плотность пены	Низкие суммарные капитальные затраты
	Негорючий	Высокие эксплуатационные затраты	Не используются в охлаждаемых прицепах
Метилформиат	Низкий ПГП	Средние характеристики пеноматериалов: высокая теплопроводность и высокая плотность пены	Средние суммарные капитальные затраты (рекомендована защита от коррозии)
	Горючий, но в смесях с полиолами может быть	Высокие эксплуатационные затраты	
ГФО / ГХФО	Низкий ПГП	Высокие эксплуатационные затраты	Апробированная в последние годы технология
	Негорючий		Многообещающие показатели энергоэффективности (равны или лучше, чем у насыщенных ГФУ)
			Низкие суммарные капитальные затраты

Одним из приемлемых вариантов конверсии на озонобезопасные технологии для предприятий, осуществляющих производство автомобильных, в случае отсутствия достаточных финансовых ресурсов может быть бюджетный вариант перехода на альтернативный метилформиат с учетом малой воспламеняемости последнего.

Как правило, на одном предприятии – производителе автомобильных фургонов находится в эксплуатации от 2 до 4 заливочных машин, для адаптации которых к коррозионно-активному метилформиату необходимо осуществить замену ключевых элементов на аналогичные, но изготовленные в антикоррозионном исполнении. В связи с тем, что заливочные машины, эксплуатируемые в настоящее время вышеуказанными предприятиями, преимущественно импортного производства, оценка затрат на осуществление их конверсии проведена с использованием долл. США (таблица 13.5).

Таблица 13.5 - Оценка затрат на осуществление конверсии на озонобезопасный метилформиат предприятия – производителя автомобильных фургонов сектора сэндвич-панелей

№№ п/п	Наименование	Кол-во, шт	Стоимость, долл. США	Общая стоимость, долл. США	Примечание
Комплект оборудования для конверсии заливочной машины					
1.	Новый узел дозирования полиола	2			

1.1	Аксиально-поршневой насос высокого давления в специальном антикоррозионном исполнении.	2			Насос может быть постоянного или переменного действия в зависимости от изначальной комплектации машины
1.2	Эластичная муфта	2			
1.3	Манометр низкого давления	2			
1.4	Манометр высокого давления	2			
1.5	Расходомер шестеренчатого типа из нержавеющей стали	2			
1.6	Опорные конструкции и фланцевые элементы	К-т			
1.7	Кабельная проводка	К-т			
1.8	Крепежные соединительные элементы	К-т			
2.	Форсунка в специальном, антикоррозионном, исполнении для заливочной головки	2			
	ИТОГО:		45000 – 50000	90000 – 100000	

Ориентировочная стоимость оборудования, которое необходимо приобрести одному предприятию – производителю автомобильных фургонов сектора сэндвич-панелей торгового для осуществления конверсии на озонобезопасный метилформиат может составить от 90 – 100 тыс. долл. США (конверсия 2-х заливочных машин) до 135 – 150 тыс. долл. США (конверсия 3-х заливочных машин) и до 180 – 200 тыс. долл. США (конверсия 4-х заливочных машин). Дополнительные расходы предприятия на проведение дополнительных работ оцениваются от 5 до 25 тыс. долл. США.

Выводы:

1. Метод углеводородного вспенивания в производстве сэндвич-панелей позволяет добиться лучших характеристик пенополиуретана, повысить эксплуатационные характеристики готовых изделий, а также изготавливаемых из них конструкций:
 - лучшее энергосбережение за счет высоких теплоизоляционных характеристик;
 - высокая прочность за счет лучшей адгезии к металлическим листам панели;
 - экономичность и технологичность конструкции за счет меньшего веса панели (облегчение транспортировки и строительства, снижение нагрузки на фундамент и т.д.);
 - долговечность конструкции за счет устойчивости наполнителя к старению;

- высокие экологические и гигиенические свойства – по гигиеническим нормам разрешено применение ППУ в холодильной технике для хранения продовольственных продуктов и в ППУ не живут насекомые и грызуны;
 - высокая химическая стойкость к воздействию агрессивных сред, что значительно расширяет сферу применения;
 - низкое влагопоглощение – даже при нарушении герметичности соединений сэндвич-панелей между собой влагопоглощение материала составляет не более 3 %;
 - высокая прочность – так как ППУ вспенивается в процессе изготовления сэндвич-панели, то готовая конструкция получается монолитной и высокопрочной;
 - ППУ не подвержен гниению и распространению грибков и плесени;
 - ППУ гарантированно не теряет своих характеристик в течение 10 лет. В последующие пять лет потеря теплоизолирующей способности составит не более 3-5 %;
 - сооружения из сэндвич-панелей ППУ очень быстро возводятся – профессиональная бригада монтажников укладывает 120-130 м² в сутки.
2. Технологии на основе диоксида углерода и метилформиата позволяют снизить предполагаемые риски, связанные с использованием углеводородов на установках с периодическим циклом производства, но требуют определенного компромисса по характеристикам пеноматериалов: повышенная плотность и потенциально худшие теплоизоляционные свойства.

Глава 14. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора производства предизолированных труб на озонобезопасные вещества и технологии с учетом международного опыта в этой сфере

Краткое описание сектора производства предизолированных труб

Конструкция предизолированных труб (предварительно изолированных труб) – представляют собой «сэндвич», состоящий из следующих слоев:

- напорная стальная внутренняя труба;
- специальный сигнальный провод системы оперативно-дистанционного контроля (СОДК), согласно ГОСТ 30732-2006;
- теплоизоляционный слой (обычно из вспененного пенополиуретана);
- защитная полиэтиленовая или металлическая оболочка.

Предизолированные трубы широко применяются в нефте-, газо-, паро- и мазутопроводах, а также для наземной и подземной безканальной прокладки тепловых сетей и систем горячего водоснабжения в ЖКХ и промышленности.

В Западной Европе такие конструкции успешно применяются с середины 1960-х гг.

и нормализованы Европейским стандартом EN 253:1994, а также EN 448, EN 488 и EN 489. Они обеспечивают следующие преимущества перед существующими конструкциями:

- повышение долговечности (ресурс трубопроводов) в 2-3 раза (до 30 и более лет);
- снижение эксплуатационных расходов на ремонт и обслуживание магистралей в 9 раз (удельная повреждаемость снижается в 10 раз);
- обеспечение высокой устойчивости к воздействию агрессивных веществ, входящих в состав грунтовых вод;
- снижение тепловых потерь в 2-3 раза;
- снижение капитальных затрат в строительстве в 1,3 раза;
- наличие системы оперативного дистанционного контроля за увлажнением теплоизоляции.

Следует также отметить возможность отказа от дополнительной гидроизоляционной обработки магистрали, что позволяет существенно снизить себестоимость выполнения работ по монтажу. Укладка труб с теплоизоляцией и защитой промышленного изготовления осуществляется бригадой сварщиков без использования специального оборудования.

В Российской Федерации предизолированные трубы с теплоизоляцией из пенополиуретана и полиэтиленовой гидроизолирующей оболочкой применяются с 1993 г.

Технические требования к предизолированным трубам и деталям трубопровода нормализованы в ГОСТ 30732-2001 «Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке», введенном в действие 01.07.2001 постановлением Госстроя России № 19 от 12.03.2001.

Этот стандарт был подготовлен с учетом следующих европейских стандартов, разработанных Европейским Комитетом по Стандартизации (CEN):

- EN 253-1994 «Трубопроводы сварные, предварительно изолированные для подземных систем горячего водоснабжения – Система трубопроводов, состоящая из стального магистрального трубопровода с полиуретановой теплоизоляцией и наружной оболочки из полиэтилена»;
- EN 448-1994 «Трубопроводы сварные, предварительно изолированные для подземных систем горячего водоснабжения – Сборная арматура из стальных разводящих труб с полиуретановой теплоизоляцией и наружной оболочкой из полиэтилена».

В стандарте значения показателей, касающиеся кажущейся плотности, прочности при сжатии при 10% деформации, теплопроводности, водо-поглощения, объемной доли закрытых пор соответствуют указанным в европейских нормах. Кроме того, требования к

пенополиуретану с точки зрения требований безопасности и охраны окружающей среды также соответствуют требованиям европейских норм: класс опасности, категория взрывоопасности производства, группа горючести пенополиуретана, требования по утилизации отходов, образующихся при производстве труб, их вывозу и захоронению.

Стандарт распространяется на стальные трубы и фасонные изделия с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке, предназначенные для подземной безканальной прокладки тепловых сетей с расчетными параметрами теплоносителя: рабочим давлением до 1,6 МПа и температурой до 130⁰С (допускается кратковременное повышение температуры до 150⁰С).

С целью обеспечения максимальной эффективности (стоимость изоляции/тепловые потери) устанавливается определенная толщина тепловой изоляции из пенополиуретана для различных климатических поясов.

Для изготовления предизолированных труб используют стальные трубы наружными диаметрами от 57 до 1 020 мм, длиной от 6 до 12 м, соответствующие ГОСТ 550, ГОСТ 8731, ГОСТ 8733, ГОСТ 10705 и ГОСТ 20295, а также требованиям действующих нормативных документов на тепловые сети и федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утвержденным приказом № 116 от 25.03.2014 Ростехнадзора.

Стальные отводы, тройники, переходы и другие детали должны соответствовать требованиям ГОСТ 17375, ГОСТ 17376 и ГОСТ 17378.

Защитные кожухи обычно изготавливаются в виде тонкостенных труб (оболочек) из полиэтилена высокой плотности. Они предназначены для трубопроводов, непосредственно расположенных в земле, и обеспечивают их водонепроницаемость и механическую защиту. Для трубопроводов, расположенных над поверхностью земли, применяют защитную оболочку из оцинкованной стали с толщиной цинкового покрытия не менее 70 мкм.

Для изготовления гидроизолирующих труб-оболочек используется полиэтилен высокой плотности (далее – ПВП) марок 273-79, 273-80 и 273-81, классифицируемый как ПЭ 63. ПВП черного цвета является термостабильным и должен соответствовать ГОСТу 16330 (в некоторых случаях допускается применение ГОСТ 18599).

Европейские фирмы чаще используют полиэтилен ПЭ 80, имеющий более высокие показатели по минимальной длительной прочности и стойкости к распространению трещин.

В последнее время предизолированные трубы для тепловых сетей производятся с применением внешней оболочки из полиэтилена низкого давления (далее – ПНД). Этот материал отличается небольшим удельным весом, устойчивостью к воздействию коррозии, гниения и различных агрессивных сред.

Технология изготовления предизолированных труб:

- стальные трубы соответствующей длины и диаметра проходят дробеструйную обработку, которая обеспечивает удаление ржавчины, окалины и придает поверхности определенную рельефность, благодаря которой обеспечивается лучшее сцепление вспененного полиуретана и стали;
- стальная заготовка помещается в трубу-оболочку (полиэтиленовый футляр) и фиксируется так, чтобы обеспечить одинаковую толщину утеплителя по всему сечению конструкции. Длина наружной ПНД-оболочки несколько меньше трубы, благодаря чему оба торца внутренней трубы на закрыты на 15-200 мм (для обеспечения сварки трубопровода);
- полученную заготовку с помощью пенозаливочной машины заполняют ППУ-компонентами и вспенивателем и оставляют до полного затвердевания утеплителя.

Для прокладки трубопроводов в особо сложных климатических условиях используют предизолированные трубы с греющим кабелем, который обеспечивает активную защиту магистрали от промерзания. Навивка кабеля осуществляется после дробеструйной обработки стальной трубы.

Все предизолированные трубы в обязательном порядке проходят технический контроль по следующим параметрам:

- плотность;
- прочность на сжатие при 10 %-ой деформации;
- объемная доля всех закрытых пор;
- водопоглощение при кипячении;
- прочность на сдвиг;
- теплопроводность.

Сварные соединения проходят стопроцентную проверку при помощи современного метода ультразвукового контроля, что является обязательным требованием перед реализацией.

Большинство российских производителей предизолированных труб в настоящее время уже перешли на использование в своих технологических процессах на диоксид углерода и воду, применяемых в качестве вспенивателя ППУ-изоляции. Временной альтернативой в рецептурах пенополиуретана на переходный период (до 2020 г.) потенциально могут быть системы с использованием производимых в Российской

Федерации ГХФУ-22, ГХФУ-142b, смеси ГХФУ-22 / ГХФУ-142b, смеси ГХФУ-22 и углеводородов (C₃ – C₆). Следует отметить, что применение этих веществ в качестве вспенивателей известно и апробировано, а их производство может сохраниться в России в достаточно приемлемых объемах. Важным обстоятельством является возможность использования этих веществ без замены применяемого в настоящее время предприятиями – производителями предизолированных труб технологического оборудования.

При детальном рассмотрении процесса вспенивания полиуретана в производстве предизолированных труб особо следует отметить роль вспенивающего агента, оказывающего непосредственное влияние на прочностные и термоизолирующие свойства конечной продукции. Вспениватели различаются по принципу действия:

Химические вспениватели – индивидуальные вещества и смеси веществ, выделяющие газ в результате процессов термического разложения или за счет разнообразных химических реакций взаимодействия между собой или другими компонентами полимерной композиции. К химическому методу вспенивания полиуретанов относится реакция изоцианата с водой или муравьиной кислотой с выделением газообразных диоксида углерода или смеси оксида и диоксида углерода.

Физические вспениватели – вещества, выделяющиеся в виде газа в результате физических процессов испарения или десорбции при повышении температуры или при уменьшении давления. К физическим вспенивателям относятся низкокипящие летучие жидкости, алифатические и галогенсодержащие углеводороды.

Требования, которым должны соответствовать физические вспениватели:

- низкая молекулярная масса;
- инертность в жидкой фазе;
- растворимость в полимерной композиции;
- термическая стабильность и инертность в газовой фазе;
- достаточная упругость пара при комнатной температуре;
- высокая летучесть при действии внешнего подогрева или теплоты реакции;
- низкая теплоемкость;
- низкая скрытая теплота газообразования;
- низкая скорость диффузии (по сравнению с воздухом) в полимерном материале;
- низкая коррозионная активность;
- низкая воспламеняемость и горючесть;
- низкая токсичность;
- экономическая доступность.

В качестве физического вспенивателя пеноматериалов в Российской Федерации до 2000 г. широко применялся ХФУ-11, а в ряде технологических процессов – ХФУ-12 и

ХФУ-113. Широкое распространение ХФУ в этом секторе объясняется их негорючестью, малой токсичностью, низкими коэффициентами диффузии в полимерных пленках, обусловленными сравнительно высокой молекулярной массой и плотностью, а также более низкими коэффициентами теплопроводности по сравнению с воздухом и рядом других газообразных веществ. Низкая теплопроводность ХФУ также обуславливает возможность проведения процесса вспенивания полимеров в условиях, близких к адиабатическим, что позволяет осуществлять более точное управление процессом полимеризации. После 2000 г. вместо ХФУ большинство потребителей стали использовать ГХФУ-141b, а в ряде случаев – смесь ГХФУ-22 / ГХФУ-142b. В последние годы, как это уже отмечалось выше, с появлением новых рецептов наиболее широкое распространение получили системы на воде и диоксиде углерода.

Относительно новым альтернативным ГХФУ-141b вспенивателем, позволяющим использовать существующее технологическое оборудование без какой-либо существенной модернизации, является метилформиат, широко применяющийся в ряде стран БРИКС и развивающихся странах (Бразилия, Южно-Африканская Республика, Индия и др.). В настоящее время наибольшее распространение получила рецептура на основе метилформиата – Ecomate Systems, состав которой запатентован.

При подборе рецептуры для вспенивания необходимо учитывать содержание метанола в метилформиате – оно должно быть менее 2%. Посредством введения ингибирующих и противопожарных присадок в ее состав можно получить приемлемые показатели по коррозионной активности и воспламеняемости (свыше 61⁰С) готовой системы.

В рамках Проекта ЮНИДО/ГЭФ – Минприроды России «Поэтапное сокращение потребления ГХФУ и стимулирование перехода на не содержащее ГФУ энергоэффективное холодильное и климатическое оборудование в Российской Федерации посредством передачи технологий» планируется апробировать технологию конверсии на метилформиат на ООО «НВП «Владипур», г. Владимир, специализирующемся на производстве готовых полиуретановых систем. Представляется, что такой подход позволит решить проблему конверсии предприятий, работающих на «непредпентанизованных» заливочных машинах и не располагающих финансовыми ресурсами для замены / модернизации почти всего технологического оборудования в среднесрочной перспективе.

Анализ перспектив использования безопасных для озонового слоя и климата Земли вспенивателей в производстве предизолированных труб.

В целом, для осуществления конверсии производства предизолированных труб (промежуточной или окончательной) на озонобезопасные технологии могут применяться:

- Диоксид углерода и вода;
- Углеводороды (циклопентан, н-пентан);

- Метилформиат (рецептура Ecomate Systems);
- Гидрофторуглероды (ГФУ-245fa, ГФУ-365mfc, ГФУ-134a);
- Гидрофторолефины (ГФО-1234ze и ГФО-1233zd).

В развитых странах отраслевым стандартом в части вспенивателя является озонобезопасный циклопентан, обеспечивающий наилучшие характеристики предизолированных труб. Российским предприятиям, ориентированным на экспорт своих труб в эти страны, целесообразно рассмотреть именно этот вариант конверсии. Следует отметить, что для использования циклопентана потребуются по меньшей мере частичная замена технологического оборудования (если оно было изготовлено в «предпентанизированном» исполнении), а также осуществление дополнительных противопожарных мероприятий, связанных с использованием огнеопасных веществ.

Для внедрения рецептур на основе метилформиата потребуются частичная модернизация узлов оборудования, контактирующих с этим коррозионно-активным вспенивателем.

Производство ГФО-1234ze, обладающего нулевой ОРС и потенциалом глобального потепления (ПГП) = 1, в 2015 гг. будет развернуто рядом компаний (DuPont, Honeywell, Mexichem, Arkema). Его существенными преимуществами являются негорючесть, полная совместимость с оборудованием, на котором применяется ГХФУ-141b, а также энергоэффективность получаемой теплоизоляции (на 8-10% по сравнению с циклопентаном и на 4-6% по сравнению с ГФУ-245fa). К существенным недостаткам этого вещества следует отнести его цену по крайней мере в ближайшие несколько лет (до выхода на проектную мощность всех создаваемых в мире мощностей и насыщения рынка), а также отсутствие перспектив для локализации производства этого вспенивателя в Российской Федерации.

Вода является основным химическим вспенивателем при получении пенополиуретанов. В результате ее взаимодействия с избыточным изоцианатом образуется диоксид углерода, вспенивающий полимерную массу. У этого метода, не смотря на его техническую простоту, имеется ряд недостатков, с которыми должны считаться как производители полимерных систем, так и потребители пенопластов: неоднородность образующейся пены, повышение ее плотности, а также химической активности полимеров, что требует использования более производительного оборудования. Кроме этого, из-за большей вязкости полиольного компонента для получения необходимой производительности необходимо обеспечить его регулируемый подогрев.

Применение муравьиной (метановой) кислоты в качестве вспенивателя позволяет вдвое увеличить удельное газовыделение и, как следствие, снизить расход изоцианата. Однако к недостаткам этого метода, аналогичным применению воды, добавляется выделение достаточно ядовитого оксида углерода ($\text{ПДК}_{\text{p.з.}} = 30 \text{ мг/м}^3$).

Сравнение озонобезопасных альтернативных вспенивателей, рекомендуемых для применения в секторе производства предизолированных труб представлено в таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Сравнение озонобезопасных альтернативных вспенивателей, рекомендуемых для применения в секторе производства предизолированных труб

Вспениватель	Преимущества	Недостатки	Примечание
Циклопентан и н-пентан	Низкий ППП	Горючи	Высокие суммарные капитальные затраты, которые не приемлемы для предприятий малого и среднего бизнеса
	Низкие эксплуатационные затраты		
	Хорошие термоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов		
ГФУ-245fa, ГФУ-365mfc / ГФУ-227ea	Негорючи	Высокий ППП	Низкие суммарные капитальные затраты
	Хорошие термоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов	Высокие эксплуатационные затраты	Отработанная технология
СО ₂	Низкий ППП	Средние характеристики пеноматериалов: высокая теплопроводность и высокая плотность пены	Улучшенные рецептуры второго поколения, не увеличивающие плотность ППУ-изоляции по сравнению с ГФУ
	Негорючий	Высокие эксплуатационные затраты	Низкие суммарные капитальные затраты
Метилформиат	Низкий ППП	Средние характеристики пеноматериалов: высокая теплопроводность и высокая плотность пены	Средние суммарные капитальные затраты (рекомендована защита от коррозии)
	Горючий, но в смесях с полиолами может	Высокие эксплуатационные затраты	
ГФО / ГХФО	Низкий ППП	Высокие эксплуатационные затраты	Апробированная в последние годы технология

	Негорючий		Многообещающие показатели энергоэффективности (равны или лучше, чем у насыщенных ГФУ)
			Низкие суммарные капитальные затраты

Глава 15. Информационно-аналитическая записка о переводе сектора растворителей на озонобезопасные вещества и альтернативные технологии с учетом международного опыта в этой сфере

Краткое описание сектора растворителей

Растворители широко используются как технологические агенты в разных производственных процессах, но в состав конечной продукции не входят. Основными сферами применения растворителей являются очистка металлов и электроники, а также тонкая очистка. Менее распространены профессиональные растворители и теплоносители. В рамках Монреальского протокола использование ХФУ-113 и 1,1,1-трихлорэтана (ТХЭ) было запрещено.

Наиболее распространенными хладагентами в секторе растворителей являлись озонопасные ХФУ-113, метилхлороформ и четыреххлористый углерод. Эти растворители использовались в производстве печатных плат и точном машиностроении, а также в промывке емкостей и узлов, эксплуатируемых в контакте с сильными окислителями или горючими смесями. Главное преимущество ХФУ-113 – его универсальность. При этом для замены ХФУ-113 в стратегически значимых областях применения приходится подбирать отдельные продукты под каждую конкретную операцию. В этом заключается сложность замещения ХФУ-113, в частности, для нужд ракетно-космической промышленности.

В настоящее время из ГХФУ в качестве растворителей используются ГХФУ-141b и ГХФУ-225ca/cb. Несмотря на то, что с 2010 г. в большинстве развитых стран использование ГХФУ-141b было запрещено, в развивающихся странах оно до сих пор растет. В силу схожих химических и физических свойств ГХФУ-225ca/cb используется в качестве упрощенной замены ХФУ-113 во многих областях. Стоимость этого растворителя выше, чем ХФУ-113, и сегодня его используют только в Японии и США (в объеме около 1 тыс. т).

Вывод ГХФУ из обращения не означает существенного сокращения сектора растворителей. С 1980-х гг. разрабатывается множество альтернативных растворителей и технологий, способных заменить ГХФУ: искусственные (очистители на водной основе и эмульсии), углеводородные и спиртовые, а также природные растворители (например,

хлорсодержащие, бромсодержащие и фторсодержащие растворители разных степеней распространения). Однако на сегодняшний день нет ни одного альтернативного растворителя, способного полностью заменить ХФУ-113 и ГХФУ.

Анализ применимости альтернативных растворителей, безопасных для озонового слоя и климата Земли

В Российской Федерации разработаны и апробированы альтернативные моющие средства, не относящиеся к хладагентам, созданные на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ), – так называемые водно-моющие составы (ВМС-С, Деталан и др.).

ВМС-С – моющее средство на водной основе, содержащее комплекс ионогенных и неионогенных ПАВ и ингибитор коррозии, разработанное с целью замены ХФУ-113. Применяется для очистки деталей и сборочных единиц в аэрокосмической технике, для очистки металлов от различных загрязнений и обеспечивает снижение за жирности поверхности с 500–1000 мг/м² до 10–20 мг/м² при температуре обработки 25–40 °С. Полученные результаты позволяют рекомендовать состав при изготовлении и эксплуатации химического оборудования, выполненного из углеродистых и нержавеющей сталей, алюминия, титана и других металлов при незначительной модернизации технологии очистки, применявшейся при использовании ХФУ-113 и ГХФУ-141b.

Подобные средства сегодня внедрены на многих стратегических предприятиях (авиастроение, машиностроение и др.), а также в отдельных операциях на предприятиях ракетно-космической промышленности (частично). Этому способствует их безопасность, малая токсичность и низкая себестоимость.

Следует отметить, что потенциал зарубежных разработок в части заменителей ХФУ-113 и ГХФУ-141b существенно превышает возможности отечественной химической промышленности. В частности, больших успехов в этой сфере достигли такие компании, как DuPont Honeywell, 3M, Solvay и др.

Агентство США по защите окружающей среды (EPA) инициировало программу по поиску альтернатив веществам, разрушающим озоновый слой. На сайте агентства можно ознакомиться с предлагаемыми альтернативами.

В программе по поиску альтернатив ОРВ заменители классифицируются по областям применения на три группы:

- растворители для чистки электроники;
- растворители для очистки металлов;
- растворители для высокоточной очистки.

Разработанные компаниями DuPont и Honeywell гидрохлорфторолефины (ГХФО) и гидрофторолефины (ГФО) с нулевой или крайне малой ОРС и низким ППП (< 10) возможно окажутся эффективной альтернативой не только ХФУ-113 и ГХФУ-141b, но и ГФУ.

Благодаря содержанию хлора и фтора ГХФО обладают уникально сбалансированной растворяющей способностью. К преимуществам ГХФО также относятся подходящие значения точки кипения, низкая токсичность и достаточная стабильность.

В таблицах ниже используются термины, имеющие следующие значения: Эффективность означает пригодность для использования в качестве растворителя (очищающие качества вещества).

Токсичность означает пороговую концентрацию (англ. TLV) или предел воздействия на рабочем месте (англ. OEL). Так как растворители, как правило, используются в качестве технологических агентов в процессе очистки, вопрос токсичности в основном заключается в определении допустимого предела воздействия на работников, задействованных в процессе.

Характеристики безопасности определяются горючестью веществ. У природных растворителей также указываются температура вспышки и взрывоопасная концентрация.

К характеристикам экологичности относятся озоноразрушающая способность и потенциал глобального потепления за 100 лет, а также другие применимые характеристики.

В экономическую эффективность входят капитальные затраты и стоимость растворителя. За капитальные затраты принимаются разовые расходы, а за стоимость растворителя – эксплуатационные расходы.

Стоимость растворителей разделена следующим образом:

A – менее 5, B – от 5 до 10, C – от 11 до 20, D – от 21 до 50, E – от 51 до 80 долл. США за 1 кг.

Прошедшие испытания и запущенные в производство альтернативы озоноопасным растворителям.

Природные альтернативы

Растворители на водной основе и эмульсии могут применяться для обезжиривания металла или электроники, а также тонкой очистки материалов, не подверженных коррозии. Используемая вода должна быть хорошего качества, а при разработке концепции процесса необходимо с самого начала учитывать необходимость утилизации отработанной воды. Некоторые растворители на водной основе оказывают незначительное воздействие на окружающую среду (не являются ЛОС, обладают низким ППП и нулевой ОРС) и отличаются низкой токсичностью. Однако составы, в которых содержатся добавки, могут выделять ЛОС, быть токсичными и коррозионно-активными. Капитальные затраты могут быть высокими, однако эксплуатационные расходы, как правило, ниже, чем у других альтернативных растворителей (таблицы 15.1- 15.3).

Таблица 15.1 - Растворители на водной основе

Действующее вещество	Вода, ПАВ, щелочь/кислота, прочие добавки
----------------------	---

Эффективность	Пригодны для очистки разных материалов и деталей с выбором добавки в зависимости от материала
Токсичность	Зависит от добавок
Характеристики безопасности	Негорючие вещества. При добавке щелочи или кислоты коррозионноактивны.
Экологические характеристики	ОРС = 0 ПГП = 0 Необходима очистка отработанной воды
Экономическая эффективность ¹ : Капитальные затраты Стоимость растворителя	Очень большие А-В
Примечание - ¹ Отчет Рабочей группы ГТЭО (май 2012 г.).	

Таблица 15.2 - Эмульсии

Действующее вещество	Смесь гликольэфир и воды, терпены, гликольэфир
Эффективность	Пригодны для очистки разных материалов и деталей
Токсичность	Низкая или умеренная (в зависимости от типа используемого органического растворителя)
Характеристики безопасности	Некоторые органические растворители являются горючими веществами. Необходимы средства взрывозащиты.
Экологические характеристики	ОРС = 0 ПГП – низкий Необходима очистка отработанной воды Являются ЛОС
Экономическая эффективность ¹ : Капитальные затраты Стоимость растворителя	Очень большие А-Д
Примечание - ¹ Отчет Рабочей группы ГТЭО (май 2012 г.).	

Таблица 15.3 - Углеводородные растворители

Действующее вещество	Н-парафин, изопарафин, ароматические растворители
Эффективность	Высокая растворяющая способность масла и смазки
Токсичность	Низкая или умеренная (в зависимости от типа растворителя)
Характеристики безопасности	Являются горючими веществами. Для предотвращения взрыва используются растворители с высокой температурой вспышки (> 55 ⁰ С). Необходимы средства взрывозащиты.
Экологические характеристики	ОРС = 0 ПГП – низкий Являются ЛОС
Экономическая эффективность ¹ : Капитальные затраты Стоимость растворителя Модернизация	Большие А-С Представляет сложность
Примечание - ¹ Отчет Рабочей группы ГТЭО (май 2012 г.).	

Испытания растворителей на основе парафиновых углеводородов прошли успешно. Они показали эффективную очистку, однако наличие нелетучих или слаболетучих остатков может препятствовать использованию в некоторых сегментах перерабатывающей промышленности или при окончательной обработке. Они оказывают незначительное

воздействие на окружающую среду (обладают низким ППП и нулевой ОРС), однако в большинстве случаев являются ЛОС, выбросы которых регулируются законодательством. Токсичность таких растворителей также невысока. В силу взрывоопасности (при температуре вспышки более 55⁰С) растворители должны использоваться в открытых контейнерах и при температуре ниже температуры вспышки не менее чем на 15⁰С. Спиртовые растворители много лет используются для очистки, при этом самым распространенным является изопропиловый спирт. Они отличаются невысокой стоимостью и оказывают незначительное воздействие на окружающую среду (обладают низким ППП и нулевой ОРС), однако относятся к ЛОС и могут загрязнять приземный слой атмосферы (таблица 15.4). Также при их использовании необходимы средства взрывозащиты.

Таблица 15.4 - Спиртовые растворители

Действующее вещество	Изопропиловый спирт (IPA)
Эффективность	Высокая растворяющая способность канифольного флюса
Токсичность (TLV или OEL)	200 м. д.
Характеристики безопасности	Горючие вещества. Необходимы средства взрывозащиты.
Экологические характеристики	ОРС = 0 ППП – низкий Являются ЛОС
Экономическая эффективность ¹ : Капитальные затраты Стоимость растворителя Модернизация	Большие А Представляет сложность
Примечание - ¹ Отчет Рабочей группы ГТЭО (май 2012 г.).	

Основными природными заменителями ТХЭ являются хлорсодержащие альтернативы – трихлорэтилен, тетрахлорэтилен и дихлорметан. Эти вещества обладают крайне малой (0,005-0,007) ОРС и, как правило, относятся к веществам с нулевой ОРС. Чистящие свойства этих веществ аналогичны свойствам ТХЭ (таблица 15.5). Однако при замене ГХФУ на хлорсодержащие растворители необходимо проверить совместимость с материалом очищаемых деталей.

Таблица 15.5 - Хлорсодержащие растворители

Действующее вещество	Трихлорэтилен	Тетрахлорэтилен	Дихлорметан
Точка кипения	87 ⁰ С	121 ⁰ С	40 ⁰ С
Эффективность	Высокая растворяющая способность благодаря содержанию хлора. Хорошо удаляют масло и смазку. Несовместимы с некоторыми материалами.		

Токсичность ¹ : TLV или OEL (США)	10 м. д.	25 м. д.	50 м. д.
Характеристики безопасности ¹ : Температура вспышки Взрывоопасная концентрация	Отсутствует 8-10,5% об.	Отсутствует Отсутствует	Отсутствует 13-23% об.
Экологические характеристики ¹	ОРС = 0,005 ПГП = 5 Время жизни в атмосфере – 13 дней	ОРС = 0,005 ПГП = 12 Время жизни в атмосфере – 0,3 года	ОРП = 0,005 ПГП = 9 Время жизни в атмосфере – 0,38 года
Экономическая эффективность ¹ : Капитальные затраты Стоимость растворителя Модернизация	Средние А Возможна		
Примечание - ¹ Отчет Рабочей группы ГТЭО (май 2012 г.).			

Альтернативой ГХЭ и ХФУ-113 может служить бромсодержащий растворитель (н-пропилбромид), т. к. он обладает аналогичными чистящими свойствами, но отличается высокой токсичностью (таблица 15.6). В феврале 2012 г. было предложено снизить TLV пропилабромида с 10 м. д. до 0,1 м. д. С тех пор новых данных не появилось.

Таблица 15.6 - Бромсодержащий растворитель н-пропилбромид

Действующее вещество	н-Пропилбромид
Точка кипения	72 ⁰ С
Эффективность ¹	Высокая растворяющая способность благодаря содержанию брома. Хорошо удаляет масло и смазку. Несовместим с некоторыми материалами.
Токсичность TLV или OEL (США)	0,1 м. д.
Характеристики безопасности: Температура вспышки Взрывоопасная концентрация	Отсутствует Отсутствует
Экологические характеристики ¹	ОРС = 0,0049-0,01 ПГП – очень низкий Время жизни в атмосфере – от 20 до 25 дней
Экономическая эффективность ¹ : Капитальные затраты Стоимость растворителя Модернизация	Средние С Возможна

В силу относительно высокой стоимости и необходимости наличия высокотехнологичной промышленности ГФУ используются в основном в развитых странах. Из-за роста озабоченности высоким ПГП этих веществ их применение ограничивается важными сферами, где их замена невозможна. Таким образом, ожидается, что увеличение их потребления будет минимальным (таблица 15.7).

Таблица 15.7 - Растворители на основе ГФУ

Действующее вещество	ГФУ-43-10mee	ГФУ-365mfc	ГФУ-c447ef
Точка кипения	55 ⁰ С	40 ⁰ С	82 ⁰ С
Эффективность ¹	Быстро высыхают и благодаря невысокой растворяющей способности совместимы с большинством материалов		
Токсичность ¹ TLV или OEL (США)	200 м. д.	1000 м. д. ²	120 м. д.
Характеристики безопасности ¹ : Температура вспышки Взрывоопасная концентрация	Отсутствует Отсутствует	≤ 27 ⁰ С ² 3,6-13,3 % об.	Отсутствует Отсутствует
Экологические характеристики ¹	ОРС = 0 ППП = 1640 Время жизни в атмосфере – 15,9 года	ОРС = 0 ППП = 794 Время жизни в атмосфере – 7,0 лет	ОРС = 0 ППП = 250 Время жизни в атмосфере – 3,4 года
Экономическая эффективность ¹ : Капитальные затраты Стоимость растворителя Модернизация	Средние С-Е Возможна		
Примечание 1 - Отчет Рабочей группы ГТЭО (май 2012 г.) 2 – По данным производителей			

Гидрофторэфиры (далее – ГФЭ) являются новыми гомологическими фторсодержащими растворителями. Все они используются в качестве замены ХФУ и ГХФУ, а также могут быть заменителем ГФУ-растворителей с высоким ППП. В силу посредственной растворяющей способности чистые ГФЭ могут использоваться только в некоторых сферах. Как правило, ГФЭ используются как неазетропные смеси в сочетании с другими растворителями, например, спиртами и транс-1,2-дихлорэтиленом, что позволяет повысить эффективность очистки (таблица 15.8). Из-за относительно высокой стоимости они распространены меньше, чем менее дорогие растворители, например, хлорсодержащие и углеводородные.

Таблица 15.8 - Растворители на основе ГФЭ

Действующее вещество	ГФЭ-449s1	ГФЭ-569sf1	ГФЭ-64-13s1	ГФЭ-347pc-f2
Точка кипения	61 ⁰ С	72 ⁰ С	98 ⁰ С	56 ⁰ С
Эффективность ¹	Быстро высыхают и благодаря невысокой растворяющей способности совместимы с большинством материалов			
Токсичность ¹ TLV или OEL (США)	750 м. д.	200 м. д.	100 м. д.	50 м. д.
Характеристики				
Действующее вещество	ГФЭ-449s1	ГФЭ-569sf1	ГФЭ-64-13s1	ГФЭ-347pc-f2

безопасности ¹ : Температура вспышки Взрывоопасная концентрация	Отсутствует Отсутствует	Отсутствует 2,1-10,7 % об.	Отсутствует Отсутствует	Отсутствует Отсутствует
Экологические характеристики	ОРС = 0 ПГП = 297 Время жизни в атмосфере – 3,8 года	ОРС = 0 ПГП = 59 Время жизни в атмосфере– 0,77 года	ОРП = 0 ПГП = 210 Время жизни в атмосфере – 3,8 года.	ОРС = 0 ПГП = 580 Время жизни в атмосфере – 7,1 года.
Экономическая эффективность ¹ Капитальные затраты Стоимость растворителя Модернизация	Средние D-E Возможна			
Примечание - ¹ Отчет Рабочей группы ГТЭО (май 2012 г.).				

Некоторое время назад было предложено использовать в качестве растворителей ненасыщенные фторсодержащие вещества, например, ГФО и ГХФО. Это новый специально разработанный класс растворителей с сокращенным временем жизни в атмосфере. ГФО с нулевым ОРП и крайне низким ПГП (< 10) разрабатываются для замены ГФУ с высоким ПГП и ГФЭ с низким или средним ПГП (таблица 15.9). Также они могут заменить ГХФУ в некоторых сферах.

Таблица 15.9 - Растворители на основе ГХФО

Действующее вещество	ГХФО-1233zd
Точка кипения	19 ⁰ С
Эффективность	Быстро высыхает, совместим с большинством материалов, высокая растворяющая способность загрязнений различного происхождения
Токсичность TLV или OEL (США)	300 м. д. ²
Характеристики безопасности ¹ : Температура вспышки Взрывоопасная концентрация	Отсутствует Отсутствует
Экологические характеристики ³	ОРС = 0,00024-0,00034 ПГП = 4,7-7,0
Экономическая эффективность: Капитальные затраты Стоимость растворителя Модернизация	Средние C-D Возможна при условии реализации ряда мероприятий для минимизации объема выбросов
Примечания: 1 - Отчет Рабочей группы ГТЭО (май 2012 г.) 2 - По данным производителей 3 - Федеральный реестр США, часть 78, № 32.	

Производители объявили о запуске в серийное производство ГХФО-1233zd (транс-1-хлор-3,3,3-трифторпропена). Он остается в атмосфере менее месяца и обладает низким ППП за 100 лет (меньше 5). В силу очень короткого срока пребывания в атмосфере ОРС этого вещества незначителен. Благодаря сбалансированной растворяющей способности ГХФО могут заменить ГХФУ и ГФУ с высоким ППП.

Выводы:

1. При очистке металлов удаляются смазочно-охлаждающая жидкость, смазка или металлическая стружка, для чего необходима высокая растворяющая способность. Как правило, расходы на очистку невелики, так как большинство металлов, подлежащих очистке, отличаются невысокой стоимостью. Таким образом, в этой сфере широко применяются хлорсодержащие, бромсодержащие и углеводородные растворители.
2. При очистке электроники в основном удаляются остатки канифольного флюса с электронных приборов или печатных плат. Для того, чтобы избежать повреждения деталей, подлежащих очистке, следует использовать растворители с невысокой растворяющей способностью. В связи с этим широко применяются ГФУ и ГФЭ в смеси с другими растворителями.
3. Под тонкой очисткой понимается очистка до определенного качества с целью сохранения ценности продуктов. Как правило, стоимость растворителя не играет роли, т. к. качество очистки имеет большее значение, чем расходы. В этой сфере могут применяться разнообразные альтернативные ГХФУ растворители, выбор которых зависит от требуемого качества очистки, материала и формы деталей, подлежащих очистке.
4. Несмотря на неуклонность замещения ГХФУ альтернативными растворителями во всех трех вышеперечисленных областях применения, некоторые вопросы остаются открытыми.
5. Среди природных растворителей наиболее предпочтительными представляются растворители на водной основе, однако их применение ограничено, т. к. некоторые материалы не переносят воздействия воды. После очистки растворителями на водной основе продукт необходимо осушить, а этот этап может быть энергозатратным и требовать большей площади помещения.
6. Углеводороды и спирты являются эффективными растворителями, но отличаются высокой горючестью. Риск воспламенения может быть снижен путем использования инженерно-технических средств контроля, некоторые из которых обладают высокой стоимостью. Проблема горючести может затормозить развитие применения этих растворителей. Кроме того, большинство распространенных углеводородов являются ЛОС, что также может послужить препятствием для их применения в некоторых странах.
7. Среди природных растворителей в качестве заменителей ГХФУ во многих сферах

могут применяться хлорсодержащие растворители, т. к. они обладают высокой растворяющей способностью. Однако масштабный переход на хлорсодержащие растворители не представляется вероятным в силу их высокой токсичности. Растворяющая способность этих веществ выше, чем у ГХФУ, в силу чего перед заменой ГХФУ на хлорсодержащие растворители требуется тщательная оценка совместимости с материалами, подлежащими очистке.

8. n-Пропилбромид является эффективным и выгодным растворителем, однако масштабный переход на его использование не представляется вероятным в силу его токсичности.

9. В качестве заменителей ГХФУ могут использоваться ГФУ и ГФЭ. Однако при этом необходимо учитывать их невысокую растворяющую способность. Все ГФУ и ГФЭ обладают нулевой ОРС. Значение ППП зависит от состава. Использование этих веществ может быть ограничено их относительно высокой стоимостью.

10. В качестве заменителей ГФУ с высоким ППП и ГФЭ с низким или средним ППП разрабатываются ГФО и ГХФО. ППП этих веществ крайне мал. ГФО могут заменить ГХФУ в некоторых сферах. ГХФО-транс-1233zd обладает высокой растворяющей способностью и может служить прямой заменой ГХФУ. Использование этих веществ может быть ограничено их относительно высокой стоимостью.



ОЗОНОВЫЙ ЦЕНТР КЫРГЫЗСТАНА

г. Бишкек, ул. Медерова 42, каб. 311

тел.: +996 (312) 900 201

факс: +996 (312) 900 204

www.ozonecenter.kg