Подготовка к сокращению потребления ГХФУ: основные положения, относящиеся к использованию, альтернативам, последствиям и финансированию для стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола

Организация Объединенных Наций по промышленному развитию
Вена, 2012 г.

Использованные определения и представленные материалы в настоящей публикации не предполагают выражения какого бы то ни было мнения со стороны Секретариата Организации Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО) в отношении юридического статуса какой-либо страны, территории, города или региона, их властных структур, а также размежевания их пределов и границ. Всю ответственность за мнения, количественные данные и оценки, содержащиеся в данной публикации, несут ее авторы, которые не обязательно отражают точку зрения или находят одобрение со стороны ЮНИДО. Определения «развитые» и «развивающиеся» экономики предназначены для статистического удобства и не обязательно выражают суждение о стадии развития, достигнутой определенной страной или регионом в процессе развития. Упоминания названий компаний или коммерческих продуктов не выражают их поддержку со стороны ЮНИДО.

Предисловие

Концепция настоящего руководства была разработана в ответ на комментарии, полученные от представителей более 30 стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой (Монреальский протокол), принявших участие в техническом семинаре по прекращению потребления ГХФУ, проведенном ЮНИДО в Вене в феврале 2008 г.

Информация, полученная в рамках семинара, а также в ходе широкого повседневного общения с рядом партнеров ЮНИДО, показала необходимость лучшего понимания технических и стратегических задач, относящихся к выводу из обращения гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) в конкретных областях применения, которое будет способствовать принятию мер по сокращению потребления ГХФУ в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

В выполнение мероприятий по выводу из обращения ГХФУ необходимо вовлечь более широкий круг лиц с различным уровнем технических знаний, опыта реализации проектов и знакомства с рабочими механизмами Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола (МФМП). Несмотря на то, что в ходе прекращения потребления ХФУ был приобретен значительный опыт, необходимо понимать, что природа и разнообразие применений ГХФУ, особенно в холодильном секторе и секторе кондиционирования воздуха, гораздо более сложны.

Хотя значительный объем данных и технической информации доступны из ряда официальных и неофициальных источников, их масштабы и уровень сложности могут оказаться чрезмерными для людей, не знакомых с предметом или не имеющих достаточной технической подготовки. Даже специалисты со специфическим опытом в одной из областей, связанных с сокращением потребления озоноразрушающих веществ (ОРВ), очень часто ощущают недостаток знаний для понимания процессов в других сферах применения этих веществ.

Большая часть информации, используемая в настоящей публикации, имеется в свободном доступе для любого читателя. Руководство также содержит ссылки на источники этой информации. Ряд материалов был специально подготовлен для этой публикации с целью более доступного изложения.

Главная цель настоящего руководства – объединить в рамках единой публикации широкий спектр информации и детальные инструкции по ее использованию, с тем чтобы широкая группа читателей могла использовать данный документ в качестве полезного справочного инструмента. Эта группа может включать в себя национальных консультантов стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, специалистов по охране озонового слоя, представителей промышленности и правительственных организаций, а также других лиц, заинтересованных в проблеме сокращения потребления ГХФУ.

В силу значительной технической сложности многих затронутых проблем, данное руководство не стремится объяснить их суть на детальном уровне, что характерно для специальных публикаций, и, следовательно, не может рассматриваться в качестве полноценного и окончательного документа. Целью этой публикации является оказание содействия базовому пониманию основных технических, стратегических и тактических проблем сокращения потребления ГХФУ в рамках Монреальского протокола.

Настоящее руководство не предназначено для досконального изучения, более подходящим методом его использования представляется такой, при котором читатель обращается

к конкретным интересующим его разделам. С другой стороны, читатель, которому эта проблема еще не известна, может счесть эту публикацию полезным вводным пособием для ознакомления. Кроме того, читатели, знакомые с функционированием механизмов МФМП и Монреальского протокола, могут быть заинтересованы в том, чтобы узнать об использовании ГХФУ в сферах охлаждения и кондиционирования воздуха в целях лучшего понимания проектных предложений в этом секторе. С другой стороны, у технического специалиста, знакомого с этими применениями, может возникнуть интерес в отношении функционирования механизмов МФМП или необходимость понимания объема и содержания информации, которая будет необходима национальному озоновому офису для подготовки национальной стратегии поэтапного сокращения потребления ГХФУ.

В связи с вышеизложенным данная публикация объединяет в рамках одного документа базовую техническую и стратегическую информацию по наиболее существенным проблемам, относящимся к выводу ГХФУ из обращения в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Настоящее руководство не подменяет собой каких-либо значимых источников, к которым оно обращается, но оно объединяет наиболее важную информацию в рамках единой публикации, доступной для широкого распространения. Данная публикация не может рассматриваться в качестве учебника, но она может служить отправным пунктом для пользователей, желающих ознакомиться с более детальными документами.

Очевидно, что использование настоящего руководства не отменяет необходимости должной оценки и консультаций в отношении мероприятий по сокращению потребления ГХФУ, но оно предоставляет базовую информацию и понятия об основных концепциях, необходимых неспециалистам для общего понимания вопроса. Это позволит им более полно разобраться в технических и стратегических вопросах, что поможет в их повседневной работе, а также повысит их компетенцию в области корректного формулирования вопросов и последующего поиска соответствующих объяснений.

Эта публикация содержит информацию, которая была доступна по состоянию на ноябрь 2012 г., и необходимость ее обновления будет постоянно рассматриваться.

Названия хладагентов и пенообразователей, используемые в публикации

В настоящее время используется много хладагентов и пенообразователей (вспенивающих агентов, вспенивателей, порообразователей). Некоторые из них являются однокомпонентными веществами, но большинство представляет собой смесь двух или более веществ. В рамках данной публикации и в целях последовательности изложения однокомпонентные вещества называются так же, как и химические группы веществ, в которые они входят, например: ГХФУ-22, ГФУ-134a или ГХФУ-141b.

При ссылках на смеси хладагентов используются их так называемые «R-номера», которые являются международно признанной классификацией для специальных смесей веществ, например: хладагент R-410A, который является смесью 50 % ГФУ-32 и 50 % ГФУ-125. Система R-нумерации описана в главе 8.

Во избежание ошибок, в таблицах, приведенных в главе 8, используются только R-номера.

Благодарности

Настоящий документ был составлен Тамасом Грофом (ЮНИДО) и Камероном Мэрдохом (Мэрдох Консалтинг).

Особая благодарность выражается Ламберту Куйперсу, Сопредседателю Группы экспертов по технологической и экономической оценке Монреальского протокола и следующим международным консультантам: Ричарду Аброква, Полу Ашфорду, Риучи Ошима и Валерию Смирнову. Без их технических рецензий и советов существование этого документа было бы невозможно. Также выражается благодарность Джин Датта за ее усердие в редактировании этого документа.

При подготовке этого документа в полной мере использовалась информация, полученная в ходе проведения технического семинара по сокращению потребления ГХФУ, организованного ЮНИДО в феврале 2008 г. и технического семинара по сокращению потребления ГХФУ (5–6 апреля 2008 г., Монреаль, Канада), проведенного компанией ICF при финансовой поддержке со стороны Европейской комиссии.

Следует отметить значительный вклад Группы реализации Проекта ЮНИДО/ГЭФ по выводу из оборота ГХФУ в Российской Федерации в лице Юрия Сорокина, Василия Целикова, Александра Любешкина, Марии Фомичевой и Артема Кушнерева в доработку русскоязычной версии данного документа.

В подготовке публикации также использовалась важная информация, накопленная в процессе подготовки и реализации текущих проектов ЮНИДО, профинансированных Многосторонним фондом по реализации Монреальского протокола и Глобальным экологическим фондом (ГЭФ).

Содержание

Предисловие iii

Благодарности v

1. Введение 1
   - 1.1 Ущерб озоновому слою 1
   - 1.2 Озоноразрушающий потенциал 2
   - 1.3 Прямое воздействие на окружающую среду 3
   - 1.4 Опосредованное воздействие на окружающую среду 4

2. Монреальский протокол 7
   - 2.1 Предпосылки 7
   - 2.2 Помощь развивающимся странам 11
   - 2.3 Реализация Монреальского протокола 12

3. Изменение климата 17
   - 3.1 РКИК и Киотский протокол 17
   - 3.2 Парниковые газы 20
   - 3.3 Воздействие парниковых газов на окружающую среду 22
   - 3.4 Общее воздействие на окружающую среду жизненного цикла систем, генерирующих парниковые газы 24
   - 3.5 Зависимость между сокращением потребления ГХФУ и изменением климата 28

4. Ускоренное сокращение производства и потребления ГХФУ 31
   - 4.1 Введение 31
   - 4.2 Решение XIX/6 Сторон Монреальского протокола 31
   - 4.3 Решения Исполнительного комитета Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола 32

5. Разработка стратегии сокращения потребления ГХФУ 41
   - 5.1 Введение 41
   - 5.2 Техническая выполнимость 41
   - 5.3 Доступность 42
   - 5.4 Локальные технические возможности и промышленная практика 42
   - 5.5 Экономическая устойчивость 43
   - 5.6 Воздействие на окружающую среду 45

6. Подготовка Плана управления сокращением потребления ГХФУ 47
   - 6.1 Введение 47
   - 6.2 Основные принципы Плана управления сокращением потребления ГХФУ (ПУСГ) 48
   - 6.3 Финансирование 52
   - 6.4 Инвестиционные проекты 53
   - 6.5 Демонстрационные проекты 54

7. Основы искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха 55
7.1 Введение 55
7.2 Как работают системы искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха? 55
7.3 Смазочные материалы для систем искусственного охлаждения 61
7.4 Общие типы компрессоров 62
7.5 Хладагенты 64
7.6 Потребление энергии 65
7.7 Аспекты проектирования систем искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха 66
7.8 Типы систем кондиционирования воздуха 70
7.9 Тепловые насосы 74
7.10 Типы систем искусственного охлаждения 75

8. Хладагенты 87
8.1 Краткая история 87
8.2 Названия хладагентов 88
8.3 Разработка альтернативных хладагентов 91
8.4 Классификация групп безопасности 92
8.5. Классификация и статус хладагентов 94
8.6 Хладагенты, смазочные масла и параметры систем охлаждения 96
8.7 Природные хладагенты 103
8.8 Основные характеристики хладагентов 106

9. Альтернативные хладагенты для искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха 113
9.1 Введение 113
9.2 Сфера применения ГХФУ 113
9.3 Общие соображения 114
9.4 Выбор хладагентов для нового оборудования кондиционирования воздуха 114
9.5 Выбор хладагентов для существующего оборудования кондиционирования воздуха 123
9.6 Выбор хладагентов для нового торгового холодильного оборудования ... 125
9.7 Выбор хладагентов для существующего торгового холодильного оборудования 128
9.8 Выбор хладагентов для новых промышленных систем охлаждения 130
9.9 Выбор для существующих промышленных систем охлаждения 133
9.10 Транспортные системы охлаждения 134

10. Рациональные методы обслуживания холодильного оборудования 137
10.1 Введение 137
10.2 Оценка вариантов обслуживания существующего холодильного оборудования 137
10.3 Идентификация оборудования 138
10.4 Учет использования хладагента 139

10.5 Оценка вариантов обслуживания существующего холодильного оборудования. 139
10.6 Сокращение утечек 140
10.7 Перезаправка хладагентами прямого замещения 141
10.8 Модификация (ретрофит) с заменяющими ГФУ хладагентами 143
10.9 Уменьшение климатического воздействия 143

11. Основные методы получения пеноматериалов 147
11.1 Введение. 147
11.2 Полиуретан 147
11.3 Как получают полиуретан. 148
11.4 Полиуретановые пеноматериалы. 150
11.5 Жесткий пенополиуретан 155
11.6 Полистирол 162
11.7 Экструзионный пенополистирол (ЭППС) 164
11.8 Полиолефиновые пенопласты 167

12. Альтернативные пенообразователи для производства пеноматериалов 171
12.1 Введение. 171
12.2 Жесткий пенополиуретан 171
12.3 Интегральные пенопласты. 179
12.4 Экструзионный пенополистирол 180
12.5 Полиолефиновые пенопласты 183
12.6 Метилформиат 184
12.7 Обзор технологии получения пенопластов с различными пенообразователями 185

13. Экономические аспекты сокращения потребления ГХФУ 191
13.1 История вопроса 191
13.2 Последствия, связанные с более высокой стоимостью альтернатив ГХФУ 192
13.3 Стоимостные оценки сокращения потребления ГХФУ в секторе пеноматериалов 192
13.4 Стоимостные оценки сокращения потребления ГХФУ в холодильном секторе. 200

14. Опыт поэтапного отказа от потребления ОРВ в странах, не действующих в рамках 5-й Статьи 207
14.1 Сокращение потребления ГХФУ 207
14.2 Регулирование ГФУ 208

Сокращения и условные обозначения

АСКВ	Автомобильная система кондиционирования воздуха
ВКЖЦ	Воздействие на климат на протяжении жизненного цикла
ГМД	Гексаметилен диизоцианат
ГТОЭО	Группа по техническому обзору и экономической оценке
ГФУ	Гидрофторуглерод
ГХФУ	Гидрохлорфторуглерод
ДКЗ	Дополнительные капитальные затраты
ДЭЗ	Дополнительные эксплуатационные затраты
ДЭЭ	Дополнительная эксплуатационная экономия
ЖП	Жесткий пенопласт
ИД	Изофорон диизоцианат
ИсКом	Исполнительный комитет Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола
КПУСО	Конечный план управления сокращением потребления ОРВ
ЛОС	Летучие органические соединения
МСП	Малые и средние предприятия
МФИ	Метил-фенилен изоцианат
МФМП	Многосторонний фонд по реализации Монреальского протокола
МЧР	Механизм чистого развития
НОО	Национальный озоновый офис
НПВ	Нижний предел воспламеняемости
НПСО	Национальный план сокращения потребления ОРВ
ОПКДР	Ориентировочный перечень категорий дополнительных расходов
ОРВ	Озоноразрушающие вещества
ОРП	Озоноразрушающий потенциал
ПАГ	Полиалкиленгликоль
ПАО	Поли-альфа-олефин
ПВ	Поливиниловые эфиры
ПГ	Парниковый газ
ПГП	Потенциал глобального потепления
ПИХ	План по использованию хладагентов
ППХ	Переменный поток хладагента
ПР	Прямое расширение
ПУ	Полиуретан
ПУСГ	План управления сокращением потребления ГФХУ
ПЭ	Полиол эфир
РКИК	Рамочная конвенция ООН по изменению климата
СБ	Сжиженный бензин
СВПДК	Средневзвешенная предельно допустимая концентрация
СПГ	Сжиженный природный газ
СЭВГП	Суммарный эквивалент воздействия на глобальное потепление
ТДИ	Толуол диизоцианат
Ф-газы	Фторсодержащие газы
УВ	Углеводород
ХФУ	Хлорфторуглерод
ЭПС	Экструзионный пенополистирол

1. Введение

В течение многих лет вопросы истощения озонового слоя и изменения климата занимают важнейшее место в деятельности международного сообщества по охране окружающей среды. Общеизвестно, что искусственно созданные химические вещества и антропогенная деятельность имеют серьезное неблагоприятное воздействие на глобальную климатическую систему.

Основная задача настоящего руководства состоит в оказании содействия странам, действующим в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, в деятельности по сокращению потребления ГХФУ. Это комплексная проблема, охватывающая взаимосвязанные экологические, экономические, технические и социальные аспекты. В этой связи необходимо использовать комбинированный подход, так как невозможно рассматривать вопрос сокращения потребления ГХФУ в изоляции от остальных вышеуказанных аспектов.

Существует несколько соображений экологического характера, которые либо оказывают влияние на выбор стратегии по сокращению потребления ГХФУ, либо зависят от выбора альтернатив ГХФУ. Настоящее руководство сосредоточено на ключевых стратегических, экологических и технических проблемах, относящихся к сокращению использования ГХФУ, а также содержит информацию об источниках финансирования, доступных для оказания помощи странам, действующим в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Данный раздел предлагает некоторую основную информацию о воздействии на окружающую среду озоноразрушающих веществ (ОРВ) и предлагает термины для их описания и определения. Связь между прекращением потребления ГХФУ и глобальным потеплением будет обсуждаться подробнее в главе 4.

1.1 Ущерб озоновому слою

Озон – это встречающийся в природе газ, относящийся к малым газовым составляющим атмосферы. Его молекулы состоят из трех атомов кислорода. Озон формируется в атмосфером слое между 10 и 50 км над поверхностью Земли, когда поступающее ультрафиолетовое излучение взаимодействует с молекулой кислорода, состоящей из двух атомов, расщепляет ее и превращает в атомарный кислород (единичный атом). Когда свободный кислородный атом сталкивается с другой молекулой кислорода, они могут образовать молекулу озона (O_3). Около 90 % озона находится в верхнем слое атмосферы – стратосфере. Хотя озон присутствует в очень малых концентрациях, его наличие оказывается существенным для жизни на Земле. Озоновый слой поглощает большую часть вредоносного ультрафиолетового (УФ)-В излучения Солнца, а также отфильтровывает смертоносную УФ-С радиацию.

Общее содержание озона (ОСО) над поверхностью Земли подвержено изменениям и колеблется в рамках дневного и сезонного диапазонов. Изменения в концентрации озона вызываются стратосферными ветрами (вихрями) и фотохимическими реакциями, регулирующими баланс возникновения и разрушения озона. Обычно самое низкое содержание озона наблюдается у экватора и самое высокое – около полюсов, что обусловлено сезонными вихревыми режимами в стратосфере.

Следует также заметить, что озон – это «вторичный загрязняющий агент», образующийся в нижней атмосфере (тропосфере) в результате химических реакций, происходящих при участии первичных загрязнителей – летучих органических соединений (ЛОС) под воздействием солнечного света.

В 1985 году ученые открыли «дыру» в слое стратосферного озона над Антарктикой. Это открытие вызвало серьезную обеспокоенность международного научного сообщества.

Полярные стратосферные облака в высоких широтах состоят из крошечных частиц замерзшей воды, которая содержит хлор, сохраняющийся в инертных соединениях, таких как хлористый водород, соляная кислота и нитрат хлора (при температурах ниже –85 °C). Эти соединения не взаимодействуют с озоном в течение темных зимних месяцев, но когда приходит весна, ультрафиолетовое солнечное излучение действует как катализатор и служит причиной фотохимических реакций на поверхности водяных частиц, трансформируя инертные составляющие в химически активный монооксид хлора, который разрушает озон с очень высокой интенсивностью. Подобные реакции происходят и с бромом, который разрушает озон еще более эффективно.

Созданные человеком химические вещества, являющиеся источниками хлора и брома, содействующих истощению озонового слоя – это бромистый метил, метил хлороформ, тетрахлорид углерода (четыреххлористый углерод – ЧХУ), хлорфторуглероды (ХФУ), гидрохлорфторуглероды (ГХФУ) и семейство бромсодержащих химических веществ, известных как галлоны (применялись как огнетушащие агенты).

Со времени начала измерений общего содержания озона над Антарктикой в 1980-х гг. наблюдалось устойчивое истощение озонового слоя, а в 2003 г. размер озоновой дыры достиг максимума и составил примерно 28 млн кв. км, что сделало ее второй по размерам в истории.

Истощение стратосферного озона – явление, отличающееся от формирования озона в нижней тропосфере, где он является загрязнителем воздуха. Тропосферный озон – продукт взаимодействия окислов азота и органических загрязнителей под воздействием солнечного света. Смесь этих химических веществ в приземном слое атмосферы известна под названием «городской смог».

Истощение озонового слоя напрямую связано с проблемой изменения климата. Озон и некоторые ОРВ, особенно ХФУ, являются парниковыми газами. Истощение озона производит непрямой эффект охлаждения, в то время как избыток ОРВ вызывает потепление атмосферы. Эти два механизма, вызывающие изменение климата, не просто компенсируют друг друга. Их взаимодействие имеет гораздо более сложный характер. Однако в настоящее время твердо установлено, что прекращение использования ХФУ, которые имеют высокий потенциал глобального потепления (ПГП), привело к серьезному сокращению выбросов парниковых газов в эквиваленте CO_2.

1.2 Озоноразрушающий потенциал

Величина ущерба, наносимого озоновому слою, различна для разных химических веществ антропогенного происхождения. Разрушающая способность ОРВ зависит (среди других факторов) от количества атомов хлора и брома в его молекуле, а также от того, как долго оно удерживается в атмосфере до момента саморазрушения. Озоноразрушающий потенциал (ОРП) химического соединения – простой способ оценки его относительной способности уничтожать стратосферный озон. Эта величина зависит от процентного содержания атомов хлора и брома в молекуле, а также времени жизни (присутствия) ОРВ в атмосфере.

Озоноразрушающий потенциал – сравнительная мера, указывающая насколько более или менее опасным является данное вещество по отношению к одному из наиболее широко применяемых ОРВ во время принятия Монреальского протокола. Химическое вещество, используемое в качестве базиса для расчетов, – ХФУ-11, ОРП которого принят за 1,0. Озоноразрушающие потенциалы всех других ОРВ оцениваются в пересчете величин, по которым они в большей или меньшей степени воздействуют на озоновый слой в сравнении с той же единицей массы ХФУ-11.

Таким образом, ОРВ с ОРП 2,0 в 2 раза более вреден для озонового слоя, чем ХФУ-11, а химическое вещество с ОРП 0,2 в пять раз менее вреден, чем ХФУ-11.

1.3 Прямое воздействие на окружающую среду

Ряд общеизвестных химических веществ был признан чрезвычайно опасными для озонового слоя (см. табл. 1). Галогенуглеводороды – химические вещества, в которых один или более атомов углерода связаны ковалентными связями с одним или более атомами галогенов (фтор, хлор, бром или йод). Галогенуглеводороды, содержащие бром, обычно имеют гораздо более высокий ОРП, чем те, которые содержат хлор, поскольку бром является более эффективным катализатором процесса разрушения озона, чем хлор.

Таблица 1. Примеры озоноразрушающих потенциалов

Химическое соединение	*Общее название*	*ОРП*
Хлордифторметан	ГХФУ-22	0,055
1,1,1 трихлорэтан	Метил хлороформ	0,10
Монохлорпентафторэтан	ХФУ-115	0,60
Трихлорфторметан	ХФУ-11	1,00
Тетрахлорид углерода	Четыреххлористый углерод	1,10
Бромхлордифторметан	Галон 1211	3,00
Бромтрифторметан	Галон 1301	10,00

Источник: Справочник по Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой, – Девятое издание (2012 г.)

Многие ХФУ, ГХФУ и ГФУ, выбрасываемые в атмосферу, проявляют себя как эффективные парниковые газы, так как улавливают часть уходящей инфракрасной радиации и возвращают ее к Земле (парниковый эффект). Галогенуглеводороды могут быть гораздо более эффективными в поглощении лучистой энергии, чем диоксид углерода. Потенциал глобального потепления (ПГП) используется для измерения парникового воздействия отдельных химических веществ (см. табл. 2). ПГП – это индекс сравнения климатического воздействия парникового газа с воздействием того же количества диоксида углерода, выбрасываемого в атмосферу в течение фиксированного периода времени. ПГП некоторых распространенных галогенуглеводородов представлен в следующей таблице.

Пример: выброс 1 кг хладагента R-410A имеет такое же воздействие на климат, как выброс 2 тонн диоксида углерода, что эквивалентно пробегу в 10.000 км усредненного транспортного средства.

Таблица 2. Примеры потенциалов глобального потепления

Химическое вещество	*ПГП (100-летний)*
ХФУ-11	4.750*
ХФУ-12	10.900*
Углеводорода тетрахлорид	1.400*
Галон 1211	1.890*
Галон 1301	7.140*
Химикат	***ПГП (100-летний)***
ГХФУ-22	1.810*
ГФУ-23	14.800*
ГХФУ-141b	725*
ГФУ-134a	1.430*
R-410A	2.100
R-407C	1.800

* Межправительственная группа экспертов по изменению климата, четвертый отчет, Рабочая группа 1

1.4 Опосредованное воздействие на окружающую среду

Прямым воздействием на озоновый слой и глобальное потепление называется воздействие, вызываемое химическими веществами, выбрасываемыми в атмосферу в ходе природных циклов или в результате деятельности человека. Например, метан высвобождается животными, вызывая климатические изменения (природные), в то время как хладагенты могут выделяться в ходе обслуживания оборудования (антропогенная деятельность).

В системах искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха хладагенты могут давать утечку во время нормального функционирования оборудования в случаях, если система недостаточно герметична, во время сервисного обслуживания, когда она демонтируется, а также в случаях, когда система утилизируется в конце срока службы.

Соответствующим образом в производстве эластичных пенопластов с открытыми ячейками, используемых для производства мягкой мебели, пенообразователь выбрасывается в атмосферу в самом конце производственного цикла. Как только пенообразователь поступает в атмосферу, то он оказывает свое воздействие на озон и климат в соответствии с его ОРП и ПГП.

Однако любая система или процесс, который требует использования энергии, полученной из органического топлива, оказывает непрямое (опосредованное) влияние на выбросы парниковых газов. Это происходит, потому что сжигание топлива для генерирования тепла или электричества заканчивается выбросом диоксида углерода, являющегося основным парниковым газом.

Опосредованное воздействие особенно важно в отношении систем охлаждения и кондиционирования воздуха, так как они потребляют значительное количество электроэнергии на протяжении срока их службы, который может составлять 20 и более лет. В отношении изоляционных пеноматериалов вклад в сохранение энергии является более важным фактором в контексте их более длительного срока службы.

Общее воздействие на окружающую среду, характеризующее содержащие ОРВ холодильные системы и системы кондиционирования воздуха в течение всего срока службы, определяется: а) прямыми выбросами из оборудования озоноразрушающих хладагентов, которые являются также и парниковыми газами; б) глобальным потеплением в связи с потреблением электроэнергии в течение срока службы оборудования; и в) глобальным потеплением вследствие выбросов диоксида углерода, сопутствующих процессу производства, транспортировки и утилизации оборудования и химических агентов в конце срока службы. Эти положения будут обсуждаться более детально в главе 4.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Справочник по Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой, – Девятое издание (2012 г.) Справочник по Венской конвенции об охране озонового слоя – Девятое издание (2012 г.)	ЮНЕП
Изменения климата 2007: Обобщенный оценочный отчет Межправительственной группы экспертов по изменению климата	МГЭИК
МГЭИК/ГТОЭО Специальный отчет: Защита озонового слоя и системы глобального климата	МГЭИК
Всемирная метеорологическая организация, Глобальный проект по исследованию и мониторингу озона, Отчет № 50, Научная оценка истощения озона в 2006 г. в соответствии со Статьей 6 Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой, февраль 2007 г., из: Научная оценка истощения озона: 2006 г.	Всемирная метеорологическая организация

2. Монреальский протокол

2.1 Предпосылки

Научное подтверждение истощения озонового слоя побудило международное сообщество учредить механизм для сотрудничества по принятию мер для его защиты. Это было оформлено международным договором, называемым Венской конвенцией об охране озонового слоя, которая была одобрена и подписана 28 странами 22 марта 1985 года в Вене.

В сентябре 1987 г. был подготовлен проект Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой (см. табл. 3). Этот протокол был подписан 24 странами и Европейским экономическим сообществом (ЕЭС) и вступил в силу 1 января 1989 г. Протокол устанавливает, что его Стороны признают, что выбросы ОРВ существенно истощают или же модифицируют озоновый слой, что наносит значительный вред здоровью человека и окружающей среде.

В Монреале было решено сократить потребление ОРВ на 50 % к 2000 г. Однако в 2003 г., когда было собрано достаточно научных доказательств, этот подход был скорректирован.

Первое совещание Сторон Монреальского протокола было проведено в г. Хельсинки в мае 1989 г. и с тех пор каждый год Стороны встречаются для анализа достигнутого прогресса и обсуждения поправок и корректировок, основанных на результатах исследований и новых технических достижениях.

Положения Протокола включают требование к Сторонам Монреальского протокола принимать свои будущие решения на основе текущей научной, экологической, технической и экономической информации, собранной всемирным экспертным сообществом. Оценка текущего состояния озонового слоя изложена в отчетах, ежегодно публикуемых Всемирной метеорологической организацией (ВМО).

Таблица 3. Поправки к Монреальскому протоколу

Соглашение/поправка	*Дата ввода в действие*	*Количество стран, ратифицировавших по состоянию на 02.01.2013*
Венская конвенция	16 сентября 1985 г.	197
Монреальский протокол	1 января 1989 г.	197
Лондонская поправка	10 августа 1992 г.	197
Копенгагенская поправка	14 июня 1994 г.	197
Монреальская поправка	10 ноября 1999 г.	193
Пекинская поправка	25 февраля 2002 г.	184

В результате принятия этих поправок новые вещества были включены в список контролируемых веществ и был установлен график сокращения их потребления.

Бывший Генеральный секретарь ООН Кофи Аннан отметил, что Монреальский протокол в силу его широкого признания является примером исключительного международного сотрудничества и назвал его «возможно единственным наиболее успешным международным соглашением на сегодняшний день».

Цели

Основная цель Монреальского протокола – основанное на развитии научных знаний и технологической информации предотвращение разрушения озонового слоя посредством принятия соответствующих мер по осуществлению контроля над глобальным производством и потреблением ОРВ с окончательной целью их полного устранения.

Монреальский протокол структурирован по нескольким группам ОРВ. Контролируемые вещества классифицированы в соответствии с принадлежностью к группам химических соединений и перечислены в приложениях к тексту Монреальского протокола. Таким образом, озоноразрушающие вещества иногда упоминаются в соответствии с приложением Монреальского протокола, в котором они перечислены.

Вещества, регулируемые Монреальским протоколом

Монреальский протокол регулирует около 100 химических веществ, сведенных в несколько групп. Для каждой группы веществ, перечисленных в приложениях к Протоколу, учрежден график сокращения производства и потребления с целью их полного устранения в конечном итоге (см. табл. 4).

График, установленный Монреальским протоколом, применяется к сокращению потребления ОРВ. Потребление ОРВ определяется как производство и импорт этих веществ за вычетом их экспорта в текущем году. Из потребления вычитаются вещества, подлежащие контролируемому уничтожению.

Процентное сокращение потребления ОРВ соотносится с обозначенным «базовым годом» для данного вещества. Протокол не запрещает использование веществ, имеющихся в наличии и повторно используемых после даты прекращения их потребления.

Существует несколько исключений для «важнейших видов применения» в случаях, когда не могут быть найдены приемлемые озонобезопасные альтернативы, как, например, в случае медицинских дозированных ингаляторов, применяемых для лечения астмы и других респираторных заболеваний, или галоновых систем пожаротушения, используемых на подводных лодках и самолетах.

Первоначально внимание было сосредоточено на веществах с высоким ОРП, включая ХФУ и галоны. График сокращения ГХФУ был гораздо менее напряженным вследствие их низкого озоноразрушающего потенциала, а также потому, что они использовались в качестве промежуточных альтернатив ХФУ.

График поэтапного сокращения ГХФУ был введен в 1992 г. как для развитых, так и для развивающихся стран. Развивающиеся страны или Стороны, действующие в рамках пункта 1 Статьи 5 Монреальского протокола (страны 5-й Статьи Монреальского протокола), должны будут заморозить свое потребление ГХФУ в 2015 г. и полностью прекратить его в 2040 г. Для развитых стран – Сторон, не действующих в рамках пункта 1 Статьи 5 Монреальского протокола (страны не 5-й Статьи Монреальского протокола), срок полного прекращения потребления ГХФУ был установлен в 2030 г. В 2007 г. Стороны Монреальского протокола решили существенно ускорить график сокращения потребления ГХФУ как для развитых, так и для развивающихся стран.

ХФУ

Хлорфторуглероды или ХФУ являлись наиболее широко используемыми веществами, регулируемыми Монреальским протоколом. Эти вещества широко использовались во многих видах деятельности и продуктах, включая препараты в аэрозольной упаковке, искусственное охлаждение, производство пенопластов и очистку металлов. Потребление ХФУ было практически полностью прекращено в развитых странах, осталось лишь ограниченное использование главным образом в медицинских дозированных ингаляторах. К концу 2007 г. развивающиеся страны ликвидировали более 85 % использования ХФУ и полностью прекратили их потребление к 1 января 2010 г.

Галоны

С точки зрения ОРП, галоны являются наиболее агрессивными по отношению к стратосферному озону веществами, которые используются в качестве огнетушащих агентов в огнетушителях и системах объемного пожаротушения в вычислительных центрах. Развитые страны прекратили производство галонов, но продолжают их использование из созданных запасов, в основном в авиации и в специальных военных видах применения. Развивающиеся страны уже сократили использования галонов более чем на 90 %. Полное прекращение использования галонов было запланировано на 2010 г., исключая случаи особо важных видов применения.

Тетрахлорид углерода

Тетрахлорид углерода является еще одним широко использовавшимся озоноразрушающим веществом, которое в основном применялось в качестве промышленного растворителя в процессах очистки и технологического агента в химической промышленности. Развитые страны прекратили использование этого вещества к 1996 г., в то время как развивающиеся страны достигли 85 % сокращения потребления и достигли полного прекращения в 2010 г. Тетрахлорид углерода также используется как промышленное сырье, но оно не контролируется Монреальским протоколом, так как это применение сопровождается очень малыми выбросами.

ГХФУ

Другой широко используемый класс ОРВ и самый большой по количеству отдельных химических веществ – гидрохлорфторуглероды или ГХФУ. Следует отметить, что только около шести ГХФУ используется в существенных количествах, и из них ГХФУ-22 является наиболее используемым. Эти ОРВ также известны как переходные вещества, так как они использовались как замена ХФУ в некоторых областях (в основном в производстве пенопластов). Использование ГХФУ было более предпочтительным по сравнению с ХФУ в силу того, что ГХФУ обладают значительно меньшим озоноразрушающим потенциалом. С учетом более низкого ОРП и отсутствия на тот момент приемлемых альтернатив Стороны (Копенгаген, 1992 г.) договорились о продлении поэтапного графика сокращения ГХФУ с окончательным прекращением их использования в развитых странах к 2030 г. и в развивающихся странах к 2040 г. Эти графики были скорректированы и перенесены на более ранний срок в 2007 г.

Метилхлороформ

Метилхлороформ использовался как растворитель в процессах очистки в ряде отраслей промышленности. К настоящему моменту это использование было прекращено в развитых странах, а развивающиеся страны достигли снижения потребления метилхлороформа на 67 % к 2005 г. (по сравнению с 30 %-ным сокращением, обусловленным Монреальским протоколом) и находятся на пути к полному прекращению его использования в 2015 г.

Бромистый метил

Другое широко используемое ОРВ – бромистый метил, являющийся сельскохозяйственным фумигантом, то есть пестицидом. Это химическое вещество, добавленное в Протокол в 1992 г., имеет широкий диапазон применения в сельском хозяйстве, в связи с чем для некоторых стран прекращение его использования явилось трудной задачей. Предполагалось, что развитые страны прекратят потребление бромистого метила к 2005 г., но примерно 16 % общего объема его использования сохраняется в качестве важнейших видов применения, хотя и наблюдается тенденция к снижению числа заявок на эти исключения. В соответствии с графиком поэтапного сокращения оборота ОРВ в рамках Монреальского протокола развивающиеся страны были обязаны достигнуть 20 %-го сокращения потребления бромистого метила к 1 января 2005 г. К концу 2006 г. развивающиеся страны уже сократили использование этого ОРВ примерно на 55 % и находятся на пути к полному прекращению его использования к 2015 г. Бромистый метил также используется в ряде стран для карантинной обработки и обработки перед транспортировкой большого количества товаров (зерно, свежая клубника и т.д.). Данные виды применения бромистого метила не регулируются Протоколом и представляют главную проблему в полном прекращения его использования, которое может быть достигнуто в рамках разработки и одобрения приемлемых альтернатив.

Другие вещества

Гидробромфторуглероды (ГБФУ), бромхлорметан (БХМ) и другие полностью галогенизированные ХФУ были достаточно редко используемыми химическими веществами с небольшим рынком. Они были внесены в Монреальский протокол в большей степени из предосторожности и с целью предотвращения возможного увеличения их потребления.

Таблица 4. Резюме мер регулирования Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой

Озоноразрушающие вещества	*График сокращения для развитых стран*	*График сокращения для развивающихся стран*
Хлорфторуглероды (ХФУ) Приложение А, группа I	Использование прекращено в конце 1995 г.[а]	Полное прекращение к 2010 г.
Галоны, Приложение А, группа II	Использование прекращено в конце 1993 г.	Полное прекращение к 2010 г.
Другие полностью галогенизированные ХФУ, Приложение В, группа I	Использование прекращено в конце 1995 г.	Полное прекращение к 2010 г.
Тетрахлорид углерода, Приложение В, группа II	Использование прекращено в конце 1995 г. [а]	Полное прекращение к 2010 г.
Метилхлороформ, Приложение В, группа III	Использование прекращено в конце 1995 г. [а]	Полное прекращение к 2015 г.
Гидрохлорфторуглероды (ГХФУ), Приложение С, группа I	Заморожено с начала 1996 г [б]. 35 % сокращение к 2004 г. 75 % сокращение к 2010 г. 90 % сокращение к 2015 г. Полное прекращение к 2020 г.[в]	Замораживание в 2013 г. на базовом уровне, рассчитанном как среднее потребление в 2009 и 2010 г. 10 % сокращение к 2015 г. 35 % сокращение к 2020 г. 67,5 % сокращение к 2025 г. Полное прекращение к 2030 г. [г]
Гидробромфторуглероды (ГБФУ), Приложение С, группа II	Использование прекращено в конце 1995 г.	Использование прекращено в конце 1995 г.

Озоноразрушающие вещества	*График сокращения для развитых стран*	*График сокращения для развивающихся стран*
Бромистый метил (применение в растениеводстве), Приложение E, группа I	Заморожено в 1995 г. на базовом уровне 1991 г. [д] 25 % сокращение к 1999 г. 50 % сокращение к 2001 г. 70 % сокращение к 2003 г. полное прекращение к 2005 г.	Заморожено в 2002 г. на базовом уровне 1995–1998 г. [д] 20 % сокращение к 2005 г. Полное прекращение к 2015 г.
Бромхлорметан, Приложение C, группа III	Использование прекращено в 2002 г.	Использование прекращено в 2002 г.

[а] За исключением очень малого количества существенных видов использования, которые были признаны критическими для здоровья человека и/или для лабораторных и аналитических методов и одобренных Сторонами Монреальского протокола
[б] Основанное на потреблении ГХФУ в 1989 г. с дополнительным потреблением ХФУ (взвешенным по значению ОРП), равным 2,8 %
[в] До 0,5 % от базового уровня потребления может использоваться до 2030 г. для обслуживания существующего оборудования, подлежит дополнительному рассмотрению в 2015 г.
[г] До 2,5 % от базового уровня потребления может использоваться до 2040 г. для обслуживания существующего оборудования, подлежит дополнительному рассмотрению в 2025 г.
[д] Все сокращения включают разрешения для карантинной обработки и обработки перед транспортировкой

2.2 Помощь развивающимся странам

С целью оказания содействия процессу сокращения потребления ОРВ в развивающихся странах Монреальский протокол содержит специальные положения, обеспечивающие плавный график их сокращения.

Более того, Стороны Монреальского протокола признали трудности, существующие в развивающихся странах в отношении стоимости сокращения потребления ОРВ и доступности приемлемых альтернативных технологий. По этой причине был учрежден Многосторонний фонд для реализации Монреальского протокола (МФМП) в соответствии с решением II совещания Сторон (Лондон, 1990 г.).

МФМП начал работу в 1991 г. и его основной целью является оказание помощи развивающимся странам в реализации мер регулирования, установленных в Монреальским протоколом.

Критерии соответствия страны для получения технической и финансовой помощи установлены в Статье 5 Монреальского протокола. Развивающаяся страна обладает правом обратиться за финансовой поддержкой в МФМП, если годовое производство и потребление ОРВ на душу населения в ней меньше 0,3 кг ОРП.

В настоящее время 147 из 197 Сторон Монреальского протокола отвечают этому критерию. Они относятся к странам, действующим в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Вклады в МФМП промышленно-развитых стран, или стран, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, оцениваются в соответствии со шкалой взносов в ООН. Фонд пополнялся семь раз (см. табл. 5).

Общий бюджет на трехлетний период с 2008 по 2011 г. составляет 490 млн долл. США: 73,9 млн долл. США этого бюджета перешли из трехлетнего бюджета 2006–2008 гг., а 16,1 млн долл. США будут обеспечены благодаря процентному доходу, полученному МФМП во время трехлетия 2008–2011 гг.

Таблица 5. Вклады в МФМП

Период	*Бюджет*
1991–1993	240 (млн. долларов США)
1994–1996	455 (млн. долларов США)
1997–1999	466 (млн. долларов США)
2000–2002	440 (млн. долларов США)
2003–2005	474 (млн. долларов США)
2006–2008	400 (млн. долларов США)
2008–2011	400 (млн. долларов США)

К апрелю 2008 г. вклады, сделанные в МФМП 49 странами, не действующими в рамках 5-й Статьи Монренальского протокола, достигли более 2,3 млрд долл. США.

2.3 Реализация Монреальского протокола

Введение

Монреальский протокол воплощает международное соглашение во всеобъемлющем масштабе и в соответствии с графиком сокращения использования ОРВ, в то время как секретариат и исполнительные агентства Многостороннего фонда обеспечивают техническую и финансовую поддержку. Финансовая помощь развивающимся странам подразумевает под собой покрытие согласованных дополнительных расходов, которые определяются на базе Ориентировочного перечня категорий дополнительных расходов (ОПКДП), одобренного сторонами Монреальского протокола.

Реализация деятельности по сокращению использования ОРВ и выполнение графика такого сокращения находится в сфере ответственности правительств Сторон Протокола.

Одна из принципиальных целей Монреальского протокола и Многостороннего фонда – это содействие плавному и устойчивому переходу от ОРВ-технологий к альтернативным технологиям, избегая нарушений конкуренции на местных рынках или увеличения социальных выплат, появляющихся в результате дополнительных затрат на сокращение ОРВ и сказывающихся на потребителях. Для достижения этой цели потребовался плановый и скоординированный подход на национальном уровне, что привело к учреждению в странах 5-й статьи национальных офисов по озону, которые поддерживаются Многосторонним фондом (институциональное укрепление). Заслуживает внимания то, что финансирование национальных организаций по озону первоначально не было включено в ОПКДП.

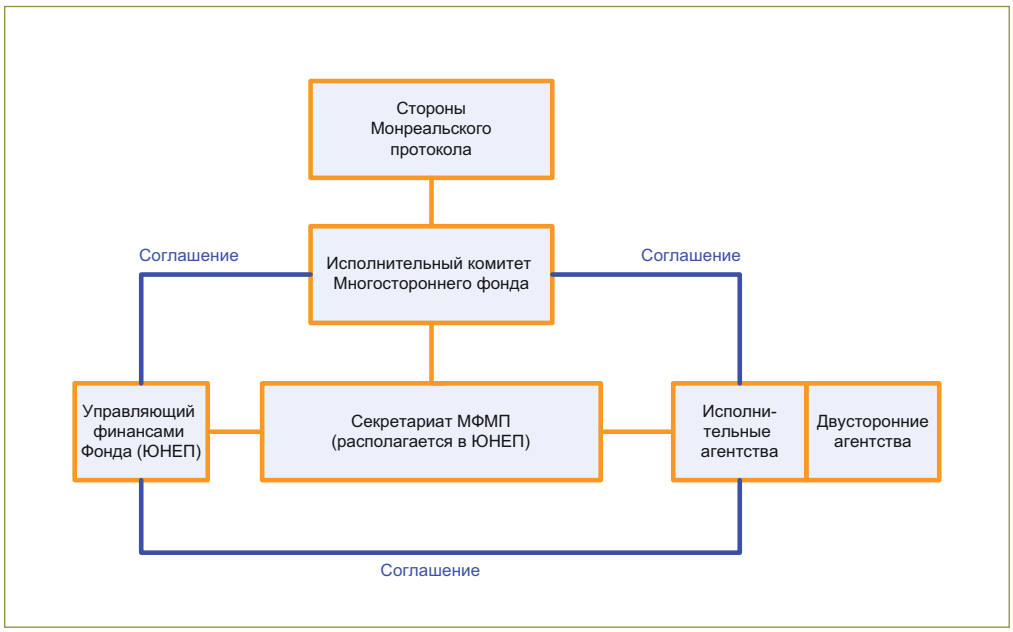
Роль национальных офисов по озону традиционно подразумевает развитие стратегии, политики и положений управления производством, импортом и потреблением озоноразрушающих веществ и оборудования, содержащего ОРВ.

Развитие национальных стратегий сокращения использования ОРВ считается первым ключевым шагом и стало предпосылкой для получения поддержки со стороны Многостороннего фонда. Этот раздел предоставляет сжатую информацию о самых последних решениях Многостороннего фонда, относящихся к сокращению использования ГХФУ, и рассматривает некоторые положения и проблемы, относящиеся к разработке политики и стратегии на национальном уровне.

Структура управления Многосторонним фондом по реализации Монреальского протокола

Исполнительный комитет МФМП обеспечивает надзор и руководство деятельностью Многостороннего фонда и состоит из семи участников, выдвинутых странами, действующими в рамках 5-й Статьи (Китай, Доминиканская Республика, Габон, Индия, Ливан, Судан и Уругвай в 2008 г.), и семи представителей из стран, не действующих в рамках 5-й Статьи (Австралия, Бельгия, Германия, Япония, Румыния, Швеция и США в 2008 г.) (см. рис.1)

Рис. 1 Структура управления Многосторонним фондом



Секретариат МФМП располагается в Монреале и оказывает поддержку в работе Исполнительного комитета. Роль управляющего финансами Фонда осуществляется Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП).

Подготовка и реализация проектов, предпринимаемых в развивающихся странах, проводится следующими четырьмя исполнительными агентствами, имеющими договорные соглашения с Исполнительным комитетом МФМП:

Программа развития ООН	(ПРООН)
Программа ООН по окружающей среде	(ЮНЕП)
Организация Объединенных Наций по промышленному развитию	(ЮНИДО)
Всемирный Банк	(ВБ)

Стороны Монреальского протокола также решили, что страны-доноры могут использовать до 20% их годового вклада для проведения мероприятий в странах 5-й Статьи Монреальского протокола на двусторонней основе. В настоящее время 12 стран-инвесторов вовлечены в ряд двусторонних мероприятий, таких как обучение, техническое содействие и передача современных озонобезопасных технологий. Их участие вносит дополнительные плюсы в процесс реализации Монреальского протокола и расширяет влияние Многостороннего фонда.

Помощь, предоставляемая в настоящее время Многосторонним фондом по реализации Монреальского протокола (МФМП)

Базирующийся на существующей глобальной сети и программном развитии возможностей четырех исполнительных агентств, МФМП создал потенциал, позволяющий ему обеспечивать выполнение программы с финансированием до 200 млн долл. США ежегодно.

К концу 2008 г. Исполнительный комитет МФМП провел 56 совещаний (три совещания ежегодно) со времени учреждения Многостороннего фонда в 1990 г.

Во время этих совещаний Исполнительный комитет одобрил затраты величиной более 2,28 млрд долл. США для поддержки около 5.900 проектов и мероприятий в 147 странах, включая подготовку программ в 138 странах, техническую помощь, учебные мероприятия и укрепление организационной структуры, а также оплату операционных расходов озоновых офисов в 142 странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Многосторонний фонд также поддерживает инвестиционные проекты, включая закрытие мощностей по производству ОРВ и конверсию промышленных предприятий, которые используют ОРВ в своих технологических операциях.

Отчетность

Монреальским протоколом предусмотрено представление каждой Стороной ежегодного отчета о производстве, импорте и экспорте каждого потребляемого регулируемого ОРВ (большинство стран потребляет не более четырех или пяти таких веществ).

«Производство» определяется как количество произведенных ОРВ минус количество уничтоженного конкретного ОРВ в отчетном году. «Потребление» определяется как количество произведенного ОРВ плюс импорт минус экспорт. Потребление выражается количеством, рассчитанным исходя из произведства, импорта и экспорта конкретного ОРВ в отчетном году. Эта величина не обязательно эквивалентна количеству использованного ОРВ в стране в этом же году.

Отчеты, содержащие данные по производству и потреблению ОРВ Сторонами Монреальского протокола, проверяются Комитетом по выполнению в рамках процедуры, касающейся несоблюдения Монреальского протокола, состоящим из десяти Сторон-представителей от различных географических регионов. Комитет оценивает соблюдение странами статуса и дает рекомендации совещанию Сторон Монреальского протокола в отношении несоблюдения странами своих обязательств.

Соблюдение положений Монреальского протокола

Стороны, не соблюдающие требования Монреальского протокола, участвуют в разработке планов действия, которые содержат точно определенные временные критерии, назначенные для обеспечения их быстрого возврата в режим соблюдения Монреальского протокола.

Протокол включает регулирование торговли ОРВ, которое запрещает Сторонам торговлю озоноразрушающими веществами с государствами, не являющимися Сторонами Монреальского протокола. Положения Протокола, касающиеся регулирования торговли, однако, никогда не использовались для препятствия торговле, что помогло Протоколу достичь практически всеобщего участия.

Поправки к Монреальскому протоколу

Монреальский протокол включает требование о проведении регулярных оценок его функционирования, что позволяет Сторонам принимать взвешенные решения на базе самой современной научной, экологической, технической и экономической информации.

Протокол включает положения, позволяющие обсуждать и принимать к нему корректировки, которые дают возможность Сторонам реагировать на развитие науки и ускорять сокращение производства и потребления определенных ОРВ без прохождения через длительный формальный процесс ратификации на национальном уровне. Протокол также включает в себя механизм принятия поправок, который облегчает добавление новых химических веществ и подключение к сотрудничеству в рамках Монреальского протокола новых организаций.

Текущее развитие процедур реализации Монреалского протокола

Правила и процедуры, используемые в реализации Монреальского протокола, устанавливаются Исполнительным комитетом МФМП на его регулярных совещаниях, проводимых три раза в год (см. табл. 6).

Таблица 6. Последние совещания Исполнительного Комитета

Совещание	*Дата*	*Расположение*
53-е	26–30 ноября 2007 г.	Монреаль, Канада
54-е	7–11 апреля 2008 г.	Монреаль, Канада
55-е	14–18 июля 2008 г.	Бангкок, Таиланд
56-е	8–12 ноября 2008 г.	Доха, Катар
57-е	30 марта – 3 апреля 2009 г.	Монреаль, Канада
58-е	6–10 июля 2009 г.	Монреаль, Канада
59-е	10–14 ноября 2009 г.	Порт Галиб, Египет
60-е	12–15 апреля 2010 г.	Монреаль, Канада
61-е	5–9 июля 2010 г.	Монреаль, Канада
62-е	29 ноября-3 декабря 2010 г.	Монреаль, Канада
63-е	4–8 апреля 2011 г.	Монреаль, Канада
64-е	25–29 июля 2011 г.	Монреаль, Канада
65-е	13–17 ноября 2011 г.	Бали, Индонезия
66-е	16–20 апреля 2012 г.	Монреаль, Канада
67-е	16–20 июля 2012 г.	Монреаль, Канада

В ходе этих совещаний процедуры реализации Монреальского протокола менялись на основе постоянно развивающихся технологий и опыта, приобретаемого при осуществлении мероприятий по сокращению потребления ОРВ в мировом масштабе.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Техническое совещание по ликвидации ГХФУ, 5–6 апреля 2008 г., Монреаль	Европейская комиссия/ ICF International
Справочник по Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой, – Девятое издание (2012 г.) Справоник по Венской конвенции об охране озонового слоя – Девтое издание (2012 г.)	ЮНЕП
Группа экспертов по технологической и экономической оценке: в соответствии с решением XVIII/12, Отчет специальной группы экспертов по проблемам ГХФУ (с уделением особого внимания на воздействие Механизма чистого развития и выгод от сокращения выбросов, получаемых от заблаговременного сокращения использования ГХФУ и принятия других практических мер, август 2007 г.)	ЮНЕП/ГТОЭО
www.unep.fr/ozonaction/ Программа Объединенных Наций по окружающей среде, Отдел технологии, промышленности и экономики, Бюро по озону	ЮНЕП
www.multilateralfund.org/ Многосторонний фонд по реализации Монреальского протокола	Многосторонний фонд по реализации Монреальского протокола (МФМП)

3. Изменение климата

Некоторые люди путают понятия «изменение климата» или «глобальное потепление» с понятием «истощение озонового слоя». На самом деле это две отдельные, хотя и взаимосвязанные проблемы.

Земля окружена тонким слоем газов, формирующих атмосферу. Наличие этой атмосферы отличает ее от других планет Солнечной системы и создает условия, необходимые для жизни на поверхности суши и в океанах. В частности, она обеспечивает кислород для дыхания и поддерживает температурный режим на поверхности Земли – факторы, критически важные для сохранения жизни животных и растений.

Атмосфера регулирует температуру Земли, удерживая определенное количество тепла, излучаемое Солнцем, и позволяя большинству тепла отражаться обратно в космическое пространство. Состав атмосферы определяет, какое количество тепла удерживается атмосферой, а какое отражается в космос.

Состав атмосферы менялся в течение геологических периодов, но очень медленно. Однако в течение последних 200 лет в результате человеческой деятельности за счет выбросов, известных как парниковые газы, он существенно изменился.

Парниковые газы – это газообразные компоненты, которые увеличивают количество тепла, поглощаемого атмосферой. Чем выше концентрация парниковых газов в атмосфере, тем выше поднимается средняя температура у поверхности Земли. Темп глобального потепления (и, соответственно, изменения климата) связан с масштабами выбросов парниковых газов.

3.1 РКИК и Киотский протокол

Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК) была принята в 1992 г. в Рио-де-Жанейро и впоследствии была ратифицирована большинством стран мира. Многие страны присоединились к этому международному договору с целью инициации обсуждения мер, которые можно было бы предпринять для уменьшения глобального потепления, и работы над подготовкой стратегии адаптации к условиям, связанным с неизбежным ростом глобальной температуры. Сравнительно недавно ряд стран одобрил дополнение к РКИК – Киотский протокол, который содержит более действенные (и юридически значимые) меры. Секретариат РКИК был создан для поддержки учреждений и организаций, участвующих в международном политическом процессе, связанном с предотвращением изменения климата.

Киотский протокол

Киотский протокол – это международное соглашение, связанное с Рамочной конвенцией ООН об изменении климата. Он был одобрен в Киото, Япония 11 декабря 1997 г. и вступил в силу 16 февраля 2005 г. На сегодняшний день 191 страна ратифицировала Киотский протокол. Точные правила реализации Протокола были одобрены на VII конференции Сторон в Марракеше в 2001 г. и называются «Марракешские соглашения».

Главная особенность Киотского протокола состоит в том, что он устанавливает взаимосвязанные цели для 37 промышленных стран и Европейского союза по уменьшению выбросов парниковых газов (ПГ). Сокращение выбросов ПГ установлено на пятилетний период 2008–2012 гг. на уровне, составляющем в среднем 5 % в сравнении с уровнями выбросов в 1990 г. Протокол не вступал в силу до 2005 г., пока не было оформлено достаточное количество ратификаций. На сегодняшний день США не ратифицировали Киотский протокол. Выбросы ПГ учитываются как суммарные выбросы шести газов (см. ниже), составляющих «корзину парниковых газов».

Основное различие между Киотским протоколом и РКИК состоит в том, что Конвенция поощряет промышленные страны в стабилизации выбросов ПГ, Протокол же накладывает на страны юридически значимые обязательства по сокращению этих выбросов.

Признавая, что развитые страны принципиально ответственны за текущий высокий уровень выбросов ПГ в атмосферу в результате 150-ти летней промышленной деятельности, Протокол накладывает более тяжелое бремя в сокращении ПГ на эту группу стран по принципу «общей, но дифференцированной ответственности».

Механизмы реализации Киотского протокола

Страны обязаны достигать установленных целей сокращения выбросов ПГ в рамках Киотского протокола главным образом за счет реализации мер на национальном уровне. Однако Киотский потокол предоставляет им дополнительные способы достижения своих показателей с использованием трех рыночных механизмов.

Механизмы реализации Киотского протокола описаны ниже:

Торговля выбросами

Стороны, принявшие обязательства Киотского протокола (Приложение B: Стороны), приняли планы по ограничению или уменьшению выбросов ПГ. Эти показатели выражены в уровнях допустимых выбросов или «установленных количеств» на период 2008–2012 гг., в течение которого действуют принятые обязательства. Допустимый объем выбросов парниковых газов (квоты) условно конвертируется в единицы установленного количества (ЕУК).

Странам, которые вошли в Приложение 1 Киотского протокола, выделяется определенный допустимый объем выбросов ПГ (квоты), который условно конвертируется в «единицы установленного количества» (ЕУК), выраженные в углеродных единицах.

Торговля выбросами, как установлено в Статье 17 Киотского протокола (известная как «рынок углерода»), позволяет странам, имеющим лишние единицы выбросов, в случае, когда единицы разрешены, но не использованы, продавать эту избыточную возможность странам, превышающим свои установленные показатели выбросов.

Таким образом, новый вид товарных услуг был создан в виде сокращения выбросов и перемещения квот на выброс. Так как диоксид углерода является основным парниковым газом, то в обиход вошло понятие «торговля углеродными единицами». Углеродные единицы теперь отслеживаются и продаются как любой другой предмет потребления. Этот рынок известен как «рынок углерода».

Механизм чистого развития (МЧР)

«Механизм чистого развития» (МЧР), определенный в Статье 12 Протокола, позволяет стране, принявшей обязательства по сокращению выбросов ПГ или по ограничению уровня их выбросов, в соответствии с Киотским протоколом (Приложение B: Сторона) осуществлять проекты по сокращению выбросов в развивающихся странах. Такие проекты могут приносить выгоды от пользующихся популярностью сертифицированных кредитов на сокращение выбросов (каждый эквивалентен 1 т диоксида углерода), которые могут быть засчитаны стране в выполнение ее обязательств по Киотскому протоколу.

Этот механизм стимулирует экологически устойчивое развитие и сокращение выбросов ПГ, предоставляя промышленно-развитым странам некоторую гибкость в выполнении принятых ими обязательств по сокращению выбросов или по не превышению лимитов выбросов.

Механизм совместного осуществления (МСО)

Механизм известный как «механизм совместного осуществления», определенный в Статье 6 Киотского протокола, позволяет стране, принявшей обязательства по сокращению или не превышению лимитов выбросов в соответствии с Киотским протоколом (Приложение B: Сторона), получить кредит в виде единиц сокращения выбросов (ЕСВ) в результате реализации проекта по сокращению выбросов ПГ в другой стране Приложения B, что может быть засчитано в рамках выполнения обязательств по Киотскому протоколу. При этом одна ЕСВ эквивалентна одной тонне диоксида углерода.

Совместное осуществление предлагает Сторонам гибкие и экономичные меры по выполнению части своих обязательств по Киотскому протоколу, а принимающие Стороны извлекают выгоду из иностранных инвестиций и передачи технологий.

Эти механизмы помогают стимулировать экологически чистые инвестиции и позволяют Сторонам выполнять свои обязательства по сокращению выбросов наиболее рентабельным образом.

Добровольный рынок торговли углеродом

Существуют растущие потребности в сокращении выбросов парниковых газов в США, Европе и других странах. Добровольный рынок углерода относится к компаниям, частным лицам и другим организациям и видам деятельности, которые не подлежат обязательным ограничениям по возмещению выбросов парниковых газов.

Компании и правительства, осуществляющие проекты по снижению выбросов ПГ, включают проекты по повышению энергоэффективности и другие типы проектов. Такие проекты обеспечивают сокращение выбросов (СВ). Организация, реализующая проект, продает единицы СВ для обеспечения финансирования его выполнения.

С другой стороны, правительства, компании и другие участники рынка покупают единицы СВ у организаций, выполняющих проекты. Некоторые субъекты покупают единицы СВ для выполнения своих обязательств по сокращению выбросов, а другие покупают СВ на добровольной основе с целью уменьшения своего «экологического следа».

Существуют различные стандарты, процессы сертификации и службы регистрации выбросов, но нет универсально принятого подхода. Некоторые стандарты широко рсапространены в настоящее время, что является признаком признания используемой методологии. Такие примеры включают: Добровольный золотой стандарт, Протокол ПГ для учета результатов проекта и Стандарты подготовки проектов в области климата, общественных работ и биоразнообразия.

3.2 Парниковые газы

Одним из основных парниковых газов является водяной пар (H_2O), на счет которого приходится примерно две трети природного парникового эффекта. В атмосфере молекулы воды поглощают тепло, которое излучает Земля, а затем перераспределяют его во всех направлениях, нагревая земную поверхность, перед тем, как тепло в конечном итоге уходит в космическое пространство. Водяной пар в атмосфере – это часть круговорота воды в природе. Водяной пар циркулирует в замкнутой системе между океанами, земной поверхностью и атмосферой в ходе протекания процессов испарения, транспирации, конденсации и выпадения осадков.

Другие основные парниковые газы – это диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O) и фторсодержащие парниковые газы. Все эти газы регулируются Киотским протоколом.

ХФУ и ГХФУ также являются мощными парниковыми газами, которые регулируются скорее Монреальским, чем Киотским протоколом.

Стратосферный озон сам является парниковым газом. Таким образом, истощение озонового слоя послужило смягчению некоторых аспектов изменения климата, а его восстановление ускорит климатические изменения.

Углекислый газ

Основной участник усиления парникового эффекта антропогенного происхождения – это диоксид углерода (CO_2). В мировом масштабе этот газ способствует увеличению парникового эффекта более чем на 60 %. В промышленных странах CO_2 составляет более 80 % выбросов всех парниковых газов.

На Земле существует ограниченное количество углерода, который, как и вода, является частью углеродного цикла. Это очень сложная система, в которой углерод перемещается в атмосфере, наземной биосфере и океанах. Растения поглощают CO_2 из атмосферы в процессе фотосинтеза. Они используют углерод для построения своих тканей. После гибели растений и их разложения он высвобождается и поступает обратно в атмосферу.

Тела животных и людей также содержат углерод, так как они созданы из углерода, потребленного из растений или из мяса животных, которых они поедают, а те, в свою очередь питаются растениями. Углерод высвобождается в виде CO_2 в процессе дыхания, а также после гибели и разложения. Органические топлива – это окаменелые останки мертвых животных и растений, сформировавшиеся в течение миллионов лет при определенных условиях, поэтому они содержат огромное количество углерода. Напомним, что уголь – это остатки погребенных лесов, в то время как нефть – это преобразованные океанические растения и живые организмы. Океаны поглощают CO_2, который в растворенной форме используется в морскими организмами в процессе фотосинтеза (планктон).

Ежегодно миллиарды тонн углерода естественным путем циркулируют между атмосферой, океанами и наземной растительностью. Уровни содержания диоксида углерода в атмосфере менялись в диапазоне менее чем 10 % в течение 10.000 лет, предшествующих промышленной революции.

С 1800 г. концентрации диоксида углерода выросли примерно на 30 %, так как огромные количества органического топлива были сожжены для производства энергии – большей частью в развитых странах. В настоящее время человечество ежегодно выделяет в атмосферу более 25 млрд т CO_2. Рост темпов этих выбросов и является основной проблемой.

Сравнительно недавно европейские исследователи обнаружили, что текущие концентрации CO_2 в атмосфере выше, чем когда-либо в течение последних 650.000 лет.

Ледяные керны были извлечены с глубины более чем 3 км из ледников в Антарктиде, которые сформировались сотни тысяч лет назад. Лед в извлеченных кернах содержит воздушные пузырьки, которые демонстрируют состав атмосферы в различные промежутки времени истории Земли. CO_2 может оставаться в атмосфере от 50 до 200 лет в зависимости от того, как он участвует в углеродном цикле.

Метан

Второй наиболее важный парниковый газ, усиливающий парниковый эффект – это метан (CH_4), являющийся простейшим углеводородом. С начала промышленной революции концентрация атмосферного метана удвоилась и усиливает парниковый эффект примерно на 20 %. В промышленных странах метан обычно составляет 15 % от общих выбросов парниковых газов.

Бактериальный (микробный) метан создается преимущественно бактериями как результат их жизнедеятельности в анаэробных условиях (при отсутствии кислорода). Помимо этого метан поступает в атмосферу из большого разнообразия природных (биогенный метан) и антропогенных источников (абиогенный метан). Последние ответственны за большую часть выбросов метана. Природные источники включают заболоченные территории, термитники и океаны. Антропогенные источники включают: горную промышленность; сжигание органического топлива; скотоводство (домашние жвачные животные поедают растения, которые ферментируются в рубцах желудков, в результате чего животные выделяют метан, который также содержится и в их навозе); возделывание риса (затопленные рисовые поля производят метан, так как органическая материя в почве разлагается при недостатке кислорода); а также мусорные свалки (органический мусор разлагается при недостатке кислорода).

В атмосфере метан поглощает тепло и его потенциал глобального потепления в 23 раза больше, чем у CO_2.

Закись азота

Закись азота (N_2O) естественным образом высвобождается из океанов и тропических лесов, а также в результате жизнедеятельности бактерий в почве. Источники антропогенных выбросов включают азотные удобрения, сжигание органического топлива и промышленное производство химических веществ, в состав которых входит азот, например, химические соединения, применяемые для обработки сточных вод.

В индустриальных странах N_2O несет ответственность примерно за 6% выбросов парниковых газов. Как CO_2 и метан, закись азота – это парниковый газ, чьи молекулы поглощают тепло, которое в другом случае ушло бы в космическое пространство. Потенциал глобального потепления (ПГП) N_2O в 310 раз больше, чем у CO_2.

С начала индустриальной революции концентрации закиси азота в атмосфере увеличились на 16% и ее вклад в глобальный парниковый эффект составляет примерно от 4% до 6%.

Фторсодержащие парниковые газы

Последняя группа парниковых газов включает в себя фторсодержащие химические вещества, такие как: гидрофторуглероды (ГФУ), которые используются в качестве хладагентов и вспенивателей, перфторированные углероды (ПФУ), которые выделяются во время производства алюминия, а также гексафторид серы (ГФС, SF_6), который используется в электронной промышленности.

ХФУ и ГХФУ – это также парниковые газы, но они регулируются Монреальским протоколом, а не Киотским протоколом.

Эти парниковые газы, которые отсутствуют в природе, являются результатом исключительно деятельности человека в промышленных целях.

Атмосферные концентрации ГФУ малы, они составляют около 1,5% от общих выбросов парникового газа в промышленных странах. Однако они обладают чрезвычайно большим потенциалом глобального потепления, который в 1.000–4.000 раз превышает ПГП CO_2, а некоторые ГФУ превышают его более чем в 22.000 раз.

ГФУ являются альтернативами ГХФУ в системах искусственного охлаждения, кондиционирования воздуха и в производстве пенопластов. Таким образом, потенциал глобального потепления ГФУ является весьма важным фактором, который должен учитываться при выборе альтернатив, а также при разработке стратегий сокращения потребления ГХФУ.

3.3 Воздействие парниковых газов на окружающую среду

Потенциал глобального потепления

Последствия выбросов парниковых газов оцениваются посредством сравнения потенциалов глобального потепления (ПГП) различных компонентов (см. табл. 7).

Как и озоноразрушающий потенциал (ОРП), ПГП – это относительная величина. Она измеряется путем сравнения с парниковым воздействием диоксида углерода. ПГП CO_2 условно приравнивается к 1,0.

Другой фактор, который учитывается при сравнении воздействия различных парниковых газов, – их устойчивость в атмосфере, так как они распадаются в атмосфере с различной скоростью.

Табл. 7 Потенциал глобального потепления некоторых соединений

Название	*Химическое вещество*	*Потенциал глобального потепления (ПГП, 100-летний)*	*Озоноразрушающий потенциал, ОРП*
Диоксид углерода	CO_2	1	0,00
Циклопентан	C_5H_{10}	10	0,00
Метан	CH_4	25	0,00
Дихлорфторэтан	ГХФУ-141b	725*	0,11
Тетрафторэтан	ГФУ-134a	1.430*	0,00
Хлородифторэтан	ГХФУ-22	1.810*	0,055
R-410a	Смесь на основе ГФУ	2.100*	0,00

* Межправительственная группа экспертов по изменению климата, Четвертый оценочный отчет, Рабочая группа 1

Обычно ПГП рассчитывается на 100-летнюю перспективу. Эта методология не берет в расчет полный парниковый эффект долгоживущих газов, таких как перфторированные углероды (ПФУ), которые могут находиться в атмосфере без изменений тысячи лет. Применение временной шкалы в более чем 100 лет увеличивает предполагаемый вклад короткоживущих газов, которые существуют в течение только части периода, сравнимого с влиянием CO_2.

Таким образом, потенциал глобального потепления можно оценить для различных временных периодов, что позволило бы более точно сравнить долгосрочные и краткосрочные последствия выбросов ПГ. Однако Конвенция в настоящее время предписывает использовать 100-летнюю временную шкалу.

Прямое и опосредованное воздействие на окружающую среду

Как и в случае с озоноразрушающими веществами, воздействие на окружающую среду, производимое выбросами парниковых газов, может осуществляться прямо или косвенно, а выбросы могут иметь естественный и антропогенный характер. Например, поездка на машине, заправленной бензином, приводит к прямым выбросам CO_2 в атмосферу вместе с выхлопными газами. Примером прямого выброса из природных источников является метан, который производится естественным образом – путем разложения органических веществ в болотах или вследствие разведения домашнего скота.

Непрямые выбросы относятся к использованию электроэнергии, которая производится из органического топлива. Последствия выбросов парниковых газов считаются непрямыми, так как сжигание топлива для получения тепла или электричества генерирует выбросы CO_2 на электростанциях, а не в местах потребления электричества.

Некоторые формы производства электроэнергии (такие как ядерные, водородные, ветряные и волновые) не генерируют выбросов CO_2. Соотношение количества электроэнергии, произведенного этим путем, существенно различается в разных странах. Более того, у других форм производства электроэнергии количество CO_2, высвобождаемого на единицу электроэнергии, варьируется в зависимости от типа ее производства (уголь, нефть, газ и т.д.) и эффективности генерирующего оборудования, установленного на предприятии. Таким образом невозможно

осуществить точное количественное определение последствий выбросов CO_2, соответствующих конкретным видам производства электроэнергии. Однако были сделаны общие оценки на базе среднего количества килограммов CO_2 на кВт·ч электроэнергии, произведенной в каждой стране, географическом регионе или на глобальном уровне.

Системы искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха, которые потребляют значительные количества электроэнергии во время их срока службы, оказывают существенное непрямое воздействие на окружающую среду. Изолирующие пеноматериалы могут способствовать сохранению существенного количества энергии, т.е. они способствуют сокращению непрямых выбросов CO_2.

3.4 Общее воздействие на окружающую среду жизненного цикла систем, генерирующих парниковые газы

Существует ряд методов расчета общего воздействия на глобальное потепление, учитывающих как прямое, так и непрямое воздействие систем, которые используют ПГ и потенциально способствуют их выбросам. Один из таких методов – хорошо известный метод подсчета полного эквивалентного воздействия на глобальное потепление (ПЭВГП).

Полный эквивалент воздействия на глобальное потепление (ПЭВГП)

Использование ПЭВГП позволяет проектировщикам и подрядчикам оценить выбросы в атмосферу ПГ в эквиваленте CO_2 из-за утечек в системе (прямые выбросы) и выбросы, связанные с использованием энергии (непрямые выбросы).

Средний выброс CO_2 в Европе составляет около 0,6 кг на кВт·ч генерируемой электроэнергии, что объясняется высоким процентом использования органического топлива на электростанциях.

Воздействие выработки одного кВт·ч на глобальное потепление изменяется в зависимости от метода генерирования электроэнергии. Например, производство на основе сжигания угля будет высвобождать от 0,6 до 0,8 кг CO_2 на кВт·ч, в то время как производство электроэнергии на гидро- и атомных электростанциях сопровождается незначительными выбросами CO_2.

Получение энергии, необходимой для работы системы, имеет опосредованное влияние на глобальное потепление. Оценка полного эквивалента воздействия на глобальное потепление может быть осуществлена следующим образом:

$$\text{ПЭВГП} = \underset{\text{(прямое)}}{(\text{ПГП} * \text{Уг} * \text{к})} + \underset{\text{(непрямое)}}{(\text{Эг} * \text{в} * \text{к})}$$

где:

ПГП = потенциал глобального потепления;
Уг = масса утечек хладагента при эксплуатации (кг/в год);
к = установленный срок эксплуатации;
Эг = величина годового энергопотребления при эксплуатации (кВт·ч/год);
в = масса CO_2, выделяемая при производстве 1 кВт·ч электроэнергеии на электростанциях (кгCO_2/кВт·ч);
ПЭВГП = полный эквивалент воздействия на глобальное потепление (кг CO_2).

Подсчитано, что холодильные системы и системы кондиционирования воздуха потребляют около 10–20 % общего расхода энергии в развитых странах.

Анализ ПЭВГП показал, что в большинстве применений воздействие на глобальное потепление, связанное с энергопотреблением, будет выше, чем от утечек хладагентов.

Текущие и будущие технологические достижения для улучшения энергоэффективности холодильных систем и систем кондиционирования воздуха будут играть решающую роль в уменьшении выбросов ПГ.

Пример расчета ПЭВГП

Типичная торговая холодильная система (холодильная витрина) включает в себя конденсатор воздушного охлаждения, установленный на крыше и два испарителя. Система заправлена хладагентом R-410A в количестве 50 кг.

Компоненты, потребляющие энергию, включают:

1 x 6,2 кВт – мотор-компрессор
1 x 0,3 кВт – мотор вентилятора конденсатора
2 x 0,15 кВт – моторы вентиляторов испарителей

Предполагается, что:

Средняя годовая утечка хладагента при эксплуатации была оценена в 10 % от общего объема системы: 10 % от 50 кг = 5 кг.

Ежедневная работа моторов компрессора и вентиляторов конденсатора: 8 ч.

Вентиляторы испарителя работают круглые сутки: 24 ч.

Прямое влияние глобального потепления, рассчитанное на 20-летнюю перспективу:

ПГП хладагента:	2.100.
Средняя годовая утечка хладагента:	10 % от 50 кг = 5 кг
Прямое воздействие на глобальное потепление в течение 20 лет:	2.100 x 5 x 20 = 210.000 кг CO_2.

Опосредованное воздействие на глобальное потепление в течение 20-летнего периода:

Дневной расход электроэнергии:

Моторы вентилятора конденсатора и компрессора:	(6,2+0,3) кВт x 8 ч = 52 кВт·ч.
Моторы вентиляторов испарителей:	0,3 кВт x 24 ч = 7,2 кВт·ч.
Общий дневной расход:	59,2 кВт·ч.
Годовой расход электроэнергии:	59,2кВтч x 365 д = 21.608 кВт·ч.
Оценка выбросов CO_2 на 1 кВт·ч:	0,7 кг CO_2 на кВт·ч.
Оценка опосредованного воздействия на глобальное потепление:	21.608 x 0,7 x 20 = 302.512 кг CO_2.
ПЭВГП = утечка + расход энергии:	210.000+302.512 = 512.512 кг CO_2.

Воздействие на климат на протяжении жизненного цикла (ВКЖЦ)

Недостаток подхода ПЭВГП в том, что он не принимает в расчет затраченную энергию и другие выбросы, связанные с производством и транспортировкой пенообразователей и хладагентов.

Подход, характеризующий воздействие на климат на протяжении жизненного цикла, строится на принципах ПЭВГП и обеспечивает более корректную оценку всех выбросов парниковых газов, относящихся ко всему сроку жизни системы. Таким образом, ВКЖЦ стал наиболее приемлемой методикой.

Подход на основе воздействия на климат на протяжении жизненного цикла (ВКЖЦ) обеспечивает более точную оценку воздействия на климат в ситуации, когда различные альтернативы, такие как хладагенты, рассматриваются на основе конкретных применений.

ВКЖЦ объединяет все факторы, используемые в расчетах ПЭВГП, и в дополнение этот метод учитывает ПГП выбросов тех химических веществ, которые используются в процессе производства применяемых хладагентов и/или пенообразователей. ВКЖЦ также учитывает энергию, используемую для производства применяемых хладагентов и/или пенообразователей. Использованная энергия выражается в эквиваленте CO_2.

В большинстве случаев производители холодильного оборудования оценивают годовые утечки хладагентов примерно в 4–5 % от исходной заправки в год.

Однако рабочие выбросы хладагентов или утечки существенно зависят от требований к монтажу установки, качеству, а также от регулярности обслуживания. Известно, что в случае некачественного обслуживания систем, расход хладагентов возрастает. Опыт показывает, что в этих случаях расход хладагента составляет около 15 % от первоначальной заправки, особенно для сплит-систем, где многочисленные соединения в трубопроводах создают больше возможностей для утечек. Замкнутые системы, монтируемые и тестируемые в заводских условиях, характеризуются меньшим уровнем утечек и более благоприятны для окружающей среды.

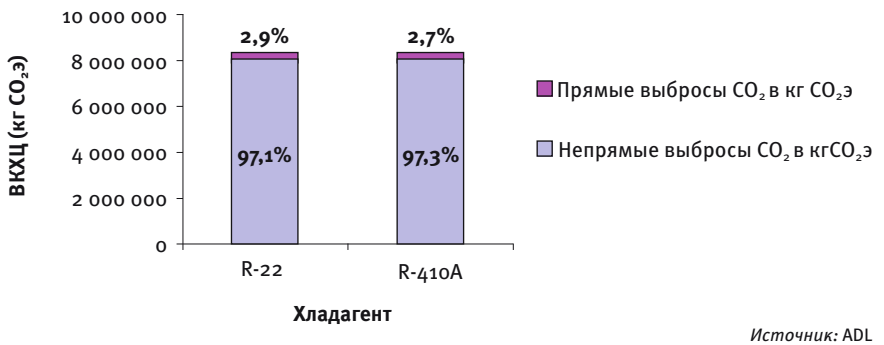
В отличие от остальных холодильных систем торговое холодильное оборудование характеризуется самым большим уровнем выбросов хладагентов в эквиваленте CO_2. При эксплуатации централизованных систем с разветвленной системой трубопроводов и большим объемом хладагента в системе (от 1.000 до 2.000 кг) могут случаться большие потери хладагента при утечке или разрыве трубопроводов.

В течение последних 10 лет был предпринят ряд технических мер для ограничения выбросов хладагентов и последствий этих выбросов для окружающей среды, а также для уменьшения дозы заправки хладагентом посредством проектирования систем с вторичным холодильным контуром и использования хладагентов с пониженными ПГП.

Важно отметить, что извлечение и рециркуляция хладагентов, а также утилизация отслужившего оборудования и хладагентов с учетом строгих экологических требований играют важную роль в снижении воздействия на климат на протяжении жизненного цикла системы, так как суммарные выбросы системы включают в себя выбросы, которые происходят во время обслуживания и ремонта.

Нижеследующие графики демонстрируют анализ ВКЖЦ для различных хладагентов для чиллера, оснащенного винтовым компрессором, и холодильной установки супермаркета.

Рис. 2 ВКЖЦ чиллера с винтовым компрессором с холодопроизводительностью 350 т



Источник: ADL

Рис. 3 ВКЖЦ холодильной установки в супермаркете площадью 5.574 м²

Источник: Американский институт холода

Конечное воздействие на окружающую среду пеноизоляции

В случае использования для теплоизоляции зданий таких изоляционных материалов, как полиуретановая пеноизоляция влияние производства пеноматериалов на окружающую среду является лишь одним из нескольких факторов. В то же время, общее воздействие на окружающую среду производства и использования пеноматериалов включает три фактора:

Табл. 8

Опосредованное	Опосредованные выбросы парниковых газов ассоциируются обычно с энергией, используемой для производства изоляции, часто называемой «включенной или вложенной энергией»	Отрицат.
Прямое	Прямое влияние потерь галогенуглеродных вспенивателей из изоляции во время его производства, использования и утилизации в виде отходов	Отрицат.
Опосредованное	Снижение энергозатрат на обогрев и/или охлаждение помещения или здания, где используется изоляция, и, как следствие, снижение выбросов парниковых газов	Положит.

Некоторые эксперты считают, что использование галогенсодержащих соединений в производстве пеноизоляционных материалов имеет сравнительно позитивное влияние на климат с точки зрения сокращения выбросов, связанных с уменьшением энергопотребления для обогрева или охлаждения, которое в персчете на эквивалент CO_2 перекрывает выбросы галогенсодержащих вспенивателей.

Для типовых объемов потерь пенообразователей и эффективности теплоизоляции, используемой в зданиях с высокими эксплуатационными характеристиками, потребуется более 100 лет эксплуатации здания для того, чтобы выбросы от энергопотребления для отопления (в CO_2 эквиваленте) сравнялись с технологическими выбросами при производстве пеноизоляции в случае использования теплоизоляции с галогенсодержащими вспенивателями. В тех же условиях потребуется 10–50 лет для генерирования выбросов от энергопотребления в случае, когда для теплоизоляции использовались бы не галогенсодержащие пенообразователи. При одинаковой толщине изоляции различие в энергопотреблении при использовании изоляции с различными пенообразователями в целом составляет лишь несколько процентов, несмотря на различие в теплопроводности, достигающей 66%.

3.5 Зависимость между сокращением потребления ГХФУ и изменением климата

Выбор технологии сокращения потребления ГХФУ окажет непосредственное влияние на окружающую среду по ряду направлений. Очевидно, что сокращение потребления ОРВ будет способствовать сохранению озонового слоя, что благоприятно скажется на окружающей среде, однако воздействие на глобальное потепление может быть негативным, нейтральным или позитивным по сравнению с существующими технологиями, что зависит от ряда факторов, описанных далее.

Ряд потенциальных альтернатив ГХФУ (ГФУ и смесям на основе ГФУ) имеют более высокие потенциалы глобального потепления, чем ГХФУ, и их использование, таким образом, прямо увеличит негативное воздействие на глобальное потепление исходя из предположения, что

объемы утечек останутся неизменными. Однако прямые выбросы могут быть снижены, если количество используемых ГФУ уменьшится путем снижения утечек.

Другой фактор, который необходимо принимать во внимание, – это опосредованное воздействие, связанное с энергопотреблением. Более энергоэффективная система, использующая эффективные заменители или оптимальные операционные режимы, определенно будет генерировать меньше выбросов CO_2 при производстве электроэнергии. Таким образом возможно, что в течение срока службы системы прекращение использования ГХФУ будет иметь в результате положительные последствия для глобального потепления.

Конечно, если система будет менее энергоэффективна по сравнению с предыдущей, основанной на ГХФУ, то будет в целом наблюдаться негативное воздействие на глобальное потепление из-за энергетического компонента, хотя это воздействие может быть компенсировано сокращением прямых выбросов.

Анализ решений по прекращению потребления ГХФУ с точки зрения глобального воздействия на окружающую среду является таким образом комплексной задачей, и это означает, что никакое универсальное решение не может быть верным для всех ситуаций и существующих условий.

Таким образом, важно, чтобы при разработке стратегий прекращения потребления ГХФУ была проведена полная оценка вышеупомянутых аспектов.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
http://www.unep.fr/ozonaction/ Рамочная конвенция ООН по изменению климата	РКИК
http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/clean_development_mechanism/items/2718.php	РКИК
www.cdmgoldstandard.org/uploads/file/Voluntary%20Carbon%20Market.pdf	Международные экологические рынки
www.unep.fr/ozonaction Программа ООН по окружающей среде, Отдел технологии, промышленности и экономики, Бюро по озону	ЮНЕП
http://www.multilateralfund.org/ Многосторонний фонд по реализации Монреальского протокола	МФМП
Глобальный сравнительный анализ ГФУ и альтернативных технологий в области искусственного охлаждения, кондиционирования воздуха, вспенивателей, растворителей, аэрозольных пропеллентов и применения огнегасителей; ссылка 49648	Компания Arthur D. Little Inc.
Холодильная техника и устойчивое развитие: современное состояние – Отчет 2007 г. – 20-я годовщина Монреальского протокола, 10-я годовщина Киотского протокола	Международный институт холода (МИХ)
Изменение климата 2007 г.: Совокупный отчет: Оценка Межправительственного совета по изменению климата	МГЭИК
МГЭИК/ГТОЭО Специальный отчет: Защита озонового слоя и система глобального климата	МГЭИК

Название справочного документа	Источник
Справочник по международным договорам в области охраны озонового слоя: Венская конвенция (1985 г.), Монреальский протокол (1987 г.), Шестое издание (2003)-ISBN:92-807-2316-2	ЮНЕП
Отчет группы экспертов по технологической и экономической оценке, май 2008 г., Том 1, Отчет о ходе работ	ЮНЕП ЮНЕП/ ГТОЭО
Отчет Исполнительного комитета Многостороннего фонда по осуществлению Монреальского протокола к XX совещанию Сторон – ЮНЕП/ OzL. Pro/ExCom/56/63, 24/ Октябрь 2008	ЮНЕП
DuPont DP-1 Глобальная оценка ВКЖЦ. Конференция Международного энергетического агентства, 23–24 октября 2006 г., Мари Кобан, Главный специалист технической службы DuPont по фторпродуктам	Компания DuPont
Всемирная метеорологическая организация, Проект глобального исследования и мониторинга озона, отчет № 50. Научная оценка истощения озона 2006 г., соответствие Статье 6 Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой, февраль 2007 г., из Научной оценки истощения озона: 2006 г.	Всемирная метеорологическая организация

4. Ускоренное сокращение производства и потребления ГХФУ

4.1 Введение

Производство и потребление ГХФУ в развивающихся странах, особенно в секторе систем кондиционирования воздуха, холодильном секторе и секторе производства пеноматериалов, значительно возросло за последние пять лет и в случае непринятия необходимых мер ожидается продолжение этого роста.

Базируясь на трендах потребления в 2006 г., МФМП указывал на возможное удвоение глобального производства и потребления ГХФУ к 2015 г., что могло бы усугубить проблемы истощения озона и изменения климата. Уровень потребления ГХФУ и их выбросов, таким образом, представляет собой серьезную проблему с точки зрения охраны озонового слоя.

В сентябре 2007 г. Стороны Монреальского протокола договорились ускорить сокращение производства и потребления ГХФУ путем переноса даты окончательного прекращения потребления этих веществ для стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола на 10 лет ранее установленного срока.

Поправки к Монреальскому протоколу, принятые в сентябре 2007 г., обязали страны, действующие в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, как можно быстрее предпринять меры для замораживания их базового уровня в отношении производства и потребления ГХФУ (среднее потребление и производство в 2009–2010 гг.) к 2013 г. и, как первый шаг, снизить производство и потребление ГХФУ на 10 % к 2015 г.

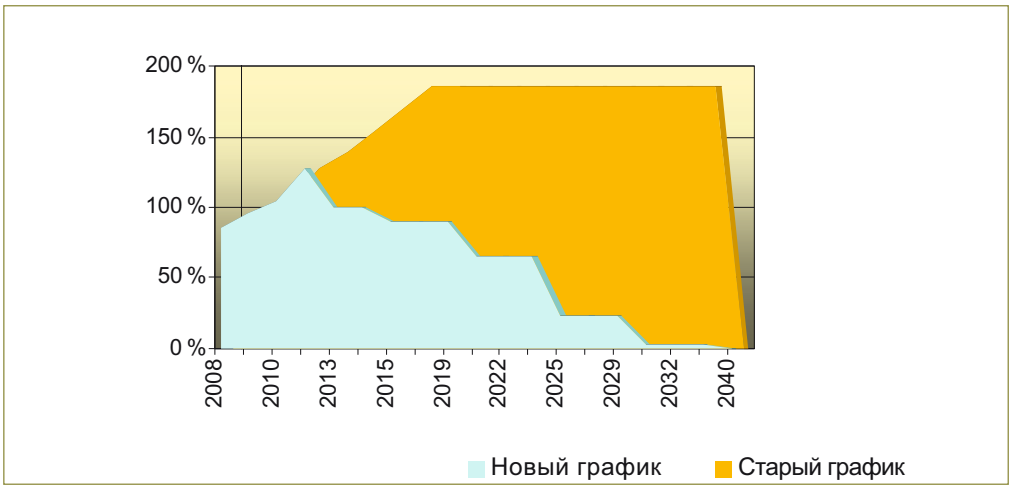
4.2 Решение XIX/6 Сторон Монреальского протокола

В сентябре 2007 г. на XIX совещании в Монреале Стороны в своем решении XIX/6 согласились ускорить поэтапное сокращение производства и потребления гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ). Представленная ниже таблица демонстрирует ускорение графика такого сокращения для стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, а диаграмма показывает новый график в сравнении с предыдущим графиком.

Таблица 9. Пересмотренный график поэтапного сокращения ГХФУ для стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола

Шаг	*Год*
Базовый уровень	2009–2010
Замораживание	2013
10 % снижение	2015
35 % снижение	2020
67,5 % снижение	2025
97,5 % снижение	2030
В среднем 2,5 % для обслуживания оборудования	2030–2039
100 %	2040

Рис. 4 Старый и новый график поэтапного сокращения



4.3 Решения Исполнительного комитета Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола

Первым совещанием Исполнительного комитета МФМП (Исполком), последовавшим за одобрением решения XIX/6, было 53-е совещание. Оно дало возможность Исполкому обсудить и рассмотреть различные вопросы, касающиеся практического осуществления решения XIX/6 Сторон Монреальского протокола и связанные с этим меры. Эти меры включали в себя разработку стратегии и руководящих принципов, а также необходимую поддержку, обеспечивающую странам, действующим в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, возможность выполнить ускоренный график поэтапного сокращения ГХФУ, одобренный Сторонами.

Для соответствующих Сторон Монреальского протокола решения, одобренные Исполнительным комитетом МФМП, определяют цели национальной деятельности по сокращению ГХФУ и поддерживают реализацию политических решений, стратегии и регулирующих мер на национальном уровне для достижения целей прекращения потребления ГХФУ в согласованные сроки.

Данный раздел предоставляет обзор недавних ключевых решений Исполнительного комитета МФМП в отношении поэтапного сокращения ГХФУ в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. Детальная информация и электронные файлы отчетов совещаний доступны из следующих источников:

МФМП	www.multilateralfund.org/documents.htm
Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП)	http://ozone.unep.org/Meeting_Documents/mop

Решения совещаний Сторон и Исполнительного комитета МФМП нумеруются в соответствии с номером совещания, на котором они были одобрены, а в плане последовательности соответствуют повестке совещания.

Соответствие стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, критериям получения поддержки со стороны Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола

Решение 53/37 (h)

Исполнительный комитет постановил, что для получения помощи со стороны МФМП по сокращению потребления ГХФУ страны, действующие в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, должны ратифицировать Копенгагенскую поправку к Монреальскому протоколу или присоединиться к ней.

Те страны 5-й Статьи Монреальского протокола, которые производят ГХФУ, должны ратифицировать Пекинскую поправку к Монреальскому протоколу или присоединиться к ней.

Однако Комитет официально обозначил препятствия, с которыми страны 5-й Статьи Монреальского протокола могут столкнуться в процессе ратификации или присоединения к этим поправкам, и решил рассмотреть обеспечение на ограниченной основе финансирования странам, которые не ратифицировали или не присоединились к Копенгагенской и/или Пекинской поправкам. Такие страны могут получить финансирование для проведения национальной оценки ГХФУ и подготовки ускоренного плана по управлению сокращением ГХФУ, как только их правительства примут обязательства в отношении ратификации или присоединения к соответствующей поправке. Никакого дальнейшего финансирования для реализации деятельности не будет предоставлено, пока не будут получены подтверждения о ратификации или присоединении.

Основными принципами, одобренными для разработки планов управления сокращением ГХФУ, также обусловлено, что условием для одобрения этих планов является наличие у стран, действующих в рамках 5-ой Статьи Монреальского протокола, соответствующих систем лицензирования для ГХФУ и оборудования, содержащего ГХФУ.

Планы управления сокращением ГХФУ

Решение 54/39

Исполнительный комитет МФМП одобрил руководящие принципы для подготовки планов управления сокращения ГХФУ (ПУСГ) и выделил предварительное финансирование исполнительным агентствам для инициирования разработки ПУСГ.

Руководящие принципы устанавливают ступенчатый подход, который позволяет обновлять эти принципы в соответствии с развитием новых технологий. Первая стадия ПУГС для страны должна фокусироваться на замораживании базовых уровней потребления ГХФУ к 2013 г., а также на снижении этих уровней на 10 % к 2015 г.

В соответствии со своими руководящими принципами Комитет призвал страны приступить к разработке первой стадии ПУСГ как можно раньше, принимая в расчет имеющиеся ресурсы.

Руководящие принципы также обеспечивают возможность для стран выполнять инвестиционные проекты, не дожидаясь завершения ПУСГ. При этом объемы ГХФУ, выведенные из

употребления в результате выполнения этих проектов, должны вычитаться из общего начального потребления страны, обеспечивая, таким образом, устойчивое совокупное сокращение установленного объема ГХФУ в соответствии с планом управления сокращения ГХФУ (ПУСГ).

Страны и исполнительные агентства должны учитывать не только озоноразрушающий потенциал ГХФУ, но также и воздействие на глобальное потепление альтернативных веществ и технологий, и в соответствии с решением XIX/6 использовать любые имеющиеся финансовые стимулы и возможности для получения дополнительных ресурсов (так называемое софинансирование).

Учитывая важность законодательства и системы лицензирования, относящееся к ГХФУ финансирование для подготовки ПУСГ должно включать в себя оказание помощи по разработке законодательства, мер регулирования и создания системы лицензирования. Все эти действия необходимо предпринять до начала получения финансирования для реализации других мер в рамках ПУСГ.

Решение 55/13

Исполнительный комитет одобрил основные положения и финансирование подготовки планов управления сокращением ГХФУ для стран 5-й Статьи Монреальского протокола.

Исполнительный комитет постановил, что для оказания помощи в подготовке планов управления сокращением ГХФУ странам должно быть предоставлено финансирование, требуемое для предварительной поддержки. При этом уровень финансирования должен быть справедливым и объективным. С этой целью Исполнительный комитет МФМП разделил страны на категории в соответствии с их уровнем потребления ГХФУ.

Более детальная информация об уровнях финансирования, выделенного для подготовки ПУСГ и инвестиционных проектов, представлена в главе 6. Необходимо заметить, что странам, уже получившим финансирование для проведения оценки ГХФУ, фонды подготовки ПУСГ будут уменьшены на 25 %, однако эти страны получат право на более гибкое использование согласованного финансирования по подготовке проектов.

Страны, сообщившие в Секретариат Монреальского протокола о нулевом потреблении ГХФУ, должны получить 30.000 долл. США на подготовку ПУСГ, но они могут представить на рассмотрение запросы для выделения дополнительного финансирования подготовки ПУСГ, если более высокие уровни потребления ГХФУ будут установлены во время подготовки и последующего представления отчетов в рамках Статьи 7 Монреальского протокола.

На 55-м совещании Исполнительного комитета МФМП финансирование для подготовки ПУСГ было одобрено для многих стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. Некоторые другие страны получили финансирование на 56-м совещании. Детальная информация по распределению финансирования содержится в отчетах совещаний.

Финансирование сокращения потребления ГХФУ

Решение 54/40

Исполнительный комитет МФМП рассмотрел предварительный анализ расходов, связанных с финансированием сокращения потребления ГХФУ, включая альтернативные технологии, финансовые стимулы и другие экологические выгоды.

Комитет согласился, что контактная группа, учрежденная для рассмотрения руководящих принципов подготовки ПУСГ, должна также обратить внимание на вопросы стоимости сокращения потребления ГХФУ.

Комитет постановил рассмотреть на 56-м совещании в июле 2008 г. скорректированную версию документа по рассмотрению затрат на сокращение потребления ГХФУ, который бы принимал во внимание все замечания, представленные членами Исполнительного комитета Секретариату МФМП к концу апреля 2008 г.

Решение 55/43

Исполнительный комитет МФМП призвал двусторонние и исполнительные агентства подготовить и представить на рассмотрение Секретариату МФМП проектные предложения для различных применений ГХФУ с тем, чтобы Исполнительный комитет мог отобрать проекты, которые бы наилучшим образом демонстрировали альтернативные технологии и способствовали сбору корректных данных по дополнительным капитальным затратам, операционным расходам и полученной экономии, а также других данных, касающихся применения технологий. При этом отмечалось, что количество ГХФУ, выведенное из потребления в рамках этих проектов, будет вычитаться из общего начального потребления страны, что обеспечит устойчивое совокупное сокращение установленного объема ГХФУ в соответствии с планом управления сокращением ГХФУ (ПУСГ).

Исполнительный комитет отметил ограничения по внедрению некоторых альтернативных ГХФУ технологий, доступных в настоящее время в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, необходимость подтверждения оптимизации использования этих технологий в зависимости от местных условий, преобладающих в данных странах, а также колебания в широких пределах затрат на замену оборудования и исходных материалов. Исполнительный комитет МФМП принял следующие решения:

(1) Попросить Секретариат МФМП собрать техническую информацию, относящуюся к сокращению потребления ГХФУ в производстве товаров в аэрозольной упаковке, в средствах пожаротушения и секторе растворителей; рассмотреть какой-либо проект, представленный в этих секторах, и передать его для отдельного анализа Исполнительному комитету;

(2) Отложить до первого совещания в 2010 г. любые решения, связанные со стратегией расчета дополнительных эксплуатационных затрат или экономии по проектам конверсии ГХФУ, а также с установлением лимитов рентабельности, с тем, чтобы воспользоваться опытом, приобретенным при рассмотрении индивидуальных проектов и/или компонентов ПУСГ по сокращению потребления ГХФУ, предшествующих этому совещанию.

Исполнительный комитет МФМП установил, что техническая информация, содержащаяся в документе UNEP/OzL.Pro/ExCom/55/47, достаточна для начала подготовки, рассмотрения и представления на индивидуальной основе отдельных проектов по сокращению потребления ГХФУ в производстве пеноматериалов и в секторе искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха.

Исполнительный комитет МФМП также попросил Секретариат МФМП установить контакты с другими учреждениями с целью определить индивидуальные, региональные и многосторонние финансовые механизмы, которые могут быть пригодны и совместимы, как источники

софинансирования для пополнения МФМП, чтобы получить дополнительные выгоды для решения проблемы потепления климата и представить отчет будущему совещанию.

Исполнительный комитет МФМП условился обсудить на будущем совещании вопросы, относящиеся к проблеме преждевременного изъятия из обращения действующего технологического оборудования при рассмотрении целей сокращения ГХФУ в 2013 и 2015 гг.

Оценка воздействия на окружающую среду

Решение 55/43

Исполнительный комитет МФМП решил также обсудить, предоставит ли подход, сформулированный в документе UNEP/OzL.Pro/ExCom/55/47, приемлемую и прозрачную основу для выявления приоритетов в методах сокращения потребления ГХФУ с тем, чтобы свести к минимуму другие воздействия на окружающую среду, включая также воздействие на климат, как было изначально предусмотрено в решении XIX/6 XIX совещания Сторон Монреальского протокола, и предложить Секретариату МФМП продолжить работу по оценке, чтобы предоставить как можно более детальную информацию на последующем совещании Исполнительного комитета.

Текущие проекты конверсии ГХФУ

Решение 55/5

Принимая во внимание информацию, содержащуюся в документе UNEP/OzL.Pro/ExCom/55/9 по ускоренному сокращению потребления ГХФУ, Исполнительный комитет решил побудить страны и компании, участвующие в действующих проектах конверсии производственных мощностей с использованием оборудования на основе ГХФУ, к тому, чтобы отказаться от применения такого оборудования и перейти там, где это возможно, на альтернативное (не использующее ГХФУ) оборудование за счет выделенного финансирования.

Исполнительный комитет также обратился к Секретариату МФМП за помощью в идентификации проектов, в которых все еще рассматривается конверсия производств с использованием оборудования, работающего на ГХФУ, а также попросил оценить возможности конверсии на применение альтернатив, не являющихся ГХФУ, и доложить Исполнительному комитету информацию по этому вопросу на 56-ом совещании.

Вторая стадия конверсии

Решение 55/43

Исполнительный комитет МФМП решил продолжить обсуждение стратегии, относящейся ко второй стадии конверсии и определению конечной даты установки оборудования, работающего на ГХФУ, после которой дополнительные расходы на конверсию такого оборудования не будут подлежать финансированию. Предполагалось завершить обсуждение этого вопроса до начала представления отдельных проектов, которые могут быть предложены 56-му совещанию.

Сектор производства ГХФУ

Решение 55/42

В целом, Исполнительный комитет МФМП согласился с тем, что проблемы, связанные с сектором производства ГХФУ, оказались чрезвычайно сложными и отличались от подобных проблем в секторе производства ХФУ в силу тесного взаимодействия с другими отраслями промышленности. В этом контексте было предложено разработать стратегии по сокращению производства ГХФУ в тесном контакте с представителями промышленности.

Другой важной проблемой стала необходимость определить и прояснить взаимосвязь с механизмами углеродного финансирования и последствия использования ГХФУ в качестве регулируемых веществ и сырья для химической промышленности. Исполнительный Комитет решил, что подгруппа по сектору производства не должна быть созвана на 55-м совещании. Группа открытого состава должна продолжить обсуждение вопросов, относящихся к сектору производства ГХФУ, на 56-м совещании Исполнительного комитета в соответствии с документом UNEP/OzL.Pro/ExCom/55/45.

Решение 56/64

Исполнительный комитет МФМП продолжил обсуждение вопросов сектора производства ГХФУ в Группе открытого состава, которая была учреждена на 55-м совещании. Контактная группа достигла консенсуса по нескольким вопросам повестки дня. В рамках подготовки 57-го совещания Секретариату МФМП в качестве первого шага было поручено предоставить обобщенную информацию по основным элементам работы механизма чистого развития (МЧР) и объемам производства ГХФУ-22, которые могли бы быть использованы для получения кредитов МЧР. Комитет также решил учредить и организовать совещание подгруппы сектора производства на 57-м совещании с тем, чтобы продолжить обсуждение вопросов прекращения производства ГХФУ, включая практические меры и процедуры, представленные в решении 19/36; расчет затрат по прекращению производства ГХФУ; содействие синхронизированному сокращению производства/потребления как части первоначального ПУСГ; стимулы для раннего сокращения производства и/или принятие мер, сдерживающих производство ГХФУ; необходимость наличия надежной системы мониторинга, аналогичной той, которая используется для контроля сокращения тетрахлорида углерода (четыреххлористого углерода – ЧХУ) и мониторинга производственных мощностей, которые получили финансирование, но продолжают производить ГХФУ для использования в виде сырья и для других целей. На 57-м совещании Исполнительный комитет обсудит проблемы установления конечной даты прекращения производства ГХФУ в секторе производства с точки зрения возможности предоставления финансирования, а также вопрос ХФУ/ГХФУ мощностей, т.е. производства ГХФУ, осуществляемого с использованием существующей инфраструктуры для производства ХФУ.

Демонстрационные проекты

Решение 55/43

Исполнительный комитет МФМП предложил двусторонним и исполнительным агентствам подготовить ограниченное количество демонстрационных проектов по конверсии ГХФУ в секторах искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха с использованием технологий с низким ПГП для определения всех связанных с этим требований и оценки дополнительных расходов.

Исполнительный комитет предложил двусторонним и исполнительным агентствам в срочном порядке подготовить и представить ограниченное количество предложений по проектам с участием предпрятий – составителей и поставщиков рецептур (системных домов) для производства пеноматериалов для разработки, оптимизации и испытания новых химических рецептур с использованием пенообразователей, не являющихся ГХФУ, на следующей основе:

(1) В рамках проектов сотрудничающие предприятия – составители и поставщики химических компонентов и рецептур после завершения разработки и испытания новых рецептур могли бы обеспечить передачу технологий и обучение определенного числа предприятий – производителей пеноматериалов, в результате чего было бы прекращено использование ГХФУ на этих предприятиях;

(2) Агентства могли бы собрать и представить точные данные о стоимости проектов, также как и другие данные, важные для внедрения альтернативных технологий;

(3) Для достижения положительного эффекта в подготовке и реализации ПУСГ, а также любых других аналогичных программ, демонстрационные проекты должны быть завершены в течение периода, не превышающего 18 мес. Отчет о выполнении работ по каждому из двух этапов реализации, как представлено в параграфах 1 и 2 выше, должен быть представлен Исполнительному комитету;

(4) Двусторонним и исполнительным агентствам и соответствующим сотрудничающим предприятиям – поставщикам химических рецептур (системным домам) необходимо заняться вопросами технологии приготовления и доставки полиолов, содержащих углеводородные вспениватели.

Структура затрат для определения уровней финансирования подготовки инвестиционной и другой деятельности по сокращению потребления ГХФУ

Решение 56/16

Исполнительный комитет МФМП обсудил остальные аспекты подготовки планов управления сокращением ГХФУ (ПУСГ) и одобрил структуру финансирования подготовки ПУСГ в соответствии с руководящими принципами ПУСГ, разработанными на 54-м совещании (решение 54/39). Комитет определил четыре компонента в структуре затрат ПУСГ: (1) поддержка разработки стратегии и законодательства; (2) оценка использования ГХФУ и анализ данных; (3) разработка и завершение подготовки ПУСГ, включая его первую стадию по обеспечению выполнения мер регулирования в 2013 и в 2015 гг. (вторая стадия будет осуществляться в рамках Конечного плана управления сокращением ХФУ или Плана по сокращению ОРВ в холодильном секторе); и (4) развитие инвестиционной деятельности для производственных секторов, потребляющих ГХФУ на первой стадии ПУСГ, если такая деятельность была необходима.

Финансирование для первых трех элементов было бы основано на уровнях потребления ГХФУ всеми странами в 2007 г. за исключением Китая в соответствии с решениями, принятыми на 55-м совещании Исполнительного комитета. Финансирование для подготовки проекта четвертого элемента (развитие инвестиционной деятельности для производственных секторов, потребляющих ГХФУ) было бы ограничено максимальным уровнем в диапазоне от 100.000 до 400.000 долл. США в зависимости от потребления ГХФУ в стране в 2007 г. Финансирование

могло бы обеспечить конверсию пяти производственных подсекторов (систем кондиционирования «воздух-воздух»; холодильного, включая все виды искусственного охлаждения, тепловые насосы и кондиционирование воздуха кроме систем «воздух-воздух»; полиуретановых пеноматериалов; экструзионного пенополистирола (ЭППС) и использования растворителей в производственных процессах), основанное на общем количестве предприятий для участия в первом этапе ПУСГ в соответствующем подсекторе. Общее финансирование для подготовки планов по подсектору в каждом секторе не должно превышать 150.000 долл. США.

Критерии приемлемости для демонстрационных проектов были определены в соответствии с предыдущими соглашениями по определению затрат, содержащимися в решении 55/43, абзацы (b) – (f). Была также согласована структура финансирования на основании количества стран – получателей помощи. Запросы на получение финансирования для подготовки должны были включать детальную информацию, позволяющую Исполнительныму комитету выбирать и утверждать проекты в соответствии с решением 55/43, абзац (b).

Исполнительный комитет МФМП рекомендовал Секретариату МФМП применять структуру затрат при оценке приемлемости для финансирования различных элементов подготовки ПУСГ и, если необходимо, предлагать Исполнительному комитету корректировку структуры в особенности в отношении инвестиций и сопутствующей деятельности.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Отчет Исполнительного комитета Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола XX совещанию Сторон – UNEP/ OzL.Pro/ExCom/56/63, 24 октября 2008 г.	ЮНЕП
Исполнительный комитет Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола: 55-е совещание, Бангкок, 14–18 июля 2008 г., UNEP / OzL.Pro/ExCom/55/53, 18 июля 2008 г.	ЮНЕП
Исполнительный комитет Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола: 56-е совещание, Доха, 8–12 ноября 2008 г.	ЮНЕП
Исполнительный комитет Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола: 54-е совещание, Монреаль, 7–11 апреля 2008 г.	ЮНЕП
Отчет Исполнительного комитета Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола к Двадцатому совещанию Сторон – UNEP/OzL.Pro/ExCom/56/63, 24/Октябрь 2008	ЮНЕП

5. Разработка стратегии сокращения потребления ГХФУ

5.1 Введение

В настоящее время существует ряд озонобезопасных альтернатив использованию ГХФУ. Однако в каждом конкретном случае пригодность альтернатив должна быть рассмотрена как с точки зрения их доступности, зрелости технологии, рентабельности и энергоэффективности, так и в соответствии с другими экологическими соображениями, включая воздействие на климат. Таким образом, уровень неопределенности в отношении будущих технологий для стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, относительно высок.

С другой стороны, соглашение по ускорению сокращения потребления ГХФУ требует от этих стран достаточно оперативной подготовки к достижению целей начального замораживания потребления ГХФУ и последующего его сокращения.

Вследствие этого МФМП рекомендовал использовать поэтапный подход к разработке и реализации планов управления сокращением ГХФУ (ПУСГ). В связи с этим на первой стадии усилия должны направляться на разработку стратегии и организационное укрепление, а также на меры технической и финансовой поддержки, требуемые для достижения целей замораживания уровней потребления ГХФУ в 2013 г. и его 10 %-го сокращения в 2015 г. во всех странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Данный раздел охватывает ключевые принципы и вопросы, относящиеся к развитию стратегии сокращения ГХФУ и особенно разработки планов управления сокращением ГХФУ. Конкретные технические вопросы будут освещаться более детально в следующих разделах настоящего руководства.

5.2 Техническая выполнимость

Существующее положение дел с альтернативами ГХФУ рассматривается в последующих разделах данной публикации, однако техническая осуществимость альтернативных технологий устанавливается на основе их апробации на практике. Например, в соответствии с решением 55/43 МФМП предложил двусторонним и исполнительным агентствам подготовить и представить предложения по проектам с участием предпрятий – составителей и поставщиков рецептур для производства пеноматериалов (системных домов), в рамках которых будут осуществлены разработка, оптимизация и испытание новых химических рецептур с использованием альтернативных вспенивателей. Дополнительно Исполнительный комитет МФМП попросил агентства представить демонстрационные проекты для конверсии предприятий, использующих ГХФУ в секторе искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха с применением технологий с низким ПГП, для определения всех связанных с этим требований и оценки дополнительных расходов.

Ряд демонстрационных проектов будут выполнены в соответствии с этим решением, а агентства организуют сбор корректных данных о затратах по проектам и по использованным технологиям, и проинформируют Исполнительный комитет МФМП о полученных результатах.

5.3 Доступность

Некоторые технологии по замене ГХФУ уже доступны в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, включая альтернативы, рассчитанные на краткосрочную и долгосрочную перспективу и вызывающие различные экологические последствия как с точки зрения истощения озонового слоя, так и изменения климата.

Однако некоторые технологии в настоящее время еще недоступны или не могут применяться повсеместно. Эта ситуация может измениться по мере того, как будут повышаться темпы сокращения потребления ГХФУ.

Доступность технологий может быть ограничена практическими причинами, такими как отсутствие структуры снабжения химическими реагентами и материалами, или коммерческими причинами, когда права интеллектуальной собственности и лицензии на производство контролируются определенными химическими компаниями, что приводит к непомерно высоким ценам в определенных странах и регионах.

При разработке стратегий сокращения ГХФУ в краткосрочной и долгосрочной перспективе очень важно учитывать наличие технологических вариантов, доступных в настоящий момент, которые можно использовать для достижения целей начального замораживания и последующего сокращения потребления ГХФУ. При этом необходимо принимать во внимание технологии, которые не могут быть доступны в настоящее время, но могут стать таковыми в обозримом будущем.

5.4 Локальные технические возможности и промышленная практика

При разработке стратегии сокращения потребления ГХФУ важно оценить существующие и потенциальные будущие технические возможности и промышленные стандарты.

Это особенно важно при рассмотрении углеводородов (УВ) в качестве потенциальных заменителей ГХФУ. Углеводороды пожароопасны, но могут широко использоваться как хладагенты и вспениватели, поэтому их безопасное использование требует определенного уровня культуры производства на местном уровне в целом.

Углеводороды широко используются во многих развитых странах и в некоторых странах 5-й Статьи Монреальского протокола в отраслях промышленности со строго контролируемыми рабочими условиями, со сложившимися и тщательно регулируемыми правилами техники безопасности, обучением, сертификацией технического персонала и т.д.

В странах с менее контролируемыми рабочими условиями и уровнем технического развития технологии с применением углеводородов можно применять в особых ситуациях, когда действующие условия и практика обслуживания тщательно регулируются и только в тех отраслях промышленности, в которых соблюдаются правила техники безопасности, а обучение технического персонала организовано должным образом.

При разработке долгосрочных планов сокращения ГХФУ соответствующее внимание должно быть уделено развитию технического оснащения, а также стандартам и правилам, применяемым в промышленности. В тех странах, которые реализовали План по использованию хладагентов (ПИХ), Конечный план управления по сокращению ХФУ (КПУСХ) или же Национальный

план сокращения ОРВ (НПСО), важным фактором станет способность мобилизовать и организовать существующую техническую инфраструктуру в соответствии с новыми требованиями.

В странах с относительно развитой технической инфраструктурой дальнейшее развитие промышленных норм и правил, а также соответствующей инфраструктуры обучения и сертификации могут сделать определенные новые технологии более осуществимыми в краткосрочной, а не в долгосрочной перспективе.

Эти соображения необходимо принимать во внимание при оценке воздействия на окружающую среду жизненного цикла систем искусственного охлаждения и систем кондиционирования воздуха. Например, использование альтернативных хладагентов с высоким ПГП будет иметь негативное воздействие на изменение климата в случае, если функционирование системы технического и сервисного обслуживания оборудования будет неадекватным, в результате чего будут наблюдаться значительные утечки хладагентов. Это влияние может быть снижено там, где будет применяться квалифицированная промышленная практика и достаточная технологическая инфраструктура.

Эти аспекты должны быть рассмотрены для каждой страны индивидуально и, возможно, на региональном уровне в рамках каждой страны, в которой практика производства работ в крупных городах значительно отличается от осуществления работ в сельской местности.

Ряд предприятий в развитых странах приобрели значительный опыт в разработке технологий, основанных на углеводородах, посредством внедрения этих веществ в производственные процессы в холодильном секторе и в секторе производства пеноматериалов и товаров в аэрозольной упаковке. Этот опыт должен быть принят во внимание при разработке стратегий сокращения ГХФУ в отношении выбора приемлемых технологий.

5.5 Экономическая устойчивость

Обеспечение экономической устойчивости часто является приоритетной проблемой на уровне предприятия. В условиях существования технических и регулирующих стимулов для сокращения потребления ГХФУ владельцы предприятий обычно неохотно идут на изменение технологий, если отсутствует угроза отрицательного влияния на доходность и прибыльность бизнеса.

Поэтапный подход к реализации ПУСГ дает преимущества в ограничении роста и прекращении использования ГХФУ в краткосрочной перспективе в областях, где альтернативные технологии доступны для использования и являются экономически выгодными.

На первой стадии необходимо определить конкретные виды деятельности и проекты, которые должны быть реализованы для выполнения обязательных целей сокращения потребления ГХФУ до 2015 г., а также возмещения дополнительных расходов. При этом подразумевается, что категории стоимости могут быть в будущем отрегулированы в соответствии с одобренными руководящими принципами инвестиционных проектов по отказу от использования ГХФУ.

Экономическая эффективность

С целью сокращения потребления ОРВ Исполнительный комитет МФМП одобрил коэффициенты экономической эффективности для различных типов проектов в этой сфере. Эти величины были основаны на большом объеме исторических данных по затратам на сокращение

потребления 1 кг ОРП в различных секторах. Данные коэффициенты выражаются в затратах в долл. США на один кг сокращения ОРП (долл. США/кг ОРП).

Рядом экспертов приводятся доводы, что поскольку величины ОРП ГХФУ гораздо ниже, чем ОРП ХФУ, будущие коэффициенты экономической эффективности в долл. США/кг ОРП для ГХФУ должны быть выше, чем применявшиеся при сокращении потребления ХФУ в тех же промышленных секторах. В докладе по пополнению МФМП было предложено использовать экономическую эффективность, рассчитанную исходя из долл. США/метрический кг вместо долл. США/кг ОРП.

Только проекты с коэффициентом экономической эффективности, равным или ниже одобренного уровня, могут рассматриваться для финансирования.

Из-за недостатка корректных оценок в настоящее время Исполнительный комитет МФМП не установил соответствующие коэффициенты экономической эффективности для проектов ГХФУ. Тем не менее, проекты, которые были инициированы в качестве демонстрационных, были одобрены и реализованы. Опыт работы по сокращению потребления ХФУ также будет принят во внимание. Экономическая эффективность деятельности по сокращению ГХФУ была включена в повестку дня Исполнительного комитета на 2009 г.

Дополнительные источники финансирования

Решение 53/37 обращает внимание на необходимость учета финансовых стимулов и возможности софинансирования. Исполнительный комитет имел в прошлом опыт софинансирования со стороны предприятий, получавших гранты из МФМП, а также из других финансовых учреждений, что позволяло использовать ресурсы Фонда в качестве начальных инвестиций.

Сравнительно недавно Исполнительный комитет МФМП одобрил демонстрационные проекты для холодильных чиллеров, финансируемые за счет ресурсов Фонда, предоставленных в виде грантов, которые должны дополняться софинансированием из других источников, таких как Глобальный экологический фонд (ГЭФ), новые фонды в сфере предотвращения изменения климата или энергосбережения и др.

Средства, выделенные для реализации демонстрационных проектов, выступают в качестве начальных инвестиций, позволяющих странам получать опыт по оценке других источников финансирования.

Альтернативные формы стимулирования, особенно в секторе сервисного обслуживания холодильного оборудования, развивались в качестве части планов по сокращению ОРВ в холодильном секторе (ПСОХ) и конечных планов управления по сокращению ХФУ (КПУСХ).

Следовательно, в рамках ПУСГ должны быть рассмотрены выгоды для стабилизации климата (т.е. снижение прямых и опосредованных выбросов ПГ) в конкретных областях деятельности по сокращению потребления ГХФУ, что может создать предпосылки для софинансирования и демонстрации реализуемости подобных программ. Таким же образом могут рассматриваться национальные инициативы по внедрению энергосберегающих технологий.

При выборе технологии необходимо принимать во внимание параграф 15 Решения XIX/6 XIX совещания Сторон Монреальского протокола об обеспечении внедрения безопасных для окружающей среды заменителей и передачи альтернативных технологий странам, действующим в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, на законных и наиболее благоприятных условиях.

5.6 Воздействие на окружающую среду

Выбор технологии по сокращению потребления ГХФУ будет иметь влияние на окружающую среду по ряду направлений. Очевидно наличие выгоды для окружающей среды от сокращения потребления ОРВ через конечное восстановление стратосферного слоя озона (как было объяснено ранее, влияние будет позитивным, но относительно небольшим). Воздействие на глобальное потепление может быть негативным, нейтральным или позитивным в зависимости от существующей технологии и некоторых других факторов.

Ряд (хотя и не полный) потенциальных альтернатив ГХФУ (ГФУ и смеси на основе ГФУ) имеют более высокие потенциалы глобального потепления, чем ГХФУ, и, таким образом, их внедрение оказало бы прямое воздействие, вызывающее ускорение глобального потепления, исходя из предположения, что объемы утечек останутся неизменными. Однако прямые выбросы могут быть сокращены, если системы будут более герметичными.

Другой фактор, который необходимо принимать во внимание, – это опосредованное воздействие, зависящее от потребления энергии системой до и после прекращения использования ГХФУ. Если система становится более энергоэффективной, то результатом конверсии будет сокращение выбросов CO_2. В связи с этим прекращение использования ГХФУ в холодильных системах может снизить воздействие на глобальное потепление.

Имеющиеся технологические достижения демонстрируют серьезное улучшение энергоэффективности в некоторых областях искусственного охлаждения, в частности: в центробежных чиллерах и кондиционерах воздуха. Применение этих технологий привело к снижению выбросов CO_2 независимо от прекращения использования ОРВ. Вероятно, что это обстоятельство предоставит возможность комбинировать поддержку со стороны МФМП с софинансированием из специально созданных финансовых механизмов по окружающей среде: Глобального экологического фонда (ГЭФ), Механизма чистого развития (МЧР), фондов климатических инвестиций (Фонд чистой технологии, Партнерский фонд углерода), добровольного рынка углерода (Чикагская биржа) и других, если временные рамки этих программ будут синхронизированы с обязательствами по сокращению ГХФУ.

Разумеется, если система в результате конверсии станет менее энергоэффективной, чем предыдущая система, основанная на ГХФУ, то в этом случае будут наблюдаться негативные последствия для глобального потепления.

Анализ последствий для окружающей среды в результате принятия решений о прекращении использования ГХФУ является комплексной задачей, а это означает, что никакое универсальное решение не может быть верным для всех ситуаций.

Таким образом, важно, чтобы при разработке стратегий сокращения потребления ГХФУ была осуществлена полная комплексная оценка с учетом обязательств, принятых на местном и национальном уровнях в сфере охраны окружающей среды.

На 53-м совещании Исполнительного комитета МФМП было отмечено, что планы по сокращению потребления ГХФУ должны учитывать суммарные последствия для окружающей среды и принимать во внимание потенциальные выгоды для стабилизации климатических изменений при выборе альтернатив и стратегий сокращения.

Таким образом, хотя текущие руководящие принципы в отношении коэффициентов экономической эффективности основаны на оценках ОРП, планы сокращения потребления ГХФУ должны также принимать во внимание возможность получения выгоды от использования

альтернатив, имеющих самые низкие потенциалы глобального потепления, учитывать энергетическую эффективность оборудования и последствия для климатической системы.

Некоторые страны предложили рассматривать стратегию проведения конверсии промышленности без использования в качестве альтернатив ГФУ с высокими ПГП. МФМП поддерживает необходимость получения в дальнейшем большей информации в этой сфере, включая демонстрационные проекты, использующие технологии с малым или нулевым ПГП; меры по эффективному энергосбережению; учреждение необходимой организационной структуры для управления, мониторинга и повышения информированности в секторах, использующих ГХФУ; а также продолжение дополнительного обучения и усиления организационной инфраструктуры в важных секторах потребления.

Кроме того, Секретариат МФМП работает над созданием методологии промежуточной оценки воздействия на климат для технологий, основанных на подходе «функциональной единицы». Это менее конкретный подход по сравнению с ПЭВГП/ВКЖЦ, который описан в главе 3, но он может обеспечить большее понимание взаимосвязи между ПГП и энергозависимыми компонентами систем. Возможно, необходимо дополнительное обсуждение вопросов надлежащего хранения и уничтожения извлечённых хладагентов. Эти вопросы также обсуждаются Исполнительным комитетом МФМП.

Уничтожение ГХФУ и ГФУ должно быть организовано с применением сертифицированных технологий, таких как: высокотемпературное сжигание, использование печей для обжига цемента, уничтожение в плазме, каталитическое разрушение и др. Детальная информация о сертифицированных технологиях предоставлена в публикациях ЮНЕП.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Искусственное охлаждение и кондиционирование воздуха, сокращение использования ХФУ и ГХФУ: рекомендации по альтернативам и основные принципы для пользователей	Департамент торговли и промышленности (ДТП), Правительство Объединенного Королевства
Проект руководящих принципов по озоноразрушающим веществам. Искусственное охлаждение, кондиционирование воздуха и тепловые насосы (ХФУ и ГХФУ), декабрь 2005 г.	Агентство по охране окружающей среды, Ирландия
Техническое совещание по сокращению ГХФУ, 5–6 апреля 2008 г., Монреаль, Канада, протокол совещания	Европейская комиссия/компания ICF
Искусственное охлаждение и устойчивое развитие: Современное состояние – Отчет 2007 г. – 20-я годовщина Монреальского протокола, 10-я годовщина Киотского протокола	Международный институт холода (МИХ)
Директива (ЕС) № 842/2006 Европейского Парламента и Совета от 17 мая 2006 г. по ряду фторсодержащих парниковых газов	Официальный журнал Европейского союза
Директива (ЕС) № 2037/2000 Европейского Парламента и Совета от 29 июня 2000 г. по озоноразрушающим веществам	Официальный журнал Европейского союза
Справочник по международным договорам по охране озонового слоя: Венская конвенция (1985 г.), Монреальский протокол (1987 г.), шестое издание (2003 г.)-ISBN:92-807-2316-2	ЮНЕП

6. Подготовка Плана управления сокращением потребления ГХФУ

6.1 Введение

Общий подход для планирования сокращения потребления ГХФУ в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, одобренный Исполнительным комитетом Монреальского протокола, нацелен на разработку детального плана для достижения цели начального замораживания и 10%-го сокращения потребления, включая выбор наиболее приемлемых в настоящее время технологий, а также на параллельное развитие общей стратегии полного прекращения использования ГХФУ.

Следует также принимать во внимание, что технологии, которые рассматривались как наиболее приемлемые для достижения краткосрочных целей сокращения потребления ГХФУ, в среднесрочной и долгосрочной перспективе могут утратить свои преимущества при учете всех (в том числе и новых) факторов.

Долгосрочная стратегия должна определять общее направление развития и включать в себя ключевые шаги, которые страна предполагает предпринять для достижения полного прекращения потребления ГХФУ.

Такой подход может быть представлен в виде ряда последовательных действий, в ходе реализации которых было бы достаточно времени для решения оставшихся вопросов стратегии как на уровне Многостороннего фонда, так и на национальном уровне.

Принимая во внимание существующий уровень неопределенности в отношении направлений дальнейшего технологического развития, в долгосрочных стратегиях целесообразно предусмотреть варианты, которые могут периодически пересматриваться и корректироваться с учетом текущего состояния технологий.

Однако в подсекторах, в которых уже имеется положительный опыт использования апробированных альтернативных технологий и веществ, деятельность по сокращению потребления ГХФУ может быть осуществлена в сжатые сроки. При этом необходимо организовать реализацию соответствующих пилотных проектов для тестирования этих технологий и аккумулирования опыта, что могло бы быть одинаково полезным как для самих стран, так и для будущей деятельности МФМП.

В государствах, в которых планируется осуществление таких пилотных проектов, будет внесен дополнительный вклад в сокращение потребления ГХФУ для достижения уровня замораживания, установленного для стран 5-й Статьи Монреальского протокола. Подобные проекты должны быть составной частью общей и краткосрочной стратегии в рамках ПУСГ.

Второй этап ПУСГ относится к сокращению потребления/производства ГХФУ, превышающих уровни замораживания и 10%-го снижения.

Фактически, разработка всех этих планов в значительной степени идентична подготовке планов по сокращению ОРВ в холодильном секторе (ПСОХ) и конечных планов управления по сокращению ОРВ (КПУСО).

6.2 Основные принципы Плана управления сокращением потребления ГХФУ (ПУСГ)

В рамках разработки ПУСГ страны и исполнительные агентства должны учитывать, что подготовленный документ должен включать общую стратегию по выполнению обязательств по Монреальскому протоколу каждой заинтересованной страной, действующей в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, а также конкретные действия для соблюдения контрольных мер, предусмотренных в 2013 и 2015 гг.

Руководящие принципы, одобренные Исполнительным комитетом МФМП (решение 54/39), содержат предварительную структуру и устанавливают стандартные процедуры подготовки этих планов, но оставляют свободу действий для агентств и стран по их расширению и адаптации с учетом специфических условий государств.

В последующих разделах вышеупомянутые руководящие принципы рассматриваются в общих чертах. В полном объеме руководящие принципы разработки ПУСГ могут быть найдены на веб-сайте http://www.multilateralfund.org.

Общая информация

Этот раздел должен включать общую информацию, такую как название страны и ее классификацию в терминах использования ГХФУ (т.е. ГХФУ используется только в сервисном обслуживании, ГХФУ используется в сервисном обслуживании и промышленном производстве и т.д.), а также указывать, является ли страна производителем ГХФУ или нет.

Кроме того, в этом разделе необходимо указать контролируемые вещества, на которые распространяются меры, предложенные в плане по промышленным секторам с указанием их временных границ и длительности.

Общая информация	а) Краткое описание страны б) Краткий обзор деятельности, предпринятой до настоящего времени по сокращению потребления ХФУ, опыта, приобретенного в этой сфере, и возможностей его использования для сокращения потребления ГХФУ. в) Краткая обобщенная информация о ратификации Монреальского протокола и его поправок, особенно Копенгагенской, Пекинской и Монреальской поправок, включая, если это необходимо, план действий, необходимый для ратификации. г) Краткий обзор проектов, профинансированных Многосторонним фондом, для соблюдения обязательств по регулированию ХФУ и других веществ, включая реализацию ПСОХ/КПУСО и/или НПС, в случаях, где это применимо к ГХФУ.

Существующие стратегические, правовые, регулирующие и организационные структуры

Необходимо представить справочную информацию о законодательных и нормативных правовых актах, регулирующих обращение ОРВ в стране, с описанием существующей системы лицензирования и конкретных нормативных актов, касающихся вопросов импорта и экспорта ГХФУ и оборудования, содержащего ГХФУ.

Стратегические, правовые, регулирующие и организационные структуры	*а*) Описание основного законодательства в сфере регулирования обращения ОРВ и существующей системы лицензирования (включая описание ее действия, требуемые лицензии по импорту/экспорту, регистрацию импортеров/экспортеров, существующие системы квотирования и т.д.). *б*) Информация об осуществлении стратегий, относящихся к ГХФУ (если они имеются), в настоящее время (например, требуется регистрация импортеров и лицензия на импорт/экспорт, но никакие квоты не установлены). *в*) Описание участия заинтересованных сторон в стратегии и управлении. Например, рассматривались ли правительством такие оперативные меры, как запрет на импорт оборудования, содержащего ГХФУ. При этом целесообразно отметить, что для обеспечения согласия всех заинтересованных сторон на такие меры необходимо проведение консультаций. Здесь же может быть дано описание процедур проведения подобных консультаций. *г*) Информация о запрете оборудования, использующего контролируемые ОРВ, и о соответствующих нормативных актах, регулирующих оборудование, содержащее ГХФУ. Описание того, как такие запреты действуют или могут действовать, и установленных временных рамок для их реализации. *д*) Описание других инициатив правительства в отношении ускорения сокращения потребления ГХФУ в соответствии с Монреальским протоколом. *е*) Перечень проектов МФМП, в рамках которых ХФУ были заменены на ГХФУ, включая статус проекта и контактную информацию предприятия.

Сбор и анализ данных

Сбор данных, насколько это возможно, должен быть максимально полным и должен прослеживать все этапы поставки ОРВ: заказ, ввоз в страну, передачу поставщику (дистрибьютору) и доставку потребителям и производителям. Учитывая, что собрать информацию о каждом предприятии, которое использует ГХФУ для промышленных целей, или о каждом пользователе ГХФУ затруднительно, страны должны стремиться получить основную информацию по известным крупным промышленным предприятиям, применяющим ГХФУ, а затем разработать корректные методы экстраполяции данных, охватывающих малые и средние предприятия (МСП). Этот подход должен быть основан на информации о реальном потреблении, собранной в ходе подготовки отчета по стране. Такая информация будет иметь ключевое значение для разработки ПУСГ.

Собранные данные о потреблении ГХФУ должны быть проверены на уровне каждого предприятия перед утверждением финансирования первого этапа и последующих этапов Плана.

ПУСГ должен описывать процедуры сбора и хранения данных. В нем также должна быть определена методика сбора и проверки достоверности данных, включая названия вовлеченных

хозяйствующих субъектов и источников информации. Странам рекомендовано рассмотреть возможность создания и поддержки национальным озоновым офисом централизованной базы данных.

Источники информации для сбора данных могут включать в себя таможенные органы, промышленные ассоциации, предприятия и результаты их обследования, производителей компрессоров, а также другие источники. Во избежание двойного счета (решение 55/13) финансирование, выделяемое на проведение сбора данных в странах, ранее получавших аналогичное финансирование, должно быть сокращено на 25 %.

Оценка проектов, уже одобренных для конверсии от ХФУ к ГХФУ, должна включать такую важную информацию, как сокращение потребления ХФУ и их замещение с использованием ГХФУ.

Руководство по сбору данных о ГХФУ приведено в вопроснике ЮНИДО в Приложении А.

Сбор данных	*а)* Описание обзора методологии и подхода. *б)* Источники обеспечения ГХФУ: 1) Производство (включая идентификацию и описание заводов, обладающих возможностью переключать производство с ХФУ на ГХФУ, и описание новых производственных мощностей); 2) Импорт; 3) Экспорт; 4) Количество ГХФУ в смесях и использование ГХФУ в виде исходного сырья. *в)* Использование/потребление ГХФУ: 1) Уровни потребления ГХФУ; 2) Распределение ГХФУ по промышленным секторам и описание секторов. *г)* Информация об имеющейся инфраструктуре ГХФУ. При описании этого раздела следует обратить особое внимание на предприятия, которые получили финансирование из МФМП на мероприятия по конверсии с использованием ГХФУ, или заводам, самостоятельно осуществившим конверсию. Эта информация будет полезной для уточнения сведений об уровнях потребления ГХФУ в стране и для определения необходимых мер по сокращению потребления ГХФУ. *е)* Прогноз использования ГХФУ (с учетом ускоренного графика сокращения потребления, включая потребности в случае отсутствия ограничений до контрольной даты замораживания потребления ГХФУ и далее). *ж)* Проверка данных, представленных в отчете, в соответствии с существующими руководящими принципами Исполнительного комитета. *з)* Наличие альтернатив ГХФУ и обзор цен на них.

Стратегия

ПУСГ должен содержать общую стратегию, которой необходимо следовать для достижения полного прекращения потребления ГХФУ.

Эта стратегия должна включать в себя механизмы регулирования обеспечения ГХФУ, такие как наличие планов в стране по внедрению квотирования импорта и контроля цен на ОРВ, а также меры по обеспечению их исполнения. Стратегия должна предусматривать доступ к альтернативным заменителям и разработку мер по поэтапному сокращению спроса на ГХФУ.

Стратегия также должна описывать, как планы сокращения потребления ГХФУ будут координироваться со стратегией страны в области предотвращения изменения климата, управления химическим веществами и энергетикой, и определять, какие законопроекты потребуется принять для запрещения или ограничения оборота определенных альтернативных веществ, не являющихся ГХФУ.

Стратегия	а) Описание запланированной деятельности: 1) Деятельность организаций, включая действия промышленности; 2) Инвестиционные проекты; 3) Укрепление организационного потенциала, включая анализ стратегии и повышение осведомленности. б) График реализации, включая предусмотренные Монреальским протоколом этапы сокращения потребления. в) Управление обеспечением и спросом на ГХФУ. г) Конкретные мероприятия в секторе сервисного обслуживания оборудования, содержащего ГХФУ. д) Конкретные мероприятия по укреплению организационного потенциала для стран с нулевым потреблением ГХФУ. е) Расчет затрат.

Временные рамки

Стратегия должна описывать временные рамки реализации запланированной деятельности, основанные на актуальных нуждах страны и текущей ситуации в потреблении ГХФУ. В данный раздел также входит оценка того, насколько большое сокращение потребления этих веществ может быть достигнуто в возможно короткие сроки при условии небольших инвестиций, но с целенаправленным улучшением организационной структуры.

Сервисное обслуживание оборудования в холодильном секторе

Предложение должно описывать стратегию для уменьшения зависимости от ГХФУ сектора сервисного обслуживания холодильного оборудования. Эта стратегия может включать законодательные и экономические стимулы, сдерживающие меры, обучение, деятельность по повышению осведомленности населения, контроль импорта и другие меры в конкретных секторах.

Исполнительный комитет МФМП предоставил поддержку для учреждения национальных озоновых офисов, развития национального законодательства и норм, лицензионных систем извлечения и повторного использования ХФУ.

Все ПУСГ должны также содержать краткое резюме обзора по реализации соответствующих планов использования хладагентов, конечных планов управления сокращением ОРВ, национальных и секторальных планов сокращения ОРВ, а также других проектов и деятельности, осуществленной при поддержке Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола.

По представленным в отчете результатам можно будет оценить приемлемость существующих систем для содействия сокращению потребления ГХФУ, и эта информация должна стать составной частью общего плана поэтапного сокращения потребления ГХФУ.

Мероприятия по извлечению и рециркуляции ГХФУ, основанные на приобретенном ранее опыте в этой сфере, должны также найти свое отражение в ПУСГ при формулировании конкретных планируемых мер.

Кроме того, в ПУСГ необходимо описать дополнительные меры и направления работы по оценке затрат, которые могут потребоваться для того, чтобы переориентировать НПС/КПУСО от ХФУ к ГХФУ.

6.3 Финансирование

Исполнительный комитет МФМП на 55-м совещании обсудил и одобрил структуру затрат на финансирование подготовки полного ПУСГ в соответствии с решением 54/39. Эти обсуждения стали основой для решений, изложенных в документе 55/17, приложение IV, где общее финансирование было разделено на несколько компонентов, которые формируют ПУСГ следующим образом:

а) Поддержка разработки стратегии и законодательства, т.е. подготовки проектов новых или доработки существующих законов, касающихся вопросов оборота ГХФУ и продукции, содержащей ГХФУ, а также квот и лицензий;

б) Поддержка подготовки обзора использования ГХФУ и анализ данных;

в) Разработка и принятие ПУСГ, включая его первый этап по принятию мер регулирования, предусмотренных в 2013 и 2015 гг. При этом меры регулирования, предусмотренные в 2015 г., будут в большей степени соответствовать формату КПУСО или плану поэтапного сокращения в холодильном секторе.

г) Развитие инвестиционной деятельности для секторов производства первого этапа ПУСГ, если это необходимо.

На том же совещании Исполнительный комитет МФМП обсудил структуру финансирования для подготовки ПУСГ, которая охватывает вышеуказанные элементы от а до в, и одобрил финансирование для нескольких стран на этой основе.

Уровни финансирования, одобренные на этом совещании в соответствии с документом 56/13, приводятся ниже:

Таблица 10

Группы стран в соответствии с уровнем потребления ГХФУ	*Финансирование для вышеперечисленных компонентов а, б и в*
Страны с нулевым потреблением ГХФУ	30.000 долл. США
Страны с потреблением только ГХФУ-22 или потреблением ГХФУ ниже 6 т ОРП в год	85.000 долл. США

Группы стран в соответствии с уровнем потребления ГХФУ	*Финансирование для вышеперечисленных компонентов а, б и в*
Страны со средним потреблением ГХФУ от 6 до 100 т ОРП в год	150.000 долл. США
Страны с высоким уровнем потребления ГХФУ от 100 до 1.200 т ОРП в годд	195.000 долл. США
Страны с высоким уровнем потребления ГХФУ свыше 1.200 т ОРП в год (только Китай)	Рассматривается в индивидуальном порядке

6.4 Инвестиционные проекты

Основываясь на отчетах о потреблении ГХФУ, подготовленных для 13 стран, и документе UNEP/OzL.Pro/ExCom/55/47 (пересмотренный анализ категорий затрат для финансирования сокращения потребления ГХФУ), Секретариат МФМП предложил при подготовке инвестиционных проектов ограничиться пятью промышленными секторами:

а) холодильный сектор (включая чиллеры);
б) системы кондиционирования воздуха;
в) жесткие пенопласты;
г) экструзивные пеноматериалы;
д) промышленные растворители.

На базе этих секторов Секретариат МФМП подготовил структуру для финансирования инвестиционной деятельности с учетом предыдущих уровней финансирования подготовки соответствующих индивидуальных проектов, проектов для групп предприятий и секторальных планов, а также подготовки проектов для ПУСГ, одобренных на 55-м совещании Исполнительного комитета МФМП. Максимальное финансирование подготовки первого этапа ПУСГ в производственных секторах будет определено на основе общего количества предприятий, приемлемых для конверсии в соответствующем секторе, за исключением предприятий с демонстрационными проектами, которые могут быть отобраны Исполнительным комитетом МФМП в соответствии с решением 55/43.

Таблица 11.

	Количество предприятий, охваченных инвестиционным проектом	*Максимальное финансирование*
а)	Одно предприятие, осуществляющее конверсию в производственном секторе	30.000 долл. США
б)	Два предприятия, осуществляющие конверсию в производственном секторе	60.000 долл. США
в)	От трех до четырнадцати предприятий, осуществляющих конверсию в производственном секторе	80.000 долл. США
г)	Пятнадцать и более предприятий, осуществляющих конверсию в производственном секторе	150.000 долл. США
е)	Максимальное финансирование подготовки секторальных планов для реализации мер регулирования после 2015 г. может быть определено на индивидуальной основе, принимая во внимание уровни, установленные в вышеперечисленных абзацах а–г	XXX долл. США (Рассматривается в индивидуальном порядке)

6.5 Демонстрационные проекты

В соответствии с решением 55/43 (абзацы б – е) запрос на финансирование подготовки демонстрационных проектов должен включать описание страны и сектора, краткое описание проекта, информацию об уровне сокращения потребления ГХФУ, ссылку на соответствующий подпункт решения 55/43, а также описание веских причин в соответствии с решением 55/43 (абзац б). Финансирование может быть предоставлено с учетом следующих уровней:

Таблица 12.

	Количество/тип демонстрационных проектов	*Максимальное финансирование*
а)	Обособленные демонстрационные проекты (55/43) в производственном секторе; финансирование на каждый проект.	30.000 долл. США
б)	Демонстрационные проекты (55/43) для группы от трех до четырнадцати предприятий в одном производственном секторе; финансирование на каждый групповой проект.	80.000 долл. США
в)	Демонстрационные проекты для группы предприятий в количестве пятнадцати и более не могут получать финансирование для подготовки демонстрационных проектов, относящихся к решению 55/43, так как проекты такого размера должны быть частью предложения по подготовке ПУСГ.	Не финансируются

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Техническое совещание по сокращению ГХФУ, 5–6 апреля 2008 г., Монреаль, Канада, протоколы совещания	Европейская комиссия/ компания ICF
Проект руководящих принципов для подготовки планов управления сокращением ГХФУ, включая обзоры потребления ГХФУ (решение 53/37 (h)) – UNEP/OzL.Pro/ExCom/54/53, 7 марта 2008 г.	ЮНЕП
Отчет Исполнительного комитета Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола к XX совещанию Сторон Монреальского протокола – UNEP/OzL.Pro/ExCom/56/63, 24 октября 2008 г.	ЮНЕП
Исполнительный комитет Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола: 55 совещание, Бангкок, 14–18 июля 2008 г., UNEP/OzL.Pro/ExCom/55/53, 18 июля 2008 г.	ЮНЕП
Исполнительный комитет Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола: 56 совещание, Доха, 8–12 ноября 2008 г.	ЮНЕП
Исполнительный комитет Многостороннего фонда по реализации Монреальского протокола: 54 совещание, Монреаль, 7–11 апреля 2008 г.	ЮНЕП

7. Основы искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха

7.1 Введение

В природе тепловая энергия перетекает всегда от более высоких к более низким температурам. Иными словами, там, где есть разница температур между двумя объектами или веществами, тепло передается от объекта или вещества с более высокой температурой к объекту или веществу с более низкой температурой. Это можно наблюдать во многих повседневных ситуациях.

Например, горячая чашка чая охлаждается естественным образом по мере того, как тепло от чая передается чашке и окружающему воздуху. В итоге чай и чашка достигнут той же температуры, что и окружающий воздух, и передача тепла прекратится, когда разницы температур между чаем и его окружением больше не будет.

Аналогично, мороженое будет нагреваться и таять, пока из воздуха, имеющего более высокую температуру, мороженому с более низкой температурой будет передаваться тепло. Охлаждение – это процесс выделения тепла из воздуха или вещества и передачи его куда-либо для снижения температуры пространства или вещества и для поддержания этой более низкой температуры. Это означает обратный ход естественного течения тепла и перенос тепла от вещества или объекта с более низкой температурой к объекту с более высокой температурой.

В домашнем холодильнике тепло выделяется из пространства внутри шкафа холодильника и выводится у задней стенки холодильника в то помещение, в котором расположен холодильник. Результатом является то, что температура пищевых продуктов внутри холодильника станет существенно ниже, чем температура окружающего пространства, в противоположность тому, что могло бы произойти, если бы имело место естественное движение тепла.

При использовании офисного кондиционера тепло выделяется из офисного пространства и выбрасывается в атмосферу вне здания. Результатом является то, что температура воздуха в офисе становится ниже, чем температура снаружи здания.

Термин «искусственное охлаждение» в целом относится к неестественному или искусственному процессу для извлечения и переноса тепла и снижения температуры, тогда как естественная потеря или утечка тепла от объектов с более высокой температурой называется остыванием (охлаждением).

Термин «кондиционирование воздуха» в целом используется для описания систем или устройств, которые искусственно снижают температуру в рабочем или жилом пространстве. Однако этот же термин подразумевает, что системы кондиционирования воздуха также используются для осушения или нагревания воздуха, в зависимости от внешних условий по отношению к рабочему или жилому пространству. Данное руководство рассматривает аспекты искусственного охлаждения с помощью систем кондиционирования воздуха.

7.2 Как работают системы искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха?

Системы искусственного охлаждения или кондиционирования воздуха – это машины или системы компонентов, которые удаляют тепло из пространства или вещества и выделяют это тепло куда-либо, обычно в противоположном естественному потоку тепла направлении.

Научные основы охлаждения

Системы охлаждения или кондиционирования воздуха работают, используя три важных принципа, которые являются результатом физических законов, которые обусловливают отношения между жидкостями и газами и, в частности, определяют, что происходит, когда жидкость превращается в газ, а газ превращается в жидкость. Эти так называемые фазовые переходы известны как испарение и конденсация.

Принцип 1

Когда жидкость испаряется, она поглощает тепло, необходимое для испарения, из окружающей среды. Следовательно, объект, находящийся в контакте с испаряющейся жидкостью отдает тепло жидкости и охлаждается.

Вот почему, когда мы потеем, наша кожа остывает. Энергия, необходимая для испарения пота, поступает из нашей кожи.

Существует другой процесс, противоположный процессу испарения, когда тепло высвобождается из газа, что заставляет газ конденсироваться обратно в жидкость.

Принцип 2

Некоторое парообразование происходит в жидкости, независимо от температуры окружающей среды, но самый высокий темп испарения и, следовательно, максимальный эффект охлаждения достигается, при кипении жидкости.

Например, если вода комнатной температуры помещается в тяжелую металлическую кастрюлю также комнатной температуры, то вода будет медленно испаряться в течение долгого периода времени. Это имеет очень небольшой эффект охлаждения, так как темп испарения очень низок и изменение температуры кастрюли будет незаметным.

Однако если та же кастрюля будет иметь температуру 200 °C, при вливании в нее воды комнатной температуры, произойдет быстрое испарение, и температура кастрюли значительно упадет, пока вся вода не испарится или пока кастрюля и вода не достигнут одной и той же температуры.

Принцип 3

Температура, при которой жидкость кипит, зависит от давления, действующего на жидкость: чем ниже давление, тем ниже точка кипения. По этой причине чайник с водой кипит при 100 °C на уровне моря, но тот же чайник закипел бы при 65 °C на вершине горы Эверест. Это происходит потому, что атмосферное давление воздуха на вершине Эвереста гораздо ниже, чем на уровне моря.

Этот принцип также применяется к обратному процессу конденсации: чем выше давление, тем выше температура, при которой газ конденсируется в жидкость.

Что такое системы искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха?

Инженеры и конструкторы систем искусственного охлаждения или кондиционирования воздуха используют эти научные принципы для создания систем, которые переносят тепло из одного места в другое и таким образом снижают температуру объекта или пространства. Хотя такие системы различаются по размеру и сложности, их механизмы действия по существу одинаковы.

Системы искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха осуществляют испарение жидкости в определенном месте, где требуется поглощение тепла (охлаждение). Испарившись, жидкость переносится в другое место для конденсации обратно в жидкость, где она выделяет тепло. Конденсированная жидкость затем возвращается на место, где она снова испаряется для поглощения большего тепла, и цикл повторяется.

Общий результат состоит в том, что тепло перемещается из места, где жидкость испаряется, к месту, где жидкость конденсируется.

Этот цикл может иметь место в ограниченном объеме, таком как домашний холодильник, где тепло переносится на очень небольшое расстояние из внутреннего объема шкафа наружу. В системе кондиционирования воздуха для больших зданий тепло должно быть перенесено на большие расстояния с испарением, происходящим в жилых помещениях и офисах, и конденсацией, происходящей на некотором расстоянии на крыше или снаружи здания.

Жидкость, используемая для этого процесса перемещения тепла из одного места в другое (рабочая жидкость или теплоноситель), называется хладагентом.

Многие жидкости могут быть использованы в качестве хладагентов, но вследствие фундаментальных законов физики, эффект охлаждения максимален тогда, когда хладагент кипит. Это имеет существенные последствия для конструирования систем охлаждения, так как для достижения эффекта охлаждения при низких температурах требуются такие жидкости, которые кипят при этих температурах, а затем могут быть обратно сконденсированы в жидкости при нормальных температурах.

Например, для достижения температур, требующихся в нормальном домашнем холодильнике-морозильнике, требуется хладагент с точкой кипения около –20 °C и температурой конденсации около 50 °C.

Более детальная информация о хладагентах содержится в главе 9.

Компоненты систем искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха

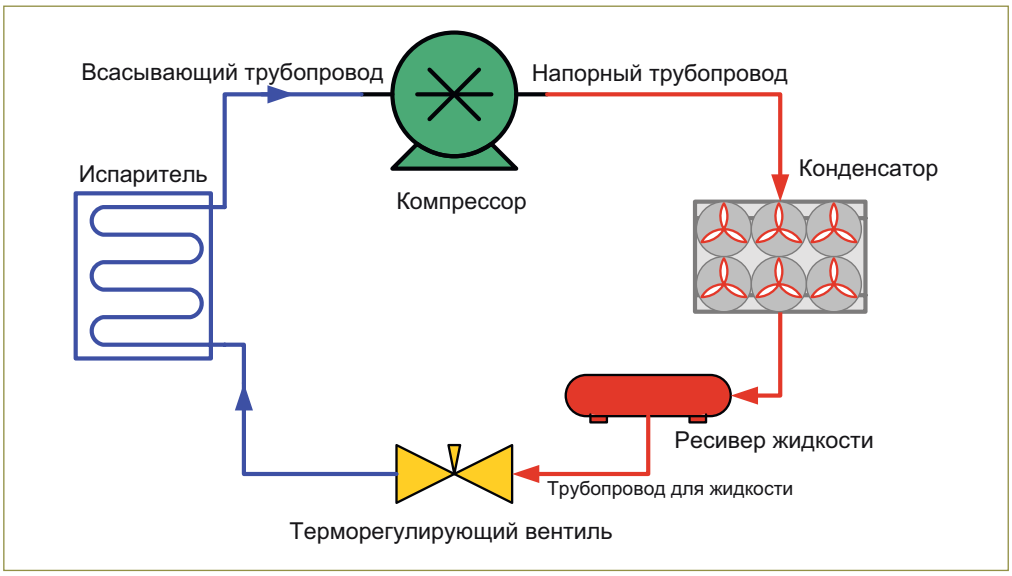
Существует много различных типов систем охлаждения и кондиционирования воздуха – от простых домашних холодильников/морозильников до больших холодильных систем, используемых в производстве продуктов питания и в промышленности. Несмотря на разные размеры и сложность систем, основные принципы, на которых они работают, одни и те же.

Все системы охлаждения используют шесть основных компонентов, каждый из которых играет особую роль в процессе переноса тепла из одного места в другое.

Существует четыре механических или аппаратных компонента: компрессор, конденсатор, расширительное устройство и испаритель, а также два основных химических компонента: хладагент и масло.

Основные механические компоненты связаны линиями передачи хладагента (трубопроводами) для формирования замкнутого контура, по которому циркулируют хладагент и масло. Каждый компонент выполняет свою роль в циклическом процессе, известном как «холодильный цикл».

Рис. 5 Холодильная схема, основывающаяся на компрессии испарений



Более сложные системы охлаждения включают в себя много других компонентов для наблюдения и контроля за работой и параметрами систем, а большие системы часто формируются посредством параллельного соединения нескольких компрессоров, испарителей и конденсаторов. Большие системы могут включать в себя ресивер жидкого хладагента между конденсатором и регулятором потока хладагента. Ресивер служит буферной емкостью, которая обеспечивает работу испарителя достаточным количеством хладагента.

Независимо от сложности, работа каждой холодильной системы или кондиционера основывается на работе вышеуказанных шести аппаратных и химических компонентов.

Компрессионный цикл охлаждения

Компрессионный цикл охлаждения – наиболее широко используемый в настоящее время холодильный цикл. Однако есть другие циклы охлаждения (например, цикл Стерлинга и термоэлектрические циклы), но эти циклы не используют ГХФУ и, следовательно, не рассматриваются в рамках настоящего руководства.

Цель этого раздела – дать объяснение составным частям в наиболее широко используемом цикле, так как они встречаются во всех системах охлаждения, использующих ГХФУ.

Испарители

Жидкий хладагент поступает в теплообменник, известный как испаритель. Это обычно длинная изогнутая трубка, по которой течет хладагент. Она расположена в месте, где температура должна быть понижена.

Давление внутри трубки такое, что хладагент кипит при низкой температуре (это определяется параметрами конструкции), поглощая тепло и превращаясь в газ низкого давления.

Например, в домашнем холодильнике испаритель – это змеевидной формы трубка, встроенная в заднюю стенку холодильного или морозильного отделения. Вот почему иней или лед аккумулируется внутри на задней стенке холодильника, так как эта поверхность – самая холодная его часть.

В офисном кондиционере испаритель – это трубка в виде спирали или змеевика, расположенная в кассетном модуле, смонтированном на потолке или стене. Воздух продувается сквозь модуль и охлаждается при прохождении через змеевик, в котором испаряется хладагент.

Компрессоры

Пар хладагента низкого давления засасывается из испарителя компрессором. Труба, исходящая из испарителя к компрессору, называется всасывающей, так как она подходит к всасывающему патрубку компрессора.

Компрессор поднимает давление (и температуру) паров хладагента и нагнетает пар высокого давления в конденсатор. Труба, исходящая из компрессора в конденсатор, известна как нагнетательная или линия высокого давления.

В системах охлаждения и кондиционирования воздуха используется несколько типов компрессоров. Общеизвестные типы – это поршневые (поршень и цилиндр), ротационные спиральные или винтовые компрессоры.

В домашнем холодильнике компрессор помещен в черный металлический кожух, прикрепленный к основанию в задней части холодильного шкафа. В офисном кондиционере воздуха компрессор или компрессоры будут расположены в отдельном машинном отделении, снаружи здания или на крыше.

Конденсаторы

Пар высокого давления из компрессора поступает в конденсатор, перенося тепло из испарителя и тепло, добавленное компрессором. Это другой теплообменник, где тепло выделяется хладагентом в окружающую среду.

Так как давление пара хладагента в конденсаторе гораздо выше, чем в испарителе, его температура кипения или конденсации будет также выше (см. принцип 3). Система спроектирована так, что давление в конденсаторе соответствует температуре конденсации хладагента, которая выше температуры окружающей среды.

Другими словами, температура конденсации хладагента выше температуры окружающего воздуха. Следовательно, хладагент в конденсаторе конденсируется обратно в жидкость. В процессе конденсации хладагент выделяет тепло в атмосферу.

В реальной практике хладагент охлаждается в конденсаторе несколько ниже температуры конденсации, это называется переохлаждением. За счет него эффективность цикла повышается, так как переохлаждение снижает количество жидкого хладагента, частично испаряющегося в расширительном устройстве и снижающего температуру хладагента, поступающего в испаритель.

В домашнем холодильнике конденсатор – это черный змеевик, прикрепленный к задней стенке холодильного шкафа выше компрессора. Так как хладагент из компрессора проходит через трубку большой длины, он конденсируется, отдавая свое тепло в окружающее пространство. Вот почему при прикосновении к задней стороне холодильника обычно ощущается тепло.

В офисном кондиционере воздуха конденсатор или конденсаторы вместе с компрессором будут расположены где-то снаружи здания, так, что тепло, выделяющееся во время конденсации, выделяется в открытый воздух. Обычно можно видеть конденсаторы на внешних стенах зданий, а также на крышах. Они обычно соединены с вентилятором, который продувает воздух сквозь змеевик конденсатора. Это дает возможность уменьшить длину по сравнению с длиной, которая была бы необходима, если бы пришлось полагаться только на естественную вентиляцию.

Расширительные устройства

Жидкий хладагент после этого проходит в испаритель. Однако прежде, чем войти в испаритель, давление хладагента должно быть снижено до давления в испарителе, чтобы позволить хладагенту кипеть при низкой температуре.

С этой целью устанавливается расширительное устройство на линии между конденсатором и испарителем, ближе к испарителю. Трубка от конденсатора к расширителю называется жидкостной линией, так как по ней циркулирует жидкий хладагент.

Процесс снижения давления хладагента в расширительном устройстве часто называют дросселированием. Расширителем может быть ручной или автоматически контролируемый вентиль, дроссельная шайба или простая капиллярная трубка.

Жидкий хладагент низкого давления поступает в испаритель, где он кипит, поглощая тепло из охлаждаемого пространства. Этот процесс завершает цикл, и, таким образом, тепло перемещается из пространства с низкой температурой в пространство с более высокой температурой. Затем цикл повторяется.

В домашнем холодильнике расширительное устройство представляет собой сужение сечения в виде капиллярной трубки правильно рассчитанной длины или пережим в трубке между конденсатором и испарителем.

В офисном кондиционере расширительное устройство – это терморегулирующий вентиль или ТРВ. Он расположен в кассетном модуле с испарителем в офисном помещении. Этот тип расширительного устройства регулирует поступление жидкого хладагента в испаритель в соответствии с желаемой температурой воздуха в помещении.

Хладагент

Хладагент – это ключевой компонент в системах искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха. Это теплоноситель, который поглощает тепло в одной части контура (в испарителе) и отдает тепло в атмосферу в другой части контура (в конденсаторе).

Термодинамические свойства хладагента определяют, какой эффект может быть достигнут за счет применения холодильной системы, и включают следующие параметры:

- Температура испарителя или самая низкая температура, которая может быть достигнута теоретически;
- Энергоэффективность системы или сколько электроэнергии требуется на охлаждение;
- Окружающая среда, в которой система может действовать; максимальная местная температура, при которой система может обеспечить достаточное охлаждение (относится к характеристике конденсатора).

Перенос тепла происходит только тогда, когда существует разница температур. Разница температур также зависит от конструкции теплообменника. Хладагент должен испаряться при более низкой температуре, чем запрограммированная температура охлаждаемого пространства, так как перенос тепла неэффективен на 100 %.

Химические свойства хладагента определяют его совместимость с другими материалами, с учетом чего также определяют материалы, из которых должны быть изготовлены другие компоненты системы, включая конденсатор, испаритель, уплотнения, трубопроводы, прокладки и смазочные масла.

Химические свойства хладагента также диктуют меры безопасности, которые должны быть приняты во внимание при конструкции и работе системы. Это главным образом токсичность и воспламеняемость хладагента.

7.3 Смазочные материалы для систем искусственного охлаждения

Масло – важный элемент любой системы искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха. Оно применяется для смазки движущихся частей компрессора, которые в ином случае не могли бы функционировать.

Компрессоры содержат определенный объем масла, которое поступает к движущимся частям, но так как масло также необходимо для работы перепускного клапана между сторонами высокого и низкого давления, определенное количество масла проходит через клапан и циркулирует по системе вместе с хладагентом. Когда система находится в стадии устойчивого функционирования, смесь масла и хладагента эффективно циркулирует по системе.

Масло оказывет значительное влияние на конструкцию системы, так как оно покрывает внутреннюю поверхность всех компонентов, что оказывает влияние на эффективность переноса тепла в испарителе и конденсаторе, а также может влиять на работу расширительного устройства.

Масло также меняет термодинамические свойства чистого хладагента, в связи с чем конструкция системы должна учитывать свойства смеси хладагента с маслом.

Химические свойства масла особенно важны с точки зрения совместимости масла с материалами и хладагентом. Они также определяют, насколько легко смешиваются масло и хладагент. Хорошая смешиваемость важна для обеспечения бесперебойной работы системы.

7.4 Общие типы компрессоров

Компрессор – это сердце компрессионной холодильной схемы, и наличие эффективных, надежных и экономичных компрессоров важно для производителей холодильного оборудования и кондиционеров воздуха.

Различия в физических свойствах хладагентов означают, что объем хладагента, степень сжатия и давление нагнетания могут изменяться от системы к системе. В этой связи различные типы компрессоров оказываются более или менее пригодными для разных видов применения и типов хладагентов.

Основные типы холодильных компрессоров включают поршневые, винтовые и спиральные компрессоры, а также ротационные лопастные и центробежные компрессоры.

В целом, спиральные компрессоры являются наиболее эффективными, в то время как поршневые обеспечивают самое высокое давление на выходе и могут, таким образом, использоваться для применения в промышленных системах.

Поршневые компрессоры

Эти компрессоры позволяют достигать высокого давления нагнетания и используются в торговых холодильных системах и домашних холодильниках (малые поршневые компрессоры).

Комбинация из нескольких поршневых компрессоров

Поршневые компрессоры используют возвратно-поступательные движения поршня внутри цилиндра для сжатия хладагента. Когда поршень движется вниз, внутри цилиндра создается вакуум. Так как давление над всасывающим клапаном выше, чем давление ниже клапана, всасывающий клапан открывается, и хладагент поступает в цилиндр. После достижения низшей точки поршень начинает двигаться вверх. Всасывающий клапан закрывается, запирая хладагент внутри цилиндра. Так как поршень продолжает двигаться вверх, он сжимает хладагент, повышая его давление. В определенной точке давление хладагента приводит к открытию выпускного клапана, и сжатый хладагент выходит из цилиндра. Как только поршень достигает своей верхней позиции, он начинает двигаться вниз, и цикл повторяется.

Винтовые компрессоры

Винтовые компрессоры используют пару винтовых роторов. Пока роторы вращаются, они цепляются друг за друга, поочередно открывая и закрывая пространства между нарезкой в конце роторов. Когда пространство между винтами роторов на всасывающем конце открывается, хладагент всасывается внутрь него. Пока роторы продолжают вращаться, хладагент

остается заключенным внутри межвинтового пространства и продвигается вдоль всей длины роторов. Объем межвинтового пространства уменьшается, и хладагент сжимается. Сжатие заканчивается, когда хладагент достигает противоположного конца внутри герметичной камеры.

Компрессорные роторы

Эффективность этого типа компрессора зависит от точности изготовления и сборки, обеспечивающих необходимые зазоры между винтовыми роторами и камерой для герметизации каналов компрессии.

Спиральные компрессоры

В спиральном компрессоре хладагент сжимается двумя смещенными спиральными дисками, смонтированными вместе. Верхний диск стационарный, в то время как нижний диск движется в орбитальном режиме. Орбитальное действие нижнего диска внутри стационарного создает герметичные пространства меняющегося объема.

Хладагент всасывается внутрь через входные порты, расположенные по периметру спирали.

Некоторое количество хладагента остается заключенным в одной из изолированных областей. Пока диск вращается, замкнутое пространство, содержащее хладагент, переносится к центру и его объем уменьшается. По мере того, как объем уменьшается, хладагент сжимается. Сжатый хладагент высвобождается через порт в центре верхнего диска. Спиральные компрессоры – тихие, плавно работающие устройства с самым высоким коэффициентом эффективности из всех типов компрессоров.

Спиральный компрессор

Компрессоры этого типа широко используются в автомобильных системах кондиционирования воздуха и в пищевой промышленности.

Спиральные компрессоры имеют низкий темп утечек, и они более эффективны, чем другие типы компрессоров.

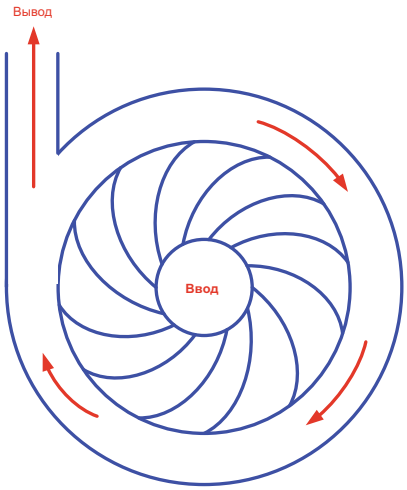
Центробежные компрессоры

Центробежные компрессоры используют вращательное движение лопастного колеса для приведения в действие центробежной силы, действующей на хладагент внутри круглой спиральной камеры. Хладагент всасывается в лопастное колесо сквозь расположенное соосно большое круглое впускное отверстие и перемещается между лопастями. Лопасти выталкивают хладагент наружу, оказывая на него действие центробежной силы. Хладагент сжимается по мере того как он прижимается к стенке спиральной камеры.

Центробежные компрессоры подходят для компрессии больших объемов хладагента до относительно малого давления, в связи с чем они широко использовались для больших центральных холодильных установок, использующих ХФУ-11 или его хладагент-заменитель. Компрессионная сила, генерируемая лопастным колесом мала, поэтому чиллеры, которые используют центробежные компрессоры, обычно применяют несколько лопастных колес, организованных в последовательный ряд. Центробежные компрессоры востребованы в силу их простой конструкции и небольшого количества движущихся частей.

Имеются и другие типы холодильных компрессоров, но они очень редки.

Центробежный компрессор



7.5 Хладагенты

Существует много типов хладагентов общего пользования.

До сих пор наиболее широко используемым ГХФУ является хладагент ГХФУ-22 (также известный как R-22). Он составляет 97 % общего потребления ГХФУ в холодильном секторе и в секторе кондиционирования воздуха в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, в соответствии с последней оценкой, проведенной Многосторонним фондом по реализации Монреальского протокола.

Большинство бытового и промышленного оборудования кондиционирования воздуха традиционно функционировало на ГХФУ-22.

Крупные системы воздушного кондиционирования или чиллеры используют хладагенты высокого или низкого давления в зависимости от применения чиллера и, следовательно, требуемых температур испарения. Чиллеры используют ГХФУ-22, но традиционные центробежные чиллеры используют ХФУ-11 и ХФУ-12. Чиллеры низкого давления традиционно использовали ХФУ-11, а чиллеры высокого давления используют ГХФУ-22 (R-22) и ХФУ-12 (R-12).

Хладагент ГХФУ-123 использовался для замены ХФУ-11 как хладагента низкого давления, но теперь его потребление подлежит сокращению в соответствие с ускоренным графиком Монреальского протокола. Однако благодаря его очень низкому ПГП (76), относительно низкому ОРП (0,02–0,06) и высокой энергоэффективности, этот хладагент в некоторых странах не является основным приоритетом в программе сокращения потребления ГХФУ.

Альтернативные хладагенты для чиллеров высокого давления (ГХФУ-22) – это гидрофторуглероды (ГФУ), смеси нескольких ГФУ и аммиак. Некоторые из этих вариантов могут быть применены для существующего оборудования с незначительной модернизацией системы. Другие могут быть использованы только для нового оборудования, созданного для конкретных типов смесевых хладагентов.

Хладагенты для торговых и промышленных холодильных систем выбираются на основе температуры испарения, требуемой в системе. Термодинамические характеристики ГХФУ-22 (R-22) делают его пригодным для широкого ряда применений в торговых и промышленных холодильных системах, так как он может быть использован для получения ряда температур охлаждения.

ГХФУ также используются для подготовки широкого ряда смесевых хладагентов, которые использовались для замены ХФУ с момента начала реализации Монреальского протокола. ГХФУ-124 и ГХФУ-142b широко использовались в смесевых хладагентах в качестве заменителей ХФУ.

Замена ГХФУ-22 будет занимать центральное место в деятельности по сокращению потребления ГХФУ в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, так как использование этого хладагента составляет 97 % всего потребления хладагентов на основе ГХФУ, используемых в этих государствах.

7.6 Потребление энергии

Энергопотребление в секторе искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха

В компрессионном холодильном цикле энергия главным образом потребляется для сжатия хладагента от начального давления в испарителе до давления в конденсаторе.

Хотя, в принципе, холодильные системы могут получать энергию из различных источников, подавляющее большинство систем функционирует с использованием электрической энергии.

Системы также включают в себя вентиляторы, обеспечивающие циркуляцию воздуха через змеевики испарителя и конденсатора, а некоторые системы включают насосы, которые обеспечивают циркуляцию вторичных охлаждающих жидкостей. Эти насосы и вентиляторы также потребляют электроэнергию.

Потребление энергии системой охлаждения или кондиционирования воздуха – важный фактор для оценки воздействия такой системы на окружающую среду в целом, так как производство электроэнергии – один из главных источников выбросов CO_2. Энергопотребление также является важнейшим элементом операционных расходов.

Энергоэффективность

Фундаментальные законы гидродинамики, базовый холодильный цикл и основные компоненты, описанные выше, представляют собой основу любой системы охлаждения или кондиционирования воздуха.

Задача, которая стоит перед инженерами и конструкторами – это создание наиболее экономичных и эффективных систем, которые были бы коммерчески конкурентоспособны с точки зрения цены изделия и операционных расходов, включая расходы на сервисное обслуживание системы.

В дополнение к физическим и инженерным ограничениям, определяемым термодинамикой, свойствами и стоимостью материалов, дальнейшие ограничения и препятствия возникают из-за растущего объема нормативных актов, направленных на сохранение окружающей среды, которые все больше и больше определяют использование химических веществ и устанавливают высокие стандарты энергоэффективности.

Энергоэффективность, следовательно, является в настоящее время одним из главных определяющих факторов в проектировании холодильных систем, поэтому в этой сфере осуществляется значительный объем исследований и разработок.

Общей эффективностью холодильной системы или системы кондиционирования воздуха является произведенное полезное охлаждение, поделенное на общее количество затраченной энергии.

$$\text{Эффективность} = \frac{\text{Полученное полезное охлаждение (кВт)}}{\text{Потребленная электрическая энергия (кВт)}}$$

7.7 Аспекты проектирования систем искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха

Терминология

Процесс охлаждения – это удаление тепла из охлаждаемого вещества или пространства и перемещение его к более теплому веществу или пространству. Как описано ранее, холодильный цикл работает потому, что жидкость поглощает тепло из окружающей среды, когда она испаряется, и этот принцип лежит в основе цикла охлаждения.

На бытовом уровне, однако, люди склонны думать об охлаждении, как о передаче холода веществу или пространству, или о снижении температуры вещества или пространства. Аналогично, инженеры говорят об охлаждающих конденсаторах, хотя, строго говоря, конденсаторы выделяют тепло из хладагента, который нагревает воздух или жидкость вокруг него.

Язык, которым описываются системы охлаждения или воздушного кондиционирования, является техническим. Детальное проектирование системы находится за пределами настоящего руководства, целью которого является лишь описание основных принципов. Однако некоторые основные концепции проектирования просуммированы ниже для использования в идентификации системы.

Цель этого раздела – объяснить основные принципы процесса искусственного охлаждения или кондиционирования воздуха.

Системы с воздушным и жидкостным охлаждением

Конденсатор холодильной системы может быть охлажден (или использован для выделения тепла) воздухом или жидкостью (обычно водой). В системах с водяным охлаждением вода подается в конденсатор, омывает змеевик и забирает тепло у хладагента, циркулирующего внутри этого змеевика. В конденсаторе с воздушным охлаждением тепло от хладагента забирается циркулирующим воздухом. Большинство конденсаторов с воздушным охлаждением оснащено вентилятором, который увеличивает поток воздуха, подаваемого в конденсатор.

Конденсаторы с водяным охлаждением могут быть расположены внутри здания или снаружи, но конденсаторы с воздушным охлаждением обязательно должны быть расположены снаружи.

Прямое и непрямое охлаждение

В большинстве холодильных циклов испаритель располагают там, где требуется охлаждение. Внешняя поверхность испарителя становится холодной, и это охлаждает контактирующее с ним вещество или воздух.

В небольших кондиционерах воздух пропускается прямо над змеевиком испарителя, не контактируя с ним. В домашнем холодильнике испаритель располагается в задней части камеры или ниже полок с продуктами и находится в прямом контакте с пространством, которое он охлаждает. Оба типа применения определяются как прямое охлаждение.

Змеевик прямого охлаждения

Термин прямое охлаждение или ПО часто используется для описания теплообменника или охлаждающего змеевика, в котором хладагент испаряется и который находится в прямом контакте с охлаждаемым воздухом или веществом.

Существуют ситуации, где ради удобства, эффективности, безопасности или экономии испаритель не устанавливается там, где требуется охлаждение. В этом случае жидкость во вторичном контуре охлаждается испарителем и перекачивается туда, где требуется охлаждение, в связи с чем необходим второй теплообменник для обеспечения охлаждения в месте использования. Жидкость, используемая во вторичном контуре, называется хладоносителем или вторичной жидкостью и не является хладагентом.

Двухконтурные системы главным образом применяются для больших централизованных холодильных систем (т.е. в супермаркетах и складских помещениях) и системах кондиционирования воздуха (т.е. в больницах, гостиницах или офисных зданиях), где использование хладоносителя оказывается более эффективным для распределения охлаждения на удаленные расстояния по сравнению с применением больших объемов хладагента.

Термин непрямое охлаждение, следовательно, используется для описания систем, где хладагент испарителя охлаждает жидкость во вторичном контуре охлаждения, охлаждающую, в свою очередь, место использования.

Централизованные и распределенные системы

Если кондиционирование воздуха или охлаждение требуется в нескольких местах в пределах площади среднего и большого размера или целого здания, то эти потребности могут быть удовлетворены путем установки индивидуальных систем, распределенных в тех местах, где требуется охлаждение, или же установкой больших станций централизованного хладоснабжения с последующим распределением охлаждения индивидуальным потребителям. Этот подход часто оказывается более экономичным, удобным или безопасным.

На практике это обычно означает монтаж нескольких холодильных установок, включая компрессоры, теплообменники, насосы и т.д., в специальных машинных отделениях и систему территориально-распределенного охлаждения с использованием вторичных контуров, как это было описано выше.

В зависимости от масштаба применения и требований к температуре охлаждения в одном месте может быть смонтировано более одной централизованной системы. Например, производственное предприятие может иметь централизованную систему кондиционирования воздуха и вторую централизованную систему, обеспечивающую хладоснабжение производственного процесса.

Применение чиллеров в холодильных системах

Чиллер – это машина, которая включает холодильную систему и теплообменник, специально сконструированный для охлаждения вторичной охлаждающей жидкости, которая может быть распределена по различным местам для обеспечения охлаждения. Обычно вторичная охлаждающая жидкость – это вода с добавками, такими как ингибиторы коррозии и незамерзающие растворы (антифризы), например, гликоль.

Чиллеры очень широко используются для обеспечения кондиционирования воздуха в средних и крупных зданиях, включая гостиницы, крупные офисные здания, торговые центры, больницы и здания общественного пользования. Чиллеры обычно также используются для обеспечения процесса охлаждения в пищевой и химической промышленности.

Большинство чиллеров спроектировано для установки внутри помещения и поэтому они располагаются в машинных отделениях. Они также могут быть расположены снаружи или на крыше зданий в утепленной пристройке.

Чиллеры – это точные машины с высокими изначальными капитальными затратами и высокими операционными расходами, в связи с чем они требуют повышенного внимания при их выборе и сервисном обслуживании.

Температура воздуха или воды на выходе из теплообменника

Термин температура воздуха или воды на «выходе» относится к температуре, достигнутой воздухом, покидающим охлаждающий змеевик системы кондиционирования воздуха, или

температуре воды (или другого хладоносителя), когда она покидает испаритель или другой теплообменник. Эти параметры очень важны при конструировании и контроле сложных систем.

Температура воздуха или воды на «выходе» никогда не будет такой же низкой, как температура испарения, т.к. теплообменники не обладают 100 %-ной эффективностью. Фактически температура воздуха или воды на «выходе» обычно существенно выше.

Аналогично температура воздуха или воды на «входе» относится к температуре воздуха или воды, поступающей в теплообменник. В кондиционере воздуха эта температура немного выше температуры в помещении или температуры воздуха, засасываемого в теплообменник. Для чиллера это температура воды, которая возвращается из вторичного теплообменника, поглотив тепло в месте охлаждения.

Знание этих температур, а также объема и расхода охлаждаемой воды или воздуха, позволяет вычислить требуемую холодопроизводительность холодильной установки.

Холодопроизводительность (номинальная характеристика)

Холодопроизводительность системы кондиционирования воздуха – это интенсивность, с которой она может забирать тепловую энергию у охлаждаемого вещества или пространства. Интенсивность переноса энергии также называется мощностью. Стандартная метрическая единица мощности кВт; однако обычно используются три различные системы единиц для обозначения мощности системы:

Система измерения	Единица измерения мощности
1 кВт (стандартная единица мощности)	1 кВт = 1,000 Джоулей в секунду
BTU/час (Британская термическая единица)	1,000 BTU/час = 0,293 кВт
Тонна охлаждения	1 т = 12.000 BTU/час = 3,5168 кВт

BTU определяется, как количество тепла, требующееся для увеличения температуры одного фунта жидкой воды на один градус по Фаренгейту.

Калория (символ: кал) – это количество тепла (энергии), требующееся для увеличения температуры 1 грамма воды на 1 градус по Цельсию (1 кал = 4,18 Дж).

Термин «тонна охлаждения» первоначально использовался как холодопроизводительность, необходимая для получения одной тонны льда в сутки.

Теоретическая и реальная холодопроизводительность

Холодопроизводительность системы кондиционирования воздуха или холодильной системы определяется рядом эксплуатационных параметров. Как описано ранее, температуры конденсации и испарения системы определяют, где система может функционировать и диапазон температур, которые она может поддерживать.

На реально достижимую холодопроизводительность системы оказывают влияние и другие параметры. Эти параметры включают в себя конструкционные особенности теплообменников в испарителе и в конденсаторе, а также объемы и расходы охлаждаемого воздуха и воды.

Теоретические или конструкционные параметры системы – это единственное, что система может или должна обеспечивать. В малых или автономных кондиционерах достаточно легко точно предсказать холодопроизводительность системы. Однако для больших или более сложных систем точно предсказать холодопроизводительность становится сложнее.

Таким образом, детальные знания и опыт необходимы для проектирования крупных холодильных систем и систем кондиционирования воздуха, а также важна квалификация техников и инженеров при изготовлении данных систем.

7.8 Типы систем кондиционирования воздуха

Введение

Огромное большинство систем кондиционирования воздуха – это компрессионные системы с электрическим приводом, в которых охлаждаемый воздух продувается через теплообменник, содержащий испаряющийся хладагент.

Существует большое разнообразие кондиционеров воздуха в диапазоне от 2 кВт до нескольких сотен кВт, с количеством заправленного хладагента пропорциональным холодопроизводительности.

Таблица 14. Категории систем воздушного кондиционирования

Категории	*Область применения*
Малые автономные системы*	Охлаждение одной комнаты
Сплит-системы (бесканальные)	Жилые и промышленные
Сплит-системы (канальные)	Жилые и промышленные
Корпусные воздушные кондиционеры (канальные)	Промышленные

*Оконные и вмонтированные в стену кондиционеры

Почти все воздушно-охлаждаемые кондиционеры и тепловые насосы, произведенные до 2000 г., используют ГХФУ-22 в качестве хладагента. С тех пор многие страны, не действующие в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, перешли на озонобезопасные альтернативы до наступления контрольных сроков, установленных Монреальским протоколом. По некоторым оценкам примерно 94% оборудования, установленного в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, в настоящее время использует ГХФУ-22 в качестве хладагента (Секретариат МФМП, Комитет по технической оценке, 2006 г.).

Кондиционеры воздуха с воздушным охлаждением и тепловые насосы обычно подразделяются на четыре отдельные категории, изначально основанные на холодопроизводительности или области их применения. Они поставляются в нескольких модификациях в зависимости от размера и места установки.

Малые автономные (моноблочные) кондиционеры воздуха

Малые автономные кондиционеры воздуха являются кондиционерами малой мощности, в которых все компоненты системы охлаждения содержатся в едином корпусе. Обычно это оборудование обладает холодопроизводительностью в диапазоне от 1 до 11 кВт со средней заправкой хладагента 0,25 кг на 1 кВт мощности охлаждения. Большинство малых автономных кондиционеров воздуха исторически использовали хладагент ГХФУ-22. Общая средняя заправка оценивается в 0,75 кг. (Секретариат МФМП, Комитет по технической оценке; обновление: май 2008 г.).

Оконный кондиционер

Существует три основных конфигурации таких кондиционеров: оконные, монтируемые в стене (сквозь стену) или переносные. При оконном и стенном монтаже, испаритель расположен внутри, а конденсатор расположен снаружи, все компоненты находятся в едином корпусе. Портативный кондиционер воздуха обычно монтируется на колесах и может быть перемещен из одного помещения в другое. Конденсатор охлаждается воздухом, поступающим из помещения, и выбрасывается наружу, например, через открытое окно с помощью гибкого рукава.

Конструкция малых автономных кондиционеров предусматривает их использование для нагревания и охлаждения небольших жилых помещений или малых офисов. Они широко используются во многих странах и их можно видеть на стенах многих зданий в городах и поселках.

Эти устройства производятся и заправляются на больших заводах с контролем качества и тестами на утечки, что обеспечивает низкие уровни утечек порядка 2–3 % исходной заправки в год.

Последние данные показывают, что глобальный рынок для этих типов воздушных кондиционеров снижается в пользу сплит (раздельных) кондиционеров воздуха.

Бесканальные сплит-системы

Сплит-системы являются одним из наиболее широко распространенных типов систем кондиционирования воздуха. Их можно встретить во многих местах и часто в домах, офисах и малых коммерческих помещениях.

В отличие от малых автономных (моноблочных) кондиционеров, компоненты сплит-систем являются, как следует из названия, разделенными. Один или несколько испарителей располагаются в охлаждаемом помещении, в то время как компрессор и конденсатор устанавливаются снаружи и связаны с испарительным блоком линией подачи хладагента и электрической проводкой. Термин «бесканальные» означает, что воздух помещения охлаждается в помещении при помощи теплообменника, обдуваемого вентилятором в отличие от ситуации, когда воздух охлаждается/нагревается где-либо еще и поступает в помещение через воздухораспределительную систему вентиляции.

Блоки, которые содержат теплообменник испарителя и вентилятор для циркуляции воздуха в помещении через охлаждаемый змеевик (радиатор), называют внутренними блоками сплит-систем. Для каждого кондиционируемого помещения обычно используется один внутренний блок. Компрессор и конденсатор обычно монтируют вместе в наружном или конденсаторном блоке.

Сплит-система настенного типа

Малые бесканальные воздушные кондиционеры со сплит-системой в диапазоне ниже 7 кВт с единственным внутренним блоком часто называют мини-сплит-системой. Малые сплит-системы или мини-сплиты используются в жилых и малых коммерческих помещениях и офисах, где необходимо кондиционирование воздуха в отдельном помещении. Внутренние блоки могут быть напольные (устанавливаются на пол), настенные (монтируются на стену) или кассетные (скрытая установка, обычно монтируются в фальш-потолок).

Более крупные бесканальные сплит-системы используют такой же подход, как и мини-сплиты, но могут включать в себя несколько внутренних блоков и иногда несколько наружных блоков. Эти устройства часто называют мульти-сплит системами. Они пригодны для установки на более крупных объектах, где необходимо кондиционирование воздуха в более, чем одной комнате, а также для коммерческих помещений, таких, как рестораны, врачебные кабинеты, магазины и офисы средних размеров.

Различные типы внутренних блоков могут быть использованы в разных комнатах.

Внутренний блок кассетного типа

Термин мульти-сплит-система относится к большим системам, где несколько внутренних блоков соединены с наружным блоком, расположенным на крыше или в машинном отделении, и обслуживающим несколько помещений или целое здание. Этот подход часто используется для больших помещений, таких, как офисные здания среднего размера, где около десятка или больше внутренних блоков обслуживают жилые или рабочие помещения.

Огромное количество бесканальных воздушных кондиционеров, изготовленных ранее 2000 г., использовали хладагент ГХФУ-22 со средней заправкой ГХФУ-22 примерно от 0,25 до 0,30 кг на один кВт мощности охлаждения. Общий средний расход ГХФУ-22 оценивается в количестве около 1,2–1,3 кг на систему.

Эти системы обычно также производятся на крупных промышленных предприятиях с соответствующим контролем качества и тестированием утечек. Эти системы устанавливаются на месте с использованием предварительно заправленных хладагентом линий и соединителей, что достаточно часто приводит к более высоким средним уровням утечек для этих систем по сравнению с автономными устройствами.

Бесканальные воздушные кондиционеры со сплит-системой используют герметичные ротационные, спиральные или поршневые компрессоры.

Сплит-системы канального типа

Сплит-системы канального типа обеспечивают охлаждение или кондиционирование воздуха во многих помещениях в здании, используя сеть вентиляционных каналов, которые являются частью конструкции здания. Каналы часто идут горизонтально в потолочных пустотах и вертикально в стенных полостях или в специально сконструированных сервисных шахтах.

В системах канального кондиционирования воздуха испарители или охлаждающие модули расположены в каналах, а не в помещениях, где требуется охлаждение. Центральные вентиляторы через сеть воздухопроводов доставляют воздух, который охлаждается, проходя через охлаждаемый модуль.

Наружные блоки (компрессор/конденсатор) расположены снаружи здания или на крыше, и связаны с охлаждающими модулями посредством гибких линий с циркулирующим хладагентом. Обычно один блок с компрессором/конденсатором обслуживает несколько внутренних блоков с вмонтированными в них испарителями.

Канальные сплит-системы обычно можно обнаружить в крупных жилых зданиях, где воздушные каналы снабжают каждое помещение или отдельные зоны в промышленных или офисных зданиях. Сплит-системы в жилых зданиях обычно используют такую же систему воздуховодов для подачи тепла в помещения в холодное время года.

Холодильная мощность таких систем обычно находится между 5 и 18 кВт, а средняя система имеет мощность около 11 кВт и содержит в среднем около 3,25 кг ГХФУ-22.

Требования к повышению энергоэффективности во многих странах стимулировали разработку новых проектов систем с увеличенной площадью теплообменников. Вследствие этого, количество заправляемого хладагента на кВт мощности охлаждения также должно быть увеличено.

В США, например, минимальная энергоэффективность кондиционеров воздуха, допускаемых к продаже для установки в жилых помещениях, была увеличена на 30 % в январе 2006 г., что привело к увеличению уровней заправки хладагентом на 20–40 %.

Корпусные кондиционеры воздуха (канальные)

Корпусные кондиционеры воздуха (канальные) содержат в одном моноблоке встроенный вентилятор и теплообменник испарителя, которые напрямую присоединены к воздушной распределительной системе здания. Они иногда называются системой «воздух-воздух», так как воздух засасывается снаружи и охлаждается, проходя в системе воздуховодов.

Большинство канальных корпусных кондиционеров воздуха монтируются на крышах офисов, магазинов или ресторанов (руфтоп или крышные) или снаружи на раме, установленной на уровне земли. Несколько таких агрегатов, содержащих один или более компрессоров, часто используются для кондиционирования одноэтажных торговых центров, магазинов, школ и других подобных зданий.

Корпусные системы имеют диапазон холодопроизводительности в шкале от 10 кВт до более чем 350 кВт. Средний объем заправки ГХФУ-22 около 10,8 кг на систему.

Чиллер

Большие здания или комплексы, такие как отели, большие офисные здания, торговые центры, больницы и общественные здания, часто имеют центральные системы кондиционирования воздуха, которые используют чиллеры.

Охлажденная вода принудительно циркулирует по теплообменникам или охлаждающим змеевикам (радиаторам). Так как воздух подается через охлаждаемые поверхности теплообменников, то он охлаждается перед тем как поступить в помещение.

Система чиллера

Чиллеры производятся в очень широком диапазоне холодопроизводительности от 30 до 5.000 кВт. Однако наиболее часто мощность чиллеров кондиционирования воздуха находится между 7 и 700 кВт. Большие чиллеры (700 кВт и выше) обычно используют центробежные компрессоры с ГХФУ-123, но изредка используется и ГХФУ-22.

ГХФУ-22 использовался для производства практически всех нецентробежных чиллеров с винтовыми, спиральными и поршневыми компрессорами. Так как чиллеры часто изготавливаются на больших заводах с высокими требованиями к контролю и качеству производства, то они могут работать в течение десятков лет без необходимости их замены.

Хотя потребности в ГХФУ-22 для сервисного обслуживания и ремонта одной системы достаточно малы, большое количество чиллеров и их долгий срок службы увеличивает зависимость стран от поставок ГХФУ-22.

Таблица 14.

Тип чиллера	*Диапазон мощности (кВт)*
Спиральные и поршневые водоохлаждаемые	7–1.600
Винтовые водоохлаждаемые	140–2.275
Объемного вытеснения воздухоохлаждаемые	35–1.760
Центробежные водоохлаждаемые	210–30.000
Центробежные воздухоохлаждаемые	420–1.150

7.9 Тепловые насосы

Тепловые насосы – это системы, в которых используется цикл охлаждения с обратным ходом для поглощения тепла из источника с низкой температурой и переноса его к потребителю с высокой температурой. Вместо испарительной системы, находящейся там, где требуется охлаждение, конденсатор системы находится там, где требуется нагревание.

Так, бытовые тепловые насосы поглощают тепло из окружающего воздуха в холодное время года и выделяют его внутри помещения, где необходимо поддерживать более высокую температуру.

Конденсатор выделяет тепло внутрь, а испаритель поглощает тепло снаружи. В этом случае тепло движется в обратном направлении по сравнению с воздушным кондиционером летом, который поглощает тепло из помещения комнаты и выбрасывает его в окружающий воздух, который теплее, чем комната. В этих ситуациях система переносит тепло в противоположном направлении тому, что могло бы происходить в естественных условиях.

Большинство тепловых насосов сконструированы для обеспечения температур на выходе из конденсатора с воздушным охлаждением и водяным охлаждением в диапазоне от 43°C до 60°C, в зависимости от конструкции системы.

Хотя некоторые системы сконструированы только для обогрева, в тепловых насосах с реверсивным циклом используется электрический реверсивный клапан для изменения направления течения хладагента внутри системы. Таким образом система может по желанию обеспечивать как тепло, так и холод. Такие тепловые насосы могут, следовательно, быть использованы для обогрева зимой и охлаждения летом. Это особенно полезно в странах, которые имеют относительно высокие сезонные температурные колебания.

Тепловые насосы могут быть более эффективны, чем традиционные системы обогрева, так как количество выделяемого тепла больше, чем потребляемая энергия для работы системы. Современные системы также позволяют возвратить в здание в виде полезного тепла значительное количество электроэнергии, которая питает тепловой насос. Полезное тепло может быть обнаружено в наружном воздухе и в земле, а также оно присутствует в воде рек, озер и морей. Поэтому даже в самые холодные зимние дни может производиться достаточное количество тепла для обогрева домов и офисов.

Все тепловые насосы, кроме самых больших промышленных систем, герметичны, в связи с чем они малошумны и имеют незначительные тепловые потери.

7.10 Типы систем искусственного охлаждения

Искусственное охлаждение имеет обширную сферу использования. Все холодильные системы могут быть классифицированы в рамках трех видов применения, а именно: торговые, промышленные и транспортные.

Торговые системы охлаждения

В соответствии с определением, одобренным МФМП, использование охлаждения, отличающегося от того, что идентифицировано в качестве промышленного, транспортного, бытового, кондиционирования воздуха или чиллеров, рассматривается как торговое охлаждение.

Значительная часть торгового холодильного оборудования используется для производства и сохранения охлажденных и замороженных пищевых продуктов и, напитков при заданных технологическими регламентами и условиями хранения температурах. Холодильное оборудование можно найти в супермаркетах, гастрономах, ресторанах, отелях и других учреждениях.

Для поддержания соответствующего качества продуктов температуры хранения должны точно соблюдаться, и во многих странах температуры хранения предписаны нормативными актами.

Точно определены два уровня температур: средняя температура для хранения свежих продуктов и напитков и низкая температура для замороженных продуктов.

Охлажденные продукты обычно хранятся при температурах в диапазоне от 1°C до 14°C. Это требует температуры в испарителе системы охлаждения между -15°C и +1°C. Большинство замороженных продуктов хранится в диапазоне от -12°C до -20°C с температурой в испарителе от -35°C до -40°C.

Витрина для охлажденных продуктов

Холодильное торговое оборудование может быть подразделено на следующие категории: автономное оборудование, компрессорно-конденсаторные агрегаты и централизованные системы охлаждения.

Автономное оборудование

В автономных холодильных системах все компоненты интегрированы в едином блоке, который производится и обычно заправляется хладагентом на предприятии – изготовителе. Это системы, которые применительно к бытовой технике называют «plug and play» (включай и работай), так как они могут быть доставлены к месту использования и просто подключены к подходящему электрическому источнику питания. Эта категория оборудования включает торговые холодильники и морозильники, водоохладители, морозильники мороженого, льдогенераторы и охлаждаемые витрины.

До принятия Монреальского протокола в большинстве изделий, относящихся к автономному оборудованию, в качестве хладагента использовался ХФУ-12. ГХФУ-22, как альтернативный хладагент, был освоен некоторыми производителями и все еще широко применяется в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Этот тип оборудования особенно широко используется и его можно найти практически в каждом городе и поселке по всему миру. Рынок для этого типа оборудования продолжает стабильно расти, так как сети поставщиков продуктов питания и напитков продолжают развиваться.

Большое количество автономного оборудования меньшего размера также используется для торгово-коммерческих целей, таких, как виноохладители, крупнокамерные кухонные холодильники и морозильники, гостиничные мини-бары, холодильные шкафы для хранения мороженого, водоохладители, льдогенераторы, торговые автоматы. Это холодильное оборудование основано на той же технологии, что и бытовые холодильники и морозильники. В большинстве случаев это оборудование традиционно использовало хладагент ХФУ-12, и его значительная часть уже была переведена на использование озонобезопасных альтернативных хладагентов, главным образом ГФУ-134а.

Описание альтернативных технологий для сокращения ГХФУ приведено в главе 9 настоящего руководства, и оно сосредоточено в основном на большом торговом холодильном оборудовании, использующем ГХФУ-22.

Компрессорно-конденсаторные агрегаты

Термин компрессорно-конденсаторные агрегаты (холодильные агрегаты) используется для описания сплит-систем охлаждения, состоящих из одного или двух компрессоров, конденсатора и ресивера хладагента, собранных в одно устройство, которое расположено отдельно от испарителя – обычно снаружи здания, где конденсатор может охлаждаться наружным воздухом. Жидкий хладагент подается в испаритель холодильного агрегата по трубопроводу (эта компоновка в принципе аналогична сплит-системам кондиционирования воздуха). Холодильное оборудование может включать в себя охлаждаемые витрины, холодильные камеры и другое оборудование.

Компрессорно-конденсаторный агрегат

Использование подобных холодильных агрегатов широко распространено в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, в нескольких типах холодильного оборудования, но чаще всего в холодильных камерах и охлаждаемых прилавках и витринах. Как правило, они устанавливаются в пекарнях, в мясных и небольших продовольственных магазинах, а также в небольших супермаркетах, где несколько холодильных агрегатов устанавливаются для обслуживания охлаждаемых прилавков и витрин, а также холодильных камер. Этот подход обычно обеспечивает суммарную холодопроизводительность до 50 кВт. Однако использование нескольких холодильных агрегатов оказывается менее энергоэффективным решением, чем установка одной специально сконструированной централизованной системы. С другой стороны, для централизованной системы требуется не только компрессор большей мощности, но и проведение проектных и инженерно-технических работ.

Холодильные агрегаты обычно производятся в средних или больших количествах и заправляются хладагентом в процессе производства. После поставки эти устройства подсоединяются техником-холодильщиком к охлаждаемому оборудованию и готовы к использованию.

Холодильная витрина

Использование холодильных агрегатов является предпочтительным решением для многих конечных пользователей в странах 5-й Статьи Монреальского протокола, т.к. такая технология относительно проста в монтаже и эксплуатации и подобные устройства также доступны на местных рынках многих стран. Другое существенное преимущество этих агрегатов состоит в том, что они относительно недороги в сравнении с централизованными системами.

ГХФУ-22 до сих остается предпочтительным хладагентом для производства компрессорно-конденсаторных холодильных агрегатов в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Централизованные системы

Централизованные холодильные системы по принципу работы аналогичны компрессорно-конденсаторным агрегатам, но вместо использования одного такого агрегата для каждого потребителя холода, централизованная система обслуживает несколько потребителей, подключенных параллельно. Холодильные централизованные системы содержат несколько компрессоров (часто они монтируются на раме) и могут поддерживать различные уровни температур для различных холодильных устройств, т.е. в камерах охлажденных продуктов – +4 °C и в морозильниках – –18 °C.

Централизованные системы особенно распространены в средних и крупных супермаркетах, где повышенная энергоэффективность одной такой системы по сравнению с несколькими компрессорно-конденсаторными агрегатами обеспечивает значительную экономию в оплате стоимости электроэнергии.

ГХФУ-22 широко используется в централизованных системах, но по сравнению с компрессорно-конденсаторными агрегатами уровень сложности монтажа и большое число соединений на линиях хладагента означает, что существует высокая вероятность утечек хладагента. Поэтому уровень требований к качеству монтажа подобных систем существенно выше.

Централизированная система торгового холодильного оборудования

В больших централизованных системах, например, в тех, которые применяются в супермаркетах, используются две основные конфигурации: прямые и двухконтурные системы.

Прямые системы распространены более широко. Хладагент поступает из машинного отделения в торговый зал, где он испаряется в теплообменниках охлаждаемых прилавков и витрин, а затем возвращается в паровой фазе к всасывающему коллектору компрессоров, установленных на единой раме. Холодильные и морозильные камеры супермаркетов охлаждаются тем же способом.

В машинном отделении несколько компрессоров устанавливаются на единой раме и объединяются всасывающими и нагнетательными коллекторами. На каждой раме также устанавливается конденсатор воздушного охлаждения. Группа компрессоров на отдельной раме может обслуживать несколько низкотемпературных потребителей холода в торговом зале. Другая группа компрессоров может быть предназначена для среднетемпературного охлаждения. При этом каждая группа объединяется одним общим коллектором.

Центральная система охлаждения

Двухконтурные системы используют первичные теплообменники для охлаждения жидкого вторичного хладоносителя, такого, как гликоль или соляной раствор, который насосом

закачивается в теплообменники охлаждаемых витрин и прилавков или другие холодильные устройства, где хладоноситель поглощает тепло, а затем возвращается в теплообменник первичного контура.

Этот подход уменьшает количество первичного хладагента, требующегося для системы, так как холодильная система располагается в машинном отделении и отсутствует необходимость в подаче хладагента по трубам в каждое холодильное устройство.

Промышленное охлаждение

Промышленные системы охлаждения базируются на тех же принципах, что и кондиционирование воздуха и торговое охлаждение, но в целом имеют больший масштаб и специально создаются для этого вида применения. Проектирование, установка и ввод в эксплуатацию промышленных систем охлаждения требуют современных инженерно-технических знаний. Холодильные мощности в подсекторе промышленного холодильного оборудования варьируют от 10 кВт до 10 МВт с температурами испарения в диапазоне от –50 °C до +20 °C.

Система охлаждения в промышленном производстве

Существует частичное совпадение в определении промышленного и торгового охлаждения на нижнем участке шкалы холодопроизводительности в промышленном охлаждении, которая совпадает с холодопроизводительностью, применяемой в больших магазинах, ресторанах и других учреждениях. В этих случаях промышленные системы определяются сложностью проектирования и типом установки. Существует также некоторое пересечение с сектором кондиционирования воздуха, в котором сравнительно небольшое количество зданий обслуживается спроектированными на заказ центральными холодильными системами, которые имеют больше общего с промышленными системами, чем с типовым стандартизированным оборудованием для кондиционирования воздуха.

Однако в большинстве случаев промышленное охлаждение используется в так называемых промышленных процессах, включающих в себя переработку продуктов питания (пивоварение, молочная промышленность и производство безалкогольных напитков) и их хранение и логистику, а также использование в технологических процессах химической, нефтехимической и фармацевтической отраслях промышленности. По этой причине промышленное охлаждение иногда называется холодильной обработкой. Другие ниши применения включают ледовые арены и крытые лыжные склоны.

Сектор промышленного охлаждения не включает массовое и серийное производство оборудования, и он также не охватывает более крупное стандартное оборудование, такое, как корпусные водяные чиллеры.

Особый аспект промышленного охлаждения, который отличает его от малых систем охлаждения, – это тип применяемых конденсаторов или, точнее, способ, которым они охлаждаются.

В этом секторе традиционно использовались испаряющие охлаждающие системы с водой, такие, как испарительные конденсаторы или башенные градирни.

В последнее время наблюдалось повышение тарифов на водоснабжение и водоочистку, что в сочетании с распространением случаев заболевания легионеллезом (вызываемым микроорганизмами рода Legionella) привело к росту использования конденсаторов воздушного охлаждения. Однако по сравнению с испарительным оборудованием эти конденсаторы снижают эффективность системы, требуют больше пространства для установки и генерируют более высокие уровни шума.

Конденсатор с воздушным охлаждением установленный на крыше

Наиболее широко используемыми хладагентами в промышленности являются аммиак (R-717) и ГХФУ-22. В странах, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, где потребление ХФУ уже прекращено, а потребление ГХФУ строго ограничено, большинство промышленных систем охлаждения используют в качестве хладагента аммиак (R-717). В странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, где национальное законодательство все еще разрешает использование ГХФУ-22, этот хладагент более предпочтителен, чем аммиак (R-717).

Промышленное охлаждение обычно используют для увеличения срока годности продовольствия, но оно также применяется для контроля скорости протекания биохимических (в пивоварении, получении солода и т.д.) и химических (на химических предприятиях) реакций или для подготовки продуктов питания для обработки (охлаждение мяса или рыбы перед рубкой). В некоторых случаях, таких, как производство мороженого или маргарина, метод охлаждения продукта является существенной составляющей производственного процесса.

В большинстве промышленных применений используются прямые системы, в которых испаритель хладагента обеспечивает охлаждение в месте использования. При повышенных температурах могут быть применены двухконтурные системы для доставки охлаждения до места потребления водно-гликолевым или соляными растворами в качестве хдадоносителей во вторичном контуре. Это позволяет поместить первичный контур охлаждения внутри машинного отделения.

При пониженных температурах хладоносителя ниже -15 °C повышение вязкости жидкости обычно приводит к значительным затратам на его перекачку с помощью насосов.

Имеются предположения, позволяющие утверждать, что прямые системы требуют меньших капитальных затрат, что делает их более эффективными в эксплуатации. Двухконтурные системы более востребованы, когда приоритетом является, например, уменьшение возможности потерь хладагента по причинам техники безопасности или защиты продукции, что достигается уменьшением дозы заправки хладагентом в первичном холодильном контуре.

Обработка пищевых продуктов

Глобальный ежедневный рынок охлажденных пищевых продуктов оценивается примерно в 350 млн тонн с ежегодным ростом в размере 7 % в год.

Система технологического охлаждения

Вполне естественно, что проблеме хранения и обработки пищевых продуктов уделяется огромное значение, в том числе и в странах, действующих в рамках 5-ой Статьи Монреальского Протокола. Большинство операций по охлаждению продуктов питания на соответствующих предприятиях осуществляется при контроле температуры воздуха, что обеспечивает требуемый срок годности продуктов. Там, где есть значительное поступление свежего воздуха в помещение по переработке продуктов питания, в летнее время большинство тепловой нагрузки может быть связано с охлаждением окружающего воздуха.

Те же соображения относятся к хранению фруктов и овощей, когда необходимо контролировать накопление отходящих газов от продуктов хранения для предотвращения преждевременного созревания.

Значительные тепловые нагрузки могут наблюдаться в чиллерах для охлаждения продуктов сразу после тепловой обработки. В этом случае основная цель – гарантировать качество продукта и продлить срок его годности.

Холодильное оборудование также используется в производстве льда в форме цилиндров, пластин или хлопьев. В большинстве случаев в крупных льдогенераторах используется аммиак, хотя и ГХФУ-22 все еще остается востребованным хладагентом.

За последние 15 лет на рынке охлажденных продуктов наблюдался значительный рост полуфабрикатов, включая сэндвичи, салаты, фруктовые салаты и мясные полуфабрикаты. Во многих странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, также наблюдался рост ассортимента предлагаемых охлажденных продуктов.

Сохранение продовольствия замораживанием

Большие объемы рыбы и мяса замораживаются либо у источника (скотобойня, рыболовное судно или порт), либо после их подготовки или обработки. Замороженное продовольствие должно быть охлаждено для достижения внутренней температуры –18 °C.

Спиральный фризер

Существует несколько методов замораживания продовольствия и наиболее приемлемый процесс зависит от его размеров, формы и упаковки. Упаковки небольшого размера обычно замораживаются при помощи туннельных и спиральных морозильных аппаратов. Большие упаковки замораживаются на поддонах в интенсивном потоке воздуха или обрабатываются в контейнерах в больших пластинчатых морозильниках.

Спиральные, туннельные и скороморозильные аппараты с интенсивным движением воздуха обычно работают при температуре испарителя –40 °C.

В странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, и в Северной Америке малые морозильники с мощностью 50 кВт и ниже чаще используют ГХФУ-22.

Большие морозильники (от 50 кВт до 200 кВт) обычно используют аммиак, который дает повышенную энергоэффективность и меньшие утечки хладагента.

Холодильное хранение

Холодильное хранение относится к хранилищам и камерам, в которых поддерживается температура от -30 °C до +15 °C. Холодильные хранилища (холодильники) могут варьироваться в размерах от 100 м^3 до 100.000 м^3, и в последнем случае они могут состоять из нескольких камер хранения. Малые холодильники могут иметь потолок высотой 3–4 м, в то время как в крупных камерах высота может доходить до 12 м. Высота холодильного хранилища ограничивается только досягаемостью вилочного погрузчика для установки поддонов в стойках хранилища.

Небольшие хранилища часто оснащаются автономными холодильными системами, использующими ХФУ, ГХФУ и ГФУ в компрессорно-конденсаторных агрегатах. В пищевой промышленности такие системы могут нести побочную нагрузку в комбинации с большими морозильными установками.

В небольших холодильниках тепловая нагрузка определяется температурой и влажностью воздуха, поступающего снаружи через двери. Эта нагрузка может быть до 50 Вт/м^3. С увеличением размера камеры эффект от проникновения наружного воздуха уменьшается. В стандартной холодильной камере такая нагрузка составляет около 12 Вт/ м^3.

Технологические процессы

Технологические процессы с применением искусственного охлаждения используются в химической, нефтегазовой и фармацевтической отраслях промышленности. Главным образом охлаждение используется для контроля температуры жидких теплоносителей. При высоких температурах наиболее часто используется вода, а для среднетемпературных применений – соляные и водно-гликолевые растворы. Там, где существует риск возникновения реакции с хладоносителем в случае утечек, а также для получения очень низких температур, могут быть использованы другие специальные жидкости.

Охлаждение также используется в промышленных процессах для производства льда с целью его последующего использования в химических реакциях. Лед генерируется в виде хлопьев или небольших цилиндров, которые можно хранить и транспортировать. Лед обычно добавляется в реакторы для контроля скорости реакции, поэтому требуются большие количества льда в течение короткого периода времени.

Производительность генераторов льда в этом случае намного превышает установки, используемые в пищевой промышленности, и в них в качестве хладагента обычно используется аммиак. Лед в хлопьях также используется в больших количествах для охлаждения бетона при строительстве крупных объектов, где он добавляется к замесу бетона во избежание перегрева и для сохранения его качественных и прочностных характеристик.

Сжижение газов

Парокомпрессионный цикл охлаждения может быть использован для достижения температур до -170 °C, применяемых для сжижения газов (диоксид углерода, хлор, углеводороды и природные газы).

Сжижение криогенных газов, таких как кислород, воздух, водород и гелий достигается другим способом, хотя паровая компрессия, использующая аммиак или ГХФУ, может применяться в качестве одной из стадий процесса.

Эти заводы по производству сжиженных газов отличаются высокой степенью специализации и не будут рассматриваться в рамках настоящего руководства.

Промышленные тепловые насосы

Крупные тепловые насосы промышленного назначения являются очень эффективным источником нагревания или охлаждения, для чего они используют (рекуперируют) тепло от других производственных процессов, которое обычно непригодно для применения или выбрасывается в окружающую среду.

Они широко применяются для систем центрального отопления и в коммерческих зданиях. Подавляющее большинство тепловых насосов, действующих в настоящее время, – это парокомпрессионные системы замкнутого цикла с электрическим приводом, во многом аналогичные системам, используемым для промышленного охлаждения.

Они часто являются составной частью таких промышленных процессов, как сушка, выпаривание и ректификация. Большинство промышленных тепловых насосов применяется в химической и пищевой промышленности в диапазоне теплопроизводительности от 100 кВт до нескольких МВт. Из-за комплексной природы большинства промышленных процессов значительное количество систем тепловых насосов изготавливается по проекту заказчика.

Температуры испарения в таких системах обычно выше, чем в случаях с жилыми и коммерческими применениями, а температуры конденсации обычно находятся между 80 °C и 120 °C.

Промышленные тепловые насосы в качестве рабочей жидкости традиционно использовали ХФУ, ГХФУ или аммиак (R-717). Также, в нефтехимической индустрии для этих видов применения в небольших количествах используются углеводороды.

В небольших тепловых насосах в качестве одного из основных хладагентов все еще используется ГХФУ-22.

Заправка хладагента в промышленных тепловых насосах с замкнутым циклом варьирует в диапазоне от 0,1 до 2,5 кг/кВт теплопроизводительности, что приблизительно соответствует заправке в тепловых насосах, применяемых для жилых помещений и в торгово-промышленном применении, т.е. 1,0 и 0,5 кг/кВт для устройств, произведенных до и после 1994 г.

Транспортное охлаждение

Транспортное охлаждение включает перевозку охлажденных или замороженных продуктов рефрижераторными судами, железнодорожными вагонами, контейнерами, грузовыми автомобилями и фургонами. Оно также включает охлаждение и кондиционирование воздуха на торговых кораблях с водоизмещением свыше 300 т и кондиционирование воздуха в пассажирских железнодорожных вагонах.

В большинстве случаев в транспортном охлаждении используются системы с парокомпрессионным циклом, приводимые в движение механическим двигателем, питающимся от движения транспортного средства или от независимого источника электроэнергии.

Транспортные системы охлаждения проектируются с большей надежностью, чем обычные системы, в силу вероятности возникновения ударной нагрузки или вибрации во время движения. Однако из-за неизбежной вибрации, внезапных разрывов и повреждений трубопроводов утечки хладагента все-таки случаются чаще.

Хотя ГХФУ-22 используется в различных применениях транспортного охлаждения, но его применение в этом секторе составляет относительно небольшую долю в общем объеме потребления ГХФУ. Краткое описание основных применений представлено ниже, хотя детальное рассмотрение этого вида охлаждения выходит за рамки данного руководства.

Рефрижераторные суда и охлаждаемые контейнеры

Рефрижераторные суда – это тип судов, обычно используемых для перевозки скоропортящихся продуктов питания, которые требуют контроля температуры. Чаще всего это фрукты, мясо, рыба, овощи, молочная продукция и другие продукты питания.

Почти на 90 % всех рефрижераторных судов все еще используется ГХФУ-22, и его заправка может быть в пределах от 1 до 5 т.

Так как практически все суда, выведенные недавно из эксплуатации и сданные на слом, были построены в 1970-х гг. и были оборудованы холодильными системами с заправкой от 1 до 5 т ГХФУ-22, общее количество этого хладагента на действующих в настоящее время судах было сокращено до 3.000 т.

Торговый флот, военный флот и рыболовные суда

Этот сектор покрывает широкое разнообразие типов судов и применений, так как почти все торговые и военные суда имеют холодильные хранилища для продовольствия и системы кондиционирования воздуха в жилых и рабочих отсеках.

Было оценено, что в целом от 70 до 80 % всех кораблей (около 45.000) все еще используют ГХФУ-22 в качестве хладагента. На остальных судах применяются системы с ГФУ и имеется также несколько каскадных систем с R-717/ R-744 на рыболовных судах.

Автодорожный транспорт (трейлеры, дизельные и малые грузовые автомобили)

Холодильные системы на автодорожном транспорте характеризуются очень высокими уровнями утечек. Средний уровень утечек в Европе оценивается в 25 % от заправки хладагента в год, и, следовательно, возможные уровни утечек в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, будут еще выше. Выбросы могут достигать 40 % для систем прямого привода (в большинстве используется ГФУ-134а). Для дизельных приводных систем уровень утечек составляет около 25 %, а для систем с электрическим приводом, работающих на R-410A, он ниже 10 %.

Железнодорожные вагоны-рефрижераторы

Холодильный железнодорожный транспорт используется в Северной Америке, Азии, Африке, Австралии и Новой Зеландии. Движение холодильного железнодорожного транспорта по странам Европейского союза и Турции в основном управляется одной компанией.

Срок службы современных холодильных систем со средней заправкой хладагентом приблизительно 7,5 кг на систему составляет от 8 до 10 лет. Эти системы часто являются легко заменяемыми устройствами, которые изначально были разработаны для автодорожного транспорта, а затем были адаптированы для применения на железнодорожном транспорте.

Более старые устройства разработаны специально для железнодорожного использования и полностью интегрированы с самими железнодорожными вагонами. Ожидаемый срок службы таких систем соответствует сроку службы железнодорожного вагона, т.е. обычно около 40 лет. Заправка хладагента составляет приблизительно 15 кг на систему.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Холодильные системы и тепловые насосы – безопасность и требования окружающей среды – Часть 4: Действие, обслуживание, ремонт и восстановление, ISO TC 86/SC1 N176 Дата: 30.04.2006, ISO/CD5149-4, ISO TC 86/SC	Американский национальный институт стандартов (АНСИ)
Отчет по хладагентам, 13-я Редакция – A 501-13	Битцер Интернейшнл
Сетевой проект Углеродного фонда: пищевая промышленность; инициатива по повышению эффективности в холодильном секторе, Руководство 4: Сокращение R-22 и фторсодержащих газов; нормативы.	Углеродный фонд
CTV002 Обзор технологии: охлаждение, обзор энергосберегающих возможностей для бизнеса	Углеродный фонд
DuPont DP-1 Глобальная оценка ВКЖЦ. Конференция международного энергетического агентства, 23–24 октября 2006 г., Мэри Кобан, главный специалист технической службы DuPont фторпродукты	DuPont
Локализация, рециклирование и ретрофит ГХФУ, Джон Эллис, F.Inst.R.,F.I.Diag.E, LCG	ООО «Эллис Обучение и Консультация»
Проект руководящих указаний по ОРВ; охлаждение, кондиционирование воздуха и тепловые насосы (ХФУ и ГХФУ), декабрь 2005 г.	Агентство по охране окружающей среды, Ирландия
Кондиционирование воздуха и охлаждение. Руководство по выбору хладагента – 2003 г., Составлено и подготовлено C.A. Lommers, Dip. Mech.Eng., F.AIRAH, M.ASHRAE, ISBN 0-949436-41-0	Австралийский институт холода, кондиционирования воздуха и теплоснабжения Inc., (АИХКВТ)
Отчет группы экспертов по технологической и экономической оценке, май 2008 г., Том 1, Отчет о ходе работ	ЮНЕП/ ГТОЭО
2006 г. Отчет по охлаждению, воздушному кондиционированию и тепловым насосам, Комитет по технической оценке, 2006 г., ISBN 978-92-807-2822-4	ЮНЕП/ ГТОЭО
Влияние сокращения ГХФУ-22 на производство чиллеров объемного расширения	Йорк Интернейшнл

8. Хладагенты

В настоящее время используется много хладагентов и пенообразователей. Некоторые из них – однокомпонентные или чистые вещества, но многие являются смесями двух и более веществ. В целях логичности изложения этого руководства чистые вещества называются с использованием названий химических групп, например ГХФУ-22, ГФУ-134a, ГХФУ-141b.

Смеси хладагентов называются по так называемым R-номерам, которые соответствуют международным признанным классификациям для конкретных смесей веществ. Например, хладагент R-410a является смесью 50 % ГФУ-32 и 50 % ГФУ-125. Система R-нумерации описана ниже.

8.1 Краткая история

С конца 1880-х гг. до 1929 г. в холодильниках в качестве хладагентов использовались аммиак (NH_3), метилхлорид (CH_3Cl) и сернистый ангидрид (SO_2).

Проблемы безопасности, относящиеся к токсичности этих соединений, объединили усилия трех американских корпораций: Frigidaire, General Motors и DuPont в поиске более безопасных хладагентов.

В 1928 г. Томас Миджли в сотрудничестве с Альбертом Леоном Хенном и Робертом Ридом Макнари разработал вещество, которое они назвали «фреоном», в качестве заменителя для токсических газовых хладагентов.

Фреоны (в русскоязычной технической литературе – хладоны) представляют собой несколько различных хлорфторуглеродов или ХФУ – группы насыщенных алифатических хлор- и фторсодержащих органических соединений, применяемых в качестве хладагентов, пропеллентов, вспенивателей и растворителей.

ХФУ – бесцветные, невоспламеняющиеся, некоррозионные газы или жидкости без запаха. Поскольку фреоны нетоксичны, то они устранили опасность, создаваемую утечками хладагентов. Спустя несколько лет фреон ХФУ-12 стал стандартным хладагентом для почти всех домашних холодильников.

Лишь несколько десятилетий спустя в 1973 г. профессор Джеймс Лавлок сообщил об открытии следов наличия этих хладагентов в атмосфере и в 1974 г. Шервуд Роулэнд и Марио Молина предсказали, что ХФУ, достигнув верхних слоев стратосферы, будут вызывать разрушение озонового слоя.

Гидрохлорфторуглероды (ГХФУ) являются группой искусственных соединений, содержащих водород, хлор, фтор и углерод. Они так же, как и ХФУ, не существуют в природе. Производство ГХФУ существенно увеличилось после того, как Стороны Монреальского протокола согласились постепенно сократить использование ХФУ в 1990-х гг., хотя они использовались более 60-ти лет до этого.

ГХФУ обладают более низким, чем ХФУ, озоноразрушающим потенциалом (ОРП) и относительно высоким потенциалом глобального потепления (ПГП), хотя и ниже, чем у ХФУ.

Требование полностью прекратить потребление всех озоноразрушающих веществ привело к разработке других хладагентов (в первую очередь – ГФУ), не истощающих озоновый слой. Это также принудило инженеров и ученых пересмотреть отношение к естественным хладагентам, включая аммиак (NH_3), углеводороды и диоксид углерода (CO_2).

8.2 Названия хладагентов

Вместо названия хладагентов их сложными наименованиями при помощи химических формул или торговой марки были установлены международные стандарты, которые классифицируют хладагенты и обеспечивают их унифицированное наименование. Используются следующие основные стандарты:

ISO/CD 817:2007	«Хладагенты – обозначение и классификация безопасности»
ANSI/ASHRAE 34-2007	«Обозначение и классификация безопасности хладагентов»

Эти стандарты эквивалентны, в них принята общая система нумерации. Ответственные организации, принявшие и опубликовавшие эти стандарты:

ANSI	Американский национальный институт стандартов
ASHRAE	Американское общество инженеров по теплотехнике, охлаждению и кондиционированию воздуха
ISO	Международная организация по стандартизации

Международная организация по стандартизации является международной федерацией национальных комитетов по стандартизации (членов Международной организации по стандартизации). Работа по подготовке международных стандартов обычно выполняется через технические комитеты Международной организации по стандартизации.

Международные правительственные и неправительственные организации, связанные с Международной организацией по стандартизации, также принимают участие в ее работе. Стандарты готовятся в соответствии с правилами, изложенными в директивах ISO/МЭК, Часть 2.

Стандарт обеспечивает однозначный номер ссылки и определяет состав обычно используемых хладагентов, обозначая хладагент номерами ссылки с определенными приставками.

Стандарт также включает классификации безопасности, основанные на данных токсичности и воспламеняемости.

Стандарт постоянно обновляется, поскольку разрабатываются новые хладагенты. Обновленная версия 2007 г. содержит 16 новых хладагентов по сравнению с предыдущей версией.

Для того чтобы зарегистрировать недавно разработанный хладагент в соответствии с официальной международной классификацией хладагентов, фирма-разработчик должна предоставить заявление для присвоения номера хладагента и классификации его безопасности.

Американский национальный институт стандартов (ANSI) является единственным американским представителем, выплачивающим членские взносы в Международную организацию по стандартизации.

ASHRAE – Американское общество инженеров по теплотехнике, охлаждению и кондиционированию воздуха, цель которого состоит в том, чтобы продвигать научные достижения в области теплотехники, вентиляции, кондиционирования воздуха и охлаждения. Оно имеет 55.000 членов по всему миру. Справочник ASHRAE представляет собой руководство из четырех томов по теплотехнике, вентиляции, охлаждению и кондиционированию воздуха для инженеров и технического персонала и рассматривается в качестве одного из наиболее полных справочных изданий.

Система R-нумерации

Система R-нумерации была разработана компанией DuPont для системной идентификации молекулярной структуры хладагентов с единственным галогенизированным углеводородом.

Полное объяснение системы нумерации можно найти в стандарте ISO/CD – 817:2007. Однако большинство хладагентов классифицированы следующим образом:

«Приставка $n_3n_2n_1$ Суффикс»

Значения кодов следующие:

Приставка	R = Хладагент
n_1	Число атомов фтора на молекулу
n_2	Один плюс число водородных атомов на молекулу
n_3	Число атомов углерода минус один
Суффикс	Суффикс строчной буквы *a*, *b* или *c* указывает нарастающие несбалансированные изомеры

Как особый случай, ряд R-400 составлен из смесей хладагентов. Это смеси других хладагентов, у которых точки кипения компонентов структуры отличаются достаточно сильно, чтобы привести к изменениям в относительной концентрации из-за фракционного расслоения. Они называются неазеотропными смесями.

Ряд R-500 составлен из так называемых азеотропных смесей. Самая правая цифра назначена произвольно ASHRAE.

Например, R-134a (тетрафторэтан)

Приставка	R	Хладагент	R = Хладагент
n_1	1	2 атома углерода	Количество атомов углерода минус 1
n_2	3	2 атома водорода	Количество водородных атомов на молекулу плюс 1
n_3	4	4 атома фтора	Количество атомов фтора в молекуле
Суффикс	a	Изомер разбалансирован одним атомом	Суффикс строчной буквы a, b, или c указывает нарастающие несбалансированные изомеры

Суффикс «а» указывает, что изомер разбалансирован одним атомом, давая 1,1,1,2-тетрафторэтан. У R-134 без суффикса «а» была бы молекулярная структура из 1,1,2,2- тетрафторэтана, который является составом, который оказался не особенно эффективен в качестве хладагента.

Недавно возникла практика использования наименования «ГФУ» для гидрофторуглеродов, «ХФУ» – для хлорфторуглеродов и «ГХФУ» – для гидрохлорфторуглеродов из-за регулирующих различий среди этих групп хладагентов.

Ряды хладагентов

Многочисленные альтернативные хладагенты, доступные на рынке сегодня, создают несколько запутывающую ситуацию для проектировщиков и подрядчиков. Стандарт обеспечивает систему нумерации хладагентов, устанавливающую обозначение приставок для различных групп хладагентов.

Группы номера хладагента ASHRAE следующие:

R-10 до R-50	Хладагенты ряда метана
R-110 до R-170	Хладагенты ряда этана
R-216ca до R-290	Хладагенты ряда пропана
R-316 до R-318	Циклические органические составные хладагенты
R-400 до R-411B	Неазеотропные смеси хладагентов
R-500 до R-509	Азеотропные смеси хладагентов
R-600 до R-620	Смешанные органические составные хладагенты
R-630 до R-631	Азотные соединения
R-702 до R-764	Неорганические соединения
R-1112a до R-1270	Ненасыщенные органические соединения

Коммерчески доступным неазеотропным смесям хладагентов были присвоены идентификационные номера в 400 ряду. Номер указывает на то, какие компоненты находятся в смеси, но не сообщает о пропорциях, в которых представлены компоненты. Буква, добавленная к номеру хладагента, различает неазеотропные смеси, имеющие те же самые компоненты в различных пропорциях.

Неазеотропные смеси изменяют свой состав во время кипения или конденсации. Так как смеси находятся в состоянии фазового перехода, один их присутствующих компонентов перейдет в другую фазу быстрее, чем остальные. Это свойство называют разделением на фракции. Изменяющийся состав жидкости заставляет температуру точки кипения меняться. Полное изменение температуры от одной стороны теплообменника к другой называется температурным скольжением. Неазеотропные смеси не могут быть определены только соотношением температура-давление. Скольжение температуры приводит к различным величинам температуры при данном давлении, в зависимости от того, сколько хладагента находится в жидкой фазе и сколько в паровой.

Азеотропная смесь – это смесь двух или более хладагентов в таком соотношении, что она формирует паровую фазу с той же самой концентрацией компонентов, как и в жидкой фазе, и кипит и конденсируется без изменения в концентрации.

8.3 Разработка альтернативных хладагентов

Прекращение потребления ХФУ в производстве новых систем охлаждения и кондиционирования воздуха теперь завершено в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. Некоторые из них начали использовать ГХФУ в качестве альтернативных хладагентов в некоторых видах применения как для внутреннего рынка, так и для экспорта.

Наблюдалось также значительное сокращение использования ХФУ в сервисном обслуживании холодильного оборудования, благодаря применению передового опыта и модернизации холодильного оборудования для работы с альтернативными хладагентами (ретрофит).

Альтернативы ГХФУ-22 были исследованы в течение многих десятилетий изготовителями оборудования при постоянном сотрудничестве с учеными и специалистами. Наиболее приемлемой заменой, имеющейся на настоящий момент, считаются смеси на основе ГФУ, а именно: R-407C и R-410A. Поиск новых альтернативных хладагентов продолжается по причине воздействия на климат этих хладагентов, имеющих высокие ПГП.

Регулирование фторсодержащих газов (Ф-газов) и директива Европейского союза в области автомобильного кондиционирования воздуха (АКВ) дали новый стимул для научных исследований и разработки хладагентов с низким ПГП.

Проводятся исследования и экспериментальная работа по использованию CO_2 (R-744) и ледяной шуги как хладагентов для многих применений. Эти хладагенты обладают повышенной теплоемкостью и имеют улучшенный коэффициент теплопередачи, связанный с изменением фазового состояния.

Хладоноситель на основе ледяной шуги состоит из воды, содержащей ледяные кристаллы, и добавления другой жидкости, такой, как спирт, рассол или аммиак. Эта смесь используется как вторичный хладагент. Оптимизируя размер и общий объем ледяных кристаллов в ледяной шуге и создавая при этом однородный раствор с минимальной вязкостью, можно получить очень эффективный хладоноситель для распределения и сохранения холода. Ледяные жидкие растворы могут обеспечить более высокий эффект охлаждения при более низкой скорости потока.

Технические разработки в настоящее время сосредоточены на том, чтобы переходить от хладагентов с высоким ПГП к озонобезопасным хладагентам с низким ПГП при одновременном повышении энергоэффективности систем.

Недавно были зарегистрированы некоторые новые озонобезопасные хладагенты с низким ПГП, которые, как ожидается, обеспечат позитивный эффект для климатической системы.

Ряд новых наименований для хладагентов с нулевым ОРП были приняты в виде приложения к ASHRAE 34-2007.

Недавно одобренные обозначения хладагентов

R-429A	R-E170/152a/600a (60.0/10.0/30.0)
R-430A	R-152a/600a (76.0/24.0)
R-431A	R-290/152a (71.0/29.0)
R-432A	R-1270/E170 (80.0/20.0)
R-433A	R-1270/290 (30.0/70.0)

Недавно одобренные обозначения хладагентов	
R-434A	R-125/143a/134a/600a (63.2/18.0/16.0/2.8)
R-435A	R-E170/152a (80.0/20.0)
R-436A	R-290/600a (56.0/44.0)
R-436B	R-290/600a (52.0/48.0)
R-437A	R-125/134a/600/601 (19.5/78.5/1.4/0.6)
R-510A	R-E170*/600a (88.0/12.0)

*E170 диметиловый эфир (CH_3OCH_3).

Эти новые обозначения отражают увеличенную коммерциализацию и рост популярности новых хладагентов.

В автомобильном кондиционировании разрабатывается и тестируется много новых озонобезопасных хладагентов с низким ПГП (≤150 в течение 100-летнего временного диапазона), чтобы соответствовать новым европейским нормативам по фторсодержащим газам. Предполагается, что некоторые из них будут иметь потенциал для более широкого применения.

8.4 Классификации групп безопасности

Введение

Стандартная классификация групп безопасности использует два алфавитно-цифровых символа, например A2 или B1, что позволяет определить безопасность определенного хладагента.

Заглавная буква указывает токсичность, а число обозначает огнеопасность. Существуют две категории токсичности и три категории огнеопасности.

Представление недавно разработанного хладагента в международные органы по стандартизации (ISO/ASHRAE) должно сопровождаться соответствующими данными, описывающими точную природу и свойства нового соединения. Детальное тестирование и анализ должны быть выполнены до представления хладагента в эти органы. Эта информация рассматривается авторитетными комитетами в этих органах, после одобрения которых хладагент официально регистрируется и ему присваивается R-номер с официальной классификацией безопасности.

Детальные процедуры и стандарты тестирования также применены к оценке токсичности и огнеопасности хладагента, чтобы гарантировать его соответствие принятой международной системе классификации.

Классификация токсичности

Хладагенты распределены на один из двух классов: A или B, основанных на следующей классификакции:

Класс A Обозначает хладагенты, для которых токсичность не была идентифицирована при концентрациях меньше или равных 400 ppm (частей на миллион), основанных на

данных, обычно определяемых величиной предельно-допустимой концентрации, средневзвешенной по времени (ПДК-СВВ) или индексами концентрации.

Класс B Обозначает хладагенты, для которых есть свидетельство токсичности при концентрациях ниже 400 ppm, основанные на данных, обычно определяемых величиной ПДК-СВВ или индексами концентрации.

Классификация огнеопасности

Хладагенты распределены по трем, основанным на огнеопасности, классам: 1, 2 или 3.

Тесты проводятся в соответствии с международными стандартами (Американское общество по испытанию материалов E681-85) за исключением того, что источник воспламенения должен быть электрически активизирован головкой терочного воспламенения для галогеноуглеводородного хладагента.

Класс 1 Обозначает хладагенты, которые не вызывают распространения пламени при тестировании в воздухе при 101 кПа (стандартное атмосферное давление) и 21 °C.

Класс 2 Обозначает хладагенты, имеющие нижний предел воспламеняемости (НПВ) при концентрации больше, чем 0,10 кг/м^3 в воздухе при 21 °C и 101 кПа, и теплоту сгорания меньше, чем 19.000 кДж/кг.

Теплота сгорания рассчитана исходя из предположения, что продукты горения газообразны и находятся в своем наиболее устойчивом состоянии. Например, углерод, азот и сера дают CO_2, N_2 и SO_3; фтор и хлор дают HF и HCl, если там достаточно водорода в молекуле; иначе, они дают F_2 и Cl_2; избыток водорода преобразуется в воду (H_2O).

Класс 3 Хладагенты класса 3 очень огнеопасны, т.к. их концентрация НПВ меньше или равна 0,10 кг/м^3 при 21 °C и 101 кПа, а теплота сгорания больше или равна 19.000 кДж/кг.

Метод вычисления теплоты сгорания объяснен выше в определении категории класса 2.

Определения воспламеняемости отличаются в зависимости от цели. Например, Министерство транспорта США в целях транспортировки классифицирует аммиак (хладагент класса 2) как невоспламеняющийся газ.

Классификация безопасности смесевых хладагентов

Смеси, чьи воспламеняемость и/или характеристики токсичности могут измениться с изменением их состава во время разделения на фракции, должны быть классифицированы по двум группам безопасности с двумя классификациями, разделенными дробной чертой (/).

Каждая из этих двух классификаций была определена согласно тем же самым критериям, что и в случае однокомпонентного хладагента. Первая указанная классификация является классификацией, соответствующей формуле состава смеси. Вторая классификация – это классификация состава смеси для «худшего случая разделения на фракции».

Для воспламеняемости «худший случай фракционирования» определен как состав во время фракционирования, который приводит к высокой концентрации самого огнеопасного компонента или компонентов в паровой или жидкой фазе.

Для токсичности «худший случай фракционирования» определен как состав во время фракционирования, который приводит к самой высокой концентрации или концентрациям в паровой или жидкой фазе, для которого ПДК-СВВ меньше, чем 400 ppm.

ПДК-СВВ для указанного состава смеси был вычислен на основе ПДК-СВВ отдельных компонентов.

8.5 Классификация и статус хладагентов

Введение

Монреальским протоколом хладагенты были классифицированы с учетом степени воздействия на озоновый слой и их применимости в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе, а также графика сокращения потребления озоноразрушающих веществ.

В связи с тем, что ГХФУ по сравнению с ХФУ обладают более низким озоноразрушающим потенциалом, в рамках Монреальского протокола был принят расширенный график сокращения этих веществ, а сами ГХФУ были классифицированы в качестве переходных альтернатив. По этой причине ГХФУ и смеси на их основе широко внедрялись, особенно в странах 5-й Статьи Монреальского протокола, как переходные альтернативы ХФУ.

ГФУ считаются долгосрочными альтернативами с учетом их озонобезопасности, но их высокие потенциалы глобального потепления (ПГП) вызывают беспокойство, так как расширение их использования и рост прямых выбросов ГФУ может оказать значительное воздействие на изменение климата. В качестве парниковых газов ГФУ подпадают под юрисдикцию Киотского протокола, в связи с чем рядом стран, включая страны Европейского союза, осуществляются меры по регулированию их использования.

Законодательство Европейского союза (№ 842/2006) вступило в силу 4 июля 2006 г. и ряд мер по регулированию использования ГФУ вступил в действие уже 4 июля 2007 г. Следует отметить, что некоторые дополнительные меры все еще находятся в процессе доработки Европейской комиссией.

Таблица 15. Статус веществ

ГХФУ	Принимаются меры по сокращению потребления согласно Монреальскому протоколу
Смеси ГХФУ	Принимаются меры по сокращению потребления согласно Монреальскому протоколу
Чистые ГФУ	Выбросы контролируются согласно Киотскому протоколу
Смеси ХФУ	Выбросы контролируются согласно Киотскому протоколу
Чистые углеводороды	Применяются в соответствии с местными и национальными нормативами безопасного использования
Смеси углеводороды	Применяются в соответствии с местными и национальными нормативами безопасного использования
Природные хладагенты	Применяются в соответствии с местными и национальными нормативами безопасного использования

Фторсодержащие газы (F-газы) включают все хладагенты ГФУ, такие как R-134a, а также смеси, содержащие ГФУ, такие как R-407C, R-410A и R-404A. Лица, занимающиеся обработкой, извлечением для повторного использования, поставками, монтажом, производством или использованием оборудования, содержащего ГФУ должны следовать нормативам, принятым в этих странах.

Владельцы оборудования, содержащего ГФУ, обязаны предотвращать утечки, обеспечивать мониторинг и выполнять ремонт любых утечек в срочном порядке, а также организовывать надлежащее извлечение хладагентов для их повторного использования.

В связи с принятием ускоренного графика сокращения ГХФУ и проблемой воздействия на климат выбросов ГФУ в настоящее время осуществляется разработка новых озонобезопасных хладагентов с низким ПГП. Несколько таких хладагентов были формально зарегистрированы в ISO/ASHRAE.

Таблица 16. Ожидаемое потребление ГХФУ в холодильном секторе и секторе кондиционирования воздуха

Вещество	*Общее потребление (метрические тонны)*	*Ожидаемое потребление в секторе охлаждения и кондиционирования воздуха*	
		метрические тонны	*% от общего*
ГХФУ-22	247.200	217. 610	97,2
ГХФУ-123	3.700	3.700	1,7
ГХФУ-142b	31.230	1.640	0,7
ГХФУ-124	940	940	0,4

Продолжаются интенсивные научные исследования и разработки в использовании естественных хладагентов, таких как аммиак (NH_3), диоксид углерода (CO_2) и углеводородов, которые обладают хорошими техническими параметрами, но приводят к некоторым проблемам в процессе использования из-за их огнеопасности.

Хладагенты общего использования

Сектор	Тип компрессора	Хладагент
Домашние холодильники и морозильники	Герметически закрытый	R-134a, R-401A, R-409A, R-413A, R-600a
Средне-температурное торговое оборудование	Герметически закрытый	R-134a, R-22, R-401A1, R-404A, R407A, R409A, R413A, R507, R290
	Доступный для ремонта, полугерметичный	R-134a, R-22, R-401A2, R-404A, R-407C, R-413A, R-507
	Поршневой сальниковый	R-134a, R-22, R-401A2, R-404A, R-407C, R-409AY, R-413A, R-507
Низкотемпературное торговое оборудование	Герметически закрытый	R-22, R-402A, R-402B, R-403A, R-404A, R-407B, R-408A, R-410A, R-507
	Доступный для ремонта, полугерметичный	R-22, R-402B, R-403A, R-404A, R-407B, R-408A, R-410A, R-507
	Поршневой сальниковый	R-22, R-402A, R-402B, R-403A, R-404A, R-407B, R-408A, R-410A, R-507

Сектор	Тип компрессора	Хладагент
Крупные торговые и промышленные системы	Поршневой сальниковый	R-22, R-134a, R-401A, R-401B, R-402A, R-403A, R-404A, R-407B4, R-407C4, R-408A, R-409A, R-410A, R-413A, R-507, R-717
	Центробежный/винтовой	R-134a, R-123, возможно R-1243, R-22, R-407A4, R-401A4, R-717
Автомобильное воздушное кондиционирование и охлаждение	Поршневой сальниковый	R-22, R-134a, R-401C, R-402A, R-403A, R-404A, R-407C, R-408A, R-409A, R-409B, R-416A, R-507, возможно R-22
Воздушное кондиционирование	Поршневой сальниковый	R-22, R-134a, R-401A, R-409A, R-410A, R-413A
	Центробежный/винтовой	R-134a, R-123, R-22, R-410A
	Доступный для ремонта, полугерметичный	R-22, R-123, R-134a, R-401B, R-404A, R-407C, R-409B, R-410A, R-507

Примечания:
1) R-401A для температур испарителя в диапазоне от –23 °C до 7 °C;
2) R-401A и R-409A не применяются для охлаждения напитков;
3) Обычно требуется серьезная модификации;
4) Не для использования с затопленными испарителями.

8.6 Хладагенты, смазочные масла и параметры систем охлаждения

Хладагенты нового поколения в некоторых случаях более зависимы от правильного применения и типа смазочного масла в компрессоре системы. Поэтому при выборе нового хладагента особое внимание должно быть уделено удовлетворению требований производителей компрессора и соблюдению процедуры конверсии.

Смеси ГХФУ, используемые в качестве переходных альтернатив ХФУ

Переходные смесевые хладагенты, иногда называемые сервисными смесями, были разработаны на первых стадиях реализации в рамках Монреальского протокола мер по прекращению потребления ХФУ, прежде всего ХФУ-12 и ХФУ-502. Многие смеси были основаны на ГХФУ-22 в качестве основного компонента, и поэтому они теперь подпадают под ускоренный график сокращения потребления ГХФУ, согласованный на XIX совещании Сторон Монреальского протокола.

R-401A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-12 в существующих системах с температурами испарения между –23 °C и –7 °C, совместим с большинством материалов в системах с ХФУ–12. Необходима замена фильтра-осушителя и/или другие незначительные изменения конструкции. Рекомендуется, чтобы 50 % минерального масла в существующих системах были заменены алкилбензольными маслами (может использоваться полиолэфирное масло). Алкилбензольное масло не поглощает влагу, в связи с чем оно может быть использовано таким же образом, как и минеральное масло.

R-401B	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-12 в существующих системах с температурами испарения между –40 °C и –23 °C. Рекомендуется, чтобы 50 % минерального масла в существующих системах были заменены алкилбензольными маслами (может использоваться полиолэфирное масло). Алкилбензольное масло не поглощает влагу, в связи с чем оно может быть использовано таким же образом, как и минеральное масло. Необходима замена фильтра-осушителя и/или другие незначительные изменения конструкции.
R-401C	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-12 в существующих автомобильных системах кондиционирования. Адсорбирующий элемент в ресивере/осушителе должен быть заменен, а гибкие шланги должны быть заменены нейлоновыми армированными шлангами. Нет необходимости удалять минеральное масло из системы, но необходимо добавить алкилбензольное масло для замещения потерянного минерального масла во время вакуумирования ХФУ-12 из системы и ресивера/осушителя.
R-402A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-502. R-402A совместим с большинством материалов в системах с ХФУ-502. Необходима замена фильтра-осушителя и возможны другие незначительные изменения конструкции. Изготовители рекомендуют, чтобы 50 % минерального масла в существующих системах были заменены алкилбензольными маслами, т.к. последние не поглощают влагу.
R-402B	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-502 в существующих малых герметичных системах, таких как льдогенераторы. Никакие замены масла не требуются. Необходима замена адсорбционного элемента в фильтре-осушителе.
R-403A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-502. R-403A совместим с большинством материалов в системах с ХФУ-502 и будет работать с обычными минеральными маслами, используемыми с ХФУ-502.
R-403B	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-502. R-403B совместим с большинством материалов в системах ХФУ-502 и будет работать с обычными минеральными маслами, используемыми с хладагентом ХФУ-502.
R-405A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-12. R-403C совместим с большинством материалов в системах ХФУ-12 и будет работать с обычными минеральными маслами, используемыми с хладагентом ХФУ-12.
R-406A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены охладителя ХФУ-12. R-406A совместим с большинством материалов в системах ХФУ-12 и будет работать с обычными минеральными маслами, используемыми с хладагентом ХФУ-12.
R-409A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-12. R-409A совместим с большинством материалов в системах ХФУ-12 и будет работать с обычными минеральными или алкилбензольными маслами. Необходима модернизация или замена фильтра-осушителя и/или другие незначительные изменения конструкции.
R-409B	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-12. R-409B совместим с большинством материалов в системах ХФУ-12. R-409B может также использоваться как замена для R-500, который широко применяется в транспортном охлаждении. R-409B будет работать с обычными минеральными и алкилбензольными маслами. Необходима модернизация фильтра-осушителя и/или другие незначительные изменения конструкции.
R-411A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ГХФУ-22. R-411A совместим с большинством материалов в системах ГХФУ-22 и будет работать с обычными минеральными или алкилбензольными маслами. Необходима модернизация фильтра-осушителя и, возможно, другие незначительные изменения конструкции.
R-411B	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-502. R-411B совместим с большинством материалов в системах ХФУ-502 и будет работать с обычными минеральными или алкилбензольными маслами. Необходима модернизация фильтра-осушителя и/или другие незначительные изменения конструкции.
R-412A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-500. R-412A совместим с большинством материалов в системах ХФУ-500 и будет работать с обычными минеральными или алкилбензольными маслами. Необходима модернизация фильтра-осушителя, а также могут потребоваться другие незначительные изменения конструкции.

R-414A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; подобен R-409A. Предназначен для ретрофита систем с ХФУ-12. Обладает большим температурным глайдом.
R-415A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан как альтернатива для ХФУ-12 в автомобильных кондиционерах воздуха.
R-415B	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан как альтернатива для ХФУ-12 в автомобильных кондиционирах воздуха.
R-416A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента ХФУ-12. R-416A совместим с большинством материалов в системах ХФУ-12 и будет работать с обычными минеральными, алкилбензольными, полиолэфирными и полиалкиленгликолевыми маслами. Необходима модернизация фильтра-осушителя и/или другие незначительные изменения конструкции.
R-418A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан как альтернатива для ГХФУ-22 в центральном воздушном кондиционировании.
R-420A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагентов R-12 и R-500 в воздушном кондиционировании и торговых холодильных системах.
R-509A	Смесевой хладагент на основе ГХФУ; разработан для замены хладагента R-502.

Однокомпонентные ГФУ хладагенты

Наиболее широко используемый однокомпонентный хладагент ГФУ-134а (R-134). Он имеет нулевой ОРП и ПГП, равный 1430.

ГФУ-134а	ГФУ-134а широко доступен и может использоваться для охлаждения при температуре около 4 °C в небольших торговых холодильных системах с холодопроизводительностью от 2 до 4 кВт для глубокого замораживания и для воздушных кондиционеров в небольших помещениях. ГФУ-134а является хладагентом, пригодным для использования при высоких температурах окружающего воздуха и работает при давлениях, подобных ХФУ-12. Он совместим с большинством материалов в системах ХФУ-12. Потребление энергии подобно потреблению в оборудовании с ГХФУ-22, в то время как прямые выбросы парникового газа должны быть ниже из-за низкого ПГП, более низкого давления в системе и пониженного колебания давления в трубопроводах. Однако требуется замена фильтра-осушителя, пригодного для работы с ГФУ-134а, а также могут потребоваться другие незначительные изменения в системе. ГФУ-134а не будет работать с обычными минеральными маслами, используемыми с ХФУ-12. В большинстве случаев в новых системах с ГФУ-134а использование полиолэфирного масла будет более предпочтительным. Полиолэфирные масла поглощают влагу в большей степени, чем минеральные масла, поэтому они не должны оставаться в контакте с атмосферой дольше, чем это необходимо. Единственное отклонение от вышеупомянутого – автомобильная промышленность, в которой для новых компрессоров и в случаях, когда требуется проведение ретрофита, рекомендуется применять полиалкиленгликолевые (ПАГ) масла. Масла ПАГ в десять раз более гигроскопичны, чем полиолэфирные масла, и обычно не совместимы ни с ХФУ-12, ни с минеральным маслом. Как правило, они не подходят для ретрофита. Имеется значительный практический опыт в применении ГФУ-134а в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Смесевые хладагенты на основе ГФУ

Смесевые хладагенты на основе ГФУ разработаны в качестве долгосрочных заменителей ХФУ-502 и ГХФУ-22. Они также являются заменителями для реже используемых R-13 и R-503. Двух- и трехкомпонентные смеси также применялись в течение некоторого времени. Они разделяются на две категории, а именно: азеотропы и неазеотропы.

Азеотропы обладают термодинамическими свойствами, подобным однокомпонентному веществу или чистым хладагентам – в частности, у них единственная температура испарения и конденсации.

Неазеотропы обладают свойством, называемым температурным «скольжением» или глайдом. Это означает, что температуры испарения и конденсации варьируют в зависимости от соотношения паровой и жидкостной фазы хладагента в испарителе, что происходит из-за различной скорости испарения химических компонентов смеси. Этот процесс иногда называется расслоением или фракционированием.

Температурный глайд является переменной величиной для различных смесей, и некоторые смеси, которые демонстрируют небольшой температурный глайд, называют около азеотропными. Наличие температурного глайда делает некоторые из этих смесей хладагентов неприемлемыми в качестве заменителей ГХФУ-22. Системы с прямым расширением лучше приспособлены для работы с хладагентами, имеющими температурный глайд.

R-404A	R-404A был первоначально разработан для замены R-502
R-507A	R-404A и R-507A – смеси ГФУ, которые очень похожи, в связи с чем оцениваются совместно. Оба хладагента используются в течение многих лет в супермаркетах стран, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, и успешно применяются для охлаждения и глубокого замораживания, в частности в холодильных агрегатах и централизованных торговых системах. Хотя наличие этих хладагентов гарантируется в среднесрочной перспективе в связи с потребностью обслуживания уже установленного оборудования, в долгосрочной перспективе их наличие в значительной мере зависит от стратегии в отношении промышленных выбросов парниковых газов, так как оба вещества имеют высокий ПГП. Затраты на монтаж оборудования централизованных торговых систем, использующих R-404A или R-507A, аналогичны затратам при использовании оборудования с ГХФУ-22, но в то же время стоимость хладагента и масел выше. Потребление энергии для охлаждения немного выше, чем у оборудования на ГХФУ-22 и немного ниже при применении в глубоком замораживании. Высокий ПГП приводит к более высоким выбросам парниковых газов по сравнению с ГХФУ-22. В отличие от стандартного оборудования, используемого в случае очень высокой температуры воздуха, данное оборудование должно быть спроектировано для более высоких рабочих давлений. Колебания давления в системе со стороны высокого давления зависят от наружной температуры и могут вызывать вибрацию, что, в свою очередь, может приводить к усталости материала трубопроводов и последующему их разрыву. Такая ситуация может наблюдаться в течение относительно короткого времени – порядка нескольких дней – и может привести к выбросу всей заправки хладагента. В сравнении с системами на ГХФУ-22 такой риск увеличивается в случаях применения ГФУ-404A и ГФУ-507A, но еще более возрастает в случае применения ГФУ-410A. Во избежание этих рисков для оборудования, произведенного серийно, может использоваться эмпирический подход. Для оборудования, устанавливаемого на месте эксплуатации, важными факторами, уменьшающими риск таких разрывов, будут опыт, обучение и мастерство технического персонала.

	Эти хладагенты не будут работать с обычными минеральными маслами, и производители рекомендуют применять полиолэфирные масла. Эти хладагенты могут использоваться для замены ГХФУ-22 и ХФУ-502 также и в существующих системах. Так как эти хладагенты являются ГФУ, то необходимо удалить существующее минеральное масло с остаточным количеством не более чем 5 % путем промывки системы полиолэфирным маслом. Следует отметить, что полиолэфирное масло весьма гигроскопично и не может оставаться на открытом воздухе. Может потребоваться замена адсорбента осушителя или другие незначительные изменения в системе.
R-407A	Смесевой хладагент на основе компонентов ГФУ, разработанный в качестве замены ХФУ-12. Необходима модернизация осушителя и/или другие незначительные изменения в конструкции. Изготовитель рекомендует, чтобы с хладагентом R-407A использовались полиолэфирные масла.
R-407B	Смесевой хладагент на основе компонентов ГФУ, разработанный в качестве замены ХФУ-12 и ХФУ-502. Необходима модернизация осушителя и/или другие незначительные изменения в конструкции. Изготовитель рекомендует, чтобы с хладагентом R-407A использовались полиолэфирные масла.
R-407C	Смесевой хладагент на основе компонентов ГФУ, разработанный в качестве замены хладагента ГХФУ-22. ГФУ-407C – хладагент с существенным температурным глайдом, в связи с чем он не подходит для оборудования с большой заправкой хладагента или большим ресивером, такого как: холодильные агрегаты, централизованные системы и некоторые модели чиллеров. В других применениях температурный глайд должен быть учтен как при проектировании, так и при обслуживании. Этот хладагент широко используется в Европе в качестве замены ГХФУ-22 в оборудовании воздушного кондиционирования, в связи с чем, вероятно, будет доступен в средне- и долгосрочной перспективе. Затраты на производство оборудования с ГФУ-407C аналогичны затратам на изготовление оборудования на основе ГХФУ-22, за исключением более высоких затрат на хладагент и смазочные масла. В случае очень высокой температуры воздуха оборудование должно быть спроектировано для более высоких, чем стандартное, рабочих давлений. ПГП ГХФУ-22 и ГФУ-407C сопоставимы, поэтому выбросы парниковых газов, сопутствующие эксплуатации оборудования, будут также сопоставимы. Необходима модернизация осушителя и, возможно, другие незначительные изменения в конструкции системы. Изготовитель рекомендует, чтобы с хладагентом R-407A использовались полиолэфирные масла.
R-410A	R-410A является около азеотропным смесевым хладагентом, разработанным для замены ГХФУ-22. Хотя этот хладагент совместим с большинством материалов, используемых в системах ГХФУ-22, его рабочее давление приблизительно на 50 % выше, чем у ГХФУ-22, в связи с чем этот хладагент не следует рассматривать в качестве безопасной прямой замены ГХФУ-22. R-410A – коммерчески доступный смесевой хладагент, используемый в недавно разработанном оборудовании воздушного кондиционирования, которое в промышленных масштабах уже в течение многих лет поставляется основными производителями в диапазоне холодопроизводительности от 2 кВт до 175 кВт. Вероятно, что этот хладагент будет доступен в средне- и долгосрочной перспективе. Его высокая холодопроизводительность часто позволяет использовать более компактные компоненты. Типичный герметичный или полугерметичный компрессор, разработанный для ГХФУ-22, не может использоваться с ГФУ-410A и это также относится к некоторым другим компонентам системы. Информация о стоимости систем с ГФУ-410A указывает на более высокую стоимость компонентов, которая может также включать затраты на модернизацию, не связанную с выбором хладагента. Устройства, использующие ГФУ-410A, продемонстрировали более высокую энергоэффективность, чем подобные установки с ГХФУ-22. Необходимо отметить, что это повышение энергоэффективности может включать деятельность по оптимизации компонентов и модернизации технологии, осуществленных в рамках разработки новых систем.

	Если сравнивать ГФУ-410А с R-134a или R-290 (пропан), то следует отметить, что он не используется при высоких температурах воздуха из-за его высокого рабочего давления и относительно низкой критической точки, что может привести к снижению энергоэффективности при подобных температурах). R-410A не будет работать с обычными минеральными маслами, используемыми в системах с ГХФУ-22. Изготовитель рекомендует использовать с хладагентом R-410A полиолэфирные масла.
R-413A	Смесевой хладагент на основе компонентов ГФУ, разработанный в качестве замены ХФУ-12. Необходима модернизация осушителя и/или другие незначительные изменения в конструкции. R-413A будет работать с обычными минеральными маслами, а также с полиолэфирными и полиалкиленгликолевыми маслами.
R-417A R-422A R-422D	ГФУ-417А, ГФУ-422А и ГФУ-422D являются относительно недавними разработками, основанными на смесях ГФУ с добавкой изобутана. Они разработаны в качестве хладагентов прямого замещения для существующего холодильного оборудования на ГХФУ-22 без замены смазочного холодильного масла. Эти хладагенты вряд ли станут широко использоваться в новом холодильном оборудовании из-за необходимости определенных компромиссов, связанных с их холодопроизводительностью и другими свойствами. Они имеют температурный глайд, в связи с чем не подходят для оборудования с большим объемом заправки хладагентов или ресиверами, такими как: холодильные агрегаты, централизованные системы и определенные модели чиллеров. R-422A может использоваться для охлаждения и глубокого замораживания, а R-417A и R-422D могут применяться для среднетемпературных торговых систем охлаждения и стационарного воздушного кондиционирования прямого расширения с использованием традиционных минеральных или алкилбензольных масел. Практический опыт эксплуатации систем с этими хладагентами пока весьма ограничен. Сервисные техники должны иметь опыт работы с хладагентами с температурным глайдом. В случае очень высокой температуры воздуха оборудование должно быть спроектировано для более высоких, чем стандартное, рабочих давлений. ПГП всех трех хладагентов выше, чем у ГХФУ-22. Необходимо отметить, что несмотря на широкую поддержку, хладагенты прямого замещения ХФУ-12 утвердились лишь в некоторых странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. В этой связи ожидается, что ситуация с прямыми заменителями для ГХФУ-22 будет похожей. По-видимому, доступность этих хладагентов в среднесрочной перспективе для определенных рынков не известна. Из-за их переходного характера маловероятно, что эти вещества останутся доступными в более чем среднесрочной перспективе.
R-423A	R-423A разработан как модифицированный хладагент для центробежных чиллеров, работающих на ХФУ-12.
R-424A	R-424A разработан в качестве хладагента прямого замещения ГХФУ-22 в таких применениях, как: коммерческое кондиционирование воздуха, холодильные камеры, супермаркеты, молокоохладители, холодильный транспорт и винные холодильники. Для этого хладагента характерны значительно более низкие температуры и давления нагнетания, чем у ГХФУ-22, что снимает проблему разложения масла. R-424A совместим с минеральными и алкилбензольными маслами, используемыми в системах с ГХФУ-22, а также с полиолэфирными (ПОЭ) маслами. Поэтому в большинстве случаев нет никакой необходимости менять масло, хотя необходимо соблюдать рекомендации изготовителей компрессоров относительно смазывающих качеств выбираемого масла. При этом необходимо добавлять ПОЭ в системы со сложной конструкцией трубопроводов или с большим объемом жидкости в ресивере.
R-425A	Нет доступных данных.

R-426A	R-426A разработан в качестве прямой замены ХФУ-12. Это невоспламеняющаяся смесь ГФУ-134а, ГФУ-125, бутана и изопентана, которая также одинаково совместима с традиционными и синтетическими смазками. Этот хладагент может использоваться в автомобильных кондиционерах воздуха, в системах с герметичными и полугерметичными компрессорами, в холодильных камерах, холодильном транспорте, молочных чиллерах, торговых автоматах и в другом оборудовании, использующем ХФУ-12.
R-427A	R-427A является смесевым неазеотропом на основе ГФУ, который был разработан для замены ГХФУ-22 в существующих системах прямого расширения или использования при конверсии производства новых систем. Этот хладагент может быть использован для ретрофита оборудования низкотемпературного охлаждения, а также для установок воздушного кондиционирования. R-427A совместим со смазками ПОЭ. Он допускает высокое остаточное количество первоначального масла в системе (хороший возврат масла до 10–15 % остаточного алкилбензольного или минерального масла), что позволяет проводить ретрофит по упрощенной схеме. Использовался в ретрофите систем с ГХФУ-22 в Европе в течение нескольких лет из-за легкости конверсии существующих систем с ГХФУ-22.
R-428A	R-428A является невоспламеняющейся около азеотропной смесью ГФУ, совместимой с традиционными и синтетическими смазками. Разработан в качестве прямой замены ГХФУ-22, R-502 и переходных смесей, содержащих ГХФУ. Этот хладагент может использоваться в большинстве применений, где в настоящее время используются R-502 и переходные заменяющие смеси: в охлаждаемых витринах супермаркетов, льдогенераторах, холодильных хранилищах, транспортном, торговом и промышленном кондиционировании воздуха. Этот хладагент может также заменять ГХФУ-22 в системах, которые спроектированы для R-502.
R-429A	Около азеотропная смесь ГФУ, разработанная в качестве прямой замены R-12 в автомобильных кондиционерах воздуха, холодильниках/морозильниках и охлаждаемых витринах.
R-430A	Разработан в качестве прямой замены ГФУ-134а с низким ПГП.
R-431A	Около азеотропная смесь ГФУ (температурный глайд 0,06 °C). Разработан в качестве прямой замены ГХФУ-22 в бытовых и промышленных кондиционерах воздуха, холодильниках, торговых охлаждаемых витринах и чиллерах.
R-434A	R-434A является смесью ГФУ, разработанной для замены ГХФУ-22 в новом и существующем (ретрофит) оборудовании охлаждения и воздушного кондиционирования. Имеет температурный глайд в размере приблизительно 1,8 °C (одна треть от R-407C). Одинаково совместим с традиционными минеральными, алкилбензольными и полиолэфирными маслами.
R-435A	Группа Безопасности A3. Нет доступных данных.
R-437A	Этот хладагент разработан для ретрофита систем с ХФУ-12 в среднетемпературном диапазоне охлаждения и автомобильном кондиционировании воздуха, а также в качестве замены смесей на основе ГХФУ: R-401A, R-401B и R-409A. Совместим с традиционными и новыми маслами – в большинстве случаев никакого изменения типа масла во время ретрофита не требуется.
R-507A	Азеотропный смесевой хладагент на основе ГФУ, разработан для замены ХФУ-502 и совместим с большинством материалов, используемых в системах ХФУ-502. Необходима модернизация осушителя и/или другие незначительные изменения в конструкции системы. R-507 не будет работать с обычными минеральными маслами, используемыми в системах ХФУ-502. Изготовитель рекомендует использовать полиолэфирные масла.
R-508A	Азеотропная смесь для использования в низко-температурных применениях.
R-508B	Азеотропная смесь ГФУ-23 и ГФУ-116 обычно заменяет ХФУ-13 и R-503 в нижнем контуре каскадных систем.

8.7 Природные хладагенты

Аммиак (R-717)

Аммиак, NH_3, R-717 уже более 100 лет используется во многих странах в качестве хладагента в крупных холодильных установках в пищевой и других отраслях промышленности. Аммиак ядовит, но его воздействие можно предотвратить, так как он легко обнаруживается по запаху в концентрациях, значительно ниже уровня токсичности. К аммиаку, как хладагенту, проявляется интерес в мировом масштабе, поскольку Монреальский и Киотский протоколы продолжают оказывать давление на страны в отношении сокращения выбросов озоноразрушающих веществ и парниковых газов.

ASHRAE полагает, что продолжение дальнейшего использования аммиака необходимо в пищевой промышленности, а также в системах кондиционирования воздуха. ASHRAE продвигает множество программ, позволяющих сохранять экономические выгоды от применения аммиака для искусственного охлаждения, и минимизировать при этом возможные риски.

Аммиак производится как целевым образом, так и в качестве побочного продукта в результате многих химических процессов на предприятиях химической промышленности. Аммиак – бесцветное химическое соединение, обладающее щелочной реакцией, и он хорошо известен как основа для производства бытовых моющих веществ. Аммиак также широко применяется в сельском хозяйстве, промышленности и торговле. Он выпускается в четырех общепризнанных категориях качества и в зависимости от уровня его чистоты подразделяется на марки, приемлемые для использования в сельском хозяйстве, промышленности, металлургии и холодильном секторе. Степень чистоты аммиака, используемого в качестве хладагента, составляет 99,98 %, и в нем практически отсутствуют вода и другие примеси.

Аммиак легко доступен, недорог, работает при давлениях, сопоставимых с другими хладагентами, а также способен при испарении поглощать большое количество тепла.

Аммиак является альтернативным хладагентом для новых и существующих систем охлаждения и воздушного кондиционирования. Аммиак кипит при низкой температуре (–33 °C при атмосферном давлении) и обладает высокой скрытой теплотой испарения (в девять раз большей, чем у R-12).

Кроме того, наличие аммиака в атмосфере не вызывает глобального потепления. Этот хладагент обеспечивает низкое энергопотребление и минимальное воздействие на окружающую среду.

С экономической точки зрения в будущем аммиак должен найти более широкое применение именно в качестве хладагента. Его использование не требует введения дополнительных мер регулирования.

Использование аммиака в промышленности, относящейся к отоплению, вентиляции, воздушному кондиционированию и охлаждению, должно быть расширено, так как организациям, ответственным за составление нормативов в этих областях, известно, что это вещество относительно безопасно. Холодильные системы с аммиаком в качестве хладагента включают в себя: холодильные системы хранения продуктов питания, чиллеры, охлаждение в химической промышленности, кондиционирование воздуха, централизованные системы охлаждения, супермаркеты, продовольственные магазины.

Углеводороды пропан (R-290) и изобутан (R-600a)

Хладагенты R-290 (пропан), R-1270 (пропилен) и R-600a (изобутан) являются углеводородами и имеют сравнимые характеристики. Изобутан является подходящим хладагентом для малых автономных устройств охлаждения, R-290 и R-1270 могут использоваться для охлаждения и глубокого замораживания в автономных холодильных устройствах с холодопроизводительностью менее 1 кВт, а также в централизованных системах в супермаркетах с использованием рассолов в качестве вторичного хладоносителя.

Хотя углеводороды являются хорошими хладагентами, проблема с расширением их применения связана с их огнеопасностью. Наличие этой проблемы требует дополнительных усилий при проектировании, производстве и обслуживании оборудования. Огнеопасность ограничивает сферы использования углеводородов малыми автономными устройствами, оборудованием с относительно малой заправкой хладагента, а также системами, использующими вторичные хладоносители.

В производстве автономного оборудования решение проблем безопасности требует достаточно ограниченных усилий и экономических затрат. В случае централизованного оборудования инвестиционные затраты оказываются существенно более высокими. Это вызвано введением вторичного контура охлаждения и применением оборудования для обеспечения безопасности, а также требованиями к высокому уровню квалификации технического персонала, который должен иметь опыт обращения с огнеопасными веществами. Энергопотребление автономных устройств является таким же или ниже, чем в системах, использующих ГХФУ-22, но в то же время в централизованных системах применение вторичного контура охлаждения приводит к увеличенному в сравнении с ГХФУ-22 энергопотреблению. Вероятно, что полное климатическое воздействие будет несколько ниже, чем в случае оборудования с ГХФУ-22, а в случае автономного оборудования, значительно ниже. Следует отметить, что R-290 также хорошо работает при высоких температурах воздуха.

Диоксид углерода (CO_2)

Диоксид углерода использовался в ограниченном числе централизованных торговых холодильных систем, в пищевой промышленности, в среднем масштабе в небольших установках в торговом секторе (торговые автоматы) и в тепловых насосах для снабжения горячей водой. Диоксид углерода используется как для охлаждения, так и для глубокого замораживания. В случае глубокого замораживания хладагент может использоваться в каскадной системе, что позволяет ограничить рабочие давления оборудования. Если оборудование с CO_2 оснащено конденсатором, охлаждаемым окружающим воздухом, то рабочие давления могут превысить 75 бар, что потребует установки дополнительных компонентов. При наружных температурах приблизительно выше 20 °C в случае использования больших централизованных систем, и выше 32 °C в случае применения малых систем, холодопроизводительность оборудования с CO_2 будет ниже, чем при тех же условиях оборудования с ГХФУ-22. Холодопроизводительность таких систем имеет тенденцию быстро уменьшаться при повышении температур наружного воздуха, что может приводить к значительно более высокому ежегодному потреблению энергии в странах с теплым климатом по сравнению с теми же условиями для оборудования с ГХФУ-22.

Предварительные оценки показывают, что полное климатическое воздействие холодильных систем с хладагентом CO_2, используемых в теплом климате, может быть выше, чем систем с ГХФУ при тех же условиях. В настоящее время продолжаются работы по оптимизации этой новой технологии и измерениям ее энергоэффективности, в связи с чем окончательная оценка климатического воздействия систем на основе CO_2, работающих в теплом климате, пока не может быть осуществлена. Рабочие параметры диоксида углерода значительно отличаются от рабочих параметров других

хладагентов. Системы с CO_2 требуют очень высоких рабочих давлений, которые приблизительно в шесть раз выше, чем в системах с ГХФУ-22. По этим причинам производство и обслуживание такого оборудования, методы и ноу-хау для того, чтобы оптимально использовать эту технологию, нуждаются в существенных изменениях. База снабжения компонентами производства систем кондиционирования на основе диоксида углерода в настоящее время отсутствует, в связи с чем затраты на оборудование с CO_2 (за исключением каскадных систем для централизованных торговых систем охлаждения) в настоящее время значительно выше, чем затраты на подобные системы с ГФУ или ГХФУ. Ожидается, что эта ситуация изменится, как только будет получено признание рынка, что приведет к увеличению числа стандартизированных компонентов. Затраты на каскадные системы могут быть сопоставимы с подобными системами, использующими ГХФУ-22.

Низкая холодопроизводительность систем с воздушным охлаждением в теплом климате, ограниченное применение централизованных каскадных систем в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, а также медленно развивающийся рынок компонентов указывают на то, что диоксид углерода в качестве замены ГХФУ-22 не является приоритетным направлением для достижения сокращений ГХФУ, намеченных в 2013 и 2015 гг., и в этой связи он не рассматривается в рамках раздела по определению затрат.

Предполагается, что по крайней мере на начальной стадии сокращения ГХФУ представленные выше альтернативы охватят все потенциально возможные варианты. В настоящее время продолжается разработка некоторых неогнеопасных хладагентов с низким ПГП и с низкой токсичностью, но в на сегодняшний день остается неясным, когда они будут доступны и окажутся ли они в конечном счете коммерчески оправданными. CO_2 разрабатывался как альтернативный хладагент в течение последних 20 лет и теперь используется в демонстрационных испытаниях. Остается также неясным, при каких обстоятельствах этот хладагент будет использоваться в большем масштабе, так как системы с CO_2 основываются на конструктивных решениях, компонентной базе и требованиях к обслуживанию, которые существенно отличаются от систем, применяющих другие типы хладагентов.

Анализ вышеупомянутых факторов позволит производителям в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, выбрать экологически оправданные технологии. Нижеприведенная таблица содержит ориентировочные рекомендации по приемлемости альтернативных хладагентов для использования в новом оборудовании в этих странах. Использование переходных хладагентов прямого замещения ГФУ-417A, ГФУ-422A и ГФУ-422D не рассматривалось, так как они предназначаются для использования в существующем, а не новом оборудовании.

Углеводороды в настоящее время редко используются в торговом охлаждении в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. Однако они широко применяются в бытовых холодильниках. В общей сложности 22 проекта в области производства домашних холодильников были выполнены в этих странах, сократив потребление ОРВ приблизительно на 12 % в этом секторе. В Китае более чем 85 % внутреннего производства домашних холодильников основано на R-600a.

Таблица 17. Применимость альтернативных хладагентов для широкого использования в новом оборудовании (ориентировочные рекомендации)

Торговое охлаждение	*ГФУ-134a*	*R-404A R-507A*	*R-407C*	*R-410A*	*R-290*	*Аммиак*	*CO_2*
Торговое автономное оборудование	+	+	o	o	+	-	o -
Торговые холодильные агрегаты	+	+	+ o	o	-	-	-
Торговые централизованные системы	+	+	o	o		o -	-

Торговое охлаждение	*ГФУ-134a*	*R-404A R-507A*	*R-407C*	*R-410A*	*R-290*	*Аммиак*	*CO_2*
Торговое оборудование глубокого замораживания с одним контуром	-	+	-	o	-	-	-
Торговые системы глубокого замораживания дву-контурные/ супермаркеты	-	+	-	o	-	-	o
Комнатные кондиционеры	o	-	+	+	+	-	-
Бесканальные сплит-системы	o	-	+	+	o -	-	-
Канальные сплит-системы централизованного кондиционирования	o	-	+	+	o -	-	-
Корпусные воздух-воздух и торговые сплит-кондиционеры	-	-	+	+	-	-	-
Малые чиллеры (спиральные)	-	-	+	+	o -	-	-
Большие чиллеры (винтовые)	+	-	+ o	+	-	+	-

Символы обозначают, что, согласно предварительной оценке, различные технологии:

+	Приемлемы с точки зрения технической перспективы или даже предпочтительны для широкого использования;
o	Не очень приемлемы с точки зрения технической перспективы, но могут использоваться, если не принимать во внимание определенные недостатки;
-	Почти невозможно использовать, или можно использовать только с существенными экономическими и техническими ограничениями.

Источник: Пересмотренный анализ основных категорий затрат по сокращению потребления ГХФУ (решения 53/37 (I) и 54/40) UNEP/OzL.Pro/ExCom/55/47

8.8 Основные характеристики хладагентов

ХФУ (выведенные из потребления/регулируемые Монреальским протоколом)

Тип	*R-номер*	*Химическая формула/ общепринятое название*	*Время жизни в атмосфере*	*ОРП*	*ПГП (100 лет)*	*Группа безопас-ности*	*Статус*
ХФУ	R-11	ХФУ-11/CCl_3F	45	1	4.750	A1	M
ХФУ	R-113	ХФУ-113/CCl_2FCClF_2	85	1	6.130	A1	M
ХФУ	R-114	ХФУ-114/$CClF_2CClF_2$	300	1	10.040	A1	M
ХФУ	R-115	ХФУ-115/$CClF_2CF_3$	1.700	0,44	7.370	A1	M
ХФУ	R-12	ХФУ-12/CCl_2F_2	100	1	10. 890	A1	M
ХФУ	R-13	ХФУ-13/$CClF_3$	640	1	14.420	A1	M
ХФУ	R-400	R-12/R-114 (50,0/50,0)		1	10.000	A1	M
ХФУ	R-500	R-12/R-152a (73,8/26,2)		0,738	8.100	A1	M

Тип	R-номер	Химическая формула/ общепринятое название	Время жизни в атмосфере	ОРП	ПГП (100 лет)	Группа безопас-ности	Статус
ХФУ	R-502	R-22/R-115 (48,8/51,2)		0,25	4.700	A1	M
ХФУ	R-503	R-23/R-13 (40,1/59,9)		0,599	15.000		M

Однокомпонентные хладагенты ГХФУ (сокращаемые/регулируемые Монреальским протоколом)

Тип	R-номер	Химическая формула/ общепринятое название	Время жизни в атмосфере	ОРП	ПГП (100 лет)	Группа безопас-ности	Статус
ГХФУ	R-123	ГХФУ-123/$CHCl_2CF_3$	1,3	0,02	77	B1	M
ГХФУ	R-124	ГХФУ-124/$CHClFCF_3$	5,8	0,02	609	A1	M
ГХФУ	R-142b	ГХФУ-142b/CH_3CClF_2	17,9	0,07	2.310	A2	M
ГХФУ	R-22	ГХФУ-22/$CHClF_2$	12	0,05	1.810	A1	M

Однокомпонентные хладагенты ГФУ (регулируемые Киотским протоколом)

Тип	R-номер	Химическая формула/ общепринятое название	Время жизни в атмосфере	ОРП	ПГП (100 лет)	Группа безопас-ности	Статус
ГФУ	R-125	ГФУ-125/CHF_2CF_3	29	0	3.500	A1	K
ГФУ	R-134a	ГФУ-134a/CH_2FCF_3	14	0	1.430	A1	K
ГФУ	R-143a	ГФУ-143a/CH_3 CF_3	52	0	4.470	A2	K
ГФУ	R-152a	ГФУ-152/CH_3CHF_2	1,4	0	124	A2	K
ГФУ	R-161	ГФУ-161/CH_3CH_2F – флористый этил	0,21	0	12		K
ГФУ	R-227ea	ГФУ-227ea/CCF_3CHFCF_3	42	0	3.220	A1	K
ГФУ	R-23	ГФУ-23/CHF_3 фторoформ	270	0	14.760	A1	K
ГФУ	R-236ea	ГФУ-236ea/CHF_2CHFCF_3	10,7	0	1.370		K
ГФУ	R-236fa	ГФУ-236fa/$CF_3CH_2CF_3$	240	0	9.810	A1	K
ГФУ	R-245fa	ГФУ-245fa/$CHF_2CH_2CF_3$	7,6	0	1.030	B1	K
ГФУ	R-32	ГФУ-32/CH_2F_2 фтористый метилен	4,9	0	675	A2	K
ГФУ	R-1234yf	ГФУ-1234yf/$CF_3CF{=}CH_2$*	-	0	4	A2L**	

*тетрафторпентан
**необходимо подтвердить

Многокомпонентные смеси ГХФУ (сокращаемые/регулируемые Монреальским протоколом)

Тип	R-номер	Химическая формула/ общепринятое название	Время жизни в атмосфере	ОРП	ПГП (100 лет)	Группа безопас-ности	Статус
Смесь ГХФУ	R-401A	R-22/152a/124 (53,0/13,0/34,0)		0,033	1.200	A1	M
Смесь ГХФУ	R-401B	R-22/152a/124 (61,0/11,0/28,0)		0,036	1.300	A1	M

Тип	R-номер	Химическая формула/ общепринятое название	Время жизни в атмосфере	ОРП	ПГП (100 лет)	Группа безопас-ности	Статус
Смесь ГХФУ	R-401C	R-22/152a/124 (33,0/15,0/52,0)		0,027	930	A1	M
Смесь ГХФУ	R-402A	R-125/290/22 (60,0/2,0/38,0)		0,019	2.800	A1	M
Смесь ГХФУ	R-402B	R-125/290/22 (38,0/2,0/60,0)		0,03	2.400	A1	M
Смесь ГХФУ	R-403A	R-290/22/218 (5,0/75,0/20,0)		0,038	3.100	A1	M
Смесь ГХФУ	R-403B	R-290/22/218 (5,0/56,0/39,0)		0,028	4.500	A1	M
Смесь ГХФУ	R-405A	R-22/152a/142b/C318 (45,0/7,0/5,5/42,5)		0,026	5.300	d	M
Смесь ГХФУ	R-406A	R-22/600a/142b (55,0/4,0/41,0)		0,056	1.900	A2	M
Смесь ГХФУ	R-408A	R-125/143a/22 (7,0/46,0/47,0)		0,024	3.200	A1	M
Смесь ГХФУ	R-409A	R-22/124/142b (60,0/25,0/15,0)		0,046	1.600	A1	M
Смесь ГХФУ	R-409B	R-22/124/142b (65,0/25,0/10,0)		0,045	1.600	A1	M
Смесь ГХФУ	R-411A	R-1270/22/152a (1,5/85,5/11,0)		0,044	1.600	A2	M
Смесь ГХФУ	R-411B	R-1270/22/152a (3,0/94,0/3,0)		0,047	1.700	A2	M
Смесь ГХФУ	R-412A	R-22/218/142b (70,0/5,0/25,0)		0,053	2.300	A2	M
Смесь ГХФУ	R-414A	R-22/124/600a/142b (51,0/28,5/4,0/16,5)		0,043	1.500	A1	K
Смесь ГХФУ	R-414B	R-22/124/600a/142b (50,0/39,0/1,5/9,5)		0,039	1.400	A1	M
Смесь ГХФУ	R-415A	R-22/152a (82,0/18,0)		0,041	1.500	A2	M
Смесь ГХФУ	R-415B	R-22/152a (25,0/75,0)		0,013	550	A2	M
Смесь ГХФУ	R-416A	R-134a/124/600 (59,0/39,5/1,5)		0,008	1.100	A1	M
Смесь ГХФУ	R-418A	R-290/22/152a (1,5/96,0/2,5)		0,048	1.700	A2	M
Смесь ГХФУ	R-420A	R-134a/142b (88,0/12,0)		0,008	1.500	A1	M
Смесь ГХФУ	R-509A	R-22/218 (44,0/56,0)		0,022	5.700	A1	M

Многокомпонентные смеси ГФУ
(выбросы компонентов, регулируемые Киотским протоколом)

Тип	*R-номер*	*Химическая формула/ общепринятое название*	*Время жизни в атмосфере*	*ОРП*	*ПГП (100 лет)*	*Группа безопас-ности*	*Статус*
Смесь ГФУ	R-404A	R-125/143a/134a (44,0/52,0/4,0)		0	3.900	A1	K
Смесь ГФУ	R-407A	R-32/125/134a (22,0/40,0/40,0)		0	2.100	A1	K
Смесь ГФУ	R-407B	R-32/125/134a (10,0/70,0/20,0)		0	2.800	A1	K
Смесь ГФУ	R-407C	R-32/125/134a (23,0/25,0/52,0)		0	1.800	A1	K
Смесь ГФУ	R-407D	R-32/125/134a (15,0/15,0/70,0)		0	1.600	A1	K
Смесь ГФУ	R-407E	R-32/125/134a (25,0/15,0/60,0)		0	1.600	A1	K
Смесь ГФУ	R-410A	R-32/125 (50,0/50,0)		0	2.100	A1	K
Смесь ГФУ	R-413A	R-218/134a/600a (9,0/88,0/3,0)		0	2.100	A2	K
Смесь ГФУ	R-417A	R-125/134a/600 (46,6/50,0/3,4)		0	2.300	A1	K
Смесь ГФУ	R-419A	R-125/134a/E170 (77,0/19,0/4,0)		0	3.000	A2	K
Смесь ГФУ	R-421A	R-125/134a (58,0/42,0)		0	2.600	A1	K
Смесь ГФУ	R-421B	R-125/134a (85,0/15,0)		0	3.200	A1	K
Смесь ГФУ	R-422A	R-125/134a/600a (85,1/11,5/3,4)		0	3.100	A1	K
Смесь ГФУ	R-422B	R-125/134a/600a (55,0/42,0/3,0)		0	2.500	A1	K
Смесь ГФУ	R-422C	R-125/134a/600a (82,0/15,0/3,0)		0	3.100	A1	K
Смесь ГФУ	R-422D	R-125/134a/600a (65,1/31,5/3,4)		0	2.700	A1	K
Смесь ГФУ	R-423A	R-134a/227ea (52,5/47,5)		0	2.300	A1	K
Смесь ГФУ	R-424A	R-125/134a/600a/600/601a (50,5/47,0/0,9)		0	2.400	A1	K
Смесь ГФУ	R-425A	R-32/134a/227ea (18,5/69,5/12,0)		0	1.500	A1	K
Смесь ГФУ	R-426A	R-125/134a/600/601a (5,1/93,0/1,3/0,6)		0	1.500	A1 r	K
Смесь ГФУ	R-427A	R-31/125/143a/134a (15,0/25,0/10,0/50,00)		0	2.100	A1 r	K
Смесь ГФУ	R-428A	R-32/143a/290/600a (77,5/20,0/0,6/1,9)		0	3.600	A1 r	K
Смесь ГФУ	R-429A	R-E170/152a/600a (60,0/10,0/30,0)		0			
Смесь ГФУ	R-430A	R-152a/600a (76,0/24,0)		0		A3	

Тип	R-номер	Химическая формула/ общепринятое название	Время жизни в атмосфере	ОРП	ПГП (100 лет)	Группа безопас-ности	Статус
HFC blend	R-431A	R-290/152a (71,0/29,0)		0		A3	
HFC blend	R-434A	R-125/143a/134a/600a (63,28/18,0/16,0/2,8)		0			
HFC blend	R-434A	R-125/143a/134a/600a (63,2/18,0/16,0/2,8)		0			
HFC blend	R-435A	R-E170/152a (80,0/20,0)		0			
HFC blend	R-437A	R-125/134a/600/601 (19,5/78,5/1,4/0,6)		0			
HFC blend	R-507A	R-125/143a (50,0/50,0)		0	4.000	A1	K
HFC blend	R-508A	R-23/116 (39,0/61,0)		0	13.000	A1	K
HFC blend	R-508B	R-23/116 (46,0/54,0)		0	13.000	A1	K

Углеводороды (с применением местных правил техники безопасности)

Тип	R-номер	Химическая формула/ общепринятое название	Время жизни в атмосфере	ОРП	ПГП (100 лет)	Группа безопас-ности	Статус
УВ	R-601a	$CH_2=CH_2$– этилен	0,004	0		A3	
УВ	R-432A	$CH_3CH=CH_2$– пропилен	0,001	0	20	A3	
УВ	R-433A	CH_3CH_3– этан	0,21	0	20	A3	
УВ	R-436A	$CH_3CH_2CH_3$- пропан	0,041	0	20	A3	
УВ	R-436B	$CH_3CH_2CH_2CH_2$– бутан	0,018	0	20	A3	
УВ	R-510A	$CH(CH_3)CH_3$- изобутан	0,019	0	20	A3	
УВ	R-601	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$- пентан	0,01	0	20		

Углеводородные смеси (с применением местных правил техники безопасности)

Тип	R-номер	Химическая формула/ общепринятое название	Время жизни в атмосфере	ОРП	ПГП (100 лет)	Группа безопас-ности	Статус
смесь УВ	R-1150	$(CH_3)_2CHCH_2CH_3$- изопентан	0,01	0	20	A3	
смесь УВ	R-1270	R-1270/E170 (80,0/20,0)				A3	
смесь УВ	R-170	R-1270/290 (30,0/70,0)				A3	
смесь УВ	R-290	R-290/600a (56,0/44,0)				A3	
смесь УВ	R-600	R-290/600a (52,0/48,0)				A3	
смесь УВ	R-600a	R-E170/600a (88,0/12,0)				A3	

Природные хладагенты (с применение местных правил техники безопасности)

Тип	*R-номер*	*Химическая формула/ общепринятое название*	*Время жизни в атмосфере*	*ОРП*	*ПГП (100 лет)*	*Группа безопас-ности*	*Статус*
природный	R-702	H_2 – обычный водород		0		A3	
природный	R-704	He – гелий		0		A1	
природный	R-717	NH_3 – аммиак	0,01	0		B2	
природный	R-718	H_2O – вода		0			
природный	R-729	воздух-78 % N2, 21 % O_2, 1 % Ar,+		0	-	A1	
природный	R-744	CO_2– углекислый газ	›50	0	1	A1	
природный	R-764	SO_2– сернистый ангидрид		0	300	B1	

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
ASHRAE; Стандарты; обозначение и классификация безопасности хладагентов – ANSI/ASHRAE 34-2007	Американское общество инженеров по теплотехнике, охлаждению и кондиционированию
Системы охлаждения и тепловые насосы – безопасность и экологические требования – Часть 4: Работа, обслуживание, ремонт и восстановление ISO TC 86/SC 1 N 176, Date: 2006-04-03, ISO/CD 5149-4, ISO TC 86/SC 1	Американский национальный институт стандартов
Хладагенты, отчет, 13-я Редакция – A 501-13	Битцер Интернейшнл
Хладагенты – Обозначение и классификация безопасности, ISO/TC 86/SC 8 N 134,ISO/CD 817:2007, дата: 2007-05-08	Международная организация по стандартизации (ИСО)
Промышленность воздушного кондиционирования и охлаждения. Руководство по выбору хладагента – 2003, Подготовлено: C.A. Lommers, Dip.Mech.Eng., F.AIRAH, M.ASHRAE, ISBN 0-949436-41-0	Австралийский институт холода, кондиционирования воздуха и теплотех-ники Inc., (АИХКТ)
Справочник по международным договорам по охране озонового слоя: Венская конвенция (1985), Монреальский протокол (1987), Шестое издание (2003)-ISBN:92-807-2316-2	ЮНЕП
Отчет группы экспертов по технологии и экономической оценке, май 2008, Том 1, Отчет о ходе работ	ЮНЕП/ГТОЭО
2006 Отчет по охлаждению, воздушному кондиционированию и тепловым насосам, Комитет по техническим вариантам, оценка по состоянию на 2006 год, ISBN 978-92-807-2822-4	ЮНЕП/ГТОЭО

9. Альтернативные хладагенты для искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха

9.1 Введение

Наиболее востребованным хладагентом в перечне ГХФУ в секторе охлаждения является ГХФУ-22.

На апрель 2008 Многосторонний фонд Монреальского протокола оценил общее потребление ГХФУ в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, в 25.765 тонн ОРП. При пересчете на метрические тонны это потребление составляет почти 363.400 метрических тонн, что превосходит сокращение потребления озоноразрушающих веществ, достигнутое до настоящего времени Многосторонним фондом.

Имеется ряд других ГХФУ, которые используются в секторе охлаждения, как например: ГХФУ-123 – в чиллерах, ГХФУ-124 и ГХФУ-142b – хладагенты прямого замещения в системах с ХФУ-12. В странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, отсутствуют производственные мощности для производства этих хладагентов, и к тому же используемые количества являются очень малыми по сравнению с ГХФУ-22.

Вероятно, что ГФУ и технологии, основанные на углеводородах, будут доступны и позволят Сторонам, действующим в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, выполнить меры регулирования ОРВ, намеченные на 2013 и 2015 гг. В рамках этих двух групп химических соединений имеется большое количество вариантов по замене как хладагентов ГХФУ, так и оборудования или систем. Хотя в целом каждая технология уже использовалась в проектах Многостороннего фонда Монреальского протокола, практические применения этих технологий в конкретных подсекторах могут значительно отличаться. Внедрение технологий с низким ПГП для замены ГХФУ в секторе охлаждения и кондиционирования в странах 5-й Статьи Монреальского протокола имеет первоочередное значение. Однако в настоящее время большинство альтернатив ГФУ, доступных для использования в холодильном секторе, имеют более высокий ПГП, чем ГХФУ, которые они могли бы заменить. С другой стороны, использование веществ с низким ПГП, в частности углеводородов, влечет за собой появление проблемы безопасности.

Эти проблемы безопасности могут быть достаточно легко решены, однако это, в свою очередь, приведет к возрастанию капитальных затрат, подобным тем, которые возникают в секторе производства вспененных материалов. Дополнительно к этому возникает проблема обеспечения безопасности при монтаже и обслуживании оборудования.

Остается также неясным, когда и для каких применений появятся огнебезопасные низко-токсичные хладагенты с невысоким ПГП.

9.2 Сфера применения ГХФУ

На протяжении более 60 лет ГХФУ-22 был преобладающим хладагентом в малых, средних и больших системах кондиционирования, за исключением центробежных чиллеров. Почти все производственные мощности небольших бытовых кондиционеров сконцентрированы в относительно небольшом числе стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Согласно секретариату Многостороннего фонда Монреальского протокола, в 2008 г. предполагаемая доля потребления ГХФУ в холодильном секторе составляла более чем 97% от общего потребления ГХФУ в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Ожидаемое потребление ГХФУ в секторе охлаждения и воздушного кондиционирования (в/к) по каждому веществу (UNEP/OzL.Pro/ExCom/55/47, Приложение III)

Вещество	*Общее потребление (метрические тонны)*	*Потребление*	*Ожидаемое потребление в холодильном и секторе воздушного кондиционирования*	
			метрические тонны	*% от общего*
ГХФУ-22	247.200	Охлаждение и в/к, пеноматериалы	217.610	97,2
ГХФУ-123	3.700	Охлаждение и в/к	3.700	1,7
ГХФУ-142b	31.230	Охлаждение и в/к	1.640	0,4
ГХФУ-124	940	Пеноматериалы, охлаждение и в/к	940	0,7

9.3 Общие соображения

В случае ретрофита основными проблемами являются совместимость со смазочными маслами и температурный глайд хладагентов. В этих случаях смеси, используемые для замены ГХФУ-22 в новом оборудовании, не могут быть использованы.

Имеется широкий диапазон смесей, содержащих некоторое количество углеводородов, обычно пропана или бутана. Как правило, содержание углеводородов ограничивается, чтобы сохранить огнебезопасность хладагента по классификации A1, хотя даже небольшое содержание углеводородов (порядка несколько процентов) может значительно улучшить возврат масла в таких системах.

Внимание должно быть направлено на то, чтобы гарантировать совместимость рабочего давления хладагента со спецификацией оборудования и поддерживать существующую холодопроизводительность установки. Повышение холодопроизводительности может также вызывать определенные проблемы, так как в некоторых случаях комбинация увеличенной холодопроизводительности с низким коэффициентом полезного действия может привести к существенному увеличению токовой нагрузки в электродвигателе компрессора.

Большинство смесей, предназначенных для ретрофита ГХФУ-22, имеют существенный температурный глайд и поэтому не вполне подходят для использования в тех промышленных системах, где используются затопленные испарители. Это обстоятельство существенно ограничивает области применения ретрофита систем с ГХФУ-22 в промышленном холодильном секторе. Многие конечные потребители оборудования в этом секторе предпочитают эксплуатировать оборудование максимально долго, вплоть до его полной замены.

9.4 Выбор хладагентов для нового оборудования кондиционирования воздуха

Кондиционеры с воздушным охлаждением с холодопроизводительностью в диапазоне от 2 до 700 кВт, которые используются в жилом и коммерческом секторах для охлаждения или отопления (если они объединены с тепловыми насосами воздушного кондиционирования), представляют, вероятно,

самую распространенную область потребления ГХФУ-22 в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. Автономные кондиционеры превалируют как в категории установленного, так и вновь произведенного оборудования. Автономные воздушные кондиционеры представляют широкий спектр оборудования в категории систем класса «воздух-воздух».

Производство оконных кондиционеров

Комнатные кондиционеры (оконные, смонтированные в стене, передвижные) обычно имеют холодопроизводительность в диапазоне между 2 кВт и 10,5 кВт и содержат от 0,5 до 2 кг ГХФУ-22 (в среднем 0,75 кг). Эти устройства обычно производятся и заправляются на больших заводах с контролем качества и тестированием утечек, что гарантирует довольно низкий уровень утечек, порядка 2–3 % от начальной заправки ежегодно.

Бесканальные сплит-системы, мини-сплиты для одной комнаты и большие системы обычно имеют несколько внутренних испарителей/вентиляторов, соединенных с наружным блоком с холодопроизводительностью от 4 кВт и выше. Эти воздушные кондиционеры имеют среднюю заправку ГХФУ-22 в размере приблизительно 1,2 кг на систему. Эти системы обычно также производятся на больших заводах-производителях с соответствующим контролем качества и тестированием утечек. Однако эти системы устанавливаются на месте с использованием предварительно заправленных трубопроводов и соединений, что приводит к более высокой средней норме утечки для этих систем.

Сплит-канальные централизованные системы воздушного кондиционирования и тепловые насосы в жилом секторе состоят из компрессорно-конденсаторного агрегата (компрессор/теплообменник), установленного снаружи, который поставляет хладагент к одному или более внутренним теплообменникам, установленным внутри системы вентиляционных каналов здания. Холодопроизводительность таких систем находится обычно между 5 кВт и 18 кВт, и они содержат в среднем приблизительно 3,25 кг ГХФУ-22 на систему.

У корпусных систем класса «воздух-воздух» и сплит-систем для коммерческого кондиционирования воздуха, которые включают коммерческие крышные воздушные кондиционеры, диапазон холодопроизводительности может изменяться от 10 кВт до более, чем 350 кВт. Средняя заправка ГХФУ-22 составляет около 10,8 кг на систему, хотя заправка в значительной степени зависит от холодопроизводительности.

Обслуживание сплит-системы кондиционирования воздуха

Показательные нормы утечки для последних трех категорий сплит-систем в целом указаны в руководствах и соответствующей литературе как 4–5 % от номинальной заправки ежегодно, хотя неподтвержденные данные указывают на выбросы до 15 % или более. Более высокие нормы утечки связаны с особенностями монтажа в зданиях, например, из-за необходимости осуществления большого количества соединений. Длительность работы системы также играет важную роль в этом отношении.

Чиллеры – компактные системы охлаждения, разработанные для охлаждения воды или соляных растворов в целях кондиционирования воздуха или реже – для охлаждения в процессе производства товаров или химических веществ.

Холодная вода или соляной раствор распределяется между оборудованием кондиционирования воздуха посредством теплообменников, устанавливаемых в различных частях здания. Холодопроизводительность изменяется в диапазоне от 7 кВт для водо-охлаждаемых чиллеров, оборудованных поршневыми и спиральными компрессорами, до приблизительно 700 кВт и выше для чиллеров, которые обычно работают с центробежными компрессорами. Центробежные чиллеры не используют ГХФУ-22.

ГХФУ-22 использовался для производства фактически всех чиллеров с винтовыми, спиральными и поршневыми компрессорами. В то время как чиллеры, работающие с R-134a, R-407C и R-410A, используются в странах, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, пользователи в странах 5-й Статьи Монреальского протокола продолжают закупать чиллеры с ГХФУ-22.

Так как чиллеры обычно изготавливаются на больших заводах с высоким уровнем контроля качества и эксплуатируются в достаточно благоприятных условиях, срок их службы достигает нескольких десятилетий до момента замены.

Хотя для обслуживания и ремонта каждой отдельной системы требуется не очень большое количество ГХФУ-22, большое число имеющихся чиллеров и их долгий срок службы продлевают зависимость стран от поставок ГХФУ-22.

Варианты выбора хладагента

Обзор текущих предложений по воздушным кондиционерам указывает на то, что большинство не содержащих ГХФУ систем, рассматриваемых в настоящем разделе, используют смеси ГФУ в качестве хладагента или углеводородные хладагенты (портативные и малые устройства кондиционирования сплит-систем).

В числе рассматриваемых однокомпонентных хладагентов жизнеспособными вариантами считаются только R-134a, R-744 и R-290. Хотя R-134a и R-744 (CO_2) являются технически зрелыми вариантами, коммерциализация кондиционеров с воздушным охлаждением, работающих с R-134a или R-744, была очень ограничена.

Ниже приводится краткая информация о наиболее приемлемых заменителях ГХФУ-22 в воздушных кондиционерах.

Однокомпонентные хладагенты на основе ГФУ

Было исследовано несколько однокомпонентных хладагентов ГФУ для замены ГХФУ, используемых в настоящее время в кондиционерах с воздушным охлаждением. Однако ГФУ-134a остается единственным однокомпонентным ГФУ хладагентом, который отвечает требованиям для применения в этой категории оборудования.

ГФУ-134а не является прямым заместителем ГХФУ-22. Чтобы получить ту же самую холодопроизводительность, что и в системе с ГХФУ-22, производительность компрессора должна быть увеличена приблизительно на 40 % для компенсации меньшей объемной холодопроизводительности ГФУ-134а. Также необходимо осуществить существенную модернизацию оборудования для достижения эффективности и холодопроизводительности, эквивалентных системе с ГХФУ-22. Эта модернизация потребует установки теплообменников большего размера, увеличения диаметра трубопроводов подачи хладагента и повышения мощности двигателя компрессора.

Хотя ГФУ-134а является потенциальной заменой ГХФУ-22 в установках с воздушным охлаждением, он не нашел в них широкого применения, поскольку производители приступили к изготовлению систем кондиционирования с воздушным охлаждением меньшей стоимости, используя в них смеси ГФУ, такие как R-407C и R-410A. Преобладающее использование ГФУ-134а наблюдается в чиллерах с водяным охлаждением и в автомобильных кондиционерах. Представляется, что ГФУ-134а будет применяться в кондиционировании с воздушным охлаждением в ограниченных масштабах.

Смеси на основе ГФУ

Для замены ГХФУ-22 в установках воздушного кондиционирования было разработано значительное количество смесей на основе ГФУ. Предлагаются различные составы на основе ГФУ-32, ГФУ-125 и ГФУ-134а в качестве озонобезопасных заменителей ГХФУ-22. R-410A и R-407C являются наиболее широко используемыми смесями на основе ГФУ.

R-407C

R-407C – неазеотропная смесь трех газов ГФУ. Температурный глайд этой смеси – 4,9 °C. За исключением этого недостатка эта смесь эквивалентна ГХФУ-22. Рабочие испытания с R-407C показали, что в кондиционерах, спроектированных должным образом, этот хладагент будет иметь холодопроизводительность и эффективность, отличающиеся на ± 5 % от эквивалентных систем с ГХФУ-22. Сообщается, что в системах с ретрофитом отклонение от начальных характеристик системы с ГХФУ-22 превосходит номинальные величины по мере увеличения наружных температур воздуха.

Оборудование кондиционирования воздуха с R-407C в настоящее время широко используется в Европе, Японии и других частях Азии. R-407C также имеет некоторое ограниченное использование в США и Канаде, где применяется прежде всего в коммерческих установках.

Так как хладагент R-407C требует лишь весьма ограниченной модернизации существующих систем с ГХФУ-22, эта смесь использовалась в качестве переходного хладагента для оборудования, первоначально разработанного для ГХФУ-22. Это явление наблюдалось в тех странах, где переход осуществлялся быстрее, чем изготовление нового оборудования, спроектированного для ГФУ-410A (страны Европы и Япония).

R-407C также может быть привлекательной альтернативой для автономных систем большой холодопроизводительности (более 50 кВт), которые потребовали бы существенной доработки проекта и крупных капитальных инвестиций в оборудование с целью использования хладагента с более высоким рабочим давлением, таким как R-410A.

В Европе R-407C использовался в качестве доминирующей замены для ГХФУ-22 в кондиционерах с воздушным охлаждением. В Японии R-407C применялся прежде всего в установках большой холодопроизводительности, таких как бесканальные и мульти-сплит системы, а также в системах с переменным потоком хладагента (Variable Refrigerant Flow, VRF). Однако многие из этих продуктов теперь начинают переводить с R-407C на R-410A с целью получения улучшенной эксплуатационной надежности (пониженный глайд) и повышенной эффективности, что в результате дает уменьшение размера и сокращение стоимости оборудования.

R-410A	R-410A – двойная смесь, которая может заменить ГХФУ-22 в производстве нового оборудования. Эта около азеотропная смесь обладает небольшим температурным глайдом. Точка кипения R-410A приблизительно на 10 °C ниже, чем в случае с ГХФУ-22, но рабочие давления на 50 % выше, чем у ГХФУ-22. Кондиционеры с R-410A (до 175 кВт) в настоящее время коммерчески доступны в США, Азии и Европе. Значительная часть бесканальных кондиционеров продается в Японии и Европе, где R-410A теперь используется как предпочтительный хладагент. В США приблизительно 8 % канальных систем для жилых помещений в 2004 г. использовали R-410A как хладагент. После 1 января 2010 г. канальные кондиционеры, продаваемые для использования в жилом секторе в США, преимущественно используют R-410A в качестве альтернативы ГХФУ-22. Давления в системе с этой смесью приблизительно на 50 % процентов выше, чем в системах с ГХФУ-22. Конструкция системы адаптирована к более высоким рабочим давлениям R-410A путем утолщения стенок корпуса компрессора и, сосудов, работающих под давлением (ресиверы, фильтры-осушители и т.д.). Теплообменники и трубопроводы также должны соответствовать более высокому рабочему давлению.
R-417A	Этот хладагент состоит из двух хладагентов ГФУ с небольшим количеством R-600 (бутан). R-417A – неазеотропная смесь, имеющая температурный глайд, подобный R-407C. R-600 добавлен к смеси с целью обеспечения возможности использования стандартных нафтеновых минеральных и алкилбензольных масел. Этот хладагент был разработан прежде всего в качестве прямой альтернативы для ретрофита систем кондиционирования и холодильного оборудования с ГХФУ-22. Опубликованные данные по использованию этого хладагента в воздушном кондиционировании и в тепловых насосах показывают, что системы демонстрируют снижение коэффициента эффективности приблизительно на 12 % и холодопроизводительности на 20 %, по сравнению с системами с ГХФУ-22 в случаях, когда хладагент заправлялся в системы, первоначально разработанные для использования ГХФУ-22. Были предложены другие подобные смеси в качестве потенциальных сервисных хладагентов, такие как R-419A и R-422B.

Было осуществлено несколько попыток по поиску альтернативных R-407C и R-410A ГФУ с более низкими значениями ПГП. Потенциальное использование ГФУ-1234yf (1,1,1,2-тетрафторпентен, CF_3-CF=CH_2) и его смесей обсуждалось с 2007 г. ГФУ-1234yf имеет очень низкий потенциал глобального потепления (ПГП = 4), а его термодинамические свойства подобны ГФУ-134a. Этот хладагент имеет низкую токсичность и слабо огнеопасен. Его потенциал как альтернатива ГХФУ-22 нуждается в дальнейшем исследовании, поскольку это однокомпонентное соединение обладает более низкой, чем R-410A, эффективностью.

Масла для систем с R-407C и R-410A

Нафтеновые, основанные на минеральном масле, и алкилбензольные масла, обычно используемые в системах с ГХФУ-22, не смешиваются с хладагентами ГФУ. Значительное исследование было проведено для определения оптимальных смазочных комбинаций для систем с ГФУ.

Промышленностью рассматривались следующие категории смазочных материалов:
Полиолэфирные (синтетические) (ПОЭ);
Поливинилэфирные (синтетические) (ПВЭ);
Полиальфаолефинные (синтетические) (ПАО).

Из них ПОЭ – наиболее широко используемая смазка в системах с ГФУ хладагентами. Выбор смазки, которая будет использоваться с определенным ГФУ, проводится производителями компрессоров после всесторонних испытаний совместимости и надежности используемых материалов. Есть много практических недостатков в использовании масел ПОЭ. Они чрезвычайно гигроскопичны, что означает, что они очень легко поглощают воду из атмосферы. С этим необходимо бороться, поскольку

присутствие воды в холодильном контуре крайне нежелательно. Поэтому обращение с ПОЭ маслом требует особой тщательности. Системы должны быть вакуумированы и находиться в сухом и чистом состоянии перед заправкой хладагентом. Особое внимание должно уделяться хранению ПОЭ масел.

Новые смеси хладагентов

За последнее время на рынке появилось много смесей хладагентов для обслуживания существующих воздушных кондиционеров и тепловых насосов, использующих ГХФУ-22.

Они обычно состоят из двух или более компонентов ГФУ в сочетании с небольшим количеством какого-либо углеводородного хладагента. Добавление углеводородов предположительно позволяет этим смесям работать с существующим компрессором и смазочными материалами. Однако имеющаяся опубликованная информация относительно работы и надежности систем воздушного кондиционирования, использующих эти смеси, весьма ограничена. Необходимо накопить практический опыт для определения пригодности этих смесей для обслуживания, ретрофита или прямого замещения хладагентов.

Углеводородные хладагенты

Был проведен ряд рабочих сравнений R-290 (пропан) с ГХФУ-22. Результаты этих сравнений показали, что системы с R-290 имеют несколько более высокую эффективность, чем базовые системы с ГХФУ-22. Эти результаты получены в условиях прямого замещения хладагента, исключая системы с промежуточным хладоносителем. С точки зрения эффективности системы с R-290 более предпочтительны, чем с ГФУ и смесями ГФУ.

По сравнению с ГФУ, углеводородные хладагенты в целом требуют снижения дозы заправки в единицах массы (но не обязательно с точки зрения объема) в размере приблизительно 0,10–0,15 кг/кВт холодопроизводительности, они смешиваются с минеральными маслами (синтетические масла не требуются), работают при более низких температурах нагнетания компрессора и обладают улучшенной теплопередачей в силу более благоприятных термофизических свойств.

Главным образом негативные факторы применения углеводородных хладагентов в системах воздушного кондиционирования относятся к проблемам безопасности, обращению с хладагентом, технологии монтажа оборудования и требованиям к квалификации и навыкам обслуживающего персонала. Возможно, что потребуется также изменить конструкцию компрессоров, адаптируя их к другим физическим свойствам. Известно, что европейский и международный стандарты в целом ограничивают использование углеводородных хладагентов для видов применения, имеющих уровни заправки хладагента выше 1 кг. В системах с уровнями заправки хладагента ниже 150 г. текущие и будущие требования безопасности могут быть достаточно легко удовлетворены без чрезмерных затрат.

При проектировании новых систем кондиционирования с R-290 или другими огнеопасными хладагентами необходимо выполнять все существующие требования безопасности и нормативы. Эти требования могут существенно различаться в разных регионах мира. Технология монтажа и методы обслуживания оборудования должны быть скорректированы, чтобы исключить дополнительные риски для технического персонала, связанные с огнеопасными хладагентами.

В случае применения огнеопасных хладагентов важно иметь в виду требования относительно извлечения и регенерации хладагента. Хотя углеводородные хладагенты имеют минимальное

воздействие на окружающую среду, важно существует необходимость избирательного извлечения хладагентов во время обслуживания и в конце срока службы оборудования, чтобы обезопасить персонал, ответственный за утилизацию оборудования. Важно гарантировать применение адекватных процедур при извлечении и регенерации хладагентов для обеспечения безопасности, а также, чтобы исключить их смешивание.

Окончательное решение относительно рентабельности использования углеводородных хладагентов в кондиционерах с воздушным охлаждением будет зависеть от того, насколько дорогостоящими будут дополнительные затраты по обеспечению безопасности по сравнению со стоимостью разработки и производства оборудования, основанного на других озонобезопасных хладагентах.

Ряд исследований и практический опыт работы холодильного оборудования с углеводородными хладагентами подтверждают возможность его эксплуатации с использованием минеральных масел. Каталоги изготовителей компрессоров рекомендуют использовать минеральные масла и синтетические ПОЭ смазки в компрессорах с углеводородными хладагентами.

R-290 можно рассматривать как альтернативный хладагент для замены ГХФУ-22 в торговых автоматах.

Диоксид углерода (R-744)

Диоксид углерода (R-744) как хладагент обладает целым рядом преимуществ, таких как доступность, низкие токсичность и ПГП, цена.

Считается, что в кратко- и среднесрочной перспективе системы с R-744 станут более компактными, хотя и более дорогими, чем системы с ГХФУ-22.

К сожалению, эти положительные особенности нейтрализуются тем, что системы воздушного кондиционирования с R-744 могут иметь низкую энергоэффективность в режиме охлаждения и очень высокие рабочие давления.

Холодильный цикл R-744 отличается от парокомпрессионного цикла тем, что конденсатор заменен газовым теплообменником для охлаждения диоксида углерода после сжатия в компрессоре. Это объясняется тем, что R-744 не будет конденсироваться при типичных рабочих температурах кондиционирования, которые выше критической точки R-744.

Типичные рабочие давления в газовом охладителе для систем R-744 составляют 14.000 кПа. Имеется ряд противоречивых данных по работе систем воздушного кондиционирования с R-744. Некоторые из этих данных показывают существенное падение эффективности с R-744 в сравнении с ГХФУ-22, но в то же время другие публикации указывают на равную или более высокую эффективность.

Отсутствие на рынке коммерчески доступных воздушно-охлаждаемых кондиционеров с R-744 является индикатором текущего состояния этой технологии.

Существенным барьером к коммерциализации воздушных кондиционеров с R-744 остается ограниченная доступность совместимых компонентов, таких как компрессоры, теплообменники и устройства контроля потока хладагента.

При этом многие фирмы-изготовители компрессоров докладывают на конференциях и в научных журналах об активных программах разработки компрессоров на R-744.

Эффективность систем R-744 может быть улучшена путем оптимизации конструкции системы и использования экспандеров хладагента, различных теплообменников внутреннего цикла и противоточных теплообменников, которые позволят реализовать преимущества теплофизических свойств R-744.

Диоксид углерода становится все более популярным в Японии, особенно для нагревания воды (при использовании тепловых насосов), где CO_2 может применяться с высокой эффективностью.

Учитывая текущее состояние технологии и ограниченную коммерческую доступность компонентов, R-744, как ожидают, не будет играть существенную роль в замене ГХФУ-22 в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, по крайней мере в течение нескольких лет.

Чиллеры воздушного кондиционирования

ГХФУ-123 и ГФУ-134а продолжают оставаться самыми востребованными хладагентами для центробежных чиллеров.

Усовершенствование чиллеров успешно развивается в двух направлениях: повышение энергоэффективности и уменьшение выбросов хладагента. Повышение энергоэффективности стимулируется необходимостью решать проблемы глобального потепления и соответствовать новым, более жестким стандартам и нормативам в области энергопотребления, принятым многими Сторонами Монреальского протокола.

Уменьшение выбросов хладагента достигается путем совершенствования конструкции и методов обслуживания. Во многих странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, происходит замена (иногда называемая конверсией) чиллеров с ХФУ на более энергоэффективные с ГХФУ-123 или ГФУ-134а.

Главная причина замены состоит в снижении энергозатрат, так как современный средний чиллер потребляет на 35% меньше электроэнергии по сравнению со средним чиллером, изготовленным 20 лет назад.

Новые чиллеры используют спиральные компрессоры в диапазоне от 7 кВт до 350 кВт и винтовые компрессоры в диапазоне от 140 кВт и приблизительно до 2.200 кВт. Эти чиллеры преимущественно используют ГФУ-134а в качестве хладагента, но системы со спиральными компрессорами теперь начинают использовать и R-410A.

Важной тенденцией в ряде развитых стран является ускоряющийся переход от ГХФУ-22 к новым чиллерам воздушного и водяного охлаждения.

ГХФУ-22 не может использоваться в новых чиллерах, выпускаемых во многих странах, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, после 1 января 2010 г., и недавно произведенный чиллер с ГХФУ-22 не может обслуживаться в Европе после этой даты.

ГХФУ-22 все еще используется, прежде всего, в чиллерах с компрессорами прямого вытеснения, включающих поршневые, винтовые и спиральные компрессоры. Изготовители таких чиллеров перепроектировали свою продукцию с тем, чтобы использовать хладагенты ГФУ.

Чиллеры с холодопроизводительностью приблизительно до 350 кВт в основном перепроектируются на использование R-410A. Чиллеры с более высокой холодопроизводительностью перепроектируются на использование ГФУ-134а.

Смеси, содержащие ГФУ и небольшие количества углеводородов, теперь предлагаются для обслуживания оборудования с ГХФУ-22. Они включают R-407C и R-422D (смесь ГФУ и углеводородов).

Чиллер большой производительности

Аммиак и углеводороды могут также использоваться в чиллерах воздушного кондиционирования. Аммиак уже широко используется в некоторых странах 5-й Статьи Монреальского протокола. Оба этих хладагента имеют существенные проблемы безопасности, которые должны решаться принятием соответствующих нормативов и правил, регламентирующих практические методы обслуживания. Эти системы несколько отличаются от систем с воздушным охлаждением, так как хладагент обычно содержится в пределах помещения с контролируемой атмосферой, таких как машинное отделение, в то время как неопасный хладоноситель циркулирует в местах с присутствием людей.

В странах, где аммиак уже используется, этот хладагент мог бы обеспечить соответствующую альтернативу чиллерам с ГХФУ-22. Однако использование больших объемов аммиака в чиллерах потребует принятия новых нормативов в большинстве стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Обзор альтернатив для нового оборудования воздушного кондиционирования

Текущие тенденции указывают, что в ближайшей перспективе смеси ГФУ останутся наиболее вероятными кандидатами на замену ГХФУ-22 в больших системах кондиционирования с воздушным охлаждением в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Оборудование кондиционирования с воздушным охлаждением, использующее хладагенты ГФУ, уже коммерчески доступно в большинстве регионов мира, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Системы, использующие хладагенты ГФУ, также становятся коммерчески доступными в некоторых странах 5-й Статьи Монреальского протокола, прежде всего в виде экспортной продукции.

Углеводородные хладагенты могут использоваться как замена ГХФУ-22 в некоторых категориях холодильного оборудования, особенно в тех областях применения, где используется оборудование с весьма малой заправкой хладагента. Существуют международные и некоторые региональные стандарты, которые разрешают использование углеводородных хладагентов при очень низком уровне заправки. Однако разработчики оборудования должны в первую очередь ориентироваться на международные и региональные стандарты, а не на местные нормы или национальные стандарты.

Роль и место углеводородных хладагентов в конечном счете будет определяться затратами, необходимыми для решения проблем безопасности.

Если бы углеводородные системы могли быть такими же безопасными, как их аналоги с ГФУ, окончательное решение относительно их коммерческой жизнеспособности зависело бы

только от экономических факторов, потребительского спроса, правил техники безопасности и стандартов.

Проводятся широкие исследования систем с R-744. Эти исследования сосредоточены на разработке компонентов, средствах моделирования и проектировании систем. Однако они прежде всего сконцентрированы в областях разработки систем автомобильного кондиционирования и водонагревателей. Так, R-744 используется в автомобильных воздушных кондиционерах в гибридных автомобилях. В Японии использование R-744 в тепловых насосах для горячего водоснабжения становится весьма популярным из-за его высокой эффективности. Разработки систем воздушного кондиционирования с воздушным охлаждением на базе R-744 отстают от технологий с ГФУ на многие годы.

Фирмы DuPont и Honeywell недавно разработали хладагент для почти прямого замещения ГХФУ-22 под названием ГФО-1234yf, который позволяет автомобильным производителям соответствовать требованиям Европейского союза по снижению ПГП. Научно-исследовательская работа проводится в Японии с использованием этого соединения и другого подобного соединения ГФО-1234ze. Хотя оба этих хладагента умеренно огнеопасны, у них очень низкий ПГП (4 и 6, соответственно).

Необходимо проведение дальнейших исследований для установления пригодности этих хладагентов (техническая сторона, цена, доступность) в различных областях применения, особенно в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

9.5 Выбор хладагентов для существующего оборудования кондиционирования воздуха

После начала сокращения применения ГХФУ как в странах, не действующих в рамках 5-й Статьи, так и в странах 5-й Статьи Монреальского протокола все еще будет существовать необходимость обслуживания установленного холодильного оборудования до конца их полезного срока службы. Обслуживание этого оборудования можно разделить на три категории: обслуживание и ремонт, прямое замещение хладагента или его перезаправка и ретрофит.

Все три варианта будут важны для стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, потому что системы в этих странах часто ремонтируются несколько раз с целью удлинения срока их службы.

В странах, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, больше распространена замена оборудования, так как затраты, связанные с выполнением серьезного ремонта, могут часто превышать стоимость нового оборудования.

Ремонт в стадии обслуживания – это любой ремонт, который выполняется в соответствии с нормальными методами обслуживания и использованием нового, извлеченного или регенерированного хладагента.

Прямое замещение или перезаправка проводятся с заменой хладагента, но без замены масла.

Хладагенты, отвечающие этим требованиям, иногда упоминаются как сервисные хладагенты. В случаях, когда прямое замещение ГХФУ-22 другим хладагентом приводит к значительной потере холодопроизводительности или эффективности, ретрофит будет более приемлемым вариантом.

Ретрофит включает в себя как просто замену хладагента, масла и фильтра-осушителя (если требуется), так и более серьезный ремонт с заменой компрессора, хладагента, масла, осушителя, ТРВ и промывкой системы для удаления всего остаточного масла. Полный ретрофит может оказаться существенно более дорогостоящим, чем обслуживание или ремонт с прямым замещением или даже замена установки.

Хладагенты прямого замещения

Применение хладагентов прямого замещения не должно требовать никаких модификаций системы или только незначительной модификации системы, и, как минимум, система с новым хладагентом должна надежно функционировать с существующим нафтеновым, минеральным или синтетическим алкилбензольным маслом, используемым в исходном оборудовании. При этом система должна в основном обеспечивать ту же холодопроизводительность, что и с исходным хладагентом.

Несколько сервисных хладагентов были предложены как потенциальные хладагенты прямого замещения. До недавнего времени использование хладагентов прямого замещения не было достаточно хорошо документировано. Хотя в последнее время появляется все больше информации на основе анализа данных из практики.

Недавно была зарегистрирована смесь R-424a, которая претендует на использование в виде хладагента прямого замещения для ГХФУ-22. Проведен определенный анализ практического использования этого хладагента, и в настоящее время его испытания продолжаются.

Сравнительные данные смесевого хладагента R-424a

R-424A		*R-417A*		*R-422D*	
ГФУ-134a	47 %	ГФУ-134a	46,6 %	ГФУ-134a	31,5 %
ГФУ-125	50,5 %	ГФУ-125	50 %	ГФУ-125	65,1 %
Изобутан (R-600a)	0,9 %		3,4 %		3,4 %
Изопентан	0,6 %				
н-бутан	1 %				

Хладагенты для ретрофита

Хладагенты, которые требуют замены холодильного масла или компонентов системы, часто определяются как хладагенты для ретрофита. Применение хладагентов для ретрофита вероятно не будет экономически выгодно в тех случаях, когда требуется замена компрессора или теплообменников.

R-407C был признан как приемлемый хладагент для ретрофита систем с ГХФУ-22. Несмотря на некоторую потерю в холодопроизводительности и эффективности в некоторых регионах он широко используется как хладагент для ретрофита. Его холодопроизводительность весьма сходна с ГХФУ-22, но его применение требует заменены исходного нафтенового минерального или синтетического алкилбензольного масел. При ретрофите систем с ГХФУ-22 фильтры-осушители должны быть заменены на те, которые совместимы с R-407C.

Потребность и положение на рынке хладагентов прямого замещения и ретрофита в значительной степени будет определяться количеством установленного оборудования, работающего на

ГХФУ-22, графиком сокращения потребления ГХФУ, допустимым остаточным сроком эксплуатации, а также методами извлечения и регенерации хладагента на местах.

Термин «допустимый остаточный срок эксплуатации» применяется в этом контексте для определения отрезка времени между датой, когда было прекращено потребление хладагента для использования в новом оборудовании и датой, когда прекращается использование этого хладагента для целей обслуживания оборудования. Ожидается, что ретрофит и хладагенты прямого замещения будут важны для стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, из-за ограниченного капитала, доступного для производства новых систем на основе озонобезопасных хладагентов, вследствие более продолжительных сроков службы оборудования, а также из-за обычной практики продолжать техническое обслуживание вместо замены установки после серьезной неисправности.

Средний срок службы воздушных кондиционеров и тепловых насосов в странах, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, обычно составляет около 15 – 20 лет. Средний срок службы такого же оборудования в странах 5-й Статьи Монреальского прокола может быть более долгим. Следовательно, осуществление программ по извлечению и регенерации хладагентов наряду с использованием хладагентов прямого замещения и ретрофита в этих странах могут помочь уменьшить потребности в ГХФУ-22.

Коммерциализация хладагентов для проведения ретрофита должна продолжиться, потому что они будут пользоваться высоким спросом в странах 5-й Статьи Монреальского протокола.

Углеводороды как хладагенты прямого замещения

Известно, что R-290, R-270 и смесь R-290/ R-270 использовались в некоторых случаях для прямого замещения ГХФУ-22. Хотя эти хладагенты могут обеспечить близкие к ГХФУ-22 холодопроизводительность и эффективность, такая замена создает существенное беспокойство в отношении их безопасного использования из-за высокой огнеопасности этих хладагентов.

Если углеводороды рассматриваются для использования в качестве хладагентов, то необходимо строго соблюдать правила техники безопасности и правила их использования. Во многих случаях затраты на соблюдение этих требований могут быть слишком высокими, чтобы оправдать применение углеводородных хладагентов для прямого замещения ГХФУ-22.

9.6 Выбор хладагентов для нового торгового холодильного оборудования

Торговые холодильные системы представляют собой широкий спектр оборудования охлаждения. Три главных подсектора – это автономное оборудование, холодильные агрегаты и централизованные системы холодоснабжения для супермаркетов.

Производство торгового холодильного оборудования

Торговое холодильное оборудование в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, часто производится локально или в масштабах отдельного региона на предприятиях малого и среднего размера.

Автономное оборудование

Автономное оборудование состоит из жестко интегрированных компонентов. Переход к озонобезопасным хладагентам в этом оборудовании завершен в развитых странах, и использование этих систем также растет в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

ГФУ-134А	Доминирующий альтернативный хладагент в США, включая автономные охлаждаемые витрины, где заправка хладагента превышает 0,5 кг.
CO_2	Некоторые многонациональные компании продолжают переходить от технологий с высоким ПГП к технологиям с низким ПГП, таким как CO_2 и R-290 (пропан). Хотя наблюдалось некоторое потребление CO_2 в торговых автоматах, эта тенденция, видимо, не будет быстро расти из-за относительно высокой стоимости этого оборудования. Общее количество торговых автоматов, использующих CO_2, в 2007 г. оценивается приблизительно в 90.000 единиц. Важное преимущество цикла с CO_2 – его способность генерировать низкие и высокие температуры в той же самой установке, используя тот же самый термодинамический цикл.
R-600A (Изобутан)	Для малых торговых морозильников R-600a (изобутан) является предпочтительным хладагентом из-за его малой заправки, высокой производительности и низкого ПГП; он технически и экономически оправдан приблизительно для 80 % рынка торговых автоматов.

Холодильные агрегаты

Компрессорно-конденсаторные (холодильные) агрегаты применяются во многих мини-маркетах и продуктовых магазинах для охлаждения малой холодильной камеры и одной или более витрин. Холодопроизводительность таких агрегатов варьирует от 5 до 20 кВт и большинство холодильных агрегатов работают при температурах испарения в диапазоне между –10 и –15 °C. Несколько холодильных агрегатов (до 20), установленных параллельно на несущей раме, можно увидеть в машинных отделениях больших продовольственных магазинов.

Использование нескольких малых холодильных агрегатов безусловно уступает по энергоэффективности установке одной, специально спроектированной малой централизованной системе, но холодильные агрегаты выбираются по причинам менее высокой первоначальной инвестиционной стоимости, легкости монтажа и доступности для поставки крупными компаниями в виде, готовом для установки.

Существенный прогресс в проектировании торговых систем охлаждения мог бы дать анализ затрат в течение жизненного цикла оборудования, включая потребление энергии и затраты на обслуживание.

R-134a R-404A R-507A	В странах, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, для нового оборудования средней и низкой температуры очевидное предпочтение отдается использованию ГФУ-134а, особенно в системах с заправкой хладагента больше, чем 1 кг. R-404A и R-507A используются для замены ГХФУ-22, особенно в низкотемпературном охлаждении.
R-290 R-600a R-134a R-404A	В некоторых европейских странах на рынке имеются холодильные агрегаты, использующие углеводороды, но их доля составляет менее 5 %. ГХФУ-22 - все еще широко используемый хладагент в странах 5-й Статьи Монреальского протокола. Новые системы с ГФУ-134а и R-404A встречаются для некоторых видов применения.

R-422D	Этот хладагент разработан для ретрофита систем с ГХФУ-22 с прямым расширением, работающих в среднетемпературном режиме с потенциальным использованием также для низкотемпературных систем. Анализ конкретных примеров показывает его успешное использование в торговых системах супермаркетов и стационарных системах кондиционирования, включая водоохлаждаемые системы. Ретрофит среднетемпературного оборудования с ГХФУ-22 проводится с использованием R-422D в широком масштабе в Европе, что инициировано прекращением в 2010 г. использования ГХФУ-22 для сервисного обслуживания.

Централизованные системы

Централизованные системы холодоснабжения подобны холодильным агрегатам за исключением того, что одна система часто включает в себя несколько компрессоров, которые параллельно обслуживают комплексы холодильного оборудования при различных температурных режимах. Такие системы имеют тенденцию к использованию в супермаркетах для снижения потребления энергии и увеличения запаса мощности. Размеры централизованных систем могут варьировать в зависимости от холодопроизводительности приблизительно от 20 кВт до более чем 1 МВт.

R-134a R-404A R-422D	ГХФУ-22 все еще является наиболее используемым хладагентом. Альтернативные хладагенты для централизованных систем – те же самые, как и для холодильных агрегатов. Однако в этих системах чаще происходят утечки, приводящие к значительным выбросам хладагента. Предпринимаются серьезные усилия для снижения уровней утечек путем использования двухступенчатых систем со вторичным хладоносителем, также как и для распределенных систем.
R-290 R-600a	В Европе для низкотемпературных режимов хладагент CO_2 используется в двухступенчатых системах, а также в низкотемпературных контурах каскадных систем. В таких системах R-404A, R-717 (аммиак) или R-290 могут использоваться в первичном каскаде. Первичный хладагент содержится в более компактном холодильном контуре. Это не только позволяет использовать огнеопасные хладагенты, но и уменьшает заправку первичного хладагента. Таким путем заправка в этих системах уменьшается на 30–40 %, что также приводит к пониженным уровням выбросов хладагента.
CO_2 R-404A Гибрид	Европейские компании предлагают гибриды между одно- и двухступенчатыми системами. В этом случае CO_2 используется как хладагент в низкотемпературном контуре с температурой испарения приблизительно –35 °C и температурой конденсации –12 °C с давлением в трубопроводах и компонентах, не превышающим 2,5 МПа. Тепло конденсации этого низкотемпературного контура с CO_2 удаляется жидким теплоносителем в среднетемпературном контуре. Таким образом, тепло, генерируемое в контуре с CO_2, поступает в среднетемпературный контур и затем выбрасывается наружу среднетемпературной компрессионной холодильной системой. Эта концепция использовалась в очень больших супермаркетах и, как утверждают, покрывает те же самые начальные затраты, как прямые системы с R-404A, потому что заправка R-404A в этом случае уменьшается с 1,5 тонн до менее чем 250 кг. Системы с R-404A работают в больших супермаркетах с использованием этой гибридной технологии.

Количество ретрофита с применением ГФУ увеличилось в США с конца 2007 г., но все еще представляет относительно малый процент от общего числа установленного оборудования.

ГХФУ-22 остается доминирующим хладагентом в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, как в новом оборудовании, так и для сервиса.

В Европе и Японии хладагенты ГФУ являются предпочтительными для использования в новом оборудовании. Европейские нормативные правовые акты в отношении фторсодержащих газов

(F-газов) строго регулируют утечки хладагента, однако в странах, не относящихся к североевропейскому региону, нормы выбросов от оборудования оцениваются в 15–20 % от величины полной заправки ежегодно.

Выбросы хладагента являются самыми низкими в супермаркетах и самыми высокими в гипермаркетах.

9.7 Выбор хладагентов для существующего торгового холодильного оборудования

ГХФУ использовались и для нового оборудования и для ретрофита оборудования с ХФУ-12. Для систем охлаждения с длительным сроком службы (до 15 лет и больше) переходные смеси на основе ГФУ, такие как R-413A использовались для ретрофита среднетемпературных систем с ХФУ-12, а R-417A или R-422B для ретрофита низкотемпературных систем с R-502 и даже ГХФУ-22.

Автономное оборудование и холодильные агрегаты

Имеются три варианта эксплуатации оборудования в зависимости от ожидаемых затрат и остаточного срока службы оборудования:

- Избавление от старого оборудования и покупка нового оборудования с озонобезопасным хладагентом;
- Ремонт и перезаправка тем же хладагентом;
- Ремонт и заправка озонобезопасным хладагентом.

Более детально эти варианты описаны в главе 10.

Централизованные системы

В развитых странах оборудование частично или полностью обновляется каждые 7–10 лет, в зависимости от страны. В странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, срок службы оборудования значительно больше – от 15 до 25 лет и, таким образом, применение ретрофита позволяет избежать затрат на замену системы охлаждения.

Технически возможно перейти от ГХФУ-22 к использованию хорошо известных и новых смесей на основе ГФУ хладагентов. Первоначально R-404A или R-407C были разработаны и применялись в случаях, когда остаточная стоимостная ценность системы охлаждения превышала стоимость ретрофита (замена хладагента, холодильного масла и промывка системы охлаждения).

При таком ретрофите потери энергоэффективности составляют 5–10 % из-за различия в термодинамических свойствах альтернативных хладагентов по сравнению с ГХФУ-22.

Новые ГФУ смеси R-417A и R-422B были специально разработаны для проведения ретрофита систем с ГХФУ-22 без замены холодильного масла, но с возможными потерями холодопроизводительности.

Несколько новых смесей хладагентов выходят на рынок по мере того, как ускоряется сокращение потребления ГХФУ-22. Недавно зарегистрированный хладагент R-424a, который также претендует быть хладагентом прямого замещения, подобен R-417A, но с более высокой холодопроизводительностью. Этот хладагент дополнительно содержит комбинацию изопентана, бутана и изобутана, которая обеспечивает улучшенный возврат масла в компрессор, оставаясь при этом неогнеопасным.

Специфические проблемы в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола

Во многих странах 5-й Статьи Монреальского протокола даже в больших супермаркетах предпочитают использовать автономные холодильные устройства, а не охлаждаемые модули, напрямую связанные с централизованной системой холодоснабжения. Очевидный недостаток автономных устройств в том, что они выбрасывают все тепло внутри торгового помещения. В этом случае необходимо устанавливать систему кондиционирования воздуха с тем, чтобы поглотить это дополнительное тепло. В противном случае температура в супермаркете может достигнуть очень высоких показателей (выше 30 °C и иногда выше 40 °C), что приведет к потере холодопроизводительности автономных секций. Более того, полная энергоэффективность супермаркетов, использующих автономные секции, низка, потому что энергоэффективность малых компрессоров ниже, чем подобных компрессоров среднего и большего размера.

Это же касается холодильных агрегатов, когда эти устройства заменяют большие компрессоры. Некоторые супермаркеты в странах 5-й Статьи Монреальского протокола используют несколько холодильных агрегатов, установленных параллельно, чтобы охлаждать серию витрин. Таким образом, можно обнаружить стойки с тремя – четырьмя компрессорами необходимой мощности вместо стойки с 20-ю или более холодильными агрегатами.

Предпочтение отдается такому неэффективному способу из-за низкой инвестиционной стоимости и вследствие широкого наличия холодильных агрегатов. Более того, эти холодильные агрегаты производятся большими партиями в самих странах 5-й Статьи Монреальского протокола, что позволяет избегать импорта больших компрессоров. Энергопотери из-за использования холодильных агрегатов составляют до 30–50 % по сравнению с эффективностью больших компрессоров.

Модернизация оборудования и его обслуживание в странах 5-й Статьи Монреальского протокола

Ретрофит торгового холодильного оборудования представляет с точки зрения экономии затрат особый интерес в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. Для проведения надежного ретрофита необходимо соответствующее обучение сервисных техников. Для многих сервисных компаний знания и оборудование не всегда доступны в тех странах, в которых они больше всего необходимы.

Ретрофит требует замены холодильного масла и выполнения многих технических требований. Необходимо тщательно подбирать фильтр-осушитель и, что еще более важно, необходимо грамотно определять пригодность новых полиэфирных масел.

В странах 5-й Статьи Монреальского протокола многие сервисные компании все еще испытывают недостаток в адекватном наборе сервисного оборудования и инструментов, таких как: установки для извлечения и регенерации хладагента, соединительные шланги, баллоны

для хранения регенерированного хладагента, вакуумные насосы и точные весы. Все это оборудование необходимо, чтобы выполнить надлежащее извлечение хладагента, вакуумирование системы, промывку маслом, замену масла и аккуратную заправку новым хладагентом.

9.8 Выбор хладагентов для новых промышленных систем охлаждения

Промышленное охлаждение включает в себя: охлаждение при проведении технологических процессов, холодильное хранение и пищевую промышленность. Аммиак и ГХФУ-22 являются наиболее используемыми хладагентами.

В Европе оказывается давление на пользователей ГХФУ-22 в промышленном охлаждении, но все еще нет универсально признанных хладагентов прямого замещения для больших систем охлаждения с затопленными испарителями. Многие пользователи заменили старые холодильные установки новыми системами, использующими аммиак или, в некоторых случаях, каскадными системами аммиак/диоксид углерода. Но ситуация, сложившаяся в начале 2010 г., когда вступил в силу запрет на поставку недавно произведенного ГХФУ-22 для обслуживания, свидетельствует о том, что все еще имеется значительное количество пользователей с установками на ГХФУ-22.

Продолжается рост в использовании CO_2 в промышленных системах в очень широком диапазоне применений, включая плиточные морозильники, скороморозильные аппараты, холодильные камеры, катки, холодильные хранилища, охлаждение в сфере информационных технологий и тепловые насосы.

Также продолжается рост в применении тепловых насосов, в особенности в интегрированных системах, которые используют тепло холодильных установок. Единый, универсально предпочтительный подход при этом отсутствует. Аммиачные системы имеют большое распространение. Растет также популярность систем на основе CO_2. Освоение этих технологий все еще ограничено доступностью оборудования, в особенности аммиачных компрессоров с высоким давлением и компрессоров для CO_2 с еще более высоким давлением.

Продолжают быстро развиваться технологии низкотемпературных применений с CO_2, которые используют его как жидкий хладоноситель и как хладагент.

В США, Японии и Европе CO_2 используется в новых малых и больших системах с холодопроизводительностью до 5 МВт. Благодаря финансовым субсидиям в Нидерландах продолжают устанавливать много новых систем с CO_2.

Использование систем с вторичным хладоносителем увеличивается, что является способом уменьшить количества аммиака, необходимого для заправки системы. В США, Японии и Европе продолжаются исследования по использованию CO_2 как хладагента и по смазочным материалам, совместимым с CO_2. Новые разработки компрессора для CO_2 были уже внедрены в промышленное производство в 2004–2006 гг.

Выполняется ретрофит систем с ГХФУ-22 для использования CO_2, или систем с циркуляцией солевого раствора, особенно в холодильном секторе. Использование оборудования с малыми заправками NH_3 устойчиво увеличивается и теперь стабильно расширяется в промышленных системах охлаждения.

В странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, использование ГХФУ-22 стабилизировалось или немного увеличилось в этом секторе. Однако некоторый интерес к озонобезопасным технологиям теперь также проявляется и в этих странах.

Там, где новое оборудование разрабатывается для проектов чистого производства или для восстановления существующих зданий у проектировщика имеется широкий диапазон выбора хладагента. Решение обычно основано на величине капитальных затрат, хотя рассматриваются и другие факторы, такие как: эксплуатационные расходы, стоимость обслуживания, вероятность утечки хладагента, здоровье и вопросы безопасности, а в некоторых конкретных случаях, легкость монтажа. Эти проблемы обсуждаются в следующих параграфах.

R-717 (аммиак)

R-717 использовался как хладагент для охлаждения в промышленных процессах с 1872 г. и является предпочтительным для крупных установок в большинстве частей мира. Он очень ядовит в относительно маленьких концентрациях, но имеет отличительный, резкий запах, который ощущается на уровнях значительно ниже опасной концентрации, в результате чего вероятность случаев со смертельным исходом или тяжелым отравлением при эксплуатации систем с R-717 чрезвычайно низка. Он огнеопасен в относительно высоких концентрациях и, таким образом, определенные меры по обеспечению безопасности должны быть включены для промышленных систем, но практически возможность возгорания R-717 не вызывает особой обеспокоенности.

Продукты сгорания аммиака – азот и вода. Таким образом, возможность осложнений для безопасности в случае пожара в главном здании очень низка. В США и Канаде аммиак оставался предпочтительным хладагентом в пищевой и перерабатывающей отраслях промышленности в течение последних 50 лет и установки с ним являются типично большими с заправками в пределах от 5 до 100 тонн.

В промышленности в США и Канаде действуют жесткие нормативы и, хотя часто сообщают о малых утечках R-717, случаи со смертельным исходом или тяжелым отравлением относительно редки. Например, Совет по безопасности в химической промышленности США (СБХП) сообщает, что инциденты с R-717 составляют 11 % от всех несанкционированных выбросов химических веществ, о которых сообщают в США – в среднем один выброс в каждые пять дней, но было только четыре несчастных случая в десятилетний период с 1994 до 2004 гг.

Это сравнивается с более чем 800 смертельными случаями от удара молнии в США в тот же самый период времени. В Европе R-717 широко использовался в промышленном охлаждении в Великобритании и Германии, но его применение более жестко регулировалось во Франции, Бельгии, Нидерландах и Италии, где он менее распространен.

R-717 является наиболее широко принятой альтернативой ГФУ для больших систем в Скандинавии главным образом в результате ограничений и налогообложения на парниковые газы. R-717 менее широко используется в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, где он был заменен ХФУ с 1970 г., и совсем недавно ХФУ были заменены ГХФУ в меньших системах. Существует вероятность, что аммиак будет предпочтительной заменой для этих систем, когда потребление ГХФУ будет прекращено в этих странах, хотя, чтобы осуществить такую замену, потребуется принятие соответствующего законодательства и обучение подрядчиков и конечных пользователей.

В Европе смесь R-717 и HE-E170 (диметилэфир) использовалась в некоторых применениях, чтобы улучшить возврат смазки в малых чиллерах прямого расширения. Он был также предложен как

хладагент для высокотемпературных тепловых насосов, поскольку это позволило бы иметь немного более высокие температуры конденсации в существующем оборудовании. Эта жидкость иногда обозначается как R-723, но она не была представлена для включения в ASHRAE 34 или ISO 817. Если бы эта смесь была классифицирована, она скорее всего была бы причислена к группе безопасности B3, что ограничило бы ее применение и ей не был бы предоставлен номер хладагента в 700 ряду

ГФУ

ГФУ были введены как замена для ХФУ в конце 1980-х гг., но они не были приняты для широкого использования в промышленных системах. Капитальные затраты на общее количество хладагента и стоимость холодильных масел неприемлемо высоки для больших промышленных систем. Практический опыт показывает, что интенсивность утечек хладагента в менее крупных системах с этими хладагентами была достаточно высока и поэтому была бы неприемлема в промышленных системах. Исключение представляют большие центробежные чиллеры, где ГФУ-134а широко применяется, хотя эти устройства не используются в промышленных системах.

В небольших холодильных камерах и морозильниках R-404A и R-507A использовались для коммерческого применения обычно с полугерметичными компрессорами и холодильными агрегатами.

Хотя R-410A имеет превосходные характеристики для использования при низкой температуре, он редко использовался в промышленных системах, возможно из-за относительно высокой цены хладагента.

Для промышленной системы охлаждения стоимость заправки хладагента будет составлять около 5–10 % от общей стоимости системы. Финансовый риск, связанный с потерей заправки, является неприемлемо высоким для подрядчиков и конечных пользователей.

R-744 (диоксид углерода)

В ситуациях, когда использование системы с R-717 (аммиак) невозможно или последствия утечек являются неприемлемыми, R-744 может использоваться в комбинации с установкой с R-717, чтобы снизить объем заправки R-717 и уменьшить последствия утечки. Впервые R-744 был использован в качестве хладагента в 1867 г. и стал очень популярным к концу девятнадцатого столетия, особенно для охлаждения в морском флоте, где он был предпочтительнее, чем R-717 из-за большей безопасности. Он утратил свою привлекательность в середине двадцатого века, когда системы охлаждения переходили от охлаждения конденсаторов речной водой и атмосферных конденсаторов на конденсаторы с принудительным испарением и конденсаторы, охлаждаемые воздухом, работающие при более высоких давлениях нагнетания. Это сделало R-744 очень неэффективным по сравнению с R-717.

R-744 завоевал расположение в конце двадцатого века как альтернатива аммиаку, будучи более безопасным в применении и как альтернатива ГФУ с учетом низкой стоимости и лучших эксплуатационных качеств. Он особенно хорошо подходит для морозильных систем низкой температуры, где высокое рабочее давление заставляет уменьшать диаметр трубопроводов и размеры компрессора, делая оборудование экономичным для установки и обслуживания. Работа испарителя плиточных морозильников значительно лучше с R-744, чем с любым другим хладагентом, делая его более предпочтительным для установок такого типа.

R-744 также успешно использовался в холодильных камерах и холодильных хранилищах, хотя его выгоды менее заметны в этих видах применения. Сообщается, что по сравнению с прямыми

системами R-717, установка системы с R-744 приблизительно на 5 % дешевле и имеет почти такие же эксплуатационные расходы. Другое исследование показало, что по сравнению с системами R-717/гликоль для холодильных хранилищ установка вторичной системы с R-744 оказалась приблизительно только на 1 % дешевле, чем система с гликолем, но на 15 % дешевле в эксплуатации.

Сравнение не является однозначным в этих случаях, потому что оно зависит от принятой спецификации для каждой системы. В случаях, упомянутых здесь, в первой системе использовалось электрическое размораживание, что более дешево для установки, но более дорого в эксплуатации. Во второй системе использовалось размораживание горячим газом. Стоимость такой системы выше, но эксплуатационные расходы значительно ниже. Если установка вторичной системы рассматривается с целью уменьшения заправки R-717, тогда система с R-744 окажется более рентабельной альтернативой, чем система с гликолем.

В настоящее время системы с хладагентом R-744 устанавливаются для высоко-температурных применений. Один из примеров – охлаждение сверхкомпактных серверов компьютеров в информационных центрах, где R-744 является безопасной альтернативой воде в применениях с высокой тепловой нагрузкой и где воздушное охлаждение не достаточно.

Вода

О чиллерах, использующих сжатый водяной пар, иногда сообщали в течение прошедших десяти лет и часто в связи с реализацией крупных промышленных проектов, поскольку размер оборудования – главное препятствие к использованию таких чиллеров для охлаждения в зданиях.

Типовая холодопроизводительность чиллеров составляет от 1 МВт до 6 МВт. Промышленные проекты были узконаправленными и разработанная в их рамках технология, по-видимому, оказалась не приемлемой для более общего использования в пищевой промышленности или на предприятиях по переработке продуктов питания.

Эти системы могут быть приспособлены для производства водного льда и водоледяной суспензии, которые могут использоваться в качестве хладоносителей в холодильных установках, но они не способны к работе при более низких температурах, требуемых для большинства промышленных применений.

9.9 Выбор для существующих промышленных систем

За последние 20 лет был достигнут существенный прогресс в разработке хладагентов, заменяющих ХФУ и ГХФУ. В дополнение к этим гидрофторуглеродным альтернативам сообщалось также о нескольких случаях замены ГХФУ-22 на R-717 или R-744. Реализация таких проектов требуют специфической оценки совместимости материалов, давления в системе и пригодности оборудования, в связи с чем использование R-717 или R-744 для целей замены не может рассматриваться в качестве универсального подхода.

В случае рассмотрения возможности ретрофита особое внимание должно уделяться совместимости холодильного масла и температурному глайду, поэтому смеси, используемые для замены ГХФУ-22, не всегда пригодны для нового оборудования.

Существует широкий спектр смесей, содержащих небольшое количество углеводородов, обычно пропана или бутана. Содержание углеводородов обычно ограничивается, чтобы гарантировать

классификацию безопасности на уровне A1, но даже их небольшое процентное содержание может значительно улучшить возврат масла в этих системах.

Необходимо обращать внимание на совместимость рабочего давления хладагента с расчетным давлением системы, а также на необходимость поддерживать холодопроизводительность на оптимальном уровне. Повышение холодопроизводительности может вызывать проблемы. В некоторых случаях комбинация повышенной холодопроизводительности с пониженным холодильным коэффициентом системы может привести к пиковым токовым нагрузкам в электромоторе компрессора.

Большинство смесей, разработанных для ретрофита систем с ГХФУ-22, имеют существенный температурный глайд, в связи с чем они не очень подходят для использования в промышленных системах с затопленными испарителями. Это существенно ограничивает возможности для проведения ретрофита систем с ГХФУ-22 в секторе промышленного охлаждения для многих конечных потребителей, решивших сохранить имеющееся у них оборудование максимально долго до окончательной замены на новое оборудование.

9.10 Транспортные системы охлаждения

Транспортное охлаждение включает транспортировку охлажденных или замороженных продуктов судами-рефрижераторами, рефрижераторными контейнерами, железнодорожными вагонами-рефрижераторами и автодорожным транспортом (охлаждаемые трейлеры, дизельные и малые грузовые авомобили и фургоны). Оно также охватывает использование охлаждения и кондиционирования воздуха на торговых судах водоизмещением свыше 300 т и кондиционирование воздуха в железнодорожных вагонах.

Этот сектор постепенно переходит на ГФУ-134a, R-404A или R-507A и в более редких случаях – на R-407C и R-410A. Использование R-410A, как ожидается, увеличится в охлаждаемых грузовиках и трейлерах.

Диоксид углерода используется в транспортных системах все еще только на экспериментальной основе. Углеводородные хладагенты могли бы быть будущей альтернативой для грузовиков и трейлеров, но они не будут рассматриваться для охлаждаемых контейнеров, потому что они часто транспортируются ниже уровня палубы судна.

Аммиак стал чаще использоваться для охлаждения на борту судов, и также в нескольких случаях он был применен для кондиционирования воздуха.

Новые смеси и новые хладагенты, проходящие испытания в экспериментальных авомобильных системах кондиционирования, не рассматриваются в транспортном секторе охлаждения.

Текущие задачи в транспортном секторе охлаждения следующие: снижение заправки хладагента и повышение эффективности использования энергии.

Конденсаторы с водяным охлаждением для морских контейнеров в настоящее время составляют около 85 % парка одной основной компании контейнерных перевозок, что существенно уменьшило потребление энергии и сократило необходимое подпалубное пространство на судах.

В целом, системы с ГФУ-134a обеспечивают более высокую энергоэффективность в среднетемпературном диапазоне, чем R-404A, но требуют более мощных компрессоров и линий всасывания большего диаметра.

Системы с R-410A также достигают более высокой энергоэффективности, чем R-404A, при одновременном сокращении размера оборудования. В настоящее время предстоит решить задачу оптимального использования сбрасываемой теплоты в различных процессах для снижения суммарных выбросов диоксида углерода на судах.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Руководящие принципы по использованию углеводородных хладагентов в стационарных холодильных и системах воздушного кондиционирования ISBN 1 872719 13 9	Промышленный совет по охлаждению и воздушному кондиционированию (ПСОВК)
Системы охлаждения и тепловые насосы – безопасность и требования окружающей среды – Часть 4: Работа, обслуживание, ремонт и извлечение хладагентов ISO TC 86/SC 1 N 176, Date: 2006-04-03, ISO/CD 5149-4, ISO TC 86/SC 1	Американский национальный институт стандартов
Глобальный сравнительный анализ ГФУ и альтернативных технологий по охлаждению, воздушному кондиционированию, вспенивателям, растворителям, аэрозольным пропеллентам и средствам огнегашения, ссылка 49648	Arthur D. Little Inc.
Отчет по хладагентам, 13-я Редакция – A 501-13	Bitzer Int.
Сетевой проект углеродного фонда: Руководство № 4 по холодильной эффективности в пищевой промышленности: Регулирующие меры по сокращению потребления ГХФУ-22 и фторсодержащих газов	Углеродный фонд
CTV002 Обзор технологии охлаждения: Введение энергосберегающих возможностей для бизнеса	Углеродный фонд
Последствия ускоренного сокращения потребления ГХФУ для промышленного охлаждения и воздушного кондиционирования в Китае: Опыт США, Mack McFarland, Ph.D.	Симпозиум китайской ассоциации по охлаждению и кондиционированию воздуха, DuPont
Охлаждение и кондиционирование воздуха. Сокращение потребления ХФУ и ГХФУ: информация по альтернативам и руководящие принципы для пользователей	Департамент торговли и промышленности (ДТП), Правительство Объединенного Королевства
Улучшенная энергоэффективность в результате ретрофита домашних холодильников с заменой ГФУ-134a на углеводородную смесь прямого замещения (R-290/R-600a): M.Mohanraj, S. Jayaraj and C. Muraleedharan	Департамент технологии машиностроения, Национальный технологический институт Calicut-673601, Kerala, India
DuPont DP-1 Глобальная оценка ВКЖЦ, Конференция международного энергетического агентства, 23–24 октября 2006 г., Mary Koban, главный специалист технической службы Дюпон Фторпродукты	DuPont
Сдерживание распространения, повторное использование и ретрофит ГХФУ, Джон Эллис, F.Inst.R.,F.I.Diag.E, LCG	Эллис обучение и консультирование, ООО
Техническое совещание по сокращению потребления ГХФУ, 5–6 апреля 2008 г., Монреаль, Канада, протокол совещания	Европейская комиссия/ICF
Сравнительная эффективность хладагентов и последствия выбросов парниковых газов от чиллеров, James M. Calm	Четвертый Международный симпозиум по парниковым газам, не являющимся диоксидом углерода (NCGG-4), Утрехт, Нидерланды, 4–6 июля 2005 г.

Название справочного документа	Источник
Охлаждение и устойчивое развитие: современное состояние – Отчет 2007 г. – 20-я годовщина Монреальского протокола, 10-я годовщина Киотского протокола	Международный институт холода (МИХ)
Безвредные для климата и другие альтернативные хладагенты: Новые оценки устойчивости, Akira Sekiya	Национальный институт передовых технических наук и технологии, Япония
Энергетика и последствия глобального потепления – не типовые заменители и альтернативы нового поколения ГФУ и ГХФУ S. K. Fischer, J. J. Tomlinson, P. J. Hughes	Национальная лаборатория Oak Ridge, США
Варианты и последствия замены ГХФУ естественными хладагентами в Китае, Dr. Daniel Colbourne и соавторы: Dr. Volkmar Hasse, Jürgen Usinger, Dr. Thomas Grammig, GTZ Proklima	Симпозиум по сокращению и технологии ОРВ, разработка заменителей ГХФУ, 7–8 декабря 2007 г., Пекин
Руководство по выбору хладагента в индустрии воздушного кондиционирования и охлаждения – 2003, Подготовлено: C.A. Lommers, Dip.Mech.Eng., F.Airah, M.Ashrae, ISBN 0-949436-41-0	Австралийский институт охлаждения, воздушного кондиционирования и теплотехники Inc., (АИОВТ)
Группа экспертов по технологической и экономической оценке: Отклик на решение XVIII/12, Отчет специальной комиссии по проблемам ГХФУ (Особое внимание воздействию Механизма чистого развития) и позитивные последствия уменьшения выбросов вследствие ускоренного сокращения потребления ГХФУ и других практических мер, август 2007 г.	ЮНЕП
Отчет группы экспертов по технологической и экономической оценке, май 2008 г., Том 1, Отчет о ходе работ	ЮНЕП/ГТОЭО
Отчет по охлаждению, воздушному кондиционированию и тепловым насосам, Комитет по техническим вариантам, 2006 г. Оценка, ISBN 978-92-807-2822-4	ЮНЕП/ГТОЭО
Аспекты замены ГХФУ в холодильных системах и оборудовании воздушного кондиционирования, Lambert Kuijpers, Co-Chair UNEP TEAP	ЮНИДО, Семинар по альтернативам ГХФУ, Вена, 18–20 февраля 2008 г.
Замена ГХФУ на ГФУ, НВВК перспективы производителей, Carol Marriott	ЮНИДО, Семинар по альтернативам ГХФУ, Вена, 18–20 февраля 2008 г.
Холодильные технологии, работа без ГХФУ и ГФУ, Презентация Janos Maté, Гринпис	ЮНИДО, Семинар по альтернативам ГХФУ, Вена, 18–20 февраля 2008 г.
Подходы к сокращению потребления ГХФУ, Отдел стратегии по охране озонового слоя МЭТП (Министерство экономики, торговли и промышленности) Sahi Research Center, Shinichiro MIKI	ЮНИДО, Семинар по альтернативам ГХФУ, Вена, 18–20 февраля 2008 г.
Агентство по охране окружающей среды; Отдел выполнения, Описание проекта в каучуковой промышленности и производстве пластмасс, 2-я Редакция, Главы I, II, и III, февраль 2005 г.	EPA, США
Смеси хладагентов, Steven R. Szymurski, Директор отдела исследований, Институт охлаждения и воздушного кондиционирования	Всемирный банк, 9-й ежегодный семинар для финансовых агентов, 1 апреля 2005 г.
Последствия сокращения потребления ГХФУ для чиллеров прямого расширения – периодическое издание	York International
Последствия сокращения потребления ГХФУ для чиллеров прямого расширения – периодическое издание	York International

10. Рациональные методы обслуживания холодильного оборудования

10.1 Введение

На период сокращения потребления хладагентов ГХФУ будет необходимо обеспечить продолжение использования существующего оборудования при одновременном снижении выбросов хладагентов в атмосферу.

У каждого типа оборудования или установки есть свои характеристики с точки зрения «потребления» хладагента. Случайные выбросы, потеря герметичности, разрывы, потери во время обслуживания и отсутствие системы извлечения и утилизации хладагента в конце срока службы не одинаковы для каждого вида оборудования.

Уровни выбросов будут отличаться для каждой системы. Некоторые установки могут потреблять хладагенты в количествах, в несколько раз превышающих их начальную заправку в течение своего срока службы, а другие системы могут иметь утечки близкие к нулю.

Часто первым шагом на пути сокращения утечек ГХФУ в действующем оборудовании является регулярная и тщательная проверка утечек, привлечение к проверкам обученного персонала и применение чувствительной аппаратуры.

Также очень важно организовать адекватное техническое обслуживание системы: необходимо обеспечивать предусмотренные техническим регламентом давления конденсации и испарения, а также следить за тем, чтобы все трубопроводы были надежно закреплены для исключения вибрации.

Вторым шагом должна быть замена хладагента в системе на хладагент с нулевым ПГП. Для этого существует два варианта:

- Замена хладагента ГХФУ хладагентом прямого замещения с использованием существующего холодильного масла и компонентов. Такая процедура упоминается выше как перезаправка.
- Замена хладагента ГХФУ хладагентом ГФУ или смесью ГФУ, что требует в большинстве случаев замены минерального масла в системе на синтетическое полиолэфирное или полиалкиленгликолевое масло. Такая процедура упоминается выше как ретрофит.

10.2 Оценка вариантов обслуживания существующего холодильного оборудования

В качестве первого шага по оценке вариантов будущей эксплуатации существующего оборудования необходимо рассмотреть его важность и прямую зависимость от его надежной работы. Например, если отказ установки может привести к остановке производства или продаж, необходимо приоритетом сделать надлежащее планирование сокращения потребления ГХФУ, а реализация таких планов должна быть проведена в режиме кризисного управления. С другой стороны, если система состоит из малой установки воздушного кондиционирования офиса, и владелец чувствует, что он может позволить себе быть без нее некоторое время, техник или инженер по охлаждению может отреагировать менее срочно. Поэтому необходимо определить, насколько критически важна система охлаждения или кондиционирования для учреждения.

Малые автономные системы, такие как холодильные шкафы, малые охлаждаемые розничные витрины и небольшие кондиционеры вообще очень надежны и часто служат в течение 20 лет или больше без серьезного техобслуживания. В этих обстоятельствах уместно продолжить эксплуатацию существующего устройства, пока оно не достигнет конца своего срока полезного использования. Должны существовать соответствующие резервные планы для случаев, когда система выходит из строя или начинает терять заправку хладагента. В этих случаях необходимо рассмотреть варианты безопасного избавления от старой системы, не допуская выбросов хладагента в атмосферу.

Более сложное оборудование охлаждения обычно требует некоторой локальной сборки системы и заполнения хладагентом. В системах охлаждения этой категории утечки хладагента наблюдаются более часто и требуют регулярного техобслуживания.

Типичные примеры такого оборудования – это холодильные и морозильные камеры, сплит-системы кондиционирования воздуха, системы охлаждения с водяным хладоносителем, а также комплексные холодильные установки прямого расширения. Существует ряд технических решений, которые могут быть применены к этой категории оборудования. В некоторых случаях лучшее решение очевидно, но в большинстве случаев существует несколько вариантов, которые требуют дальнейшей оценки и анализа.

Прежде чем оценить имеющиеся технические варианты, важно идентифицировать тип оборудования и хладагент, который используется в любом устройстве или системе, поскольку это будет иметь прямое влияние на выбор наиболее подходящего варианта действий.

10.3 Идентификация оборудования

Хладагент и холодильное масло:	***Идентифицируйте тип хладагента и используемого холодильного масла***
Тип компрессора:	Тип компрессора, используемый в системе охлаждения, имеет серьезное значение для проведения конверсии (например, герметичный, полугерметичный и сальниковый компрессоры имеют различные перспективы и ограничения для проведения конверсии).
Рабочее давление в системе:	Рабочее давление хладагента ограничит выбор альтернативы и типа заменяющего хладагента для существующей системы.
Продолжительность работы установки:	Информация о продолжительности работы установки до момента принятия решения позволит сделать заключение о целесообразности конверсии существующего оборудования или его замены.
Совместимость:	Различные материалы, используемые в системах охлаждения ГХФУ, могут повлиять на варианты конверсии. Рассматривая варианты конверсии с различными хладагентами, устанавливают тип масла, материал шлангов, прокладок и уплотнений (резиновые, пластмассовые и т.д.) и использованные металлы. Новые хладагенты должны быть химически совместимыми со всеми материалами, используемыми в существующей системе.
Холодопроизводительность:	Необходимо определить холодопроизводительность, требуемую для каждого устройства/системы и дефицит/избыток холодопроизводительности установленного оборудования. Это может оказаться определяющим фактором для выбора технического варианта. Конверсия системы может исправить недостатки системы и/или оптимизировать потребление электроэнергии посредством использования имеющихся технологий, оптимальных конструкционных решений и методов монтажа.

10.4 Учет использования хладагента

Прежде всего необходимо определить количество ГХФУ, содержащееся в существующих системах и оборудовании. Это позволит получить важные данные по потребностям в заменяющем хладагенте и укажет на имеющееся количество хладагента, который можно будет вторично использовать после конверсии или замены системы.

Многие установки имеют значительные утечки хладагента. Низкое потребление хладагента может способствовать его длительному использованию на протяжении еще нескольких лет.

Если наблюдаются утечки при эксплуатации оборудования, то необходимо принять меры либо по максимальному сокращению утечек, либо по замене существующего оборудования на новое и с другим хладагентом. Годовое потребление хладагента устанавливается по регистрации закупок и записям в журнале технического обслуживания оборудования.

10.5 Обзор вариантов эксплуатации оборудования

Рациональное использование хладагента, перезаправка или ретрофит являются возможными вариантами обслуживания оборудования охлаждения и кондиционирования воздуха.

Вариант 1:	Продолжать использовать существующее оборудование. Если система охлаждения не имеет утечек, использование существующего хладагента может продолжаться. При этом должен быть план действий в чрезвычайной ситуации при полном отказе оборудования.
Вариант 2:	Сократить потери хладагента из-за утечек. Многие холодильные установки имеют утечки. Нельзя продолжать эксплуатацию оборудования, не приняв меры по их значительному сокращению или устранению.
Вариант 3:	Использовать альтернативные хладагенты посредством проведения перезаправки или ретрофита. Самыми важными факторами в выборе хладагента для замены ГХФУ являются: низкий озоноразрушающий потенциал, низкий потенциал глобального потепления, высокая холодопроизводительность и безопасность использования. Необходимо отметить, что меры предосторожности должны приниматься при работе со всеми типами хладагентов. Для получения дополнительной информации следует обратиться к производителю хладагента.

Извлечение хладагента, восстановление и повторное его использование

Всякий раз, когда старое оборудование демонтируется или обслуживается, важно, чтобы хладагент был извлечен из системы. Во время процесса извлечения также важно, чтобы хладагент был закачан в баллон, который пуст или который содержит тот же самый тип хладагента. Только компетентные инженеры или сертифицированные техники-холодильщики должны допускаться к работе с хладагентами.

10.6 Сокращение утечек

Важность ограничения выбросов хладагентов и источники утечек

Доступность ГХФУ для технического обслуживания существующего оборудования в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, будет постепенно снижаться в предстоящие годы, поскольку действия по сокращению ГХФУ набирают темп.

Владельцы оборудования с ГХФУ должны обеспечить ликвидацию утечек хладагента, конверсию или замену этого оборудования в соответствии с принятым графиком.

Если оборудование, такое как домашние холодильники, не имеет утечек, нет никакой необходимости в конверсии системы. Оборудование может работать до конца срока своей службы с первоначальной заправкой хладагента, так как не существует требования прекращать обслуживание оборудования, содержащего хлорсодержащие хладагенты.

Улучшение герметичности системы является мерой по рациональной эксплуатации оборудования, которая учитывает особенности компонентов и материалов, а также такие непредсказуемые события, как износ и механическое разрушение.

Ограничение выбросов затрагивает все процессы и процедуры, относящиеся к работе с хладагентом, такие как заправка или извлечение, а также к самой системе или ее компонентам, содержащим хладагенты. Меры по ограничению выбросов хладагентов включают в себя:

- Обязательства руководящего персонала осуществлять необходимые меры при проектировании, эксплуатации и обслуживании систем;
- Проектирование систем, обеспечивающих высокую герметичность;
- Использование необходимых приборов и устройств для идентификации и измерения утечек;
- Применение классификации по степени герметичности компонентов, таких как стыки, вентили и гибкие шланги;
- Обеспечение выполнения процедур работы с хладагентами «без выбросов»;
- Обеспечение адекватного высококачественного оборудования (датчики, мониторы в помещениях, где проводится работа с хладагентами, установки извлечения и регенерации, адаптеры, соединительные шланги и т.д.);
- Использование простой документации, фиксирующей движение хладагента;
- Определение операций и процедур обслуживания по сохранению хладагентов;
- Обучение технического персонала контролю за герметичностью систем для предотвращения утечек, а также его обучение навыкам практической работы по извлечению хладагентов.

Сокращение выбросов не ограничивается поддержанием надлежащей герметичности или правильным извлечением хладагента. Это всеобъемлющая система мер, которая относится ко всему жизненному циклу оборудования и должна учитываться на стадиях проектирования и монтажа нового оборудования и систем.

Меры по сокращению утечек

Усовершенствование конструкции всех компонентов системы в целях обеспечения герметичности и сокращения заправки хладагентом является ключевым направлением по сокращению утечек. Так же важно оценить вероятность и принять оперативные меры по предотвращению утечек из-за механических разрушений или открытия предохранительных клапанов.

Сокращение или даже устранение необходимости перезаправки хладагента должно быть целью при конструировании и эксплуатации всех видов оборудования.

Возможные меры по сокращению утечек хладагента меняются в зависимости от того, является ли установка стационарной или передвижной. Для стационарных установок ключевыми мероприятиями, улучшающими герметичность системы, являются:

- Минимизация заправки хладагента в системе;
- Выбор хладагента и проектирование системы для работы при более низком рабочем давлении;
- Минимизация числа соединений в системе;
- Применение сварных соединений вместо резьбовых соединений и арматуры;
- Ограничение выбросов через предохранительные клапаны;
- Выбор герметичных или полугерметичных компрессоров вместо сальниковых;
- Выбор герметично закрытых систем, менее склонных к утечке хладагента;
- Проведение опрессовки системы под рабочим давлением перед ее вакуумированием;
- Тщательное вакуумирование каждой системы с использованием глубокого вакуума или тройное вакуумирование до заправки; чем ниже вакуум, тем более вероятно, что эта система будет работать без утечек;
- Использование совместимых эластомеров и прокладочных материалов;
- Установка датчиков обнаружения хладагента вблизи оборудования вместе с сигнализацией раннего оповещения.

10.7 Перезаправка хладагентами прямого замещения

Так называемые хладагенты прямого замещения (дроп-ин) – это обычно азеотропные смеси, которые содержат ГФУ и углеводороды, чтобы гарантировать совместимость и смешиваемость существующего минерального или алкилбензольного масла в системе ГХФУ с хладагентом прямого замещения.

Безопасность	Все хладагенты, используемые в кондиционировании и промышленности охлаждения, потенциально опасны и требуют соблюдения мер техники безопасности. Проектирование, разработка системы, свойства хладагента и тесты по его безопасному применению для каждого хладагента индивидуальны. В некоторых случаях может потребоваться оснащение системы дополнительными детекторами для обнаружения хладагента и определения уровня концентрации кислорода с целью обеспечения ее безопасной эксплуатации как для обслуживающего персонала, так и для населения.
Совместимость	При выборе хладагента замены для существующей системы необходимо проверять его совместимость с компонентами системы и ее рабочими режимами (используемое масло, материалы изоляции двигателя и уплотнений компонентов, рабочее давление и т.д.).

Доступность	Необходимо убедиться, что выбранный хладагент коммерчески доступен в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе.
Стоимость	Так как стоимость хладагентов меняется в зависимости от спроса и предложения, необходимо проверять стоимость выбранного хладагента для того, чтобы обеспечить его наличие по доступной цене в будущем.

Общая процедура перезаправки

Общая процедура для перезаправки системы хладагентом прямого замещения:

1. Необходимо убедиться, что в системе отсутствуют утечки.
2. Хладагент ГХФУ извлекается из системы в специально предназначенный для этого контейнер (баллон).
3. В специальном журнале фиксируется вес извлеченного ГХФУ.
4. Осуществляется замена осушителя на линии жидкости (если требуется).
5. Проводится вакуумирование системы до 3–5 мбар / 2 мм.рт.ст.
6. Осуществляется заправка системы хладагентом прямого замещения в соответствии с инструкциями производителя (то есть: по весу и в жидкой фазе из баллона).
7. После запуска системы проводится оптимизация ее работы: регулировка ТРВ и предохранительных клапанов высокого и низкого давления и т.д.
8. Осуществляется полная проверка системы на утечки.
9. Наносится маркировка системы с новым хладагентом и удаляются старые маркировки для предотвращения путаницы в будущем.

Практические советы при проведении перезаправки

1. Перезаправка хладагентом прямого замещения никогда не обеспечивает равноценные параметры работы системы по сравнению с исходным хладагентом.
2. Если скрытая теплота хладагента прямого замещения больше, чем исходного хладагента, вероятно, что в конденсаторе будет наблюдаться более высокое давление.
3. Необходимо учитывать, что при использовании однокомпонентных хладагентов (ХФУ-12, ГХФУ-22 и др.) давление связано с температурой насыщения. Однако в случае использования смесевых хладагентов будут две температуры насыщения для каждого давления: точка начала кипения и точка росы.
4. Разницу между температурами «начала кипения» и «точки росы» называют «температурным глайдом».
5. Чем больше температурный глайд, тем вероятнее разделение смесевых хладагентов (или выкипание до пара при различных температурах) при нахождении в равновесии (т.е., когда система статична во время нерабочей части цикла).
6. Характерные для смесей разделение и утечки должны быть приняты во внимание в случае, когда система дает утечку в паровой фазе в статичном состоянии (нерабочая часть цикла), особенно, если температурный глайд превышает 1 °C. Возможно, в этом случае потребуется удалить существующую заправку и заменить ее свежим хладагентом.
7. Все смесевые хладагенты должны заправляться из баллона в жидкой фазе, чтобы предотвратить разделение смеси на фракции и в результате получить неправильную заправку.
8. Все азеотропные смеси хладагентов имеют R-номер в 400 ряду, то есть, R-417A, R-413A и т.д.

10.8 Модернизация (ретрофит) с заменяющими ГФУ хладагентами

В этом случае необходимо удалить минеральное масло из системы и заменить его полиолэфирным холодильным маслом прежде, чем заправлять систему хладагентом ГФУ из-за несовместимости между ГФУ хладагентом и минеральным маслом (ГФУ не растворимы в минеральных маслах).

Общая процедура ретрофита системы с ГХФУ с применением ГФУ хладагента следующая:

1. Необходимо обеспечить герметичность системы.
2. Хладагент ГХФУ извлекается из системы и перекачивается в чистый баллон.
3. Минеральное масло удаляется из системы и заменяется на рекомендованное количество полиолэфирного масла.
4. Система перезаправляется хладагентом ГХФУ, ранее извлеченным из системы.
5. Система запускается на необходимое для промывки от остатков минерального масла время.
6. После остановки системы из нее извлекается хладагент ГХФУ и перекачивается снова в чистый баллон.
7. Из системы сливают масляную смесь и перезаряжают новой порцией полиолэфирного масла.
8. Перезаряжают систему ранее извлеченным ГХФУ хладагентом.
9. Снова запускают систему в течение времени, достаточного для полной промывки от остатков минерального масла.
10. См. п.6.
11. Из системы сливают смесь полиолэфирного/минерального масла и проверяют ее на содержание минерального масла с помощью диагностического комплекта. Остаточное содержание минерального масла в этой смеси не должно превышать 5 % (предпочтительно даже меньше, чем 5 %), а содержанием полиолэфирного масла не должно быть менее 95 %.
12. Если остаток минерального масла выше 5 %, то процедуру промывки повторяют еще раз для снижения остаточной концентрации.
13. Как только остаточная концентрация минерального масла достигнет уровня ниже 5 %, систему заправляют полиолэфирным маслом рекомендованного объема.
14. Систему заправляют хладагентом ГФУ в соответствии с инструкциями производителя.
15. Систему запускают и проводят необходимые регулировки рабочих параметров.
16. Проводят полную проверку системы на утечки. Необходимо убедиться, что все крышки клапанов находятся на месте и герметичны.

10.9 Уменьшение климатического воздействия

Косвенные выбросы парниковых газов связаны с потреблением электроэнергии и являются основным источником, вызывающим эффект глобального потепления. В силу интенсивного использования ископаемого топлива электростанциями выбросы CO_2 могут достигать 0,8 кг на кВтч электрической энергии. Это вызывает существенный парниковый эффект в течение жизненного цикла устройства. Даже небольшое повышение эффективности системы может значительно уменьшить воздействие системы охлаждения на глобальное потепление в течение ее жизненного цикла.

Наряду с тем, что прямые выбросы могут быть предотвращены путем повышения герметичности системы, квалифицированная практика обслуживания также играет роль в сокращении косвенных выбросов. В нижеследующем разделе представлен краткий обзор различных апробированных на практике методов, обычно уменьшающих потребление энергии системой охлаждения.

Выбор хладагента

С точки зрения экономичности работы системы и снижения потребления энергии (то есть уменьшения воздействия на глобальное потепление) желательно, чтобы хладагент имел теплофизические и термодинамические характеристики, которые бы обеспечивали максимальную холодопроизводительность на единицу энергии, потребляемой электродвигателем компрессора, то есть, высокий холодильный коэффициент.

Наиболее важные свойства хладагента, которые влияют на холодопроизводительность и энергоэффективность:
1. Скрытая теплота испарения,
2. Удельный объем паровой фазы,
3. Степень сжатия,
4. Удельная теплоемкость хладагента в жидком и парообразном состояниях.

За исключением очень малых систем, высокая величина скрытой теплоты парообразования желательна в связи с тем, что массовый расход на единицу холодопроизводительности будет меньше. Когда высокая величина скрытой теплоты парообразования сопровождается низким удельным объемом паровой фазы, эффективность и холодопроизводительность компрессора значительно возрастают. Это не только уменьшает потребление энергии, но и уменьшает требования к объемной производительности компрессора, позволяя использовать более компактное оборудование. Однако если величина скрытой теплоты парообразования хладагента в малой системе слишком высока, то количество циркулирующего хладагента будет недостаточным для точного контроля потока жидкости. При прочих равных условиях хладагент, обеспечивающий самый низкий коэффициент сжатия, является наиболее приемлемым. Низкие коэффициенты сжатия дают в результате низкий расход энергии и высокую объемную производительность (коэффициент подачи). Этот фактор более важен для систем меньшего размера, так как это позволяет использовать небольшие компрессоры.

Теплообменники

Теплообменники, такие как испарители и конденсаторы, выигрывают при повышении коэффициента теплопроводности, так как улучшается интенсивность теплопередачи, особенно при охлаждении с применением жидкого теплоносителя. Также желательно, чтобы соотношение между давлением и температурой хладагента было таким, чтобы давление в испарителе было всегда выше атмосферного давления. Если давление на стороне низкого давления ниже атмосферного давления, возможно попадание значительного количества воздуха и влаги в систему в случае ее недостаточной герметичности. Достаточно низкие давления конденсации при нормальных атмосферных условиях также желательны, так как они позволяют использовать конструкцию конденсатора с уменьшенной толщиной стенки материалов, что позволяет снизить размер, вес и стоимость оборудования.

Температура испарения

Работа компрессора и эффективность холодильного цикла значительно отличаются в зависимости от эксплуатационных режимов систем. Температура испарения жидкости в испарителе и, соответственно, температура во всасывающей линии является самым важным фактором для выбора производительности компрессора. Большие изменения в производительности компрессора, которые сопровождаются изменениями в рабочей температуре всасывания – прежде всего результат изменения в плотности пара на входе в компрессор. Чем выше давление испарения, тем больше плотность пара во всасывающей линии. При данном объеме пара, поступающего в компрессор, масса хладагента будет выше при более высоком давлении всасывания, чем при низком. Это означает, что при заданном перемещении поршня масса хладагента, циркулирующая в компрессоре в единицу времени, увеличивается с увеличением давления всасывания. Более высокое давление всасывания приведет к более низкому удельному потреблению энергии системы охлаждения.

Температура конденсации

Холодопроизводительность компрессора уменьшается с увеличением температуры конденсации. Увеличение температуры конденсации при сохранении температуры всасывания на прежнем уровне приводит к росту коэффициента сжатия и уменьшению объемной производительности компрессора таким образом, что фактический объем пара, перемещенного компрессором за единицу времени, уменьшается. Поэтому даже если плотность пара, входящего в компрессор, остается одинаковой при всех температурах конденсации, фактическая масса хладагента, циркулирующая в компрессоре в единицу времени, уменьшается из-за сокращения объемной производительности компрессора. В оборудовании теплоперенос, в зависимости от температуры влажного термометра (см.: www.engineeringtoolbox.com/dry-wet-bulb-dew-point-air-d_682.html), может представлять преимущества перед теплопереносом в зависимости от температуры сухого термометра.

Эффективность компрессора

Технологии изготовления компрессоров изменяются, и результатом этого становится постоянное улучшение их эффективности. Кроме того, есть много различных типов компрессоров, доступных на рынке в настоящее время, которые имеют различающиеся рабочие характеристики и эффективность.

Существующие типы компрессоров:
1. Поршневые компрессоры;
2. Ротационные компрессоры;
3. Центробежные компрессоры;
4. Винтовые компрессоры;
5. Орбитальные или спиральные компрессоры.

У каждого типа компрессора есть определенные преимущества в его области применения. По большей части тип компрессора, используемый в любом отдельном применении, зависит от размера и типа установки, а также от хладагента, используемого в системе. Можно значительно уменьшить энергопотребление компрессора, изучив имеющиеся альтернативы и выбрав наиболее подходящий компрессор для данного применения.

Выбор размера трубопроводов

При выборе размера трубопроводов экономические соображения диктуют выбор трубопроводов наименьшей длины и диаметра. Однако перепад давления в линиях всасывания и нагнетания вызывает потерю производительности компрессора, что приводит к увеличению потребления энергии. Чрезмерный перепад давления в жидкостной линии вызывает вскипание жидкого хладагента, приводящего к неполадкам в работе расширительного вентиля. Трубопроводы подачи хладагента должны быть спроектированы из расчета перепада давления в 1 кПа (или менее) на линии нагнетания, всасывания и жидкостной линии.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Основные принципы по использованию углеводородных хладагентов в стационарных холодильных системах и системах воздушного кондиционирования ISBN 1 872719 13 9	Промышленный совет по охлаждению и воздушному кондиционированию (ПСОВК)
Отчет по хладагентам, 13-я Редакция – A 501-13	Bitzer International
Предотвращение выбросов, рециклирование и ретрофит ГХФУ, Джон Эллис, F.Inst.R.,F.I.Diag.E, LCG	Эллис, обучение и консультирование ООО
Промышленное охлаждение и кондиционирование воздуха; Руководство по выбору хладагента – 2003, Составлено и подготовлено: C.A. Lommers, Dip.Mech.Eng., F.Airah, M.Ashrae, ISBN 0-949436-41-0	Австралийский институт охлаждения, воздушного кондиционирования и теплотехники Inc., (АИОВТ)
Проект руководящих принципов по веществам, разрушающим озоновый слой, охлаждению, воздушному кондиционированию и тепловым насосам (ХФУ и ГХФУ), декабрь 2005	Агентство охраны окружающей среды, Ирландия

11. Основные методы получения пеноматериалов

11.1 Вступление

Производство вспененных материалов является одним из основных применений ГХФУ в мировой практике.

ГХФУ-141b, ГХФУ-142b и ГХФУ-22 используются в изготовлении нескольких видов полиуретановых пенопластов и экструзионных вспененных полистирола и полиэтилена.

Пенополиуретан и пенополистирол обладают очень хорошими изоляционными свойствами и приемлемым коэффициентом отношения прочности к весу, что позволяет использовать их в очень широком диапазоне применений: термоизоляция для корпусов холодильников, морозильников и холодильных камер, а также теплоизоляция для крыш, стен и контейнеров хранения в строительной промышленности. Эластичный пенополиуретан также широко используется в качестве набивочного материала в мебели и в некоторых типах упаковки, а также в производстве большого числа компонентов для автомобильной промышленности. Данные области применения подробно не рассматриваются в настоящем документе, поскольку в них не используются ГХФУ.

Увеличение цен на нефть и предпринимаемые глобальные усилия по снижению потребления энергии и выбросов диоксида углерода повлекли за собой принятие новых нормативов и требований к эффективности теплоизоляции при сооружении новых зданий. Это привело к росту производства и потребления пенополиуретана и пенополистирола, поскольку их использование является основным способом повышения эффективности теплоизоляции и уменьшения энергопотерь.

Широко используемые пенопласты

Полиуретан	*Полистирол*	*Полиэтилен*
Эластичный	Экструзионные листы	Экструзионные листы
Жесткий	Экструзионные плиты	Жесткая изоляция
Интегральные пенопласты		

Этот раздел руководства дает некоторое представление о химических компонентах, используемых для получения пенополиуретана, пенополистирола и пенополиэтилена и об областях их применения.

11.2 Полиуретан

Полиуретаны относятся к большому классу химических соединений, называемых полимерами. Они являются синтетическими (искусственными) полимерами, произведенными с помощью химических реакций, когда отдельные молекулы, известные как мономеры, объединяются в цепи молекул. Химические соединения, состоящие из этих цепей молекул, известны как полимеры. Полиуретаны были получены в конце 1930-х годов немецким химиком Отто Байером, и с тех пор стали самым универсальным и широко используемым полимером для производства различных пластмасс. Полиуретаны используются в изготовлении теплоизоляции зданий, лаковых покрытий, клеев, твердых пластмасс, обуви, а также эластичных пенопластов, как это было упомянуто выше.

Полиуретаны могут быть произведены в четырех различных формах, а именно: эластичные пенопласты, жесткие пенопласты, эластомеры и покрытия. Жесткие пенопласты иногда называют сшитыми пенопластами, поскольку посредством образования перекрестных связей в них создается жесткая трехмерная структура.

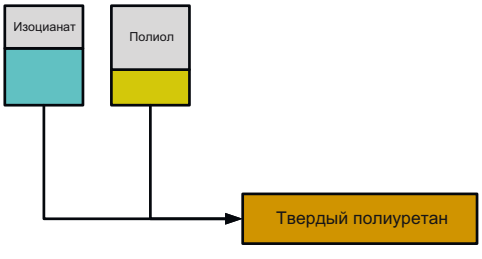
Категории и сфера использования полиуретана

Эластичные пенопласты	Использование эластичных пенопластов обеспечивает наибольший рынок для полиуретанов. Эти материалы обладают высокой ударной вязкостью, в связи с чем они широко применяются в качестве амортизационного набивочного материала при изготовлении мебели. Также они используются в изготовлении матрацев и амортизирующих подушек для мягкой мебели. Полужесткие интегральные пенополиуретаны применяются для изготовления автомобильных приборных панелей и облицовки дверей. Другие применения включают производство подложек ковровых покрытий, упаковки, губок, швабр и внутренней набивки изделий.
Жесткие пенопласты	Жесткие или сшитые пенополиуретаны используются в качестве теплоизоляции корпусов холодильников, морозильников и холодильных камер, а также для производства изоляционных плит и ламинированных панелей. Ламинированные панели широко используются как кровельный материал в строительстве. При осуществлении работ по теплоизоляции зданий пенополиуретановая изоляция часто наносится методом напыления.
Эластомеры	Эластомеры – материалы, которые могут быть растянуты, но, в конечном счете, возвращаются к своей первоначальной форме. Они применяются в случаях, когда требуется прочность, гибкость, сопротивление абразивному износу и демпфирующие качества. Термопластичные полиуретановые эластомеры могут прессоваться и формироваться. Это позволяет их использовать как практичный материал для изготовления автомобильных частей, лыжных ботинок, колес роликовых коньков, кабельной изоляции и других изделий. Когда эти эластомеры прядут в волокна, они используются в производстве гибкого материала, называемого спандексом. Спандекс используется в производстве чулочно-носочных изделий, бюстгальтеров, корда шлангов, купальников и другой спортивной одежды.
Лакокрасочные материалы	Лакокрасочные материалы из полиуретана хорошо противодействуют растворителям и имеют значительную износостойкость. Эти материалы используются для поверхностных покрытий, где требуется сопротивление износу, эластичность, быстрое высыхание, хорошая адгезия и стойкость к химическому воздействию, например в кегельбанах и танцевальных залах. Лакокрасочные полиуретановые материалы на водной основе используются для поскраски самолетов, автомобилей и другого промышленного оборудования.

Интегральные пеноматериалы обладают эластичностью.

11.3 Как получают полиуретан

Полиуретан получают в результате химической реакции двух основных компонентов, известных как полиолы и изоцианаты. Часто используется термин диизоцианаты. Это составы, содержащие двойные группы изоцианата.



изоцианат + полиол (+ добавки) = полиуретан (твердый)

Полиолы и изоцианаты вступают в реакцию в присутствии соответствующих катализаторов и добавок, в результате чего образуются различные типы и сорта полиуретана. Добавки обычно используются для защиты физической целостности материала, окрашивания и повышения огнестойкости.

Изоцианаты

Обычно применяемые изоцианаты – продукты взаимодействия химических соединений, содержащих азот, толуол, водород и формальдегид.

Дифенилметандиизоцианат, обычно называемый МДИ, – наиболее часто используемый изоцианат в производстве твердых и полужестких пенополиуретанов и составляет приблизительно 80 % мирового потребления всех видов изоцианатов. Чистый МДИ представляет из себя кристаллы или хлопья от белого до бледно желтого цвета с легким запахом плесени. МДИ наименее опасен из обычно применяемых изоцианатов, что снижает риски во время его обработки по сравнению с другими изоцианатами (ТДИ, ГДИ). Однако он, как и другие изоцианаты, светочувствителен и является аллергеном.

Толуолдиизоцианат, обычно называемый ТДИ, прежде всего применяется для получения эластичных пенополиуретанов. ТДИ представляет из себя жидкость от бесцветного до бледно-желтого цвета или кристаллы с резким запахом. Он становится бледно-желтым под воздействием воздуха и растворяется в хлорированных углеводородах, ацетоне, простых и сложных эфирах. Он реагирует с водой, аммиаком и спиртами с образованием углекислого газа и окислов.

В дополнение к этим изоцианатам также используются более сложные составы, такие как 1,5-нафтилендиизоцианат и толуилеидиизоцианат. Эти более дорогие материалы используются для получения более твердых полиуретанов с более высокой температурой плавления.

Химическое название	Класс изоцианатов	Общая аббревиатура
Дифенилметандиизоцианат	Ароматический	МДИ
Толуолдиизоцианат	Ароматический	ТДИ
Гексаметилендиизоцианат	Алифатический	ГДИ
Изофорондиизоцианат	Алифатический	ИФДИ

Все изоцианаты ядовиты и вредны при вдыхании, попадании внутрь или на кожу человека.

Полиолы

Вторым главным компонентом полиуретанов являются полиолы – соединения, которые основаны на спиртах. Они существуют в различных видах и используются для получения различных материалов: эластомеров для эластичных волокон, простых и сложных эфиров и мочевины для пеноматериалов и лакокрасочных материалов.

Наиболее широко используются полиэфирные полиолы. Это полимеры с высокой молекулярной массой, которые имеют широкий диапазон вязкости. Используются различные полиэфирные полиолы, включающие полиэтиленгликоль, полипропиленгликоль и политетраметиленгликоль.

Полиэстер полиолы являлись наиболее широко используемыми полиолами для производства полиуретанов. Однако в последнее время полиэфирный полиол значительно подешевел и вытеснил из потребления полиэстер полиол.

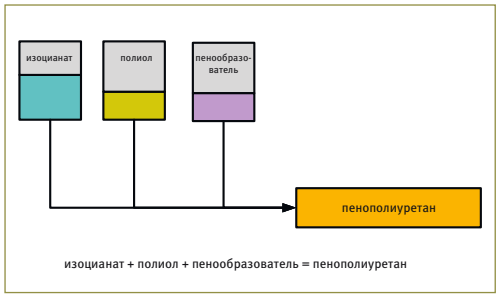
Добавки

Некоторые материалы из полиуретана могут повреждаться под воздействием тепла, света, атмосферных загрязнителей и хлора, в связи с чем для защиты в их состав добавляются стабилизаторы. Также для предотвращения реакции окисления широко используются антиокислители.

После сформирования полимеры из полиуретана имеют естественный белый цвет. Для окраски в их состав добавляют красители. В этих случаях также могут применяться добавки, которые защищают полимеры от обесцвечивания, вызванного воздействием атмосферных загрязнителей.

11.4 Полиуретановые пеноматериалы

Пенополиуретаны получают путем вспенивания смеси химических веществ. Происходит реакция, в результате которой создается ячеистая структура с газонаполненными ячейками, что отличает их от материалов твердого или плотного состава.



Количество и размер этих газовых пузырей влияет на плотность и физические свойства полученного пеноматериала.

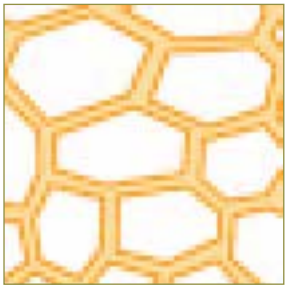
изоцианат + полиол + вспениватель = пенополиуретан

Структура пеноматериалов

Газовые пузыри, получаемые во время реакции, остаются в ячейках материала и создают пенообразную структуру. Когда ячейки не сообщаются между собой, то такие пеноматериалы называются *замкнутоячеистыми пенопластами*, что отличает их от *поропластов-материалов*, в которых преобладают сообщающиеся (открытые) ячейки, позволяющие газу выходить из матрицы через утонченные или разрушенные мембраны ячейки.

Пенопласт с открытыми ячейками

Обычно пенопласт с открытыми ячейками мягкий. Стенки ячейки или сферы газовых пузырей в этом случае разрушены, что позволяет воздуху заполнять все ячейки в материале. Этот эффект делает пеноматериал более мягким и более податливым к механическому воздействию, что отличает его от пенопласта с закрытыми ячейками.



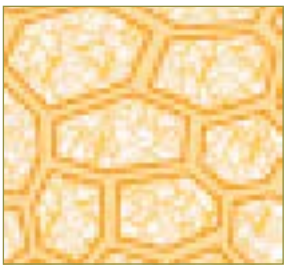
Теплоизоляционные свойства этого пеноматериала определяются теплоизоляционными свойствами неподвижного воздуха, находящегося в матрице ячеек. Плотность пеноматериалов с открытыми ячейками составляет приблизительно 8–12 кг/м^3.

Пенопласт с закрытыми ячейками

Пенопласт с закрытыми ячейками жестче, чем пенопласт с открытыми ячейками. В зависимости от плотности материала различают различные степени твердости. Пенополиуретан с закрытыми ячейками как правило производится с плотностью 30–50 кг/м3. Он обычно достаточно прочен, что позволяет ходить по нему без значительной деформации материала.

Большинство стенок ячеек или пузырей в матрице материала не разрушены. Они напоминают раздутые воздушные шары или футбольные мячи, сложенные вместе в компактную конфигурацию. Это делает пену прочной и жесткой, как надутые шины автомобиля, из-за того, что пузыри достаточно прочны, чтобы противостоять большому давлению. Выбор газа, заключенного в ячейках, также имеет влияние на теплоизоляционные свойства пенопласта, поскольку разные газы имеют различную теплопроводность.

Преимущества пены с закрытыми ячейками, по сравнению с пеной с открытыми ячейками, включают прочность, более высокое значение термического сопротивления и меньшие утечки наполняющих их газов.



Недостаток пенопластов с закрытыми ячейками заключается в том, что они имеют большую плотность и требуют большего количества материала, что сказывается на их цене.

Вспениватели

Вспениватель (пенообразователь) – это вещество, которое само по себе или в комбинации с другим веществом, генерирует ячеистую структуру в полимере, образуя пеноматериал. Есть различные способы вспенивания полиуретана.

Вспениватели классифицируются на физические или химические. Химические вспениватели (находящиеся обычно в твердой фазе) представляют собой вещества, выделяющие в результате химических реакций газы, а физические вспениватели обычно подвергаются обратимому изменению физического состояния, например, испарению.

Тип пенообразователя	Примеры
Сжатые газы, введенные в смесь химических веществ, находящихся под давлением, которые расширяются при сбросе давления.	Газы, такие как азот или диоксид углерода, под высоким давлением поглощаются и мелкодисперсно распределяются в полимере, предназначенном для вспенивания, а затем расширяются, возвращаясь к нормальному атмосферному давлению.
Жидкости, образующие ячейки при переходе в паровую фазу.	Летучие жидкости, такие как пентан или фторированные соединения, поглощаются и мелкодисперсно распределяются в полимере, предназначенном для вспенивания, а затем расширяются при нагревании, образуя значительный объем пара.
Химические вещества, которые разлагаются или реагируют под влиянием тепла с образованием газа.	Химические пенообразователи, которые варьируются от простых солей, таких как бикарбонат аммония или натрия, до сложных соединений, высвобождающих азот.

Традиционно ХФУ-11 был самым широко используемым пенообразователем для пенополиуретана. С начала выполнения странами Монреальского протокола и последовавшего сокращения потребления ХФУ-11 было разработано много альтернативных вспенивателей. Первоначально замены включали циклопентан в Европе и ГХФУ-141b в США и странах Азии и Тихоокеанского региона.

Физические свойства жестких пенополиуретанов

У пенополиуретана есть много применений, но большинство из них использует его теплоизоляционные свойства, его высокую конструктивную прочность по отношению к массе и его низкую плотность.

Свойства пены зависят от многих параметров, включая химические составляющие и их соотношение, добавки, выбор пенообразователя и производственного процесса.

Путем изменения этих параметров можно получать разнообразные виды пеноматерилов с различными заданными физическими свойствами для различных областей использования.

Окончательный выбор пеноматериала для специфического применения будет основан на комбинации свойств, которые требуются для данного применения. Так как используемые химикаты и добавки могут быть относительно дорогими, большинство изготовителей стремится найти необходимый баланс стоимости и требуемых рабочих характеристик материала.

Например, жесткие пенополиуретаны используются для производства бытовых холодильников. В этой ситуации пеноматериал действует не только как тепловая изоляция, но и как структурный компонент, обеспечивающий прочность холодильного шкафа и дверей в комбинации с металлическим корпусом.

Существует несколько факторов, которые должны быть учтены в разработке рецептуры теплоизоляционного пеноматериала, включая прочность, коэффициент теплопередачи и плотность. Комбинация этих факторов определяет количество пеноматериала для обеспечения эффективной термоизоляции холодильника и, следовательно, объема и стоимости сырья. Сокращение толщины изоляции могло бы уменьшить стоимость конечного продукта, но это увеличило бы эксплуатационные расходы конечного пользователя, поскольку термоизоляция холодильника будет менее эффективна, что повлечет за собой повышенное энергопотребление.

Во многих странах приняты строгие нормативы, обусловливающие уровни энергопотребления холодильников и морозильников и эффективности теплоизоляции зданий.

Основные параметры, применяющиеся при оценке физических свойств пенополиуретана в метрических единицах:

Свойство	Единицы
Плотность	Кг/м^3
Прочность на сжатие	Н/м^2
Прочность на изгиб	Н/м^2
Прочность на растяжение	Н/м^2
Модуль упругости	Н/м^2

Свойство	Единицы
Содержание закрытых ячеек	%
К-фактор (коэффициент теплопередачи)	Вт/м² К
Прочность на сдвиг	Н/м²
Водопоглощение	%

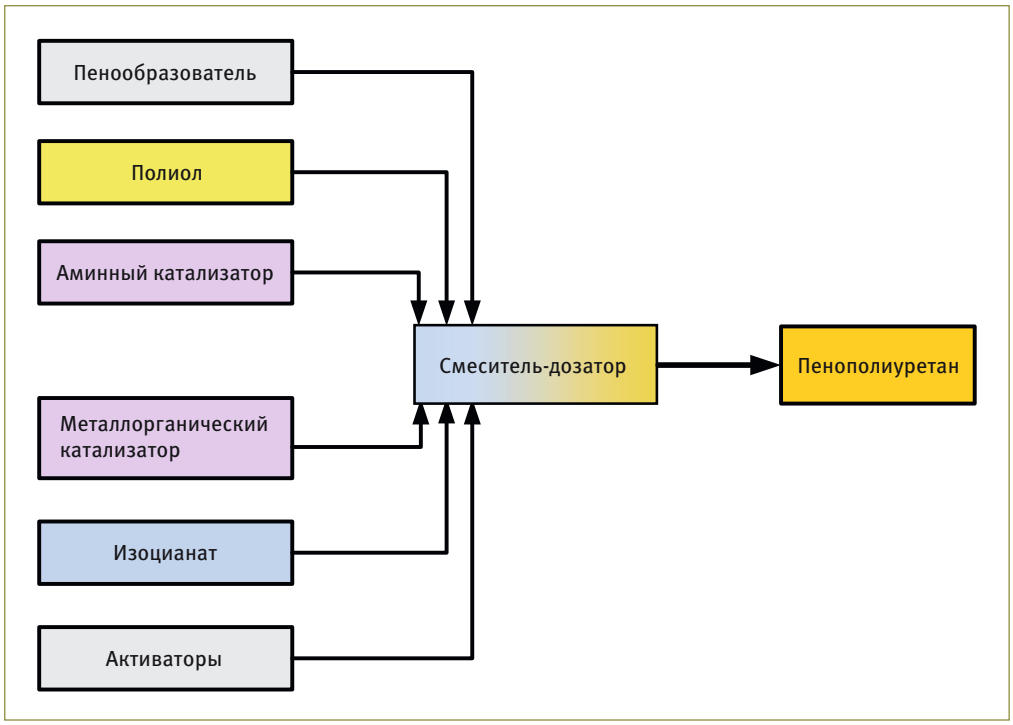
Ключевые свойства пеноматериалов – это коэффициент теплопередачи (К-фактор) и прочность. Однако плотность также крайне важна, так как она влияет на стоимость материала. Кроме того, толщина пеноизоляции должна обеспечивать требуемый К-фактор, что влияет на внутренний объем камеры холодильника, так как внешние размеры устройств заданы стандартами.

Общий процесс производства пенополиуретанов

Хотя есть много вариантов оборудования для получения пеноматериалов, базисный процесс для производства пенополиуретана аналогичен для всех типов материала, за исключением получения пенополиуретана методом напыления, который производится на месте его будущей эксплуатации.

Основной метод производства пенополиуретана состоит из следующих блоков: хранение и подготовка сырьевых материалов (включая пенообразователь); дозирование материалов (включая пенообразователь) для получения необходимой рецептуры; смешивание материалов и дозированная заливка смеси компонентов полиуретана в пресс-форму или подача смеси на конвейер для заливки в подготовленные полости изделий; и, наконец, затвердение или заключительная обработка.

Первичные компоненты пеноматериалов



Сырье содержится в индивидуальных резервуарах из нержавеющей стали, где оно перемешивается для предотвращения отвердения, а теплообменниками поддерживается температура компонентов на уровне, необходимом для осуществления реакции.

Каждый резервуар оборудован дозирующим устройством для подачи с помощью насосов определенного количества материалов, участвующих в реакции, и поддержания в смеси заданного соотношения компонентов.

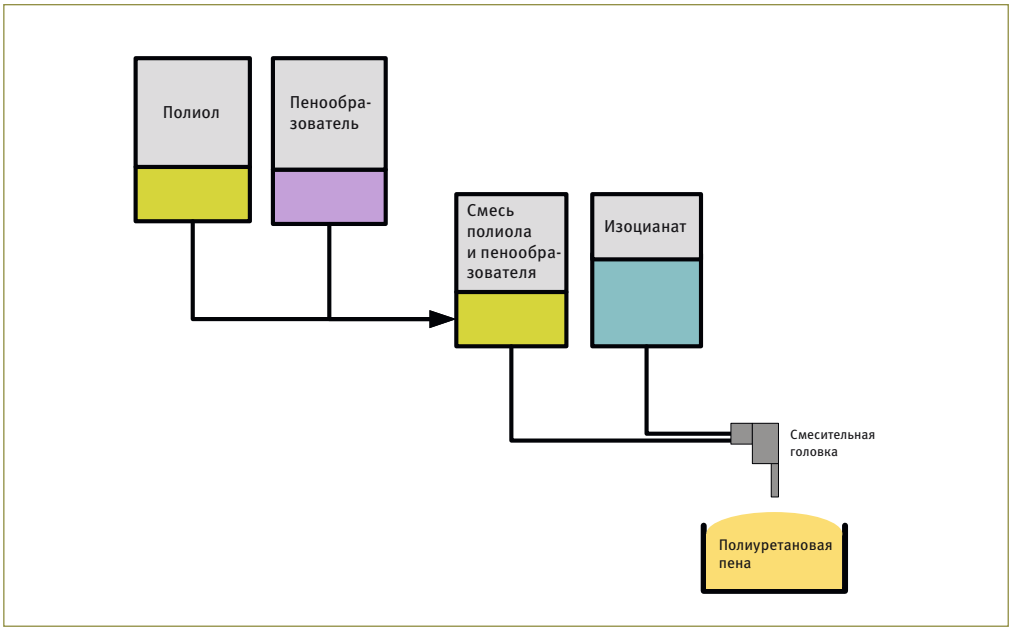
Типовое соотношение полиола к изоцианату 1:2. Так как соотношение компонентов определяет будущие характеристики полимера, процесс дозирования должен быть тщательно проконтролирован. На современном оборудовании это осуществлено с помощью компьютеризированной панели управления.

Реагенты могут подаваться через теплообменники для поддержания необходимой температуры реакции.

Главные компоненты подаются в смеситель или смесительную головку, где они вступают в реакцию с образованием полиуретана. К тому времени, когда жидкая смесь подана в пресс-форму, полиуретан уже химически сформирован.

Пенообразователь может быть заранее перемешан с полиолом или же добавлен в смеситель или смесительную головку под давлением. Смесь полиола и вспенивателя может быть приготовлена на месте в качестве одной из стадий производства пеноматериала или она может поставляться в бочках фирмами-поставщиками в виде готовых рецептур и полиуретановых систем (часто полиол и пенообразователь). Такая форма обеспечения сырьем очень важна для мелких и небольших предприятий, которые не имеют возможности готовить свои собственные полиуретановые системы. Вероятно, что наличие фирм-поставщиков полиуретановых систем («системных домов») будет играть ключевую роль в сокращении потребления ГХФУ в странах 5-й Статьи. Одной из главных преград для использования полиуретановых систем с углеводородными пенообразователеями является проблема безопасной транспортировки предварительно смешанных смесей, содержащих углеводороды.

Емкости хранения и смесительные устройства



Производители еще не пришли к единому мнению о возможности безопасной транспортировки компонентов, содержащих углеводороды. В настоящее время эти проблемы исследуются посредством реализации ограниченного числа проектов.

Изоцианат смешивается с полиолом и пенообразователем в смесительной головке. Это может быть сделано механически, используя смеситель, оборудованный электродвигателем (заливные машины низкого давления) или в противотоке под высоким давлением (заливная машина высокого давления). Пеноматериал подается через смесительную головку, и пенообразователь, увеличиваясь в объеме, генерирует вспенивание.

Отвердение полиуретана является заключительной фазой производственного процесса, в рамках которого пеноматериал стабилизируется и химическая реакция завершается.

С целью повышения производительности и сокращения времени выдержки пенопласта в пресс-форме этот процесс может быть ускорен посредством нагревания, которое обычно используется при заливке полиуретана в пресс-формы.

Типичная производственная линия пенополиуретанов состоит из двух основных секций: «влажная секция» и «сухая секция».

«Влажная секция» включает в себя емкости для хранения химических компонентов, а также дозировочное, смесительное и заливочное оборудование. «Сухая секция» включает все остальное оборудование производственного цикла после заливки (пресс-формы, конвейерные системы, печи термической выдержки и т.д.).

После заливки посредством смесительной головки пенополиуретан может использоваться для получения разнообразных продуктов. Самые распространенные продукты и производственные процессы описаны ниже.

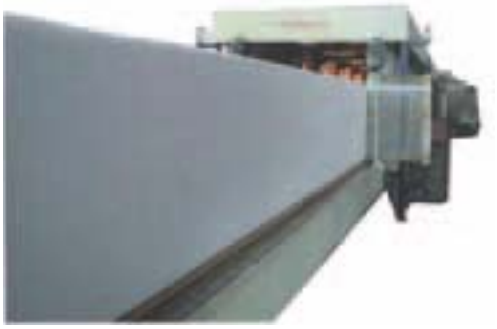
11.5 Жесткий пенополиуретан

Пенополиуретановый блок

Пенополиуретановый блок представляет собой блок пенопласта большого размера, который используется как материал для множества применений.

Блок жесткого пенополиуретана может быть использован для изготовления готовых изделий различных форм и размеров. Блоки обычно используется для изготовления изоляции трубопроводов и емкостей для хранения, а также изоляционных плит для применения в строительстве и в холодильных транспортных контейнерах.

Производство пенополиуретановых блоков



Процесс производства

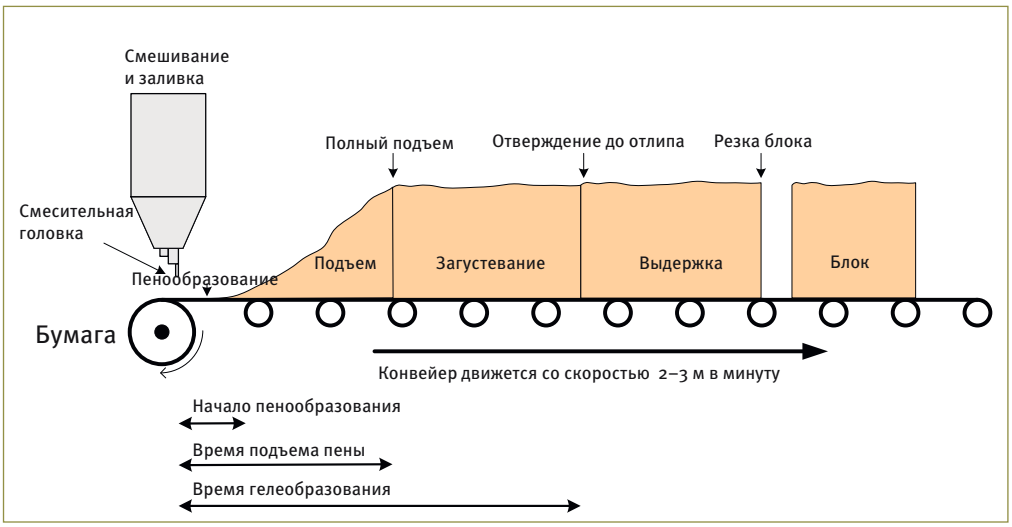
Блоки жесткого пенополиуретана изготавливаются путем циклического или непрерывного производственного процесса.

При циклическом методе производства химические компоненты с медленнотекущей реакцией образования пенополиуретана взвешиваются и вручную или механически смешиваются, а затем заливаются в деревянную или картонную пресс-форму. Пресс-форма оснащена плавающей крышкой, которую поднимает наверх вспенивающийся полиуретан. Крышка удерживает верхнюю поверхность блока на необходимом горизонтальном уровне.

Производительность циклического метода может быть увеличена посредством замены процесса ручного смешивания механическими мешалками или заливочными машинами, которые смешивают и дозировано заливают смесь химических компонентов в пресс-форму.

Как показано ниже, смесь полиуретановых компонентов непрерывно заливается в лоток на движущемся ленточном конвейере, покрытом бумагой или полиэтиленовой пленкой. Полиуретан вспенивается по мере движения по ленточному конвейеру. Система конвейера может быть оборудована таким образом, чтобы удерживать верхнюю поверхность пеноблока горизонтально и на определенном уровне (по аналогии с плавающей крышкой в циклическом процессе).

Емкости хранения и смешивание компонентов пенополиуретана



В обоих процессах пена поднимается вследствие расширения пенообразователя и затвердевает. После выдержки блок разрезается на секции для использования в упомянутых выше продуктах. Обычно блок не имеет ни обрезного края, ни непроницаемого внешнего слоя.

Теплоизоляция домашних холодильников и морозильников

Жесткий пенополиуретан является наиболее общепринятой изоляцией, используемой в холодильниках и морозильниках. В этих продуктах пенополиуретан служит конструкционным элементом, а также эффективным теплоизолятором.

Хотя основные требования для пеноизоляции в холодильниках/морозильниках одинаковы для большинства изготовителей, особенности производственных объектов, состояние рынка и местные нормативные требования приводят к существенным различиям как в рецептурах, так и в толщине пеноизоляции, используемой в этих устройствах. Важность вопросов энергопотребления во многих странах является определяющим фактором при выборе изоляции.

Дозировчно-заливочная машина для производства холодильников

Процесс производства

Жидкая смесь полиуретана вводится в полость, образованную внешним корпусом холодильного шкафа и внутренней оболочкой холодильной камеры. Жидкий пеноматериал растекается в этой полости, затем происходит химическая реакция, пена расширяется, застывает и образует слой жесткой пенополиуретановой изоляции во всем объеме полости.

Во время заливки пенополиуретана используются прочные фиксирующие приспособления для поддержки внутренних и внешних стенок, которые испытывают давление расширяющейся пены. Эта пена имеет закрыто-ячеистую структуру с пенообразователем, заключенным внутри каждой ячейки. Как правило, менее 5% пенообразователя улетучивается во время процесса пенообразования.

На небольших производственных предприятиях в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, было принято смешивать компоненты пеноизоляции и заливать в изолирующее пространство холодильника с использованием простого ведра. В настоящее время используются дозировочно-заливочные машины низкого и высокого давления. Машины высокого давления гарантируют лучшую однородность вспененного полиуретана, более высокую производительность, более чистый процесс производства и большую гибкость в применении различных пенообразователей.

Традиционно для получения пенополиуретановой изоляции в этой области использовался пенообразователь ХФУ-11, который во всех отношениях обеспечивал превосходные свойства. Главное внимание при замене ХФУ уделялось сохранению необходимых свойств пенополиуретана.

Другие, не связанные со строительством применения изоляции

Жесткий пенополиуретан используется как изоляция во множестве других применений:

Водонагреватели	Пеноизоляция гарантирует существенную экономию в потреблении энергии, особенно в изделиях, где место для изоляции ограничено.
Торговые холодильники и морозильники	Это оборудование обычно намного большего размера, чем бытовые устройства, и имеет остекленные двери в охлаждаемых витринах.
Кулеры для пикника	Главным свойством является хорошая изоляция и прочная конструкция из жесткой пластмассы.
Фляги и термопосуда	Выпускаются в различном ассортименте. Требования к характеристикам подобны кулерам для пикника.
Транспортные контейнеры-рефрижераторы	Очень строгие требования к рабочим спецификациям с акцентом на прочность и минимальную толщину стен при высокой эффективности изоляции.

Процесс производства

Номенклатура изделий, упомянутых выше, изготавливается заливкой пенополиуретана в межстенное изолирующее пространство. В большинстве случаев применяются пресс-формы или фиксирующие приспособления во время процесса вспенивания. Охлаждающие контейнеры также производятся вспениванием секции за секцией в большой, заранее смонтированной крепежной опалубке.

Плиточный пенополиуретан

Жесткий пенополиуретан может быть ламинирован в непрерывном процессе, используя различные материалы, такие, как алюминиевая фольга, бумага, рулонный кровельный картон и гипсокартон. Получаемые изоляционные панели используются в строительной промышленности, так же как и для других видов изоляции в промышленности и торговле.

Плиточный пенополиуретан используется в строительстве зданий, для изоляции крыши и стен, пустот, внутренних помещений, внешних фасадов и в обшивке стен жилых построек. Обладая очень низкой теплопроводностью, этот материал улучшает энергосберегаемость зданий. Панели с огнестойкими добавками безопасны, прочны и удобны в использовании.

Процесс производства

Есть две основные технологии непрерывного производства пенополиуретановых панелей с облицовкой из различных материалов. Поточная линия с горизонтальным расположением производит длинный плиточный блок с двусторонней облицовкой гибкими материалами, такими как алюминиевой фольгой, бумагой или кровельным картоном или с облицовкой одной стороны гибким материалом и другой стороны –жестким материалом. Другая технология предназначена для производства плиточного блока с облицовкой только одной стороны жестким материалом.

В обоих случаях химические компоненты дозируются, смешиваются в смесительной головке заливочной машины и инжектируются в пресс-форму, располагающуюся на конвейере. Пресс-форма может подогреваться для сокращения времени полного отвердевания полиуретана. На конечной стадии процесса блок разрезают на плиты нужной длины. Непрерывный способ производства изоляционных плит может быть также организован с использованием технологии получения блоков при свободном вспенивании

Производство плиточного блока

Многослойные (сэндвич) панели

Сэндвич-панели с толщиной от 30 до 200 мм изготавливаются с применением жесткого пенополиуретана, заключенного между двумя слоями облицовки, которая часто профилируется для увеличения жесткости панелей. Материалы, используемые для облицовки, – это обычно стальные, алюминиевые или укрепленные стекловолокном пластмассовые листы.

Многослойные панели используются в строительной промышленности для монтажа холодильных хранилищ для хранения замороженных и свежих продуктов и холодильных камер в больших и малых супермаркетах. Они также используются для сооружения герметизированных помещений или помещений с контролируемой температурой в пищевой или фармацевтической промышленности, в лабораториях и в производстве грузовиков-рефрижераторов и контейнеров-рефрижераторов.

Технология производства

Производство многослойных панелей

Многослойные панели могут изготавливаться на технологических линиях непрерывного действия, а также стендовым способом. Непрерывный процесс использует установку для формирования горизонтально-расположенных нижней и верхней облицовок из рулонного металла, подобную той, что применяется для производства плиточного блока. Однако в данном случае применяется дополнительный многовальный станок для профилирования рулонной листовой стали, что превращает ее в облицовку с необходимым профилем. В производстве сэндвич-панелей стендовым способом предварительно профилированная или плоская облицовка с соответствующими распорными деталями помещается в единичную или многоэтажную пресс-форму. Пенополиуретан заливают через несколько портов или с помощью распределительной трубки.

Напыление

Напыление пенополиуретана

Пенополиуретан напыляется на структурные элементы для создания хороших теплоизоляционных покрытий. Метод напыления обычно используется для теплоизоляции крыш, а также коммерческих зданий, промышленных емкостей хранения, трубопроводов и канальных систем, транспортных трейлеров-рефрижераторов и цистерн. Напыление производится подрядчиками на соответствующих объектах в соответствии с инструкциями изготовителей систем напыляемого пенополиуретана.

Технологический процесс

Напыление пены осуществляется с использованием ручного пистолета-распылителя, в котором находящиеся под давлением полиол, жидкие изоцианаты и пенообразователь дозируются, смешиваются и выбрасываются непосредственно на изолируемую поверхность. Отношение составляющих компонентов изменяется в соответствии с заданным применением. Например, изоляция крыши требует более высокой прочности на сжатие, чем изоляция, наносимая на стену, когда пеноматериал должен быть высоко реактивным, чтобы способствовать его удержанию на вертикальных поверхностях во время нанесения.

Метод напыления облегчает покрытие больших и сложных поверхностей. Для создания толстого слоя пены применяются многократные тонкие слои пены, не менее 10 мм.

Трубы также могут быть изолированы распыляемой пеной при использовании стационарного пистолета-распылителя и при вращении и горизонтальном перемещении обрабатываемой трубы.

Изоляция труб

Изоляция труб

Изолированные секции трубы в трубе представляют собой стальную трубу, заключенную в оболочку из жесткой пеноизоляции с пластиковым внешним защитным покрытием (предизолированные трубы). Они используются для транспортировки горячих или охлажденных жидкостей либо в подземных трубопроводах или в ситуациях, когда нужно избегать повышения или понижения температуры транспортируемой жидкости. Например, в районных системах теплоснабжения, где горячая вода перекачивается на значительные расстояния от котельной или другого источника теплоснабжения к многочисленным жилым зданиям, или в промышленном производстве, где охлажденная вода для процесса охлаждения циркулирует в теплообменниках, расположенных на удалении от системы охлаждения. Плотность пеноизоляции, используемой в этих применениях, обычно находится в диапазоне 70–80 кг/м^3, что удовлетворяет требованиям прочности и долговечности.

Процессы производства

Предизолированные секции трубы в трубе получают введением перемещенных компонентов пеноизоляции в пространство между внутренней (стальной) и внешней (пластиковой) трубами. Предварительно сформованные изолирующие полуцилиндры (скорлупы) получают путем заливки компонентов пеноизоляции в стальные пресс-формы соответствующих типоразмеров. Существуют также непрерывные процессы, в которых пеноматериал инжектируется на поверхность внутренней трубы, полимеризуется и затем внешнее покрытие образуется методом экструзии термопластичного материала.

Однокомпонентный пенополиуретан (ОППУ)

Пенопласты с единственным или одним компонентом используются как в строительной промышленности, так и частными лицами во множестве применений. Они включают уплотнения при прокладывании труб, кабелей, установке дверей и оконных блоков, для уплотнения стыков изоляционных панелей, кровли крыш и изоляции труб. Предпочтение отдается однокомпонентной пене, потому что она портативна и легко применима при обеспечении как тепловых, так и звукоизоляционных свойств.

Процесс производства

Однокомпонентный пенополиуретан поставляется в баллонах под давлением и в аэрозольных упаковках с соплом, через которое выдавливается тонкая струя материала. После нанесения на

нужную поверхность пеноматериал расширяется при комнатной температуре и затвердевает, реагируя с влагой в воздухе. Эта особенность уникальна для пены с одним компонентом. Пенопласт продолжает затвердевать и внутри, поскольку влага воздуха проникает в толщу пенопласта. Полное время, необходимое для отвердения пены, зависит от температуры и относительной влажности воздуха.

Другие жесткие пенопласты

Жесткий пенополиуретан также используется в ряде неизоляционных применений, включая упаковочный пенопласт малой плотности, аксессуары для плавательных средств, пенопласт для флористов и пенопласты для демпфирования при боковых столкновениях автомобилей.

Неизолирующие жесткие пенопласты производятся с использованием различных процессов, включающих напыление, формование или получение блоков пенопласта и использующих простое оборудование или заливочные машины высокого давления.

В своем большинстве интегральные пенопласты имеют открыто-ячеистую структуру, при которой пенообразователи, используемые в производстве, выпускаются в атмосферу во время реакции вспенивания или вскоре после того. Жесткие интегральные пенопласты и жесткие пенопласты для использования в плавательных средствах имеют структуру с закрытыми ячейками, но низкая теплопроводность не важна для этих продуктов.

Формованный/интегральный пенопласт

Формованный пенопласт главным образом используется в автомобильной промышленности для изготовления компонентов внутренней отделки: сидений, подлокотников, подголовников, рулевых колес и многих других деталей салона автомобиля. Он также используется для поглощения звука в автомобилях, в подложке ковров и в изоляции стенок моторного отсека.

Процесс производства

Внутренние поверхности пресс-форм тщательно промываются и затем покрываются антиадгезионной смазкой, что позволяет сформованному изделию легко отделяться от формы в конце процесса. Предварительно смешенный пенополиуретан затем заливается через смесительную головку вручную или автоматически в открытые пресс-формы. Пресс-формы закрываются. Во внутренней полости пресс-формы пеноматериал расширяется, заполняет все внутреннее пространство и полимеризуется.

Пресс-формы открываются после того, как прошло требуемое для полимеризации время, и изделия вынимаются. После извлечения изделий из пресс-форм их часто сминают вручную или с помощью катка. Это помогает открыть ячейки в матрице изделия, которые могут оставаться закрытыми. В некоторых случаях, продукт подвергается последующей термообработке для дальнейшего отвердения и образования более компактной корки.

Интегральный пенопласт имеет низкую плотность внутренней ячеистой структуры, окруженной материалом с более высокой плотностью и почти твердой монолитной пленкой из того же самого материала. В случае интегрального жесткого пенополиуретана структура «оболочка-сердцевина» обладает хорошими эластичными свойствами при низкой плотности материала.

Такой пенопласт находит широкое применение как конструкционный материал. Например, интегральные пенопласты используются в качестве конструкционных элементов мебели, для изготовления футляров для инструментов и автомобильных приборных панелей, где хорошее качество поверхности, низкая теплопроводность и несложная технология делает их приемлемым и экономичным материалом. Интегральные пенопласты также используются для изготовления подошв обуви и других специальных изделий.

Формованные изделия из интегрального пенопласта получают литьем под давлением в закрытые вентилируемые пресс-формы (рулевые колеса) или заливкой в открытые пресс-формы, как в случае изготовления подошв для обуви. Увеличенная плотность поверхностной пленки получается в результате повышенного давления в процессе вспенивания в пристенных зонах формы и разрушением образовавшейся ячеистой структуры.

ГХФУ очень редко используются в этом секторе.

11.6 Полистирол

История вопроса

Полистирол – относительно недорогая и твердая пластмасса. Она используется в изобилии в изготовлении каждодневных продуктов: от корпусов телевизоров до пластмассовых стаканчиков и ручек управления для радио.

Однако полистирол широко известен как пенопласт, который используется для изготовления одноразовых стаканчиков для кофе, пищевой и общей упаковки, а также для термоизоляции. Существуют три вида вспененного полистирола:

- Экструзионный плиточный пенополистирол (ЭПС плита)
- Экструзионный листовой пенополистирол (ЭПС лист)
- Беспрессовой пенополистирол (БПС)

Стаканчик из полистирола

В первые годы действия Монреальского протокола внимание мировых средств массовой информации сосредоточилось на каждодневных продуктах из листового пенополистрола (ЭПС), поскольку они были широко распространены и узнаваемы простыми людьми. Поэтому давление, оказываемое на сокращение потребления ХФУ в этих конкретных областях, зависело во многих случаях от мнения потребителей. Поставщиками сырья были разработаны новые рецептуры и изделия из пенополистирола без ХФУ, которые стали доступны на рынке в то же самое время, когда известное использование ХФУ продолжалось.

Потребление вспененного полистирола в целом уменьшилось во многих областях, поскольку были выявлены пожароопасность этого материала и его воздействие на окружающую среду, особенно в Северной Америке и Европе.

Производство полистирола

Сырой стирол получают из нефти или природного газа. Как и уретан, стирол является мономером, который может полимеризироваться в молекулярные цепи, известные как полистирол. В отличие от полиуретана, это термопластический полимер, а не термореактивный полимер. Он поставляется как сырье производителям пенополистирола в виде маленьких белых сферических гранул диаметром обычно от 0,5 мм до 1,5 мм.

Невспененные гранулы полистирола

Беспрессовой вспененный полистирол (БПС)

Беспрессовой пенополистирол (БПС) состоит из отдельных гранул с мелкоячеистой структурой, имеющих весьма малую плотность. БПС необычно легкий, с плотностью во много раз ниже плотности воды. Поскольку его ячейки не связаны между собой, тепло не может легко передаваться через БПС, таким образом, этот материал обладает хорошими изоляционными качествами (хотя не столь хорошими как некоторые типы полиуретана). БПС используется в плавательных средствах, для изоляции, а также в упаковке для транспортировки яиц, мяса, бутербродов, гамбургеров и других продуктов для изготовления одноразовой посуды, кулеров для пикника и многих других подобных изделий.

Упаковка из беспрессового пенополистирола

Процесс производства

Сначала проводят первичное вспенивание гранул полистирола, используя пар (наиболее общепринятая технология) или горячий воздух (для высокоплотной пены, такой, которая используется для изготовления одноразовых стаканчиков для кофе). Процесс нагревания проходит в емкости, содержащей от 150 до 2.000 литров гранул. При нагревании гранул вспенивающий агент начинает кипеть, полимер размягчается и гранулы расширяются приблизительно в 40 раз по сравнению с их первоначальным размером.

Первичное вспенивание гранул полистирола

Во время первичного вспенивания используется мешалка, препятствующая спеканию гранул. Так как вспененные гранулы легче, чем не вспененные, они поднимаются к поверхности и удаляются. Этот процесс понижает плотность гранул до 3 % от их первоначальной плотности. На

выходе из аппарата первичного вспенивания получают БПС с закрыто-ячеистой структурой в виде шариков с гладкой поверхностью, которые являются превосходным материалом для последующего формования в пресс-формах.

После первичного вспенивания гранулы выдерживают в течение, по крайней мере, 24 часов в сетчатых бункерах хранения. Это позволяет воздуху проникать в гранулы, охлаждая и упрочняя их.

Выдержанные гранулы с закрыто-ячеистой структурой помещаются в пресс-форму и снова повторно нагреваются паром. Предварительно вспененные гранулы расширяются, полностью заполняют полость пресс-формы и сплавляются вместе.

Машина для формирования вспененного полистирола

В результате формирования почти весь объем БПС (фактически 98%) составляет воздух. Это то, что делает БПС настолько легким и плавучим.

ГХФУ не используются в производстве беспрессового пенополистирола.

11.7 Экструзионный пенополистирол (ЭППС)

Экструзионный пенополистирол отличается от беспрессового пенополистирола тем, что в случае ЭППС пенообразователь добавляется в ходе процесса вспенивания, а не содержится в гранулах полистирола.

В рамках деятельности Многостороннего фонда Монреальского протокола было профинансировано много проектов по конверсии производственных предприятий, выпускавших листовой экструзионный пенополистирол, главным образом с целью сокращения потребления ХФУ-12 путем использования углеводородов, а именно бутана и сжиженного газа, в качестве пенообразователей. Использование ГХФУ-22 и ГХФУ-142b в производстве изоляционных плит из пенополистирола все еще широко распространено и продолжает расти в некоторых странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Экструзионный листовой пенополистирол

Экструзионный листовой пенополистирол применяется прежде всего для изделий, используемых в сфере общественного питания и упаковки пищевых продуктов, таких как контейнеры на вынос, тарелки одноразового использования, чашки, упаковка для яиц и подносы. Этот вид пенополистирола также используется для изготовления свободно-заполняющего упаковочного амортизационного материала и ламинированных листов, используемых для художественных работ и в виде изолирующей упаковки.

Процесс производства

Экструдер для получения пенополистирола

Листовой экструзионный пенополистирол производят путем смешения смолы полистирола с добавками и ее последующего расплавления до низкой вязкости. Этот процесс проходит в машине, известной как двухступенчатый винтовой экструдер. Пенообразователи вводят в экструдер под высоким давлением, где они растворяются в расплаве полимера. Расплавленный полистирол затем выдавливается при высокой температуре и давлении через формующую головку соответствующей конфигурации.

Как только расплавленный полимер покидает матрицу формующей головки, растворенный пенообразователь испаряется и вспенивается. Эта реакция вспенивает расплавленный полистирол. Кольцеобразная фильера формирует трубу пенополистирола, которая впоследствии разрезается для получения листов пенополистирола. Экструзионные листы пенополистирола выдерживаются обычно в течение 2–4 дней, формируются, разрезаются или скатываются в рулоны.

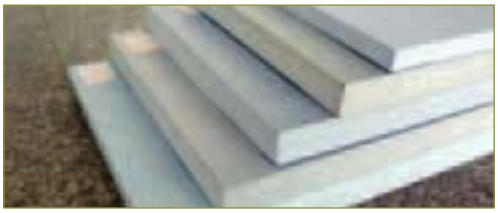
Формование (вспенивание) пенополистирола производится при условиях высокой температуры и давления, известной как термоформование. Большинство листового пенополистирола в мировом масштабе производится методом термоформования в экструдере.

Процесс термоформования обычно дает значительное количество отходов пенополистирола. В некоторых случаях от 30 % до 40 % выходной продукции экструдера становятся отходами.

Производственные процессы обычно включают измельчение и переработку отходов после термоформирования и резки полученных листов. Измельченные отходы пенополистирола вновь подаются в экструдер. Типичная смесь на входе в экструдер состоит из 65 % цельного полистирола и 35 % переработанного пенопласта.

Изоляционные плиты из экструзионного пенополистирола

Экструзионная иоляция из пенополистирола



Изоляционные плиты из экструзионного пенополистирола – это жесткий пенопласт с закрытой мелкоячеистой структурой. Он состоит почти полностью из полимера и пенообразователя и, следовательно, обладает низкой плотностью. В целом, приблизительно 90 % плит из экструзионного пенополистирола используются для теплоизоляции.

Тип используемого пенообразователя определяет характер ячеистой структуры, сформированной во время реакции вспенивания. Существует два основных типа плиточного пенополистирола: с гладкой поверхностной пленкой и с грубой шероховатой поверхностью, образованной рассеченными ячейками, которая обеспечивает лучшую адгезию штукатурки, клея и бетона.

Пеностирольные плиты с гладкой поверхностью используются как изоляция для крыш, полов и стен в зданиях. Они также используются как защита от промерзания дорог, взлетно-посадочных полос аэродромов и железных дорог в странах с холодным климатом.

Плиты с шероховатой поверхностью используются как изоляция в бетонных зданиях с последующим покрытием штукатуркой или плиткой и как изолирующий материал для сандвич-панелей. Они также используются в сооружении холодильных камер, а также для различных специальных применений. Их высокое сопротивление влаге также делает их приемлемыми для использования в местах с повышенной влажностью воздуха.

Экструзионные изоляционные плиты из пенополистирола экономичны и практичны для применений в подземных строительных конструкциях, таких как цоколи, фундаменты и крытые землей помещения, а также в инверсионных кровлях для теплоизоляции крыш, когда гидроизолирующая мембрана находится ниже изоляционного материала.

Процесс производства

Экструзия плит из пенополистирола

Экструзионные изоляционные плиты из пенополистирола производят с использованием экструдеров подобно производству листового пенополистирола. Смола полистирола смешивается с добавками и подается в экструдер, где она расплавляется.

Пенообразователь вводится под высоким давлением и растворяется в расплавленном полистироле. Образуется студенистое вещество, которое охлаждается и затем выдавливается через матрицу с прямоугольным поперечным сечением. По мере того, как гелеобразный полистирол выходит из матрицы, пенообразователь испаряется и вспенивается, формируя структуру с закрытыми ячейками в толще пенополистирола.

Когда пена сформована, она транспортируется далее по непрерывной ленте конвейера и разрезается. На участке резки может также размещаться оборудование для удаления гладкой поверхностной пленки для производства плит с шероховатой поверхностью.

Отходы пеностирола, полученные в процессе производства, могут быть вторично использованы. В этом случае материал должен быть измельчен, кроме того, в результате этого теряется пенообразователь.

В экструзионном пенополистироле с закрытыми ячейками пенообразователь выполняет две функции: он инициирует процесс вспенивания и обеспечивает тепловую изоляцию.

Пенообразователь, который остается в ячейках пенопласта, обеспечивая термоизолирующие свойства, известен как первичный пенообразователь. Он иногда называется изолирующим газом. Иногда используется вторичный или вспомогательный пенообразователь для поддержания или улучшения процесса вспенивания.

Представляется возможным улучшить процесс вспенивания, используя вакуумную технологию вспенивания. Однако первичный пенообразователь все еще требуется для обеспечения термоизолирующих свойств пенопласта.

11.8 Полиолефиновые пенопласты

Другая, менее применимая категория пенопластов основана на полиолефинах. Олефины – углеводородные составы, произведенные из нефти, включают бутен, этилен и пропилен.

Полиолефины – это полимеры олефинового ряда, включающие полиэтиленовые и полипропиленовые смолы. Добавки, такие как этилен, винилацетат или сополимерные смолы акриловой кислоты, вводятся в реакционную массу с целью модификации свойств пенопластов.

Для получения полиолефиновых пенопластов используется несколько различных производственных процессов, что дает в результате различные типы пенопластов. Могут использоваться химически-разлагаемые пенообразователи, такие как азодикарбонамид, но получаемые при этом продукты имеют неоднородные свойства и обычно стоят дороже, чем полиолефиновые пенопласты, произведенные с физическими пенообразователями.

Продукты, произведенные с использованием разлагаемых пенообразователей, вообще не рассматриваются как заменители для пенопластов, основанных на несшитых полиолефиновых полимерах.

В большинстве применений полиолефиновые пенопласты используются благодаря их особым свойствам. Самое важное из этих свойств – это способность материала обеспечить изоляцию от механической вибрации и теплового напряжения, вызванных существенными изменениями в температуре продукта.

Формованный пенопласт

Полиэтилен и с недавних пор также полипропилен начали использоваться для получения вспененных гранул с последующим их формованием в пресс-формах.

Эти пенопласты используются прежде всего в качестве амортизирующей набивки при изготовлении мебели и автомобильных бамперов. В этих материалах ранее широко применялся такой пенообразователь, как ХФУ-11.

Все производители гранул полиэтилена и полипропилена в настоящее время используют углеводороды или углекислый газ. Следовательно, эти пенопласты не подлежат рассмотрению в последующих разделах данного руководства.

Листовой пенопласт

Вспененные листы из полиэтиленовых и полипропиленовых смол получают методом экструзии.

Эти листовые продукты обычно используются как защитная упаковка для мебели, электронных устройств и других товаров.

Листовой упаковочный полиэтилен

Другие применения включают аксессуары для плавсредств (спасательные жилеты и др.), а также строительные и прокладочные материалы.

ХФУ-11, ХФУ-12 и ХФУ-114 исторически использовались в качестве пенообразователей для большинства листовых продуктов.

Плиты из пенопласта

Вспененные плиты из полиэтиленовых и полипропиленовых смол также получают методом экструзии. Наиболее часто этот материал применяется для формования демпфированной упаковки специального назначения для электронных или других товаров большой ценности. Некоторый плиточный материал также используются в упаковке для армии, в строительстве, в производстве плавсредств и самолетных сидений, а также для ряда других применений.

Обычно ХФУ-12 и ХФУ-114 использовались в изготовлении плит из вспененного полиэтилена и полипропилена.

Трубчатая пеноизоляция

Вспененные полиолефины могут также продавливаться в экструдере через формующее отверстие кольцеобразной формы. Получаемая пластиковая труба может быть использована для тепловой изоляции трубопроводов. Пеноизоляцию из полиолефинов применяют для изоляции труб горячего и холодного водоснабжения в жилых помещениях, а также в качестве термоизоляции при «температурах, близких к окружающей среде».

Исторически в этой области ХФУ-12 или ХФУ-114 использовались как пенообразователи.

Процессы производства

Экструзия полиэтиленовых плит

Для получения необходимого продукта методом экструзии смола расплавляется и смешивается с пенообразователем, а затем эта смесь проходит сквозь формовочное отверстие, где готовый продукт быстро расширяется и охлаждается.

Для получения листового материала используется матрица с кольцевой фильерой, формирующая тонкостенный полый цилиндр из пенопласта. Этот цилиндр впоследствии разрезается для получения плоского листа, который можно скатать для хранения или отгрузки. Листовые продукты обычно имеют толщину от 3 до 6 мм.

Как правило, плиточный пенопласт получают с использованием специально сконструированной формующей головки с фильерой заданного профиля. Для получения плит необходимого поперечного сечения требуется фильера соответствующего профиля. Плиты обрезаются по длине и, в случае необходимости, также обрезаются и края. Плиты получают толщиной от 12 до более чем 100 мм и шириной до 1.200 мм. Изредка изготавливаются изделия с круговым или другим непрямоугольным поперечным сечением. Существует процесс, когда материалы пенопласта вводятся в закрытую полость, чтобы увеличить устойчивость изделия к деформации.

Для получения изоляционного материала цилиндрической формы для изоляции труб используется формовочная головка с кольцевым профилем. При относительно небольшом диаметре получают достаточно толстостенную изоляцию. Внутренний диаметр трубчатой изоляции находится в диапазоне от 6 мм до 125 мм с толщиной стенки от 5 мм до 50 мм.

Все три типа пенопластов являются материалами с закрытыми порами. Таким образом, большая часть пенообразователей заключена в матрице пенопласта. При изготовлении тонколистового пенопласта существенная часть пенообразователя может улетучиться в формовочной головке или сразу после выхода из нее. В случае производства экструзионных плит, труб и более толстого листа лишь небольшая часть пенообразователя теряется из пенопласта на выходе из экструдера, хотя некоторое количество будет потеряно в отделочных операциях, которые открывают ячейки.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Корпорация BASF, Справочник по МДИ полиуретану	Корпорация BASF
Производство жесткого пенополиуретана, Dr. Manfred Kapps и Siegfried Buschkamp	Bayer
Сравнение эквивалентных выбросов CO_2 при использования экструзионных изолирующих пеноматериалов: применение ЭППС для обшивки внешних стен индивидуальных жилых домов в четырех городах США, Nadine Rauscher	Химическая компания DOW
Оценка теплопроводности экструзионных пенопластов, получаемых с применением пенообразователей ГФУ-134a или ГХФУ-142b, Chau V. Vo	Химическая Компания DOW, 1605 Joseph Drive-200 Larkin Center, Midland, MI 48674
Пенообразователь Ecomate® Статья John Murphy, Mark Schulte, Buck Green	Пенное снабжение, Inc.
Жесткие пенополиуретаны и альтернативные пенообразователи, Kyung Won Suh и Andrew N. Paquet, Химическая Компания Dow, Midland, MI, США, ISBN: 0-471-49752-5	Современные стирольные полимеры: Полистирол и стирольные сополимеры
Техническая и экологическая приемлемость ГФУ как пенообразователей для плит из ЭППС, Christer Bratt и Arnaud Albouy	Пеноматериалы Нордик, Швеция
Энергия и последствия применения неаналоговых альтернатив ГФУ и ГХФУ нового поколения для глобального потепления, S. K. Fischer, J. J. Tomlinson, P. J. Hughes	Oak Ridge Национальная лаборатория, США
ГФУ пенообразователи для жесткой пеноизоляции, Lothar Zipfel и Christoph Meurer	Solvay Фтор
Смеси ГФУ для производства ЭППС с лучшими изолирующими свойствами, Lothar Zipfel и Christoph Meurer	Solvay Исследования & Технология, Solvay Фтор и Производные Гмбх
2006 Отчет по жестким и гибким пеноматериалам, Комитет технических вариантов, 2006 Оценка, ISBN 978-92-807-2822-4	ЮНЕП/ГТОЭО
Отчет группы экспертов по технологии и экономической оценке, май 2008, Том 1, Отчет о ходе работ	ЮНЕП/ГТОЭО
Агентство по охране окружающей среды: Офис по выполнению, Обзор резиновой и пластиковой промышленности, 2-я Редакция, Главы I, II, и III, февраль 2005	EPA, США

12. Альтернативные пенообразователи для производства пеноматериалов

12.1 Введение

Выполнение решения XIX/6 Сторон Монреальского протокола потребует сокращения потребления ГХФУ-141b, ГХФУ-142b и ГХФУ-22 в производстве полиуретановых, полистирольных и полиолефиновых пенопластов. Хотя уже был получен значительный опыт в странах, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, в сокращении потребления этих ГХФУ, информация в этом отношении еще не имеет достаточно широкого распространения, чтобы помочь принятию решения в большинстве стран, действующих в рамках 5-й Статьи. В этом разделе дается краткий обзор имеющихся и новых пенообразователей, альтернативных ГХФУ.

Хотя пенообразователи могут быть эффективно извлечены из изоляции в процессе утилизации домашних холодильников, эффективность применения соответствующих нормативных актов существенно зависит от региона, в котором они применяются. Была проведена существенная дополнительная работа по оценке практической целесообразности извлечения пенообразователя из пенопластов, применяющихся в строительстве. Эффективность затрат в этом случае существенно зависит от установленного порядка обработки строительных отходов, в частности, разделения отходов после сноса зданий. Серьезно рассматривается участие углеродного фонда в финансировании обработки накопленных бросовых пенопластов.

12.2 Жесткий пенополиуретан

Производство пенополиуретановых плит

В производстве пенополиуретановых плит широко используется ГХФУ-141b (также используется смесь ГХФУ-141b/ ГХФУ-22), так как эти пенообразователи обеспечивают хорошие термоизолирующие свойства при замене ХФУ-11, а блоки, изготовленные по этой технологии, соответствуют широкому диапазону строительных норм и правил.

N-пентан, изопентан, циклопентан и смеси углеводородов используются в производстве пеноизоляции в тех странах, где уже требуется применение пенообразователей с нулевым ОРП. Однако использование n-пентана и изопентана требует существенных изменений в технологии производства на предприятии для обеспечения безопасности работ из-за высокой огнеопасности этих веществ. Кроме того, у пенопластов с этими пенообразователями есть проблемы в области устойчивости к деформации, низкой теплопроводности и огнеопасности материала с точки зрения норм пожаробезопасности.

Наблюдались проблемы устойчивости к деформации изоляционных кровельных плит в европейских странах, особенно в зимних условиях. Эта проблема возникла из-за высокой точки кипения (36 °C) n-пентана, а в некоторых случаях аналогичные трудности наблюдались с ГХФУ-141b.

В промышленности эти проблемы решаются посредством обеспечения необходимой плотности пеноматериала и внедрения новых методов испытаний.

Необходимость соответствовать действующим нормам пожаробезопасности означает, что потенциальные экономические преимущества использования дешевого пенообразователя не

могут быть реализованы на практике. Для снижения огнеопасности, присущей углеводородным пенообразователям, используют огнезащитные добавки (антипирены). Желательно, чтобы эти добавки были реакционно-способными, потому что антипирены без реакционной способности могут привести к пластификации матрицы пеноматериала.

С помощью этих добавок можно обеспечить прохождение большинства ограничивающих тестов, а также части более серьезных тестов. Однако возрастающие требования как гармонизированных критериев ЕС, так и тестов страховых компаний в ряде случаев могут препятствовать применению пеноизоляционных плит с пентановым пенообразователем.

В некоторых случаях для замены ГХФУ-141b использовались альтернативные пенообразователи на основе ГФУ-245fa и ГФУ-365mfc (последний часто смешивался с ГФУ-227ea). Текущая оценка указывает, что эти пенообразователи отвечают требованиям производства, а также большинству требований пожаробезопасности и имеют достаточно хорошие термоизоляционные и физические свойства. Начальные термоизоляционные свойства в этих случаях были бы подобны пенопластам с ГХФУ-141b при меньшей интенсивности потери качества со временем. Однако стоимость использования этих альтернатив может быть существенной, особенно для небольших предприятий.

Использование ГФУ-245fa с менее дорогостоящим (хотя и менее эффективным) вторичным пенообразователем может обеспечить оптимальный баланс эффективность – стоимость для определенных видов применения. Вода является наиболее общепринятым вторичным пенообразователем, используемым достаточно часто из-за ее низкой стоимости и экологической приемлемости. Вода реагирует с другими компонентами системы, генерируя CO_2, который выступает в качестве дополнительного вспенивателя. Оказалось, что технология получения пенополиуретана с использованием ГФУ-245fa и большого количества CO_2 (вода) в качестве вторичного пенообразователя имеет некоторые преимущества перед другими технологиями. Комбинация пенообразователя ГФУ-245fa/CO_2 (H_2O) не является огнеопасной. Прямое преимущество с точки зрения производства состоит также в том, что предприятие не должно следовать строгим нормативам безопасности использования огнеопасных материалов. Кроме того, в этом случае отсутствуют выбросы летучих органических соединений (ЛОС), которые имели бы место в случае использования системы с углеводородными пенообразователями.

Ключевые проблемы, касающиеся широкого использования этих пенообразователей в этом секторе, относятся к их ценам и доступности, а также к совокупным затратам на производство пеноизоляционных плит с такой рецептурой. Важно учитывать, что рынок этих материалов очень чувствителен к стоимости производственных затрат, а также то, что на этом рынке имеется несколько продуктов, потенциально готовых заменить пенополиуретаны.

Производство пенополиуретановых блоков

Производство пенополиуретановых блоков распространено в тех областях, где объемы производства ограничены и где требуются нестандартные решения. Требуемые характеристики пеноматериалов будут зависеть от конкретных условий применения. Во многих случаях в этих областях могут предъявляться довольно жесткие требования и, следовательно, при выборе альтернативных пенообразователей необходимо иметь в виду потенциальный диапазон требуемых характеристик продукта. Распространенной областью применения является изготовление изоляционных панелей с металлической или другой облицовкой. Такие панели выпускаются небольшими сериями для изоляции грузовиков-рефрижераторов и в ряде других применений.

В случае применения пенополиуретана для изоляции труб пенопласт подвергается воздействиям среды, в которой эксплуатируются трубопроводы. В этих случаях важно, чтобы пеноматериал удовлетворял требованиям пожаробезопасности и влагостойкости.

Наличие альтернативных пенообразователей в этом секторе аналогично ситуации в секторе изоляционных плит. Основным альтернативным пенообразователя для ХФУ-11 был ГХФУ-141b, при этом наблюдается незначительное использование пентана и CO_2 (вода). Варианты выбора пенообразователя схожи как для непрерывных, так и для циклических процессов, хотя существуют дополнительные требования при проектировании производства с использованием углеводородных пенообразователей.

Пентан может использоваться в качестве пенообразователя, хотя потребуются дополнительные усилия по разработке (адаптации) технологии с учетом экзотермической реакции, протекающей при высокой температуре, а также обеспечения безопасной эксплуатации готовых изделий.

Использование вторичного пенообразователя CO_2 (вода) также влечет за собой дополнительные проблемы, связанные с высокотемпературной экзотермической реакцией изоцианата с водой. Необходимо уделять внимание безопасности, особенно на стадии хранения пеноматериала сразу после его получения.

ГФУ-245fa и ГФУ-365mfc прошли успешные испытания в этом секторе применения. Эти пенообразователи технологичны в использовании, а получаемые пеноматериалы обладают приемлемыми свойствами.

ГФУ-245fa также можно использовать с вторичным пенообразователем CO_2 (вода).

Теплоизоляция для бытовых холодильников и морозильников

Жесткий пенополиуретан является доминирующим материалом для теплоизоляции холодильников и морозильников. Пеноматериал также служит элементом, поддерживающим конструкционную прочность устройства. Поэтому пенополиуретан должен обладать адекватной компрессионной прочностью и прочностью на изгиб, чтобы гарантировать целостность конструкции изделия при экстремальных температурных условиях во время транспортировки, а также при его эксплуатации. Пеноматериал должен сохранять свои термоизоляционные свойства и структурную стабильность в течение проектируемого срока службы изделия. Используя ХФУ в качестве пенообразователя производители пеноматериалов успешно справились с разработкой рецептур, отвечающим всем этим требованиям.

По мере того, как были разработаны пенообразователи, заменяющие ХФУ, одновременно были предприняты меры, обеспечивающие сохранение характеристик пеноматериала с тем, чтобы поддерживать рабочие параметры холодильного устройства на приемлемом уровне. Хотя основные требования к пеноизоляции для холодильников/морозильников схожи для большинства производителей, особые условия производства на отдельных предприятиях, состояние местных рынков и локальные нормативные требования влекут за собой необходимость корректировать характеристики пенополиуретана. Например, повышенные требования к энергоэффективности и холодопроизводительности холодильников в Северной Америке заставили производителей США использовать пеноизоляцию с более низкой теплопроводностью, чем

это требовалось на европейском рынке. При этом следует отметить, что нормативы энергопотребления относятся к холодильному устройству в целом, а теплопроводность пеноизоляции является лишь одним из многочисленных факторов.

В ЕС строгие требования потребления энергии были введены в действие с сентября 1999 года и работа, направленная на уменьшение потребления энергии, продолжается в этом регионе в настоящее время. Например, в отчете, подготовленном Европейской комиссией в 2001 году, были отмечены высокие характеристики некоторых из выпускаемых европейских моделей холодильников, которые значительно превзошли коэффициенты энергоэффективности класса А. Эти параметры были достигнуты с помощью применения пенообразователей на основе углеводородов.

Углеводороды	Технология с углеводородными пенообразователями была главным образом основана на «чистом» (95 % чистоты) или «техническом» (75 % чистоты) циклопентане. Существенного различия в их рабочих характеристиках практически нет. Обе марки легко смешиваются с другими компонентами специально разработанной рецептуры. Циклопентан пожаровзрывоопасен, поэтому важны дополнительные меры безопасности на предприятии. Данные меры четко определены и успешно выполняются. Они включают в себя установку специализированного резервуара хранения для циклопентана, предварительных смесителей и дозирующих заливных машин высокого давления во взрывобезопасном исполнении; установку пресс-форм (часто охлаждаемых водой); дополнительной вентиляции; углеводородных датчиков; электрического оборудования соответствующей классификации, а также реализации комплекса мер по предотвращению образования статического электричества и, прежде всего, по обучению технического персонала процедурам и правилам безопасной работы. В силу экономических факторов выполнение этих требований значительно осложняет конверсию на эту технологию, особенно на небольших предприятиях. Однако в этом секторе существенное количество предприятий даже в развивающихся странах являются предприятиями достаточно большого размера, что позволяет осуществить экономически приемлемую конверсию на применение углеводородных технологий, и достаточно много предприятий в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, уже перешли от ХФУ к технологии с углеводородными пенообразователями. Для расширения использования этой технологии в других регионах мира, включая некоторые штаты США, необходимо предпринимать дополнительные меры по ограничению выбросов летучих органических соединений. Пластмасса, применяемая для изготовления внутренней камеры в холодильниках с ХФУ пенообразователем, может успешно применяться в сочетании с пеноизоляцией на основе углеводородного пенообразователя. Как правило, при переходе от ХФУ-11 к циклопентану типичная пеноизоляция с циклопентановым пенообразователем имеет суммарную плотность около 38 кг/м^3, что на 15–18 % выше плотности пеноизоляции, получаемой с пенообразователем, содержащим 50 % ХФУ-11. Исходная теплопроводность пеноизоляции увеличивается на 12–13 % и достигает приблизительно 20,8 мВт/м°К (при 10 °С). Оптимизация рецептуры пеноматериала позволяет уменьшить плотность до 36 кг/м^3 (увеличение по сравнению с исходной плотностью на 10–13 %), а также снизить теплопроводность до 20,2 мВт/м°К (улучшение на 7–10 % по сравнению с исходной), соответственно. Увеличение теплопроводности эквивалентно увеличению потребления энергии холодильника приблизительно на 5 % относительно исходных значений энергопотребления, полученных с использованием пеноизоляции с пенообразователем ХФУ (содержание которого было снижено на 50 %).

	Дальнейшее развитие систем с углеводородами предусматривает использование смесей, которые уменьшают связанные с повышением плотности полиуретана затраты, не увеличивают теплопроводность пеноизоляции (а может даже уменьшают ее при рабочих температурах в холодильниках и, особенно, в морозильниках). Например, оптимизированная пеноизоляция на основе пенообразователя циклопентан/изопентан имеет общую уменьшенную плотность, равную приблизительно 35 кг/м^3 (увеличение на 6–8 %, по сравнению с пеноизоляцией, полученной с пенообразователем, содержащим 50 % ХФУ-11) и теплопроводность, равную пеноизоляции с лучшей циклопентановой системой. Другой подход заключается в использовании смеси циклопентан/изобутан для достижения тех же результатов с дополнительным преимуществом более низких значений теплопроводности при низких температурах из-за более высокого давления пара в ячейках пеноматериала. Имеется незначительное использование смесей изопентана и пентана в тех регионах, где циклопентан не доступен. В этих случаях используются изо/нормальные изомеры пентана, несмотря на то, что их теплоизоляционные характеристики хуже.
ГФУ ГФУ-245fa ГФУ-365mfc	Также на рынке активно продвигаются неуглеводородные альтернативные для ГХФУ пенообразователи, основанные на ГФУ-134a и ГФУ-245fa. Пенопласты с пенообразователем ГФУ-134a появились в то время, когда на рынке отсутствовали ГФУ, которые можно было бы применять в жидкой фазе. ГФУ-134a недолго применялся в качестве пенообразователя для производства холодильников, но продолжает использоваться в этом качестве на нескольких предприятиях и сегодня. Главные недостатки использования этого пенообразователя состоят в следующем: неудовлетворительная совместимость с рецептурой, обусловленная тем, что ГФУ-134a используется в газовой фазе и имеет плохую растворимость в полиольных системах, а также неудовлетворительная теплопроводность пеноизоляции, которая на 15–20 % выше по сравнению с пеноизоляцией на основе ХФУ-11. Напротив, оценка ГФУ-245fa показывает, что он является технически жизнеспособным пенообразователем для этого применения с плотностью пеноизоляции, сравнимой с материалами, полученными с использованием ХФУ-11. Теплопроводность пеноизоляции составляет приблизительно 18,5 мВт/м°К (при 10 °С), а энергопотребление холодильника эквивалентно агрегатам с пеноизоляцией на основе ГХФУ-141b и до 10 % ниже, чем у таких же агрегатов, использующих пеноизоляцию на основе углеводородных пенообразователей. Точка кипения ГФУ-245fa – 15,3 °С может означать, что для его использования будет необходимо герметизированное смесительное оборудование, но во многих случаях ГФУ-245fa может применяться с оборудованием, разработанным для использования ХФУ-11 и ГХФУ-141b. Очень важной характеристикой ГФУ-245fa является его очень хорошая растворимость в полиольных рецептурах. Пластмасса, применяемая для изготовления внутренней камеры в холодильниках с ХФУ пенообразователем, может успешно применяться в сочетании с пеноизоляцией на основе ГФУ-245fa, за исключением некоторых пластмасс с акрилонитрил-бутадиен-стиролом.
Неаналоговые альтернативы	Вакуумные изоляционные панели продолжают разрабатываться и используются в ограниченном количестве. Строго говоря, их производство не продиктовано необходимостью заменить пеноизоляцию на основе ХФУ-11, но эта технология действительно позволяет поддержать или улучшить эффективность изоляции, когда используются пеноизолирующие материалы с худшими характеристиками по сравнению с технологией, основанной на ХФУ-11. В настоящее время производятся холодильники и морозильники, использующие вакуумные панели с открытопористой жесткой полиуретановой изоляцией. Они позволяют, например, сократить потребление энергии примерно на 20 % или увеличить на 25 % внутренний объем холодильной камеры при том же потреблении энергии. Очевидно, что конкретное применение этой технологии зависит от конструктивных особенностей модели.

Другие холодильные установки

Другие холодильные установки включают торговые холодильники и морозильники, охлаждаемые витрины, торговые автоматы, камеры охлаждения, а также изделия, требующие эффективной изоляции при ограниченном весе самой конструкции, например, водонагреватели, в которых пеноизоляция дает существенную экономию в потреблении энергии и особенно в установках с ограниченным объемом для размещения изоляции.

В некоторых регионах осуществляется контроль над потреблением энергии. Например, Министерство энергетики США утвердило стандарты эффективности использования энергии, а также подобные стандарты введены в странах Европейского Союза.

Циклопентан используется для коммерческих холодильников и морозильников в тех странах, где имеется требование использовать пенообразователи с нулевым ОРП.

Пеноизоляция некоторых торговых автоматов и водонагревателей изготавливается с помощью CO_2 (воды). В водонагревателях невысокая эффективность тепловой изоляции в некоторых случаях может быть скомпенсирована увеличением ее толщины.

Пенообразователи ГФУ-245fa и ГФУ-365mfc рассматриваются в качестве возможных заменителей ГХФУ-141b. Важным фактором, который может ограничить широкомасштабное использование ГФУ-245fa в условиях умеренного и тропического климата, является вопрос о возможности его поставки в виде предварительно смешанных полиольных рецептур. В настоящее время эта проблема изучается.

Различные изомеры пентана также являются технически приемлемыми вариантами, но стоимость соответствующих мер по обеспечению безопасности и трудность в поставке предварительно смешанных составов могут стать серьезным препятствием для их масштабного использования, так как многие потребители в этом секторе являются сравнительно небольшими предприятиями.

Строительные сэндвич-панели

Эти панели все чаще используются в строительной промышленности и имеют широкое и разнообразное применение. Сэндвич-панели также используются в транспортной промышленности для изготовления грузовиков-рефрижераторов с термоизоляцией.

В любом из подобных применений изолирующее свойство пеноматериала рассматривается в сочетании с прочностными характеристиками пенопластов. Панели используются в виде компонентов высококачественной модульной строительной технологии, чем обусловлен быстрый рост их использования в развитых и развивающихся странах.

Производство панелей непрерывным способом

N-пентан может использоваться с производственным оборудованием, которое приспособлено для работы с пожаровзрывоопасными веществами.

ГХФУ-134a также используется в некоторых случаях, так как плохая растворимость ГФУ-134a в полиолах не является серьезным препятствием в этом применении в силу того, что повышенная

плотность пеноматериала, используемого в строительных панелях, не требует высокой концентрации пенообразователя. Другая причина состоит в том, что ГФУ-134а используется с вторичным пенообразователем CO_2 (вода), чем предопределяется снижение его потребления.

В этом виде пеноизоляции существуют еще более жесткие требования к использованию пожаровзрывоопасных пенообразователей, в связи с чем пенообразователи на основе ГХФУ (особенно на основе ГХФУ-141b) являются предпочтительными решениями и использование n-пентана в более широком масштабе в ряде случаев не находит поддержки.

В этом секторе ГФУ-245fa и ГФУ-365mfc (вместе с n-пентаном) рассматриваются в качестве наиболее перспективных вариантов замены. Имеющиеся оценки демонстрируют их потенциальную техническую пригодность, но, как и в случае с изоляционными плитами, промышленность до сих пор не определилась в отношении экономичности их использования.

Стендовый способ производства изоляционных панелей

Варианты выбора пенообразователей и требования рынка в основном аналогичны производству непрерывным способом. Существует потребность в пожаробезопасных предварительно смешанных системах для малых предприятий как в развитых, так и в развивающихся странах.

Предварительно смешанные рецептуры с ГФУ-134а уже присутствуют на европейском рынке. Несмотря на низкую растворимость этого пенообразователя в полиольных системах его потребление составляет приблизительно 2 % смеси CO_2 (вода)/ ГФУ-134а.

ГФУ-245fa и ГФУ-365mfc также рассматриваются в качестве замены для ГХФУ-141b.

С точки зрения безопасности существуют серьезные опасения в отношении применения предварительно смешанных систем полиола с пентаном, в связи с чем эти системы фактически отсутствуют на рынке. Однако как циклопентан, так и n-пентан использовались в европейских и некоторых развивающихся странах в ситуациях, когда могли быть обеспечены прямые поставки пенообразователя.

Напыляемая пенополиуретановая изоляция

Напыляемая пенополиуретановая изоляция используется для изоляции объектов в месте применения. В основном для замены ХФУ пенообразователей используются ГХФУ-141b и CO_2 (вода).

Ни газообразные ГХФУ и ГФУ, ни пентаны не являются подходящими для применений в этом секторе, так как газообразный пенообразователь не обеспечивает необходимого качества пеноматериала из-за чрезмерного вспенивания и приводит к недопустимым потерям пенообразователя. Воспламеняемость пентанов также сделала бы их применение на месте нанесения вспененных материалов неприемлемым.

Пенообразователь CO_2 (вода) может использоваться в случаях, когда допускается 50 %-ное увеличение толщины слоя изоляции для обеспечения эквивалентной эффективности изоляции. Дополнительной проблемой является необходимость увеличения плотности приблизительно на 30 % для изоляции с низкой плотностью (порядка 32 кг/м3), но эта проблема исчезает в случае использования пеноизоляции с более высокой плотностью (например, при проведении кровельных работ).

Оборудование для напыления может быть модифицировано для обеспечения расхода материалов по двум компонентам в соотношении приблизительно 1,5:1.

В Японии появилась технология, основанная на использовании CO_2 в сверхкритической области, но эта технология навряд ли будет широко тиражироваться в других странах в ближайшее время.

Были разработаны системы, основанные на ГФУ-245fa и ГФУ-365mfc, направленные на замену ГХФУ-141b. Они включают системы, основанные на комбинации ГФУ-245fa и (CO_2) вода.

Изоляция типа «труба в трубе»

В секторе производства изоляции типа «труба в трубе» главные альтернативные пенообразователи – циклопентан и CO_2 (вода), отвечающие критериям эффективности изоляции. Единственное существенное различие состоит в том, что при применении пенообразователя CO_2 (вода) требуется увеличить толщину изоляции для получения эквивалентной эффективности.

Два «жидких» варианта ГФУ: ГФУ-245fa и ГФУ-365mfc еще не прошли всех необходимых испытаний для применения в этой области.

Однокомпонентная пенополиуретановая изоляция

В однокомпонентных системах требуется газообразный пенообразователь/пропеллент, при этом теплопроводность пеноизоляции не является критическим требованием. Газообразные пенообразователи/пропелленты, такие как ГФУ-134a и ГФУ-152a, пропан, бутан и диметиловый эфир (ДМЭ) являются технически пригодными и широко используются в настоящее время.

Эти вещества часто используются в виде смесей. Например, смесь ГФУ-134a/ДМЭ/пропан/бутан широко используется в Европе. Огнеопасные смеси используются приблизительно в 80 % всего европейского рынка по причине их высокой рентабельности.

Однако для гарантированно безопасной работы с углеводородами необходимы значительные модификации процесса производства и условий хранения в складских помещениях.

Пеноизоляция для авторефрижераторов

В этом секторе предъявляются довольно жесткие требования к качеству изоляции с точки зрения длительности ее эксплуатации при минимальной толщине стенок и удовлетворительных теплоизоляционных свойствах. В большинстве случаев термоизоляция охлаждаемых полуприцепов выполняется в виде сэндвич-панелей, которые изготавливаются стендовым способом, хотя существует технология заполнения пеноизоляцией отдельных секций с использованием крупногабаритной технологической оснастки с опалубкой.

Изоляция изотермических автофургонов выполняется по технологии изготовления изоляционных панелей стендовым способом.

Термоизоляция для полуприцепов-рефрижераторов обладает более толстой твердой оболочкой, что достигается использованием специальной технологической оснастки.

Хотя требования к теплоизоляционным свойствам могут быть достаточно высокими, в определенных случаях в авторефрижераторах может применяться пеноизоляция на основе углеводородных пенообразователей с использованием соответствующих конструктивных решений. В этих случаях обычно применяют пентаны и другие подобные пенообразователи.

Другие применения жестких пенополиуретанов

В эту категорию входят пенополиуретаны, получаемые с помощью различных процессов, включая напыление, заливку в готовые полости, заливку в пресс-формы и изготовление теплоизоляционных блоков. Представляется затруднительным выделить определенные альтернативные технологии для каждого применения. В большинстве случаев могут использоваться все известные системы вода/CO_2, а для упаковочных пенопластов – метиленхлорид.

12.3 Интегральные пенопласты

Эта категория может быть подразделена на интегральные эластичные пенопласты и интегральные жесткие пенопласты. Главные требования к пенообразователю в обоих секторах касаются легкости обработки, эффективности формирования поверхностной пленки, плотности пенопласта и стоимости обработки пресс-формы (например, покрытие внутренней полости пресс-формы).

Интегральные эластичные пенопласты

Выбор технологии для этого вида применения будет в значительной степени зависеть от действующих норм и необходимой спецификации продукта. Например, в большинстве промышленно-развитых стран обязательно применение пенообразователей с нулевым ОРП, несмотря на их недостатки, касающиеся таких аспектов, как качество поверхностной пленки и плотность.

Несколько рекомендованных спецификаций, особенно в ЕС, поощряют использование рецептур с пенообразователем вода/CO_2. Такая технология теперь доступна для всех применений, но может потребоваться дополнительная обработка внутренней поверхности пресс-формы. ГФУ-134а также используется при таком применении, что может потребовать специального покрытия внутренней поверхности пресс-формы для получения качественной поверхностной пленки.

Вспениватель n-пентан может также использоваться в областях, где требуется очень прочная оболочка, таких как изготовление подошвы для обуви, оборудования для тренажерных залов, рулевых колес и приборных панелей для автомобилей.

Интегральные жесткие пенопласты

В этой области широко доступны и, там, где они пригодны, обычно используются системы вода/CO_2.

12.4 Экструзионный пенополистирол

Экструзионный листовой пенопласт

Экструзионный листовой пенопласт главным образом используется для упаковки в пищевой промышленности, где основные требования относятся к номинальным теплоизоляционным свойствам и устойчивости к деформации. Поскольку эти требования легко достижимы при условии применения экструзионного листового пенопласта, то выбор пенообразователя не является решающим фактором в отношении качества конечного продукта. В большинстве случаев при переходе от ХФУ к альтернативным технологиям удалось избежать применения ГХФУ и сразу начать использование углеводородных пенообразователей. Есть также несколько других пенообразователей, доступных для использования, поэтому применение ГХФУ не является технологически оправданным, как в странах, действующих, так и не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Был изучен широкий диапазон альтернативных пенообразователей для использования в полистирольном листовом пенопласте, включая атмосферные газы (углекислый газ и азот), а также углеводороды (бутан, изобутан, пентан и изопентан). Для данного производства могут также использоваться ГФУ (ГФУ-134а и ГФУ-152а) и смеси углеводороды/CO_2 (жидкий диоксид углерода).

Атмосферные газы	CO_2 (жидкий диоксид углерода) считается технически оправданной альтернативой и лицензии на эту технологию доступны. Есть мнение, что стоимость этой технологии будет дороже углеводородов с учетом стоимости лицензии. Газообразный азот весьма плохо растворим, и в результате его применения получается высокоплотный мелкопористый пенопласт с низкой устойчивостью к деформациям. Этот пенообразователь неудобен в работе, и поэтому не удается получить пенопласт высокого качества. По этим же причинам азот не рекомендован в качестве приемлемого пенообразователя с нулевым ОРП.
Углеводороды (бутан, изобутан, пентан и изопентан)	Углеводороды позволяют получать листовой пенопласт хорошего качества и с относительно низкой стоимостью. Из-за их высокой пожаровзрывоопасности обязательно применение строгих мер безопасности в производстве, хранении, обработке, транспортировке и использовании конечным потребителем. Эти меры по обеспечению безопасности должны включать периодические проверки их неукоснительного соблюдения. Углеводороды, являющиеся летучими органическими соединениями (ЛОС), вносят вклад в образование озона и смога в приземном слое атмосферы и подпадают под ограничения во многих регионах мира. Применение углеводородов обычно требует дополнительных капитальных вложений (контроль за выбросами, оборудование для обеспечения безопасности и т.д.).
ГФУ	ГФУ (ГФУ-134а, ГФУ-152а) были внедрены на некоторых предприятиях по изготовлению листового пенопласта. ГФУ-152а пожаровзрывоопасен, требует модернизации оборудования и соблюдения мер безопасности. Никакие средства контроля за выбросами ЛОС не нужны. Эта альтернатива по стоимости превышает технологии с использованием диоксида углерода или углеводородов.
Смеси: углеводороды/CO_2 (жидкий диоксид углерода)	Хотя смеси определенно жизнеспособны, их используют лишь несколько предприятий. Необходимость в дополнительном оборудовании для хранения, обработки и контроля за выбросами лишь один из недостатков этой альтернативной технологии.

Экструзионные плиты из пенопласта

Поскольку теплоизоляция зданий является основной областью применения экструзионных пенопластовых плит, оптимизация теплопроводности всегда находится в центре внимания

разработчиков, производственников, архитекторов и строителей. Это обстоятельство особенно важно с учетом высокого уровня конкурентной борьбы на этом рынке. Кроме того, пенообразователи оказывают значительное влияние на процесс производства пенопластовых плит, в связи с чем хорошая растворимость пенообразователя в системе является ключевым фактором для успешного производства. Плотность пеноматериала для изоляционных плит должна тщательно контролироваться для оптимизации производственных затрат и огнестойкости продукта, что позволит избежать лишнего влияния на стоимость продукции и необходимости предпринимать противопожарные меры. Требования к эксплуатационным характеристикам и, следовательно, выбору пенообразователя в отношении экструзионных пенопластовых плит значительно отличаются от аналогичных требований в производстве листового пенопласта.

Производители экструзионных пенопластовых плит в Северной Америке к концу 2009 года смогли отказаться от использования ГХФУ. В качестве альтернативных вспенивателей были внедрены технологии с использованием комбинации ГФУ, CO_2, углеводородов и воды. Существенные особенности требований к пеноизоляции на североамериканском рынке (плиты меньшей толщины и большей ширины с различными стандартами термосопротивления и огнестойкости) определяют выбор рецептур, которые отличаются от рецептур, применяемых для производства экструзионных плит из полистирола в Европе и Японии. Эти новые рецептуры почти исключительно основываются на ГФУ-134а в качестве основного конечного выбора пенообразователя.

В настоящее время ГХФУ-142b и ГХФУ-22 являются наиболее широко используемыми переходными пенообразователями для экструзионных плит из пенопластов из-за хороших изоляционных характеристик этих газов. В странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, было создано много небольших предприятий по производству экструзионных пенопластов с использованием ГХФУ-142b, обладающих хорошим термосопротивлением, но позднее эти предприятия переключились на применение ГХФУ-22 из-за его дешевизны.

Хотя некоторые альтернативы с нулевым ОРП коммерчески доступны, они не в состоянии удовлетворить всем требованиям, предъявляемым к ассортименту, теплоизоляционным характеристикам, растворимости в системах, сопротивлению к деформации, возможностям производства пенопластов с малой плотностью и экономической рентабельности для всех требующихся продуктов на всех рынках одновременно. Предлагается несколько потенциально жизнеспособных альтернативных пенообразователей для экструзионных полистирольных плит.

Поставщики оборудования в настоящее время работают над модернизацией существующих устройств для введения CO_2 в экструдер. Там, где не может использоваться CO_2 в баллонах, требуется установка дополнительных хранилищ. Стоимость такой модернизации производства оценивается приблизительно в 15.000–50.000 долл. США.

Применение такой технологии могло бы позволить заменить до 30% пенообразователей на основе ГХФУ. Однако полная замена ГХФУ чистым CO_2 не представляется возможной по ряду причин.

Полное прекращение потребления ГХФУ потребует их 100%-ной замены, но ГФУ-134а и/или ГФУ-152а рассматриваются как слишком дорогостоящие для некоторых рынков, включая таких главных производителей, как Китай.

Продолжается работа со смесями CO_2/этан и CO_2/углеводороды, что позволило бы расширить области применения альтернативных пенообразователей. Некоторые эксперты предсказывают, что могло бы быть возможным повсеместное применение углеводородов (n-бутан), но в этих случаях потребуется установка дополнительных систем вентиляции для удаления пенообразователя, выделяющегося из готового продукта в местах хранения, предотвращающих риск возникновения пожара.

ГФУ-134a	Доступность и сравнительно хорошая рентабельность по сравнению с другими альтернативами с нулевым ОРП позволяет рассматривать ГХФУ-134a в качестве весьма перспективного заменяющего пенообразователя. Сдерживающими факторами являются недостаточная растворимость в системе во время процесса, что препятствует получению необходимой гаммы продуктов, а также их более высокая плотность и более высокая цена по сравнению с другими альтернативами ГХФУ. Воспламеняемость не вызывает большого беспокойства во время изготовления, хранения и использования. Теплопроводность пеноматериала вероятно может быть эквивалентна продуктам с ГХФУ. Продолжается работа по улучшению технологических характеристик и повышению рентабельности.
ГФУ-134	Как изомер 134a, ГФУ-134 обладает большей растворимостью в полистироле. Он быстрее диффундирует из пеноматериала, чем ГФУ-134a. Следовательно, должны использоваться большие стартовые концентрации для достижения эквивалентной долгосрочной эффективности изоляции. ГФУ-134 более дорог для производства, и в комбинации с необходимостью увеличения концентрации в системе делает этот выбор экономически невыгодным. В настоящее время отсутствуют производители, планирующие выпускать этот продукт на коммерческой основе.
ГФУ-152a	ГФУ-152a как альтернатива в секторе экструзионного пенополистирола не обладает техническими преимуществами перед ГФУ-134a. Ограниченные по объему поставки определяют более высокую стоимость этой альтернативы по сравнению с ГФУ-134a. ГФУ-152a пожаровзрывоопасен и требует дополнительных капиталовложений для обеспечения хранения, обработки и пожаробезопасности.
ГФУ/CO_2 смеси	CO_2 (жидкий диоксид углерода) в комбинации с ГФУ-134a или с ГФУ-152a имеет потенциал для повышения рентабельности пенообразователя. У самого CO_2 растворимость в пенопласте слабее, чем у ГФУ, и, следовательно, задачей будущего является производство достаточного ассортимента продукции с низкими плотностями. Промышленность планирует продолжать работать над этими смесями с учетом их хорошего экономического потенциала и нулевого ОРП.
Смеси CO_2/ органические пенообразователи	Органические пенообразователи в сочетании с CO_2 (жидкий диоксид углерода) позволяют производить полную гамму пенопластов с низкой плотностью. Органические пенообразователи (например этанол) обычно огнеопасны (требуются капитальные затраты на модернизацию электрооборудования) и являются летучими органическими соединениями, что приводит к необходимости контроля за выбросами во многих областях. С использованием этой технологии производятся пенопласты, имеющие тепловое сопротивление (R) на 10–15 % ниже, чем пенопласты, получаемые с ГФУ.
100 % CO_2	Хотя эта альтернатива наиболее экологически предпочтительна, она технически является самой трудной для воплощения и коммерциализации. Сегодня возможности использования этого продукта ограничены, т.к. плотности получаемого пенопласта выше, чем те, которые производители могут себе позволить с экономической точки зрения. Требуются существенные капиталовложения для конверсии производства с использованием CO_2 (жидкий диоксид углерода). В дополнение к этим капиталовложениям необходимо осуществить значительные научно-исследовательские работы для устранения недостатков в рецептурах. Теплоизоляционные свойства получаемого продукта также ниже на 10–15 % в сравнении с обычной технологией ГХФУ.
Углеводороды	Углеводороды (бутан, пентан и т.д.) демонстрируют хорошую технологичность из-за их растворимости в пенополистироле при относительно низкой стоимости. Из-за их высокой пожаровзрывоопасности обязательно соблюдение строгих мер безопасности в производстве, хранении, обработке, транспортировке и использовании конечными потребителями. Эти меры по обеспечению безопасности должны включать периодические ревизии по безопасности (аудит). Углеводороды, являющиеся летучими органическими соединениями (ЛОС), вносят свой вклад в образование озона и смога в приземном слое атмосферы и подпадают под ограничения во многих регионах мира. Для использования данной альтернативы требуются существенные капиталовложения (контроль за выбросами, оборудование для обеспечения безопасности и т.д.). Их наибольший недостаток проявляется в таких свойствах пеноизоляции, как пожаровзрывоопасность и потери в эффективности теплоизоляционных свойств.

ГФУ, вероятно, останутся важными альтернативами для тех продуктов, в которых ключевыми свойствами являются отсутствие воспламеняемости, хорошая сопротивляемость деформации и повышенная эффективность теплоизоляции.

12.5 Полиолефиновые пенопласты

Один из первичных критериев в выборе пенообразователя состоит в том, чтобы скорость диффузии пенообразователя из пеноматериала соответствовала скорости диффузии воздуха в матрицу пенопласта. Это соответствие необходимо из-за эластичности смолы полиолефина. Если скорости диффузии недостаточно хорошо подобраны, то пеноматериал даст усадку или расширится во время стадии выдержки. Это недопустимо во всех трех типах продуктов из пенопласта: листовых, плиточных и трубчатых. Иногда применяются модификаторы проницаемости для того, чтобы привести в соответствие эти скорости диффузии там, где они недостаточно близки.

Первоначально выбор для производителей полиолефиновых пенопластов состоял в том, чтобы перейти к углеводородам непосредственно и сразу или же, используя переходные пенообразователи ГХФУ-142b или смеси ГХФУ-142b/ГХФУ-22, сохранить традиционные физические свойства, особенно в области амортизирующих наполнителей. Имеющийся опыт показывает, что переход от использования пенообразователей ГХФУ к углеводородам вполне осуществим.

Углеводороды

Смесь бутана и изобутана является наиболее частым выбором. Пентан также используется в относительно небольшом числе случаев.

Так как углеводороды пожаровзрывоопасны, переход к этим пенообразователям требует соответствующей модернизации оборудования с учетом требуемых национальным законодательством мер безопасности при производстве, хранении, обработке и отгрузке продукции.

Необходимо осуществлять периодические проверки соблюдения мер безопасности, чтобы гарантировать выполнение правил техники безопасности персоналом. В настоящее время имеются доступные технологии по удалению легковоспламеняющихся газов из матрицы пеноматериала (например, посредством перфорации), что гарантирует безопасную транспортировку, хранение и использование пенопластов. Следует учитывать, что углеводороды являются летучими органическими соединениями, выбросы которых регулируются нормативными актами в определенных регионах мира.

Производство полиолефиновых пенопластов экструзией весьма затруднительно при использовании в качестве пенообразователей ГФУ-152а и ГФУ-134а.

ГФУ-152а иногда используется в комбинации с углеводородами для обеспечения выполнения требований по ограничению выбросов летучих органических соединений.

Другие теоретические варианты

Углекислый газ, азот и другие неорганические газы имеют очень низкую растворимость в смолах и очень ограниченное использование в экструзионных полиолефиновых пенопластах. Кроме того, рабочие давления при использовании этих пенообразователей будут чрезмерно высокими и, как правило, превышающими расчетное допустимое давление существующего оборудования, что в случае применения этих альтернатив потребовало бы неоправданно высоких дополнительных капиталовложений.

Тем не менее, эти летучие газы используют в некоторых продуктах при формовании гранул в пресс-формах. В этих случаях проблемы высоких давлений могут быть решены. Углекислый газ быстро диффундирует из матрицы полиолефиновых пенопластов, что вызывает серьезные проблемы с потерей устойчивости к деформации. Углекислый газ не может серьезно рассматриваться в качестве жизнеспособной альтернативы, кроме случаев его применения в качестве компонента системы в небольших концентрациях до тех пор, пока не появятся соответствующие технологии, которые отсутствуют в настоящее время.

Таким образом, CO_2, азот и другие неорганические газы остаются на сегодняшний день лишь теоретическими вариантами для большей части применений полиолефиновых пенопластов.

12.6 Метилформиат

Насколько известно, метилформиат использовался только в очень ограниченной степени в развитых странах. Имеется некоторый опыт его применения в Австралии. Соответственно, отсутствует существенный опыт, который позволял бы осуществлять передачу этой технологии странам, действующим в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. Технология проходит рабочую проверку посредством выполнения нескольких проектов, финансируемых Многосторонним фондом Монреальского протокола.

Метилформиат применялся в качестве пенообразователя в достаточной степени в ряде стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, а именно в Бразилии и ЮАР где он используется для производства рулевых колес, охлаждаемых витрин и сэндвич-панелей со стальной облицовкой. В каждом случае потребители требовали продукт с нулевым ОРП и низким ПГП. В то же время те же самые производители часто используют системы на основе ГХФУ для тех потребителей, которые не выставляют особых требований в отношении сохранения озонового слоя или климата.

Опыт Бразилии показывает, что рабочие характеристики метилформиата при производстве рулевых колес (интегральный пенополиуретан) подобны тем, которые наблюдались при использовании ГХФУ-141b. Однако в случае метилформиата наблюдается уменьшение вязкости рецептуры. Это может дать преимущества в текучести, формировании ячеек и распределении плотности, но может потребовать в некоторых случаях модернизации оборудования. Еще одно преимущество метилформиата – это возможность использовать более вязкие полиолы. В охлаждаемых витринах было обнаружено заметное ухудшение теплоизоляционных свойств пенопласта. Однако те потребители, которые проводят измерение потребления энергии холодильным оборудованием, заявляют, что они не обнаружили никаких изменений в энергопотреблении. Нет сведений о каких-либо изменениях в теплоизоляционных свойствах сэндвич-панелей со стальной облицовкой, где диффузия пенообразователя обычно весьма затруднена.

Хотя мнения о воздействии метилформиата на плотность пеноматериала не однозначны, его увеличенная растворимость может привести к потере сопротивляемости деформации. Для решения этой проблемы можно использовать рецептуры с более высоким индексом или же увеличить плотность полиола. Например, в случае с пеноизоляцией в охлаждаемых витринах потребовалось увеличить ее плотность на 5 % для сохранения устойчивости к деформации. С другой стороны, метилформиат сравнительно дешев. В некоторых регионах его стоимость ниже ГХФУ-141b. К тому же метилформиат – эффективный вспениватель, требующий меньшего расхода для получения пенопласта эквивалентной плотности.

12.7 Обзор технологии получения пенопластов с различными пенообразователями

ГФУ

ГФУ применяются в следующих областях:

- Изоляция в предметах домашнего обихода – в холодильниках и морозильниках (главным образом в Северной Америке);
- Изоляция напылением (в мировом масштабе для случаев, когда применение ГХФУ запрещено);
- Панели со стальной облицовкой (там, где требуется соблюдение правил пожаробезопасности);
- Полиуретановые изоляционные плиты (в областях, где требуется строгое соблюдение правил пожаробезопасности);
- Различные применения на малых и средних предприятиях (где имеются финансовые ограничения).

Следует особо отметить быстрый рост применения пенополиуретановой изоляции напылением в Китае для ремонта зданий с целью повышения их энергоэффективности, что вызвано принятием политических решений в области противодействия климатическим изменениям.

В 2007 г. потребление пенополиуретановой изоляции напылением в Китае достигло 60.000 тонн. По оценке одного источника еще более важен ежегодный совокупный прирост потребления в 117 %. Основываясь на типичных рецептурах ежегодное потребление ГХФУ-141b можно оценить в 6.000–8.000 тонн. Этот рынок уже сопоставим по размерам с наибольшими рынками пенополиуретановой изоляции напылением в мире (например, в США, Испании, Японии). В условиях отсутствия широко доступных альтернативных пенообразователей с низким ПГП для ГХФУ-141b, пенообразователи на основе ГФУ могли бы успешно занять эту нишу на рынке, особенно, если замена ГХФУ-141b была бы ускорена в соответствии с решением XIX/6 о приоритетном прекращении потребления ГХФУ с более высоким ОРП. В таком случае необходимо будет оценить преимущества энергоэффективности изоляции с ГФУ пенообразователями в сравнении с прямыми выбросами ГФУ в результате их использования.

Финансовые последствия

Для того чтобы оптимизировать рентабельность систем на основе ГФУ, рецептуры пеноизоляции, содержащие ГФУ, были переработаны с включением вторичных пенообразователей с более высокой концентрацией по сравнению с традиционно используемыми рецептурами на основе

ГХФУ. Содержание ГФУ, используемых в каждой рецептуре, было выбрано таким, чтобы пеноматериал обеспечивал необходимые свойства при самой низкой стоимости.

Самым распространенным вторичным пенообразователем является CO_2 (вода), хотя используются другие вещества, включая углеводороды, CO_2 (жидкий диоксид углерода), CO_2 (газообразный диоксид углерода), метилформиат, транс-1,2-дихлорэтилен, спирты и другие. Для того, чтобы минимизировать стоимость системы, используется вторичный пенообразователь с содержанием до 70% в молярных долях. При этом наблюдаются соответствующие потери в эффективности пеноизоляции по сравнению с материалом, полученным с более высоким содержанием ГФУ. Такой подход позволяет получать пеноматериал с различными комбинациями стоимость – эффективность, что позволяет производителям с большей гибкостью удовлетворять потребности конечных потребителей.

Сопоставление энергоэффективности с парниковым воздействием выбросов

Во многих применениях ГФУ выбирается в качестве пенообразователя, чтобы обеспечить наивысшую энергоэффективность пеноизоляции. Это может быть особенно важно в тех областях применения, где ограниченное пространство не позволяет увеличить толщину изоляции. Такие применения включают: производство домашних холодильников и морозильников, напыляемую изоляцию для наружной оболочки существующих зданий, строительные панели и изоляцию термоконтейнеров. Во многих случаях требования энергоэффективности диктуются законодательными актами, строительными нормами и правилами или добровольными программами, такими как энергетическая программа Агентства по охране окружающей среды США (Energy Star), программа «Лидерства в области энергии и экодизайна» (Leadership in Energy and Environmental Design – LEED), программа Аттестации зданий методом экологической экспертизы (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) и Всесторонняя система оценки строительства с точки зрения экологической эффективности (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency).

Было выполнено несколько исследований по этим применениям, которые демонстрируют, что воздействие на климат в течение жизненного цикла (ВКЖЦ), связанное с использованием ГФУ, во многих случаях достаточно благоприятно и в ряде других случаях нейтрально в сравнении с альтернативами с низкими ПГП, даже если допустить, что весь пенообразователь, содержащийся в пеноматериале, в течение жизненного цикла поступит в атмосферу. Ситуация может быть улучшена, если будут приняты меры для минимизации выбросов, особенно в конце срока службы пеноизоляции.

Углеводороды для малых потребителей

В отсутствии финансовой помощи малые и средние предприятия (МСП) в странах, не действующих в рамках 5-й Статьи Монральского протокола, были не способны в заметной степени внедрить технологии на основе углеводородов. Большинство из них внедрили технологии на основе ГФУ, несмотря на более высокие затраты. Там, где требования к изоляции были менее строги, наблюдалось большее использование пенообразователя на основе CO_2 (вода). Такой ход событий показывает, что опыт, полученный в развитых странах, который можно было бы перенять, не достаточно велик. Особенно важен опыт производителей и поставщиков систем («системных домов»), которые разработали рецептуры для малых и средних предприятий.

Этот опыт, как ожидают, будет востребован в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Исторически затраты на внедрение технологии на основе углеводородов оцениваются в размере не менее 400.000 долл. США на каждое предприятие. Эти затраты включают приобретение дозировочно-заливной машины высокого давления во взрывобезопасном исполнении с предварительным смесителем и другими вспомогательными устройствами, а также соответствующее оснащение рабочей зоны для работы с пожаровзрывоопасными материалами. При возможной модернизации существующей заливочной машины высокого давления расходы могут быть уменьшены приблизительно до 300.000 долл. США, хотя такая сумма тоже считается крупной инвестицией для МСП. Кроме того, многие МСП не имели бы возможности освоить такую технологию с технической точки зрения и по причинам безопасности. Варианты, позволяющие снизить эти затраты, не рассматривались в прошлом, потому что альтернативы на основе ГХФУ оказались рентабельными и готовыми к использованию. В контексте сокращения потребления ГХФУ очевидны потребности в инициативах снизить затраты на внедрение технологии с углеводородами, если считать что эта технология должна быть освоена МСП. Могут быть рассмотрены следующие пути снижения затрат для некоторых случаев:

- Прямое введение углеводородов при вспенивании;
- Предварительное введение углеводородов в систему поставщиком рецептуры;
- Альтернативное, упрощенное и более дешевое оборудование для ограниченных применений.

Таких вариантов могло бы быть больше, но так как ни один из них не был применен в контексте стран 5-й Статьи Монреальского протокола, все они нуждаются в проверке.

Финансовые последствия

Можно допустить, что исключение из технологической цепочки отдельных предварительных смесителей позволило бы сэкономить приблизительно 60.000 долл. США за единицу оборудования (включая взрывоопасное исполнение), хотя какой-либо опыт в этом отношении отсутствует применительно к странам 5-й Статьи Монреалсьткого протокола. Другие упрощения, возможно, могут снизить общую стоимость на 100.000 долл. США. Это подразумевает, что потенциально доступные технологии с использованием углеводородов по всей вероятности никогда не станут экономически приемлемыми для очень небольших потребителей (то есть с потреблением менее 10 тонн в год).

Ключевые сведения

Технология с углеводородами широко используется в производстве домашних холодильников и морозильников и в меньшей степени в других применениях изоляции, но в мировом масштабе существует лишь ограниченный опыт использования углеводородных пенообразователей малыми и средними предприятиями, в связи с чем необходимы дальнейшие исследования по применениям этой технологии.

Углеводородные пенообразователи не могут применяться в секторе напыляемой пенополиуретановой изоляции.

Пенообразователи на основе ГФУ доступны (или будут доступны) во время переходного периода, хотя потребуются дополнительные усилия для оптимизации стоимости рецептуры для

более широкого внедрения этих пенообразователей в производство полиуретановых и полистирольных экструзионных изоляционных плит.

Некоторые новые технологии (например, метилформиат) демонстрируют новые возможности, особенно в секторе интегральных пенопластов, хотя все еще отсутствует достаточный опыт в применении этих новых технологий в развитых странах. Необходимо выполнить ряд демонстрационных проектов с участием поставщиков и конечных потребителей с привлечением других заинтересованных участников для большего понимания этих технологий.

Существует технология, которая позволяет уменьшить объем используемых ГХФУ пенообразователей приблизительно до 30 % от обычных текущих объемов, используя CO_2 при производстве экструзионных полистирольных плит.

Единственная технология, потенциально способная полностью заменить ГХФУ, основана на ГФУ, но на некоторых рынках ее считают предельно дорогой.

Работа в настоящее время сосредотачивается на смесях CO_2/этанол и CO_2/углеводороды, и, возможно, даже чистых технологиях углеводорода, если пенообразователь может быть удален из пеноматериала немедленно после изготовления.

В некоторых странах рассматривается перспективность проектов по контролю ОРВ, содержащихся в оборудовании и пеноматериалах, хотя извлечение пеноматериалов и их уничтожение будет технически трудно выполнимым (и поэтому дорогостоящим), особенно в отдаленных регионах.

Существет дополнительная причина для отказа от использования ГФУ в Европе, поскольку теперь модифицированные рецептуры, основанные на углеводородах, соответствуют стандартам пожаробезопасности для пеноматериалов.

Использование ГФУ-134а в пеноматериалах с одним компонентом сокращается в странах ЕС прежде всего с помощью изменения рецептуры путем добавления различных углеводородов. Однако там, где углеводороды не могут быть использованы из-за эксплуатационной безопасности и недостатков в рабочих характеристиках пенопласта, появляется возможность использовать пенообразователь (HBA-1) с низким ПГП, который был своевременно выпущен компанией Honeywell, что позволяет выполнять требования ЕС по регулированию F-газов.

Потребность в пеноизоляции продолжает быстро расти в ряде стран в ответ на ужесточение требований по энергоэффективности в строительстве. Доля пеноизоляции на рынке также растет по отношению к неаналоговым технологиям, таким как волокнистая изоляция, в силу большей теплоизоляционной эффективности пеноматериалов и их большей огнестойкости (большее использование полиизоциануратных технологий).

Напыление пенополиуретановой изоляции становится все более популярным при проведении работ по реконструкции зданий.

В Японии появились технологии напыления пеноизоляции с использованием CO_2 в сверхкритическом состоянии, но доля рынка этой технологии составляет не более 10 %. Технология еще мало известна за пределами Японии. Закон, поощряющий экологические закупки, также содействует большему использованию пенообразователя CO_2 (вода), который особенно подходит для японского рынка, и применение этой технологии более предпочтительно, чем технологии с сверхкритическим CO_2.

Стандарты «зеленого строительства» (Green building) продолжают оказывать препятствия в использовании пенообразователей с высоким ПГП, хотя часто без надлежащей ссылки на сравнительные оценки ВКЖЦ. Однако там, где паритет в эффективности пеноизоляции может быть достигнут с использованием пенообразователя с более низким ПГП, неопределенность относительно будущего сдерживания эмиссий пенообразователя во время жизненного цикла может быть устранена.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Глобальный сравнительный анализ ГФУ и альтернативных технологий по охлаждению, воздушному кондиционированию, пенопластам, растворителям, аэрозольным пропеллентам, и средствам огнегашения. Ссылка 49648	Arthur D. Little Inc.
Корпорация BASF, Справочник по полиуретанам МДИ	Корпорация BASF
Сравнение эквивалентных выбросов CO_2 при использовании экструзионной полистирольной пеноизоляции: применение обшивки ЭППС для внешних стен индивидуальных жилых домов в четырех городах США, Nadine Rauscher	Химическая Компания DOW
Оценка теплопроводности экструзионной полистирольной пеноизоляции, получаемой с пенообразователями ГФУ-134a или ГХФУ-142b, Chau V. Vo	Химическая Компания DOW Company, 1605 Joseph Drive-200 Larkin Center, Midland, MI 48674
DuPont DP-1 Глобальная оценка ВКЖЦ. Конференция Международного энергетического агентства, 23–24 октября 2006 г. Mary Koban, главный специалист технического отдела DuPont Фторпродукты	DuPont
Техническое совещание по ликвидации ГХФУ, 5–6 апреля 2008 г., Монреаль, Канада, протокол совещания	Европейская Комиссия/ICF Int
Пенообразователь Экомат® Статья John Murphy, Mark Schulte, Buck Green	Пеноматериалы Inc.
Изменения климата 2007 г.; Суммарный отчет; Оценка Межправительственной группы экспертов по изменению климата	МГЭИК
МГЭИК/ГТОЭО Специальный отчет: Охрана озонового слоя и система глобального климата	МГЭИК
Жесткие полиуретановые пенопласты и альтернативные пенообразователи, Kyung Won Suh и Andrew N. Paquet, Химическая Компания Dow, Midland, MI, США, ISBN: 0-471-49752-5	Современные стирольные полимеры: пенопласты и стирольные сополимеры
Техническая и экологическая приемлемость ГФУ как пенообразователей для ЭППС плит, Christer Bratt и Arnaud Albouy	Пенопласты Нордик, Швеция
Энергия и последствия глобального потепления применения неаналоговых альтернатив ГФУ и ГХФУ нового поколения, S. K. Fischer, J. J. Tomlinson, P. J. Hughes	Oak Ridge Национальная Лаборатория, США
ГФУ пенообразователи для жесткой пеноизоляции, Lothar Zipfel и Christoph Meurer	Solvay Фтор
Смеси ГФУ для производства эффективной ЭППС изоляции, Lothar Zipfel и Christoph Meurer	Solvay Исследования и технология, Solvay Фтор и производные Гмбх

Название документа ссылки	Источник
Отчет по охлаждению, воздушному кондиционированию и тепловым насосам, Комитет по техническим вариантам, оценка 2006 г., ISBN 978-92-807-2822-4	ЮНЕП/ ГТОЭО
Отчет группы экспертов по технологии и экономической оценке, май 2008 г., Том 1, Отчет о ходе работ	ЮНЕП/ ГТОЭО
Пересмотренный анализ аспектов стоимости при финансировании сокращения потребления ГХФУ (решение 53/37(i) и 54/40) – UNEP/ OzLPro/ExCom/55/47	ЮНЕП
Подходы к сокращению потребления ГХФУ, Отдел стратегии по охране озонового слоя МЭТИ (Министерство экономики, торговли и промышленности) Исследовательский центр Sahi, Shinichiro	ЮНИДО, Семинар по альтернативам ГХФУ, Вена, 18–20 февраля 2008 г.
Оптимизация эффективности: ГФУ-245fa и смеси ГФУ-245fa для пеноизоляции: D. J. Williams, M. C. Bogdan и P. B. Logsdan, Allied Signal, Inc.	Земля: Форум технологий, Конференция по изменению климата и охране озона, 27–29 сентября 1999 г.
Агентство по охране окружающей среды; Офис по выполнению, Обзор резиновой и пластиковой промышленности, 2-я Редакция, Главы I, II, и III, февраль 2005 г.	EPA, США

13. Экономические аспекты сокращения потребления ГХФУ

13.1 История вопроса

ГХФУ-22, ГХФУ-141b и ГХФУ-142b составляют более 99% общего потребления всех ГХФУ в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Главным образом эти ГХФУ используются в производстве пеноматериалов, бытового, торгового и промышленного холодильного и климатического (кондиционеры воздуха) оборудования, а также в сервисном обслуживании холодильной техники. Оставшееся потребление этих веществ приходится на специальные применения в секторах производства товаров в аэрозольной упаковке, огнегашения и растворителей.

В условиях отсутствия исчерпывающих данных о структуре и количественных оценках потребления ГХФУ в странах 5-й Статьи Монреальского протокола считается, что приблизительно 90 стран потребляют ГХФУ-22 лишь для обслуживания существующего холодильного оборудования и оборудования кондиционирования воздуха, а приблизительно 50 стран располагают кроме того предприятиями, использующими ГХФУ в промышленном производстве. Поэтому сектор обслуживания холодильного оборудования будет играть важную роль в замораживании потребления ГХФУ к 2013 г. и в сокращении потребления на 10% к 2015 г., особенно в тех 90 или более странах, где отсутствуют промышленные предприятия, использующие ГХФУ.

В настоящее время концепция Многостороннего фонда Монреальского протокола (МФМП), основанная на имеющемся опыте, состоит в том, что, вероятно, те страны, которые используют ГХФУ исключительно для обслуживания холодильного оборудования, будут в состоянии сократить потребление ГХФУ с помощью Плана управления сокращения потребления ГХФУ (ПУСГ) и связанных с ним мероприятий, таких как обучение техников, извлечение и регенерация хладагентов и программ по стимулированию конверсии оборудования. Однако те страны, которые используют ГХФУ в производственном секторе, должны будут расширить сферу действия ПУСГ путем выполнения дополнительных инвестиционных проектов в рамках отдельных секторов или в национальном масштабе.

В соответствии с решением 53/37 (i) Исполнительного комитета МФМП были определены жизнеспособные альтернативные технологии, способствующие сокращению потребления ГХФУ в секторе производства пеноматериалов и холодильном секторе, а также были установлены соответствующие ориентировочные диапазоны затрат на внедрение этих технологий.

Дополнительные затраты делятся на две категории: дополнительные капитальные затраты и дополнительные эксплуатационные затраты или сбережения. Дополнительные капитальные затраты (ДКЗ) являются затратами, связанными с покупкой нового оборудования или модернизацией существующего оборудования в рамках конверсии производственного объекта на использование альтернативных хладагентов или пенообразователей. Дополнительные эксплуатационные затраты (ДЭЗ) / дополнительные эксплуатационные сбережения (ДЭС) являются увеличенными или уменьшенными текущими затратами действующего предприятия после осуществления конверсии производства на использование альтернативных хладагентов или пенообразователей из-за большей или меньшей стоимости химических веществ, другого сырья и компонентов.

Отчет о факторах, влияющих на стоимость конверсии на озонобезопасные вещества и технологии, был подготовлен МФМП и представлен 55-му совещанию Исполнительного комитета МФМП. В отчете было констатировано, что информация, доступная в настоящее время

в отношении диапазона предстоящих затрат, не позволяет сформулировать рекомендации по подготовке типовых форматов проектов конверсии конкретных производств или же предложить предельные значения финансирования конверсии в определенных секторах. Данный отчет можно рассматривать в качестве призванного продемонстрировать относительные уровни капитальных и эксплуатационных затрат, связанных с осуществлением конверсии.

Отчет содержится в документе UNEP/OzL.Pro/ExCom/55/47: Пересмотренный анализ аспектов стоимости при финансировании сокращения потребления ГХФУ (решения 53/37(i) и 54/40), который доступен на сайте МФМП: http://www.multilateralfund.org.

13.2 Последствия, связанные с более высокой стоимостью альтернатив ГХФУ

Текущий уровень коммерциализации новых веществ и технологий, приемлемых для замены ГХФУ в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, является чрезвычайно изменчивым, в связи с чем имеется высокая степень неуверенности в отношении стоимостных параметров, определяющих дополнительные эксплуатационные затраты (ДЭЗ) в проектах по сокращению потребления ГХФУ.

Тем не менее, если текущая политика и критерии финансирования сокращения потребления ОРВ останутся неизменными, ДЭЗ в проектах по сокращению потребления ГХФУ могут в зависимости от выбранной альтернативы составить основную часть полной стоимости выполнения проектов по сравнению с аналогичными проектами, реализованными в сфере сокращения потребления ХФУ.

В период выполнения проектов по сокращению потребления ХФУ ДЭЗ, которые обычно выплачивались в денежной форме, предоставляли стимул предприятиям для начала конверсии на самом раннем этапе. Однако более высокая стоимость альтернативного пенообразователя, такого как ГФУ-245fa, и более низкая стоимость альтернатив с невысоким потенциалом глобального потепления (ПГП), таких как углеводороды, могли бы означать, что выплата ДЭЗ предоставляла бы стимул предприятиям предлагать конверсионные проекты с более дорогостоящими альтернативными пенообразователями, но обладающими более высокими ПГП, что не соответствовало бы духу и содержанию решения XIX/6 Совещания Сторон Монреальского протокола.

Эта проблема была всесторонне изучена и проанализирована Исполнительным комитетом МФМП. В рамках предварительного этапа было бы целесообразно рассмотреть несколько индивидуальных проектов, которые предоставили бы существенную информацию об оценках ДЭЗ, что позволило бы Комитету на основании более точных данных рассмотреть эту проблему в будущем.

13.3 Стоимостные оценки сокращения потребления ГХФУ в секторе пеноматериалов

Общие положения

Приблизительно 50 стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, используют ГХФУ в производственных целях, при этом самое крупное потребление ГХФУ

наблюдается при использовании ГХФУ-141b в качестве пенообразователя для производства пеноматериалов.

Существуют разнообразные доступные альтернативы для замены ГХФУ в секторе производства пеноматериалов. Пенообразователи на основе углеводородов и CO_2 (вода) широко применяются в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, в качестве не относящихся к ГХФУ альтернатив для замены ХФУ и эти вещества продолжают применяться в качестве альтернативы использованию ГХФУ-141b.

Требования безопасности, связанные с углеводородами, создают проблемы с эксплуатацией оборудования для малых предприятий, которые широко используют предварительно смешенные ингредиенты (часто полиол и пенообразователь), получаемые от оптовых поставщиков рецептур. Такая форма кооперации очень важна для этих предприятий, т.к. у них отсутствуют возможности для составления своих собственных полиуретановых систем. Вероятно, что оптовые поставщики рецептур («системные дома») будут играть ключевую роль в сокращении потребления ГХФУ в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Проблемы безопасности, связанные с транспортировкой предварительно смешанных систем, содержащих углеводороды, являются главным препятствием для широкого распространения производства пеноматериалов с углеводородными пенообразователями. Промышленность все еще не имеет ответа на вопрос – может ли транспортировка быть выполнена благополучно и, если да, то при каких условиях. Существует ограниченное количество проектов, которые стремятся устранить эти неопределенности.

Документ UNEP/OzL.Pro/ExCom/55/47 предоставляет предварительную оценку ДКЗ и ДЭЗ при осуществлении конверсии предприятий – производителей пеноматериалов, использующих пенообразователи ГХФУ. Величина ДКЗ в этом секторе будет главным образом зависеть от выбора той или иной технологии.

Технология на основе углеводородных пенообразователей

Затраты на конверсию предприятий, использующих ГХФУ, на технологии, основанные на применении углеводородов, включают в себя приобретение нового производственного оборудования, а также расходы по обеспечению его безопасной эксплуатации. Эти затраты сопоставимы со стоимостью конверсии, осуществлявшейся в рамках проектов по прекращению потребления ХФУ. Однако, как и при сокращении использования ХФУ, возможности малых предприятий по внедрению технологии на основе углеводородов, вероятно, будут ограничены.

Хотя дополнительные капитальные затраты на конверсию с использованием вспенивателей, не являющихся углеводородами, в секторе пенопластов представляются не очень высокими в связи с минимальной модернизацией основного оборудования, ДЭЗ будут довольно существенными, в особенности для технологий на основе ГФУ, главным образом, из-за более высокой стоимости этих химических веществ. Если ДЭЗ были бы компенсированы за ту же продолжительность переходного периода, что и в случае отказа от ХФУ, то доля ДЭЗ в связи с использованием ГФУ доминировала бы в общей стоимости финансирования будущих проектов. То есть оплаченные эксплуатационные затраты оказались бы существенно выше капитальных затрат, необходимых для конверсии производства на использование ГФУ.

В случае применения углеводородных технологий ожидается, что будет достигнута некоторая экономия в части эксплуатационных затрат при условии соблюдения существующих норм и

правил, хотя корректные данные в отношении уровней ДЭЗ могут быть получены только по результатам анализа фактически реализованных проектов. Информация, полученная из одной из стран 5-й Статьи Монреальского протокола, показывает, что при некоторых обстоятельствах конверсия производства с применением углеводородов может привести к некоторому увеличению эксплуатационных затрат.

Опыт, полученный при сокращении потребления ХФУ в секторе пеноматериалов, продемонстрировал важную роль оптовых поставщиков химических реагентов и систем («системных домов») в адаптации новых рецептур к местным потребностям рынков и условий (климатических и других). Эти поставщики – обычно химические компании, которые работают в области предварительного смешивания ингредиентов в оптовых количествах с целью последующего распределения и продажи полиуретановых систем производителям пеноматериалов.

Эти компании известны среди производителей пенопластов, и они располагают возможностями для приготовления рецептур, удовлетворяющих конкретным потребностям конечных пользователей.

Предварительное смешивание устраняет для производителей потребность в инвестициях для приобретения дорогостоящих установок предварительного смешивания, т.к. вместо этого они могут приобретать профессионально составленные и смешанные химические компоненты в виде систем, адаптированных для специфических условий производства и качественных показателей конечного продукта.

Диапазон изменения дополнительных капитальных затрат

Как и в случае сокращения потребления ХФУ в секторе производства пеноматериалов, дополнительные капитальные затраты (ДКЗ) при осуществлении конверсии с ГХФУ на использование озонобезопасных веществ и технологий зависят от имеющегося на предприятии основного технологического оборудования, типа производимых пеноматериалов и объема производства, а также от выбранного альтернативного пенообразователя и местоположения предприятия. Последнее соображение в некоторых случаях может быть важным фактором для решения вопроса по выбору технологии, которая использует пожаровзрывоопасные вещества.

В соответствии с решением 53/37 (i) МФМП были произведены две параллельные оценки ДКЗ по базовой стоимости и по диапазону возможных затрат применения имеющихся альтернативных технологий в секторе производства пеноматериалов. Одна оценка была осуществлена на основе модернизации существующего оборудования, а другая – для случая замены существующего оборудования для следующих альтернативных технологий:

- CO_2 (вода);
- Углеводороды (пентан и циклопентан);
- ГФУ-245fa;
- Метилформиат.

Нижеприведенная таблица включает сводную информацию о диапазоне изменения ДКЗ в производстве пеноматериалов с использованием различных вспенивателей.

Оценка затрат была осуществлена для производственного процесса, в котором применяется одна дозировочно-заливочная машина, соответствующее вспомогательное оборудование и

потребление в объеме 5, 25 и 75 метрических тонн ГХФУ (0,6, 2,8 и 8,3 тонн ОРП, соответственно) для производства жесткого пенопласта или 10 и 30 метрических тонн ГХФУ (1,1 и 3,3 тонны ОРП, соответственно) для производства интегральных пеноматериалов.

Эти уровни потребления охватывают типичные уровни производства на малых, средних и крупных предприятиях. Нижняя граница затрат в приведенном диапазоне была основана на модернизации всех необходимых единиц оборудования, а верхняя граница – на стоимости полной замены старого оборудования на новое.

Затраты на передачу технологии, обучение персонала и проведение тестовых испытаний оборудования, которые являются компонентами ДКЗ, были включены в оценку в большем объеме, чем для конверсии с ХФУ на ГХФУ-141b, из-за необходимости проведения более интенсивных испытаний с большим количеством химических реагентов для оптимизации рецептуры пеноматериала.

Вычисления показывают, что во всех случаях за исключением перехода на углеводородную технологию, затраты на модернизацию оборудования намного ниже, чем затраты на замену оборудования. В случае конверсии на применение технологии с углеводородами оказалось, что различие между стоимостью модернизации и стоимостью замены существующего оборудования на новое минимально.

Дополнительные капитальные затраты для технологий с использованием ГФУ-365mfc и метилформиата оказались близки к затратам для технологии с ГФУ-245fa за исключением стоимости возможной замены резервуаров хранения.

Ориентировочные дополнительные капитальные затраты

Области применения пеноматериала	*ГФУ-245fa/ГФУ-365mfc/ метилформиат*		*Системы, основанные на воде*		*Пентан*	
	Минимум	*Максимум*	*Мин.*	*Макс.*	*Мин.*	*Макс.*
Панели и бытовое и коммерческое охлаждение						
Модернизация	30.000	60.000			375.000	710.000
Замена	100.000	195.000			385.000	780.000
Труба в трубе и термоизоляция (*)						
Модернизация	30.000	60.000	25.000	50.000	375.000	710.000
Замена	10.0000	195.000	95.000	180.000	385.000	780.000
Напыление пеноизоляции (**)						
Модернизация	15.000	55.000	15.000	55.000		
Замена	50.000	110.000	60.000	110.000		
Производство блока пеноматериала стендовым методом (***)						
Модернизация	15.000	55.000	15.000	40.000		
Замена	85.000	140.000	65.000	95.000		
Интегральные пенопласты						
Модернизация	40.000	70.000	75.000	125.000	265.000	405.000

(*) Основанные на воде системы ограничили бы применение изоляции «труба в трубе», в то время как пентан будет иметь ограниченные применения в изделиях с термоизоляцией.
(**) Воспламеняемость пентанов сделала бы их локальное применение неприемлемым.
(***) Применение пентана в производстве блоков пеноматериала не безопасно.

Диапазон изменения дополнительных эксплуатационных затрат

Уровни дополнительных эксплуатационных затрат (ДЭЗ) при осуществлении конверсии производства с применением ГХФУ на озонобезопасные технологии главным образом зависят от выбора новых рецептур и относительных цен используемых в них химических реагентов. Затраты, связанные с увеличением плотности пеноматериала там, где это применимо, и химическими веществами для обработки пресс-форм, используемых в производстве интегральных пеноматериалов с пенообразователем CO_2 (вода), ведут к увеличению эксплуатационных расходов. Для углеводородных технологий затраты на обслуживание и электроэнергию из-за установки дополнительного нового оборудования и затраты на страховку из-за использования взрывоопасных веществ также увеличивают ДЭЗ.

Основным компонентом, определяющим ДЭЗ, является стоимость трех главных химических ингредиентов в рецептурах пены, а именно: пенообразователя, полиола и изоцианата (или МДИ).

Цены на эти компоненты изменяются в широких пределах в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

На основе опыта, приобретенного в ходе сокращения потребления ХФУ, можно ожидать, что ДЭЗ для одного предприятия могут оказаться довольно значительными, в то время как другое предприятие при тех же объемах производства может получить экономию в зависимости от уровня локальных цен на все или некоторые компоненты, а также от разницы цен на конечную продукцию до и после конверсии.

Использование цен на предварительно смешенные системы для производства пеноматериалов в относительном выражении (для ГХФУ и альтернативных пенообразователей) вместо цен на отдельные ингредиенты для предприятий, использующих эти системы, поможет минимизировать некоторые из несоответствий в ценах на химические реагенты.

	Цены на вспениватели (в долларах США/кг)	
Химическое вещество	***Нижняя***	***Верхняя***
ГХФУ-141b	2,50	3,80
4,4-дифенилметандиизоцианат (МДИ)	3,00	3,50
Пентан	1,90	2,50
Циклопентан	2,10	3,30
ГФУ-245fa	10,40	12,00
Метилформиат	2,20	3,20

Увеличение плотности пеноматериалов может повысить ДЭЗ на 50% или более из-за дополнительных затрат на приобретение используемых в их производстве ингредиентов. Нормы увеличения плотности пеноматериалов для различных областей применения утверждены на 31-м совещании Исполнительного комитета МФМП (решение 31/44). Этим документом предусматривается, что эти нормы в случае необходимости могут быть пересмотрены в будущем. Нормы увеличения плотности пеноматериалов использовались для оценки дополнительных эксплуатационных затрат при переходе от ХФУ-11 к ГХФУ-141b. Очевидно, что необходим пересмотр этих норм в рамках сокращения потребления ГХФУ-141b.

Тем не менее, на основании имеющейся информации не следует ожидать заметного увеличения плотности пеноматериалов при переходе от ГХФУ к альтернативам на основе ГФУ и метилформиата.

Диапазоны изменения ДЭЗ были оценены для следующих альтернативных технологий:

- Системы, основанные на CO_2 (вода);
- Углеводороды (пентан и циклопентан);
- ГФУ-245fa;
- Метилформиат.

Оценки в основном базировались на функциональных пропорциях основных химических ингредиентов в рецептурах пеноматериалов. Эти пропорции основаны на соотношении молекулярных масс ГХФУ и альтернативных вспенивателей, и в них (при наличии информации) учитывались корректирующие факторы (например, возможная оптимизация системы).

Также принимались во внимание цены и другие факторы, влияющие на ДЭЗ. Цены на ГХФУ-141b, пентан и МДИ основаны на ценовых диапазонах, предоставленных в отчетах о завершенных проектах в период с 2000 по 2006 гг., в марте 2008 г. некоторыми странами, действующими в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, в рамках двустороннего сотрудничества и работы с исполнительными агентствами, а также при использовании информации, полученной МФМП в комментариях на решение 54/40.

Цены на ГФУ-245fa и метилформиат были основаны на ценах, предоставленных производителями. Нижний ценовой предел ГФУ-245fa основан на международной цене по прейскуранту для оптовых поставок в изотермических контейнерах, а верхний ценовой предел относится к предполагаемым ценам на поставки в контейнерах небольшого размера с разницей в 15%. Для обеспечения большей сопоставимости и точности оценок были использованы утвержденные проекты.

Удельные дополнительные эксплуатационные затраты при сокращении потребления 1 килограмма ГХФУ-141b (доллары США/кг)

Пенообразователь	***Жесткие пенопласты***		***Интегральные пенопласты***	
	Нижний	***Верхний***	***Нижний***	***Верхний***
ГФУ-245fa	2,20	5,30	0,40	1,14
Метилформиат	(1,40)	(2,20)	1,00	1,66
Системы CO_2 (вода);	1,45	2,00	7,40	12,48
Пентан	(1,25)	(2,20)	(1,84)	(2,84)
Циклопентан	(1,15)	(1,80)	(0,76)	(1,41)

Для демонстрации диапазона дополнительных эксплуатационных затрат на уровне предприятия, приведенные в таблице средние удельные дополнительные затраты были пересчитаны для предприятия-производителя жесткого пенопласта с потреблением ГХФУ-141b в объемах: 5 метрических тонн (0,6 тонны ОРП), 25 метрических тонн (2,8 тонны ОРП) и 75 метрических тонн (8,3 тонн ОРП). В основу расчетов был положен двухлетний период, который соответствует финансируемой длительности эксплуатационных затрат в секторе жестких пенопластов в соответствии с действующими правилами МФМП.

Результаты оценки ориентировочных уровней ДЭЗ представлены ниже.

Значительное сокращение дополнительных эксплуатационных затрат может быть достигнуто при замене в рецептуре некоторого количества ГФУ-245fa водой, что зависит от баланса экономических факторов и ожидаемых свойств конечной продукции.

Использование метилформиата дает снижение эксплуатационных затрат как для жестких, так и для интегральных пеноматериалов вследствие его сравнительно низкой цены и более низкой концентрации в системе. Цена метилформиата находится в пределах ценового диапазона на пентаны. Рецептура основана на замене одной части ГХФУ-141b 0,5 частью метилформиата.

В случае конверсии производства жестких пеноматериалов на основе ХФУ-11 на технологию с использованием пентана наблюдался рост дополнительных эксплуатационных затрат несмотря на то, что пентановые пенообразователи были дешевле и применялись с более низкой нормой использования (приблизительно половина от объема ГХФУ-141b). Увеличение ДЭЗ было связано с увеличением плотности пеноматериалов и увеличением затрат на дополнительное обслуживание, страховку и электроэнергию. Однако полная замена ГХФУ-141b пенообразователем на пентане при производстве жестких пеноматериалов дает снижение эксплуатационных затрат с учетом 10%-ого увеличения плотности пены и затрат на дополнительное обслуживание, страховку и электроэнергию в соответствии с методикой вычисления ДЭЗ в проектах МФМП в этом секторе.

Анализ показывает, что самые высокие ДЭЗ наблюдаются при применении ГФУ-245fa и систем CO2 (вода), особенно в интегральных пенопластах, когда используются антиадгезивные и другие покрытия внутренней поверхности пресс-форм.

Если дополнительные эксплуатационные затраты будут вычисляться с применением действующей методики, то они будут основным компонентом полной стоимости проектов по сокращению потребления ГХФУ. В этом случае необходимо в приоритетном порядке рассмотреть вопросы, связанные с вычислением ДЭЗ (т.е.: продолжительность периода, цены на химические реагенты, плотность пеноматериала и другие факторы).

При осуществлении сокращения потребления ГХФУ на предприятии состав рецептур, особенно с ГФУ и метилформиатом, будут играть существенную роль в определении соответствующего уровня ДЭЗ. В связи с этим подготовка проекта, вероятно, должна быть организована несколько иначе, чем раньше – с большим вовлечением поставщиков систем и на более ранней стадии.

Технология	Ориентировочные дополнительные эксплуатационные затраты Расход ГХФУ на предприятии (тонны)					
	5,0 метрических (0,6 ОРП) тонн		*25,0 метрических (2,8 ОРП) тонн*		*75,0 метрических (8,3 ОРП) тонн*	
	Нижняя	*Верхняя*	*Нижняя*	*Верхняя*	*Нижняя*	*Верхняя*
ГФУ-245fa(50%)	19.140	23.490	95.700	117.450	287.100	352.350
ГФУ-245fa(75%)	45.240	46.110	226.200	230.550	678.600	691.650
Системы на воде	12.615	17.400	63.075	87.000	189.225	261.000
Метилформиат	(12.180)	(19.140)	(60.900)	(95.700)	(182.700)	(287.100)
Пентан	(10.875)	(19.140)	(54.375)	(95.700)	(163.125)	(287.100)
Циклопентан	(10.005)	(15.660)	(50.025)	(78.300)	(150.075)	(234.900)

Дополнительные эксплуатационные затраты, связанные с сокращением потребления ГХФУ-22, могут оказаться выше, чем оценки, представленные в таблице, так как ГХФУ-22 обычно дешевле, чем ГХФУ-141b

Особые соображения, относящиеся к использованию пеноматериалов в секторе бытовых холодильников и других применениях

Финансирование сокращения потребления ХФУ-11, используемого в качестве пенообразователя, в рамках МФМП традиционно рассматривалось в секторе пеноматериалов для предприятий, производящих жесткий пенополиуретан (известный как пеноматериал для всех видов применения кроме бытовых приборов) с порогом рентабельности 7,83 долл. США/кг.

Финансирование проектов в сфере применения пеноматериалов для производства бытовых и торговых холодильников и морозильников рассматривалось в холодильном секторе с порогами рентабельности 13,76 долл. США/кг для бытового холодильного оборудования и 15,21 долл. США/кг для торгового холодильного оборудования.

Пороги рентабельности в подсекторах бытового и торгового холодильного оборудования состоят из интегрированных величин, покрывающих ДКЗ и ДЭЗ производственных процессов использования как пеноизоляции, так и хладагентов на уровне предприятия.

Существует большое количество проектов МФМП в подсекторах бытового и торгового холодильного оборудования, в которых пенообразователь ХФУ-11 был заменен на технологии с использованием ГХФУ-141b, а хладагент был заменен на полностью озонобезопасные альтернативы. В связи с этим последующая стадия перехода от ГХФУ-141b к альтернативам с нулевым ОРП будет классифицирована как сектор пеноматериалов, так как замена хладагента уже не будет затрагиваться.

Конверсия производства с использованием ГХФУ-142b в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола

ГХФУ-142b и ГХФУ-22 широко использовались в странах, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, для замены пенообразователей ХФУ с начала 1990-х гг., особенно в производстве экструзионных пенополистирольных изоляционных плит в строительной промышленности. В большинстве этих стран потребление данных ГХФУ было прекращено. Основные используемые альтернативные технологии – это ГФУ-134a, ГФУ-152a, CO_2 (или CO_2/этанол) и изобутан. Однако в Канаде и США процесс прекращения использования ГХФУ в качестве пенообразователей был осложнен наличием специфических требований к пеноизоляции, особенно в жилищном строительстве. Массовый отказ от использования ГХФУ-142b и ГХФУ-22 в этих странах был инициирован в 2010 г.

В настоящее время опыт по сокращению потребления ГХФУ-142b/ГХФУ-22 в рамках МФМП достаточно ограничен и имеется только для производства экструзионных пенополистирольных листов и упаковочной сетки. Однако в течение последних нескольких лет наблюдалось быстрое развитие рынка изоляционных материалов в Китае и в несколько меньшей степени в нескольких других странах 5-й Статьи Монреальского протокола, что привело к созданию большого числа предприятий по производству экструзионных пенопластов на основе ГХФУ. Для уточнения технологических и стоимостных аспектов такой конверсии целесообразно дополнительно изучить этот сегмент производства пеноматериалов в соответствующих странах 5-й Статьи Монреальского протокла.

13.4 Стоимостные оценки сокращения потребления ГХФУ в холодильном секторе

Общие положения

В настоящее время ГХФУ-22 является преобладающим хладагентом, используемым в секторе охлаждения и кондиционирования воздуха в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. В 2006 г. в общей сложности 123 страны проинформировали о потреблении ГХФУ-22 в объеме 12.375 тонн ОРП (225.000 метрических тонн), используемого в секторе охлаждения и воздушного кондиционирования для производства нового оборудования (преимущественно кондиционеров и в меньшей степени – торгового холодильного оборудования), а также для сервисного обслуживания существующего оборудования. Предполагается, что дополнительное потребление ГХФУ-22 в качестве пенообразователя в комбинации с ГХФУ-142b для производства пенополистирола составляет около 300 тонн ОРП (5.500 метрических тонн).

Имеется ряд других ГХФУ, которые используются в секторе охлаждения, такие как ГХФУ-123 в чиллерах, ГХФУ-124 и ГХФУ-142b в качестве альтернативных хладагентов прямого замещения для ХФУ-12. Исходя из предположения, что в странах 5-й Статьи Монреальского протокола практически отсутствуют специализированные производственные мощности для оборудования, использующего эти хладагенты, а используемые количества являются незначительными по сравнению с ГХФУ-22, ГХФУ-123, 124 и 142b для этих видов применений не рассматривались МФМП на данном этапе подготовки проектов.

Сектора и подсектора

В течение более чем 60 лет ГХФУ-22 является преобладающим хладагентом в оборудовании для кондиционирования воздуха, а именно единственным хладагентом для систем кондиционирования малого, среднего и большого размера, за исключением центробежных чиллеров. Представляется, что в мировом масштабе почти все производственные мощности для малых бытовых систем кондиционирования сконцентрированы в небольшом количестве стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола (всего менее 15).

В рамках сектора оборудования для кондиционирования воздуха Секретариат МФМП определил следующие подсектора: комнатные и сплит-системы, включая остальные бытовые кондиционеры; коммерческие, оснащенные воздуховодами (канальные) и автономные кондиционеры, которые используют системы класса «воздух-воздух» среднего размера, например, установленные на крышах больших коммерческих зданий; и чиллеры с ГХФУ-22 с холодопроизводительностью ниже 500 кВт, используемые для кондиционирования воздуха, а также другие применения процесса охлаждения в промышленности. Сектор оборудования для кондиционирования воздуха представляет собой большую отрасль промышленности, где преобладают централизованные производственные предприятия.

Подсектор торгового холодильного оборудования имеет весьма разнообразную номенклатуру изделий, так как оборудование охлаждения, используемое торговыми предприятиями и не явно принадлежащее к какому-либо другому подсектору, также относится к этой категории. Торговое холодильное оборудование в значительной степени, но не исключительно, используется в

розничной торговле, в торговых витринах для демонстрации и продажи охлажденных и замороженных продуктов. Другие применения охватывают широкий спектр оборудования от водоохладителей до холодильных камер для хранения мясных и молочных продуктов.

Широкий диапазон применений и наличие многих видов оборудования, изготавливаемого по индивидуальным заказам, делают эту отрасль весьма рассредоточенной с незначительным числом крупных предприятий и большим количеством предприятий среднего и малого размера. Следует отметить, что между некоторыми частями подсектора торгового холодильного оборудования и подсектора сервисного обслуживания холодильной техники отсутствуют четкие границы. Холодильные системы торгового назначения производятся как в странах с высоким уровнем потребления ГХФУ, так и, до некоторой степени, в большинстве стран с низкими уровнями потребления этих веществ.

Использование ГХФУ-22 в этом секторе было вызвано прекращением потребления ХФУ-12, а также тем, что подрядчики, предоставляющие услуги по сервисному обслуживанию холодильных систем и оборудования (включая небольшие компании) имеют инфраструктуру для работы с ГХФУ-22, приемлемую для работы с оборудованием кондиционирования воздуха. Эти компании значительно упростили свои операции, используя один и тот же хладагент как для сервиса систем кондиционирования, так и для монтажа, заправки и обслуживания торгового холодильного оборудования.

Наличие технологий

Имеется ряд альтернативных хладагентов для использования в различных секторах. Технически существует много способов низкотемпературного охлаждения. Документ, подготовленный Многосторонним фондом, фокусируется на тех технологиях, которые в настоящее время достаточно отработаны в соответствующих областях применений, что делает их приемлемыми для замены ГХФУ-22 в среднесрочной перспективе в странах, действующих в рамках 5-й Статьи. Это означает, что эти технологии могли бы быть использованы в проектах, финансируемых Многосторонним фонда, чтобы обеспечить замораживание потребления на уровне 2013 г. и последующего сокращения в 2015 г. К этим альтернативам главным образом относятся хладагенты ГФУ, углеводороды и аммиак.

Имеется ряд альтернативных хладагентов для использования в различных секторах. Технически существует много способов низкотемпературного охлаждения. Документ, подготовленный МФМП, фокусирует внимание на технологиях, которые в настоящее время достаточно отработаны в соответствующих областях применения, что делает их приемлемыми для замены ГХФУ-22 в среднесрочной перспективе в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. Это означает, что эти технологии могли бы быть использованы в проектах, финансируемых МФМП с целью обеспечения замораживания потребления ГХФУ на уровне 2013 г. и последующего сокращения в 2015 г. К этим альтернативам в основном относятся хладагенты ГФУ, углеводороды и аммиак.

Имеющиеся на сегодняшний день стоимостные оценки предполагают, что по крайней мере на начальной стадии сокращения потребления ГХФУ вышеперечисленные альтернативы будут рассматриваться в качестве наиболее приемлемых вариантов. Опубликована информация о разработке негорючих нетоксичных хладагентов с низкими ПГП для сектора оборудования кондиционирования воздуха на автомобильном транспорте, но пока отсутствуют сведения о временных параметрах их доступности на рынке. Что еще более важно, нет точных сведений об

их приемлемости для подсекторов, использующих ГХФУ-22, из-за чего имеются определенные проблемы для их внедрения в качестве альтернатив.

CO_2 разрабатывался как альтернативный хладагент в течение последних 20 лет, и в настоящее время используется в этом качестве в демонстрационных проектах. В основном CO_2 применяется в малых торговых системах. В больших централизованных системах супермаркетов он используется в секциях низкотемпературного охлаждения. В малых системах CO_2 требует фундаментально иных конструктивных решений по сравнению с используемыми в настоящее время компонентами и из-за его высоких рабочих давлений в этой области применения и принципиально других подходов к сервисному обслуживанию оборудования по сравнению с традиционными хладагентами. Кроме того, его энергоэффективность в сравнении с ГХФУ-22 значительно ниже при высоких наружных температурах. До сих пор остается неясным, при каких обстоятельствах и когда эта технология будет достаточно отработана, чтобы стать применяемой на практике. Для крупных низкотемпературных систем эта технология является частным случаем обычно используемых технологий, но ее применение в странах 5-й Статьи Монреальского протокола для замены ГХФУ-22, вероятно, будут очень ограниченным.

Специфические проблемы в секторе сервисного обслуживания холодильного и климатического оборудования

Системы воздушного кондиционирования используются во всем мире для комфортного охлаждения. Можно предполагать, что в некоторых странах применение систем кондиционирования воздуха ограничено гостиницами и больницами, в то время как в других странах это применение также включает офисы и бытовой сектор. Вероятнее всего, что ГХФУ-22 могли бы и в дальнейшем использоваться фактически во всех системах кондиционирования воздуха – от малых оконных кондиционеров до систем с холодопроизводительностью 500 кВт. Учитывая потребность в обслуживании таких систем, вероятно, что ГХФУ-22 используется сектором сервисного обслуживания по существу в каждой стране, действующей в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. Хотя многие системы кондиционирования не требуют масштабного ремонта, их большое и быстро увеличивающее количество потребует все возрастающей потребности в обслуживании. Широкое распространение использования ГХФУ-22 в секторе торгового холодильного оборудования ведет к дальнейшему росту потребности в техническом обслуживании и ремонте установленного оборудования. Общая структура сектора обслуживания известна из опыта по прекращению потребления ХФУ-12. Действия по отказу от использования ХФУ в этом секторе были скоординированы с принятием соответствующего законодательства и введением лицензирования и квотирования импорта как составной части планов по использованию хладагентов (ПИХ) и конечных планов по управлению сокращения потребления ОРВ (КПУСО).

Так как наличие производственных мощностей с использованием ГХФУ в секторах пеноматериалов, охлаждения и растворителей ограничено сравнительно небольшим количеством стран, вероятно, что в большинстве стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, потребление ГХФУ будет почти исключительно сосредоточено в секторе обслуживания, включая подсектор для сборки и заправки торгового холодильного оборудования.

В отличие от ситуации с сокращением потребления ХФУ, когда в большинстве государств существовало по крайней мере некоторое производство, основанное на этих хладонах (например, эластичных пеноматериалов), и оно могло быть профинансировано с целью поддержки страны

в выполнении ее обязательств, в случае ГХФУ может не оказаться каких-либо инвестиционных проектов конверсии производственных мощностей во многих странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. Опыт реализации мер по сокращению потребления ХФУ с очевидностью показал, что невозможно осуществить работы и оценить полученные результаты в секторе сервисного обслуживания холодильного и климатического оборудования на основании отдельных предприятий главным образом из-за их большого количества на рынке, небольшого размера и подчас их неформального статуса. Поэтому сокращение потребления ХФУ в этом секторе с участием МФМП главным образом выполнялось путем введения ограничений на поставки ХФУ, внедрения систем лицензирования и квотирования, а также оказания помощи участникам рынка в адаптации к условиям сокращения доступности ХФУ посредством обучения рациональным приемам проведения ремонта и обслуживания, а также поставки инструментов и оборудования.

Поддержка, оказанная МФМП сектору сервисного обслуживания холодильного и климатического оборудования разных стран, позволила убедить их правительства в том, что введение мер по регулированию импорта ХФУ не приведет к существенным проблемам в этом секторе. Результаты такого подхода к решению проблемы представляются достаточно убедительными. Дополнительные трудности в случае сокращения потребления ГХФУ состоят в том, что регулирование ввоза ГХФУ должно начаться намного раньше в соответствии с принятым в рамках Монреальского протокола графиком и продолжаться на протяжении более длительного периода времени.

Потребности сектора сервисного обслуживания холодильного и климатического оборудования в ГХФУ-22 связаны с импортом оборудования кондиционирования воздуха, содержащего этот хладон странами, действующими в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. Эксплуатация этого оборудования впоследствии создаст потребности в хладагенте ГХФУ-22 для его обслуживания и ремонта. С целью облегчения процесса последующего сокращения потребления ГХФУ-22 в секторе сервисного обслуживания представляется вполне уместным рассмотреть на национальном уровне возможность введения на ранней стадии ограничений на импорт оборудования на этом хладоне, в частности, кондиционеров. Для реализации такого сценария потребуется осуществить синхронизированное по времени финансирование конверсии предприятий, производящих кондиционеры с ГХФУ-22. Конверсия таких предприятий должна начаться как можно раньше, что позволило бы начать поставки оборудования для кондиционирования воздуха в озонобезопасном исполнении в страны, действующие в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола.

Для создания условий в странах с низким уровнем потребления ГХФУ для принятия мер по регулированию импорта этих веществ, необходимо оказать им достаточную поддержку в секторе сервисного обслуживания с целью минимизации потребления ГХФУ и освоения альтернативных хладагентов соответствующими предприятиями. Следовательно, целесообразно рассмотреть возможность незамедлительного финансирования мер по сокращению потребления ГХФУ в этом и сопряженных с ним секторах (сборка, заправка и конечное использование) в странах с преобладающим потреблением в сервисном обслуживании холодильного и климатического оборудования в целях обеспечения выполнения 10 %-го сокращения потребления ГХФУ в 2015 г.

Диапазон изменения дополнительных затрат в производстве

С целью лучшего понимания диапазона, в котором могут изменяться затраты, связанные с сокращением потребления ГХФУ в секторе производства холодильного оборудования,

Многосторонний фонд Монреальского протокола привлек для консультаций экспертов с опытом работы в странах, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола. Для получения представления о структуре производства оборудования с использованием ГХФУ в соответствующих секторах и подсекторах были проанализированы процессы производства на одном/двух типичных предприятиях в каждом подсекторе. На основе этого анализа были подготовлены оценки диапазонов изменения ДКЗ и ДЭЗ для каждого из альтернативных хладагентов.

Подход к оценке потенциальных затрат был основан на предположении, что для отказа от ГХФУ будет осуществлена либо замена, либо модернизация существующих производственных мощностей в течение их срока службы в соответствии с практикой, применявшейся в ходе реализации проектов по сокращению потребления ХФУ. Так как для ряда подсекторов отсутствуют руководящие принципы, определяющие продолжительность выплаты ДЭЗ, для упрощения расчетов была выбрана стандартная продолжительность выплаты ДЭЗ за один год для всех подсекторов независимо от возможно более длительного или более короткого периода существования ДЭЗ.

Альтернативные технологии для различных подсекторов, их описание и условия внедрения, а также результаты расчетов ориентировочных диапазонов, в которых могут изменяться дополнительные затраты, приведены в приложениях к настоящему документу.

Подход, основанный на использовании «типичного» предприятия для определения дополнительных затрат для промышленных предприятий, имеет ограничения, связанные с неточностью оценки дополнительных капитальных затрат на предприятии в связи с тем, что элементы капитальных затрат изменяются только в определенных пределах в зависимости от объема производства. Так как число предприятий в секторе и точная номенклатура производимых изделий остаются неизвестными, то экстраполяция имеющейся информации для определения затрат на конверсию всего сектора останется трудновыполнимой задачей в обозримом будущем.

Необходимо отметить, что в случае реализации проектов по отказу от ХФУ капитальные затраты и даже в большей мере стоимость компонентов ДЭЗ (компрессоры, масла, хладагенты) обычно сокращались со временем и существенно варьировались на рынках различных стран.

Результаты оценки дополнительных затрат для различных производственных предприятий в холодильном секторе представлены ниже.

Эксплуатационные затраты показаны на ежегодной основе. Если Исполнительный комитет МФМП примет четырехлетний период для компенсации ДЭЗ, то величины затрат, приведенные в таблице, соответственно, увеличатся.

Результаты оценки демонстрируют, что дополнительные эксплуатационные затраты, связанные с сокращением потребления ГХФУ, составляют часто большую долю от общих дополнительных затрат, что не было типично для проектов с ХФУ.

Необходимо отметить, что эксплуатационные затраты были единственной формой финансовой поддержки, которая выплачивалась МФМП практически всегда путем перечисления средств на счет участвующего предприятия. Эти выплаты служили мощным стимулом для предприятий приступить к конверсии на более раннем этапе. С другой стороны, существующий способ подсчета ДЭЗ поощряет выбор наименее экономически жизнеспособных технологий, то есть, выбор с высоким уровнем себестоимости единицы продукции.

В таких случаях возрастают риски во время реализации проекта или в будущем после его завершения, а также имеется потенциальная возможность обратной конверсии на использование ГХФУ-22.

Ориентировочные дополнительные затраты для некоторых сценариев сокращения потребления ГХФУ

Сектор/ подсектор и тип оборудования	*Годовое производство*	*ДКЗ, долл.США (x1000)*		*ДЭЗ, долл.США (x1000)*	*ДКЗ, долл.США (x1000)*		*ДЭЗ, долл.США (x1000)*	*ДКЗ, долл.США (x1000)*		*ДЭЗ, долл.США (x1000)*
	Ед./год	*Макс*	*Мин*	*За год*	*Макс*	*Мин*	*За год*	*Макс*	*Мин*	*За год*
Воздушное кондиционирование			***R-410A***			***R-407C***			***R-290***	
Комнатные и сплит ВК	250.000	275	950	2.660	190	250	4.250	545	670	4.512
Коммерческие канальные и автономные ВК	1.000 100	245	145	36,6	120	80	28,5	нет данных	нет данных	нет данных
Чиллеры	200	300	85	Будет определено	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных
Торговое охлаждение			***R-404A***			***R-134a***			***R-290***	
Автономные устройства: торговые морозильники	10.000	66	66	140	66	66	110	320	320	230
Автономные устройства: торговые автоматы	10.000							500	800	150
Холодильные агрегаты	5.000	55	60	390	55	60	310			

Детали этой оценки представлены в приложении IV к документу UNEP/OzL.Pro/ExCom/55/47.

Дополнительные затраты в секторе сервисного обслуживания холодильного оборудования

Секретариат МФМП также сделал попытку предварительной оценки дополнительных затрат для сектора сервисного обслуживания. Характеристики и объемы принимаемых мер в этом секторе продолжают обсуждаться, в том числе – на основе опыта по выполнению планов по использованию хладагентов и конечных планов управления сокращением потребления ОРВ (КПУСО).

Представляется, что некоторые главные компоненты КПУСО, а именно: законодательные акты и меры по стимулированию их исполнения, обучение технического персонала, поставка оборудования и повышение осведомленности, а также мониторинг их выполнения, будут продолжать играть важную роль.

Оценка предполагаемых затрат предусматривает дополнительное финансирование для пересмотра законодательства по ОРВ и для подготовки программ обучения. Уровни финансирования оценивались, исходя из объемов потребления ГХФУ в 2006 г.

Финансирование до 2015 г. было определено в диапазоне от 110.000 долл. США для стран с самыми низкими уровнями потребления ГХФУ до 13.940.000 долл. США для стран с максимальным уровнем потребления этого хладона.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Отчет по жестким и эластичным пеноматериалам, Комитет по техническим вариантам, Оценка 2006 г., ISBN 978-92-807-2826-2	ЮНЕП/ГТОЭО
Отчет группы экспертов по технической и экономической оценке, май 2008 г., Том 1, Отчет о ходе работ	ЮНЕП/ГТОЭО
Пересмотренный анализ аспектов стоимости при финансировании сокращения потребления ГХФУ (решение 53/37(i) и 54/40), UNEP/OzLPro/ExCom/55/47	ЮНЕП
Аспекты замены ГХФУ в холодильном секторе и секторе кондиционирования воздуха, Lambert Kuijpers, со-председатель ЮНЕП/ГТОЭО	ЮНИДО, Семинар по альтернативам ГХФУ, Вена, 18–20 февраля 2008 г.
Переход от ГХФУ к ГФУ, ОВКВ Перспективы производителей, Carol Marriott	ЮНИДО, Семинар по альтернативам ГХФУ, Вена, 18–20 февраля 2008 г.
Холодильные технологии, работа без ГХФУ и ГФУ, презентация Janos Maté, Гринпис	ЮНИДО, Семинар по альтернативам ГХФУ, Вена, 18–20 февраля 2008 г.
Подходы к сокращению потребления ГХФУ, Отдел стратегии по охране озонового слоя МЭТИ (Министерство экономики, торговли и промышленности) Исследовательский центр Sahi, Shinichiro	ЮНИДО, Семинар по альтернативам ГХФУ, Вена, 18–20 февраля 2008 г.

14. Опыт поэтапного отказа от потребления ОРВ в странах, не действующих в рамках 5-й Статьи

14.1 Сокращение потребления ГХФУ

При разработке политики и стратегии сокращения потребления ГХФУ было бы полезно обратиться к опыту, накопленному в странах, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, на основании доступных источников информации и технических данных. Различные страны использовали разные подходы и технические решения в соответствии с существующей у них системой законотворчества и регулирования. В некоторых странах сокращение потребления ГХФУ происходит с опережением графика, установленного Монреальским протоколом, например в том случае, когда были приняты соответствующие законодательные акты, позволяющие использование ГФУ.

В целом, законодательство в странах, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, включает в себя регулирующие меры в отношении производства, торговли, использования, извлечения и регенерации озоноразрушающих веществ. Помимо этого, регулирующие меры включают в себя требования к введению отчетной документации относительно использования этих веществ, юридическую основу проведения инспекционных проверок, наложения штрафных санкций, а также механизмы для включения новых веществ в систему регулирования. Предпринимаются последовательные меры по улучшению сотрудничества между экологическими органами, таможенными службами и органами здравоохранения соседних государств для предотвращения случаев незаконной торговли ОРВ.

На практике используются и другие механизмы, такие как электронные системы лицензирования импорта и экспорта ОРВ и регулирующие меры в отношении утилизации оборудования, содержащего эти вещества. В разных странах наблюдаются индивидуальные подходы к извлечению, регенерации и повторному использованию ОРВ по сравнению с извлечением и уничтожением ОРВ с применением утвержденных технологий.

Хотя большинство ОРВ больше не производится и не используется в новом оборудовании, тысячи тонн этих веществ содержатся в существующем оборудовании и теплоизоляции зданий. В большинстве случаев возможна утилизация и безопасная переработка этих запасов ОРВ. Для выполнения этих задач необходимо более широко применять системы извлечения и рециркуляции ОРВ, которые были созданы в ряде стран, а также ввести соответствующие системы стимулирования. Такие меры позволили бы избежать выбросов ОРВ в атмосферу, предотвратить существенный ущерб для окружающей среды, а также не ставить под угрозу уже достигнутые в рамках Монреальского протокола значительные результаты.

Большинство стран, не действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, уже прекратило потребление ХФУ и ГХФУ путем применения комбинированного подхода на основе государственных мер регулирования и добровольных усилий промышленности, поддержанных промышленными ассоциациями посредством введения профессиональных требований «ответственного использования ОРВ».

Подробная информация, касающаяся политики, стратегии и реализации мер по прекращению потребления ГХФУ во многих развитых странах, содержится на следующих веб-сайтах:

ЮНЕП	http://ozone.unep.org/
Европейский союз	http://ec.europa.eu/environment/ozone/index.htm
США	www.epa.gov/climatechange/policy/index.html

Великобритания	www.dti.gov.uk/innovation/sustainability/fgases/
Германия	www.bmu.de/english/europe_and_environment/aktuell/38231.php
Япония	www.meti.go.jp/policy/chemical_management/ozone/english/index.html
Россия	www.ozoneprogram.ru
	www.unido-russia.ru

14.2 Регулирование ГФУ

Хотя основным парниковым газом является диоксид углерода (CO_2), корзина парниковых газов, регулируемых Киотским протоколом, включает в себя так называемые фторсодержащие газы: гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ) и гексафторид серы (SF6). Эти газы имеют высокие потенциалы глобального потепления и продолжительные сроки жизни в атмосфере. Фторсодержащие газы использовались главным образом в качестве хладагентов, огнетушащих агентов, диэлектрических сред, растворителей и пенообразователей (вспенивателей) и т.д., начиная с 1990-х гг., когда они внедрялись для замены озоноразрушающих веществ.

С момента принятия Киотского протокола существует неопределеность в отношении использования ГФУ. Несколькими странами, действующими в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, признается, что успешное сокращение потребления озоноразрушающих веществ в соответствии с Монреальским протоколом было достигнуто с помощью ряда технологий, в рамках которых ГФУ применялись для замены ОРВ в некоторых видах применения, но одновременно ими отмечается воздействие использования ГФУ на климат. Применение ГФУ уже регулируется в странах ЕС, Японии, Австралии и части Канады.

Справочная информация

Название справочного документа	Источник
Проект руководящих правил для озоноразрушающих веществ. Охлаждение, кондиционирование возхдуха и тепловые насосы (ХФУ и ГХФУ), декабрь 2005 г.	Агентство по охране окружающей среды, Ирландия
Техническое совещание по сокращению потребления ГХФУ, 5–6 апреля 2008 г., Монреаль, Канада, протокол совещания	Европейская комиссия/АйСиЭф
Пересмотренный анализ аспектов стоимости при финансировании сокращения потребления ГХФУ (решение 53/37(i) и 54/40), UNEP/OzLPro/ExCom/55/47	ЮНЕП
Постановление Европейского парламента и совета по некоторым фторсодержащим парниковым газам (ЕС) No 842/2006, 17 мая 2006 г.	Официальный протокол заседаний Европейского союза
Постановление Европейского парламента и совета по веществам, разрушающим озоновый слой; (ЕС) № 2037/2000, 29 июня 2000 г.	Официальный журнал Европейского союза
Постановление ЕС № 842/2006 по некоторым фторсодержащим парниковым газам. Правительство Соединенного Королевства, Исполнительный совет Шотландии, Национальная ассамблея Уэльса, Начальное руководство, сентябрь 2006 г.	СК Департамент торговли и промышленности

Приложение А

Таблица 1. Статус ратификации		
Поправки/Корректировки	***Ратифицировано: да/нет***	***Год ратификации фактической или запланированной***
Лондонская поправка		
Копенгагенская поправка		
Монреальская поправка		
Пекинская поправка		

Таблица 2. Законодательство и политика в отношении ОРВ					
№	***Названия законов и норм. Пожалуйста, перечислите все законодательные акты, связанные с ОРВ***	***Основное содержание (краткое описание)***	***Дата принятия***	***Дата вступления в силу***	***Охваченные ОРВ***
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
11	Имеются ли новые запланированные законодательные акты? (Пожалуйста, представьте подробную информацию о запланированных законодательных актах, относящихся к ОРВ, особенно к ГХФУ и оборудованию, содержащему ГХФУ)				

Таблица 3. Структуры управления, относящиеся к ОРВ	
Какое место занимает Национальный озоновый офис (НОО) в структуре государственного управления (может быть приложена органиграмма, описывающая структуру соподчиненности)?	
Каковы людские ресурсы, используемые НОО (количество профессионального и административного персонала и долгосрочных консультантов)?	Профессиональный состав: Административные помощники: Эксперты:
Есть ли потребность в дополнительных людских ресурсах и персонале для осуществления сокращения потребления ГХФУ? Если да, пожалуйста, поясните, в каких областях и для выполнения каких задач требуются специалисты.	
Каков годовой бюджет НОО, оплачиваемый: а) Многосторонним фондом Монреальского протокола (МФМП); б) Правительством страны; в) Другими источниками.	а) долл. США б) долл. США (правительство) в) долл. США (другие источники)
Есть ли текущие или запланированные программы по обеспечению информированности в отношении ГХФУ? Если да, пожалуйста, предоставьте краткое описание (тип, название, дата, содержание, целевая группа и т.д.)	
Основываясь на опыте реализации программы сокращения потребления ХФУ и учитывая задачи программы сокращения потребления ГХФУ, какие ограничения и проблемы могут повлиять на ее реализацию в Вашей стране? Какие пути и средства Вы видите для минимизации этих рисков?	

Таблица 4. Система лицензирования и квотирования (пожалуйста, предоставьте как можно более детальную информацию)	
Существуют ли в Вашей стране системы лицензирования и квотирования ОРВ? (да/нет) Если да, назовите их.	
Назовите все ОРВ, охваченные системами лицензирования и квотирования, включая ГХФУ.	
Укажите дату (даты) вступления в силу систем лицензирования и квотирования по типу ОРВ.	
Если ГХФУ не охвачены существующими системами лицензирования и квотирования ОРВ, укажите, есть ли планы по включению этой группы ОРВ в систему и когда. Включите информацию по планируемым изменениям в системах лицензирования и квотирования.	
Какие органы власти участвуют в контроле и выдаче лицензий/квот на производство ОРВ? (Этот вопрос относится только к странам, производящим ОРВ).	
Какие органы власти отвечают за наблюдение и контроль производства ОРВ по выданным лицензиям и квотам? (Этот вопрос относится только к странам, производящим ОРВ).	
Какие органы власти участвуют в рассмотрении и утверждении лицензий/квот на импорт и экспорт ОРВ?	
Какой орган правительства отвечает за выдачу разрешений на импорт и экспорт ОРВ?	
Какие органы власти отвечают за наблюдение и контроль импорта и экспорта ОРВ?	
Пожалуйста, опишите в деталях стадии, необходимые для получения лицензий на все ОРВ.	
Пожалуйста, опишите в деталях, как отслеживается и по необходимости корректируется использование выданных лицензий. (Например, если импортер ввозит ОРВ в количестве менее выделенной квоты в пределах лицензии, то каким образом ответственный орган регулирует распределение оставшейся квоты?)	
Сталкивались ли Вы с проблемами в функционировании систем лицензирования и квотирования? Если да, опишите характерные проблемы, а также принятые и запланированные корректирующие меры.	

Таблица 5. Данные по национальному производству ГХФУ

Год	*Годовое производство (метрические тонны)*							
	ГХФУ-22	*ГХФУ-141b*	*ГХФУ-142b*	*ГХФУ-123*	*ГХФУ-124*	*ГХФУ-225*	*Другие (в т.ч. смеси)*	*Общее*
2003								
2004								
2005								
2006								
2007								
2008*								
2009*								
2010*								
2011*								
2012*								

Год	*Годовое производство (ОРП тонны)*							
	ГХФУ-22 (ОРП =0,055)	*ГХФУ-141b (ОРП =0,11)*	*ГХФУ-142b (ОРП =0,065)*	*ГХФУ-123 (ОРП =0,02)*	*ГХФУ-124 (ОРП =0,022)*	*ГХФУ-225 (ОРП =0,03)*	*Другие (в т.ч. смеси)*	*Общее*
2003								
2004								
2005								
2006								
2007								
2008*								
2009*								
2010*								
2011*								
2012*								

*Опишите используемую методологию оценки данных о производстве за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 6. Данные по производству ГХФУ отдельной компанией (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании: название компании, адрес и контактная информация ответственного лица)

Год	*Годовое производство (метрические тонны)*							
	ГХФУ-22	*ГХФУ-141b*	*ГХФУ-142b*	*ГХФУ-123*	*ГХФУ-124*	*ГХФУ-225*	*Другие (в т.ч. смеси)*	*Общее*
2003								
2004								
2005								
2006								
2007								
2008*								
2009*								
2010*								
2011*								
2012*								

Год	*Годовое производство (ОРП тонны)*							
	ГХФУ-22 (ОРП =0,055)	*ГХФУ-141b (ОРП =0,11)*	*ГХФУ-142b (ОРП =0,065)*	*ГХФУ-123 (ОРП =0,02)*	*ГХФУ-124 (ОРП =0,022)*	*ГХФУ-225 (ОРП =0,03)*	*Другие (в т.ч. смеси)*	*Общее*
2003								
2004								
2005								
2006								
2007								
2008*								
2009*								
2010*								
2011*								
2012*								

*Опишите используемую методологию оценки данных о производстве за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 7. Данные по национальному импорту ГХФУ

Год	*Годовой импорт (метрические тонны)*							
	ГХФУ-22	*ГХФУ-141b*	*ГХФУ-142b*	*ГХФУ-123*	*ГХФУ-124*	*ГХФУ-225*	*Другие (в т.ч. смеси)*	*Общее*
2003								
2004								
2005								
2006								
2007								
2008*								
2009*								
2010*								
2011*								
2012*								

ГОД	*Годовой импорт (ОРП тонны)*							
	ГХФУ-22 (ОРП =0,055)	*ГХФУ-141b (ОРП =0,11)*	*ГХФУ-142b (ОРП =0,065)*	*ГХФУ-123 (ОРП =0,02)*	*ГХФУ-124 (ОРП =0,022)*	*ГХФУ-225 (ОРП =0,03)*	*Другие (в т.ч. смеси)*	*Общее*
2003								
2004								
2005								
2006								
2007								
2008*								
2009*								
2010*								
2011*								
2012*								

*Опишите используемую методологию оценки данных импорта за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 8. Данные по национальному экспорту ГХФУ

Год	*Годовое производство (метрические тонны)*							
	ГХФУ-22	*ГХФУ-141b*	*ГХФУ-142b*	*ГХФУ-123*	*ГХФУ-124*	*ГХФУ-225*	*Другие (в т.ч. смеси)*	*Общее*
2003								
2004								
2005								
2006								
2007								
2008*								
2009*								
2010*								
2011*								
2012*								

Год	*Годовое производство (ОРП тонны)*							
	ГХФУ-22 (ОРП =0,055)	*ГХФУ-141b (ОРП =0,11)*	*ГХФУ-142b (ОРП =0,065)*	*ГХФУ-123 (ОРП =0,02)*	*ГХФУ-124 (ОРП =0,022)*	*ГХФУ-225 (ОРП =0,03)*	*Другие (в т.ч. смеси)*	*Общее*
2003								
2004								
2005								
2006								
2007								
2008*								
2009*								
2010*								
2011*								
2012*								

*Опишите используемую методологию оценки данных об экспорте за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 9. Список импортеров/экспортеров ГХФУ

№	*Название компании*	*Адрес, контактная информация*	*Импортер (да/нет)*	*Экспортер (да/нет)*
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Таблица 10. Количество ГХФУ, импортированного и/или экспортированного компанией (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Год	*Годовой импорт (метрические тонны)*							
	ГХФУ-22	*ГХФУ-141b*	*ГХФУ-142b*	*ГХФУ-123*	*ГХФУ-124*	*ГХФУ-225*	*Другие (в т.ч. смеси)*	*Общее*
2003								
2004								
2005								
2006								
2007								
2008*								
2009*								
2010*								
2011*								
2012*								

* Полученные квоты/лицензии (если никакие квоты/лицензии не требуются, пожалуйста, обозначьте планируемые количества).

Год	*Годовой экспорт (ОРП тонны)*							
	ГХФУ-22	*ГХФУ-141b*	*ГХФУ-142b*	*ГХФУ-123*	*ГХФУ-124*	*ГХФУ-225*	*Другие (в т.ч. смеси)*	*Общее*
2003								
2004								
2005								
2006								
2007								
2008*								
2009*								
2010*								
2011*								
2012*								

* Полученные квоты/лицензии (если никакие квоты/лицензии не требуются, пожалуйста, обозначьте планируемые количества).

Таблица 11. Список основных дистрибьютеров ГХФУ

№	*Название компании*	*Адрес, контактная информация*	*Географический охват*	*Типы продаваемых ХФУ*	*Основные промышленные обслуживаемые сектора*	*Импортер (да/нет)*	*Экспортер (да/нет)*
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Таблица 12. Потребление ГХФУ как исходного сырья (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление (метрические тонны)

Год	*ГХФУ-22*	*ГХФУ-142b*	*ГХФУ-123*	*ГХФУ-124*	*Другие*	*Всего*
2003						
2004						
2005						
2006						
2007						
2008*						
2009*						
2010*						
2011*						
2012*						

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении в качестве исходного сырья за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 13. Компании-поставщики (системные дома) исходных ингредиентов для пеноматериалов[1]
(Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, в которых используются ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление (метрические тонны)

Год	***Предварительно смешанный продукт***	***ГХФУ-22***	***ГХФУ-141b***	***ГХФУ-123***	***Другие***	***Всего***
2003						
2004						
2005						
2006						
2007						
2008*						
2009*						
2010*						
2011*						
2012*						

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении (в качестве исходного сырья) за период с 2008 по 2012 г.

[1] Компании-поставщики исходных ингредиентов пеноматериалов предварительно смешивают пенообразователи на основе ОРВ с полиолом.

Таблица 14. Потребление ГХФУ для производства жесткого пенополиуретана (панели, блоки, формованные изделия) за исключением пеноизоляции в холодильном секторе (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму.	

Годовое потребление (метрические тонны)

Год	***ГХФУ-141b***	***Другие (в т.ч. смеси)***	***Всего***
2003			
2004			
2005			
2006			
2007			
2008*			
2009*			
2010*			
2011*			
2012*			

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 15. Потребление ГХФУ для производства пенополиуретана, используемого для напыления (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление (метрические тонны)

Год	***ГХФУ-141b***	***Другие***	***Всего***
2003			
2004			
2005			
2006			
2007			
2008*			
2009*			
2010*			
2011*			
2012*			

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 16. Потребление ГХФУ для производства экструзионного пенополистирола (ЭППС)
(Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление (метрические тонны)

Год	***ГХФУ-22***	***ГХФУ-142b***	***Другие***	***Всего***
2003				
2004				
2005				
2006				
2007				
2008*				
2009*				
2010*				
2011*				
2012*				

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 17. Потребление ГХФУ для производства беспрессового пенополистирола (БПС)
(Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление (метрические тонны)

Год	***ГХФУ-22***	***ГХФУ-142b***	***Другие***	***Всего***
2003				
2004				
2005				
2006				
2007				
2008*				
2009*				
2010*				
2011*				
2012*				

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 18. Потребление ГХФУ для производства интегральных пенопластов (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление (метрические тонны)

Год	*ГХФУ-22*	*ГХФУ-141b*	*Другие*	*Всего*
2003				
2004				
2005				
2006				
2007				
2008*				
2009*				
2010*				
2011*				
2012*				

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 19. Потребление ГХФУ для применений пеноизоляции «труба в трубе» (производство предизолированных труб) (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление (метрические тонны)

Год	***ГХФУ-141b***	***Другие (в т.ч. смеси)***	***Общее***
2003			
2004			
2005			
2006			
2007			
2008*			
2009*			
2010*			
2011*			
2012*			

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 20. Потребление ГХФУ для пеноизоляции в производстве холодильного оборудования (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление (метрические тонны)

Год	***ГХФУ-141b***	***Другие***	***Всего***
2003			
2004			
2005			
2006			
2007			
2008*			
2009*			
2010*			
2011*			
2012*			

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 21. Потребление ГХФУ для производства бытовых кондиционеров воздуха (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление (метрические тонны)

Год	*ГХФУ-22*	*Другие*	*Всего*
2003			
2004			
2005			
2006			
2007			
2008*			
2009*			
2010*			
2011*			
2012*			

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 22. Потребление ГХФУ для производства торгового холодильного оборудования и холодильных агрегатов (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление хладагента, используемого для заправки оборудования в заводских условиях (метрические тонны)

Год	***ГХФУ-22***	***Другие***	***Всего***
2003			
2004			
2005			
2006			
2007			
2008*			
2009*			
2010*			
2011*			
2012*			

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Годовое потребление хладагента, используемого для заправки оборудования на месте его установки (метрические тонны)			
Год	***ГХФУ-22***	***Другие***	***Всего***
2003			
2004			
2005			
2006			
2007			
2008*			
2009*			
2010*			
2011*			
2012*			

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 23. Потребление ГХФУ для производства промышленного холодильного оборудования (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление хладагента, используемого для заправки оборудования на месте его установки (метрические тонны)

Год	*ГХФУ-22*	*ГХФУ-123*	*Другие*	*Всего*
2003				
2004				
2005				
2006				
2007				
2008*				
2009*				
2010*				
2011*				
2012*				

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 24. Производство компрессоров (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)	
Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление хладагента, используемого для заправки оборудования (метрические тонны)*					
Год	***Количество единиц продукции***	***ГХФУ-22****	***ГХФУ-123****	***Другие****	***Всего****
2003					
2004					
2005					
2006					
2007					
2008**					
2009**					
2010**					
2011**					
2012**					

* Указывается только дополнительное количество хладагента, потребляемое в стране, не показанное в таблицах 21, 22 и 23.
**Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 25. Потребление ГХФУ в секторе растворителей (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму	

Годовое потребление (метрические тонны)

Год	***ГХФУ-141b***	***ГХФУ-125***	***Другие***	***Всего***
2003				
2004				
2005				
2006				
2007				
2008*				
2009*				
2010*				
2011*				
2012*				

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 26. Потребление ГХФУ в производстве оборудования пожаротушения и взрывозащиты (Пожалуйста, подготовьте отдельную таблицу для каждой компании)

Название компании:	
Адрес:	
Контактная информация ответственного лица:	
Год установки линии, использующей ГХФУ:	
Продукты, использующие ГХФУ:	
Долевое владение: национальное и других стран, действующих в рамках 5-й Статьи Монреальского протокола, %:	
Получение помощи от Многостороннего фонда Монреальского протокола: нет/да	
Если да, пожалуйста, укажите номер проекта/ название и полученную сумму количество	

Годовое потребление (метрические тонны)

Год	***ГХФУ-22***	***ГХФУ-123***	***ГХФУ-124***	***Другие***	***Всего***
2003					
2004					
2005					
2006					
2007					
2008*					
2009*					
2010*					
2011*					
2012*					

* Опишите используемую методологию оценки данных о потреблении за период с 2008 по 2012 г.

Таблица 27. Основные данные о секторе сервисного обслуживания и ремонта холодильного оборудования

Какое предполагаемое количество зарегистрированных предприятий работает в секторе сервисного обслуживания холодильного оборудования?

a. Малые (1–2 техника)
b. Средние (до 10 техников)
c. Крупные (более 10 техников)

Какое предполагаемое количество предприятий по сервисному обслуживанию холодильного оборудования существует в неформальном секторе?

a. Малые (1–2 техника)
b. Средние (до 10 техников)
c. Крупные (более 10 техников)

Каково предполагаемое количество техников по сервисному обслуживанию холодильного оборудования?

Существует ли в Вашей стране система сертификации техников?

Если да, сколько техников сертифицировано?

Сколько техников по обслуживанию холодильного оборудования было обучено квалифицированным методам сервисного обслуживания в рамках программ по выводу из оборота ХФУ?

Перечислите существующие профессиональные ассоциации холодильщиков, включая контактную информацию.

Имеете ли вы методические нормы для сервисного обслуживания холодильного оборудования?

Если да, как эти нормы внедряются?

Являются ли квалифицированные методы сервисного обслуживания частью курса обучения в профессиональных училищах/технических колледжах/университетах?

Сколько имеется центров по извлечению и рециркуляции хладагентов?
Сколько из них является действующими?

Сколько имеется центров по полной регенерации хладагентов?
Сколько из них являются действующими?

Укажите количество и тип оборудования, предоставленного предприятиям по обслуживанию и ремонту холодильного оборудования

Оборудование	***Количество, профинансированное МФМП***	***Количество, профинансированное ГЭФ, если применимо***	***Количество, используемое в настоящее время***	***Количество единиц оборудования, пригодного для ГХФУ***
Вакуумные насосы				
Машины для извлечения хладагентов				
Машины для извлечения и рециркуляции хладагентов				
Сервисные наборы инструментов				
Детекторы утечки				
Идентификаторы хладагентов				
Баллоны для хранения хладагентов				
Другие позиции (пожалуйста, уточните)				

(ГЭФ) – Глобальный экологический фонд

Таблица 28. Области применения оборудования охлаждения и кондиционирования воздуха, в которых необходимо провести обследование с целью определения количества и типов такого оборудования с ГХФУ, нуждающегося в обслуживании

Примечание: Пожалуйста, ответьте на вопросы по каждому конкретному сектору и заполните прилагаемый формуляр.
а) Торговое и промышленное применение • Компании и фирмы, использующие оборудование охлаждения или кондиционирования воздуха
б) Сельскохозяйственные пользователи Количество систем холодильного хранения • Молочные фермы • Обзор потребителей
в) Инфраструктура и здания • Количество отелей, ресторанов и т.д. • Количество госпиталей, банков, общественных зданий и т.д.
г) Рыбная промышленность • Количество, название и географическое распределение рыболовных судов-рефрижераторов (плавбаз) и их водоизмещение (тонны), а также центров обработки рыбы
д) Неформальный сектор • Предполагаемое количество рабочих и мастерских в холодильном секторе • Предполагаемая тенденция роста в неформальном секторе • Анализ структуры сектора
е) Образование и профессиональное обучение • Данные по учебным центрам для профессий, связанных с охлаждением • Анализ качества обучения
ж) Транспорт • Предполагаемое количество транспортных средств, оснащенных кондиционерами воздуха, и тенденции развития • Оценка количества транспортных средств-рефрижераторов и тенденция развития
з) Статистические данные в области бытового охлаждения • Количество хозяйств, имеющих холодильники, морозильники и кондиционеры воздуха • Количество средств кондиционирования воздуха, макроэкономические данные и направление роста
и) Импортеры • Количество и типы импортируемых ОРВ, тенденции • Потребители и их виды деятельности
к) Дистрибьюторы • Количество и типы распределяемых ОРВ, тенденции
л) Конечные пользователи • Тип деятельности • Количество и типы потребляемых ОРВ, тенденции • Квалификация персонала

Оборудование	*Предполагаемое количество устройств с ГХФУ в действии*	*Предполагаемое годовое потребление ГХФУ в 2007 г. и последующие годы (Пожалуйста, укажите год)*
Комнатные кондиционеры воздуха		
Чиллеры		
Рефрижераторное и/или холодильное транспортное оборудование: автобусы, поезда, грузовики, суда, контейнеры		
Бытовое и небольшое торговое холодильное оборудование		
Торговое и промышленное холодильное оборудование		
Всего		

Формуляр для мастерских по ремонту и сервисному обслуживанию					
Название					
Количество работников					
Квалификация работников					
Описание компании					
Список сервисного оборудования (вакуумные насосы, машины извлечения и рециркуляции, измерительные приборы)					
Тип обслуживаемого оборудования, количество в год, оценка уровня утечек ГХФУ в год	***Комнатные кондиционеры воздуха***	***Чиллеры***	***Транспорт***	***Бытовое и небольшое торговое оборудование***	***Торговое и промышленное холодильное оборудование***

Используемый хладагент (добавьте колонки по необходимости)	ГХФУ-22	ГХФУ-123	ГХФУ-124	Другие
Кг/год				
Названия и адреса поставщиков хладагентов				
Комментарии и наблюдения (уровень квалификации, информированность о прекращении использования ГХФУ, знания об альтернативах и т.д.)				

Формуляр для мастерских по ремонту и обслуживанию					
Название					
Количество работников					
Описание компании					
Список сервисного оборудования и описание использования (холодильное оборудование для технологических процессов, холодильное хранение и т.д.)					
Потребляемый хладагент Потребление кг в год	***ГХФУ-22***	***ГХФУ-123***	***ГХФУ-124***	***Смеси***	***Другие***
Названия и адреса поставщиков хладагента	ГХФУ-22 ГХФУ-123 ГХФУ-124 Смеси Другие (пожалуйста, уточните)				
Названия и адреса компаний по обслуживанию и ремонту					
Комментарии и наблюдения (уровень квалификации, информированность о прекращении использования ГХФУ, знания об альтернативах и т.д.)					

Таблица 29. Потребление ГХФУ в секторе сервисного обслуживания холодильного и климатического оборудования (метрические тонны)

ГОД	*ГХФУ-22*	*ГХФУ-123*	*ГХФУ-141b (промывка, очистка)*	*Другие/смеси*	*Общее*
2003					
2004					
2005					
2006					
2007					
2008*					
2009*					
2010*					
2011*					
2012*					

*Оценка

Для заметок

Для заметок

Издано при содействии ГЭФ