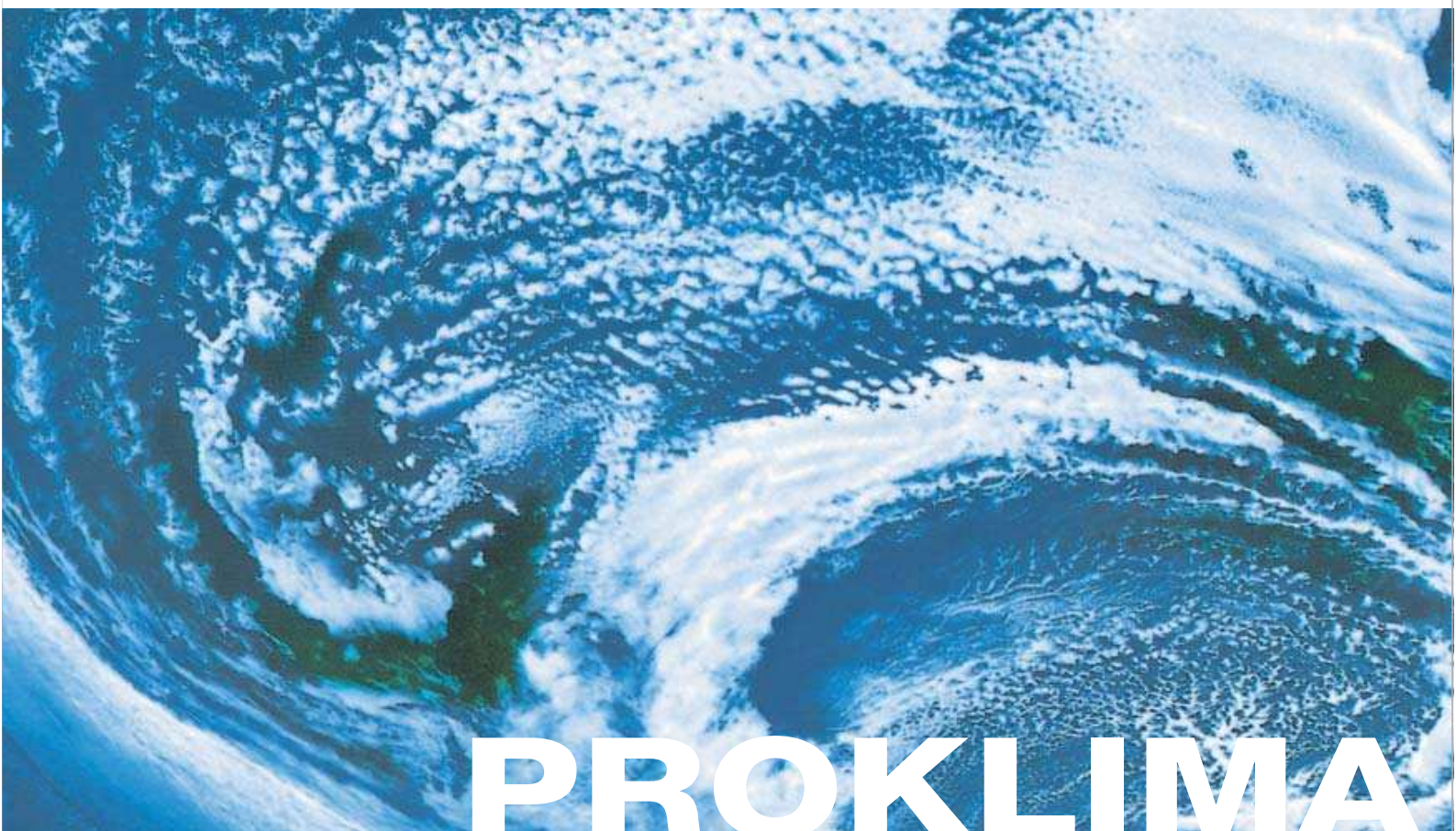


Proklima International



PROKLIMA

Природные хладагенты

Безопасные для озона и климата альтернативы ГХФУ



gtz

PROKLIMA



On behalf of

Federal Ministry
for Economic Cooperation
and Development

Проклима Интернешнл

Природные Хладагенты

Безопасные для озона и климата альтернативы ГХФУ

Опубликовано:

Дойче Гезеллшафт фир Текнише Зусамменарбайт (ГТЗ) ГмбХ
Немецкое Техническое Сотрудничество – Программа Проклима
Германия, Эшборн 65760
Даг-Хаммарскьюд-Вег 1-5

Интернет:

<http://www.gtz.de>

Название секторного проекта:

ГТЗ Проклима - программа по спасению озонового слоя
Контактное лицо в Федеральном Министерстве по Экономическому
Сотрудничеству и Развитию (БМЗ):
Георг вом Колке
Федеральное Министерство по Экономическому
Сотрудничеству и Развитию (БМЗ) Германии
Отдел Экологии и Устойчивого использования Природных Ресурсов
Германия, Бонн
Georg.vom-Kolke@bmz.bund.de

Редакторы:

Д-р Волкмар Хассе (Менеджер Программы) ГТЗ Проклима
Намибия, Кляйн Уиндхойк Прайвит Бяг 18004
Телефон: +264 61 273 501
Volkmar.Hasse@gtz.de
Линда Эдерберг (Контактное лицо)
Германия, 61479 Глазхиттен Зум Талблик, 2
Копия: ГТЗ Проклима Хит ГмбХ
Телефон: +49 6174 964575
Linda.Ederberg@proklima.net
Д-р Даниэль Колбурн (Техническая консультация)
Ре-фридж
Соединенное Королевство
CV37 1FE Уорикшир Стратфорд-он-Эйвон ПО Бокс 4745
Телефон: +44 (0)1789 268285
d.colbourne@re-phridge.co.uk

Дизайн:

Пукка Дизайн, Франкфурт

Отпечатано:

Друкерай Хассмиллер, Франкфурт
Эшборн, июль 2008

ПРОКЛИМА является программой компании Дойче Гезеллшафт фюр Текнише Зусамменарбайт ГмбХ (ГТЗ). Уполномоченная Федеральным Министерством по экономическому сотрудничеству и развитию (БМЗ), ПРОКЛИМА предоставляет техническую и финансовую поддержку развивающимся странам с 1996 года для реализации положений Монреальского Протокола по озоноразрушающим веществам.

Природные Хладагенты

Безопасные для озона и климата альтернативы ГХФУ

Преамбула Волкмар Хассе, ГТЗ Проклима	1
<hr/>	
I. Стратегия / Законодательство по Ф-газам и альтернативам	5
<hr/>	
Две точки зрения на экологию – Одна цель – Монреальский Протокол и Киотский Протокол Майкл Мюллер, Госсекретарь Парламента, Федеральное Министерство по экологии, охране природы и ядерной безопасности, Германия	7
Успех и будущие проблемы Монреальского Протокола Джейсон Андерсон, Институт Европейской Экологической Стратегии (ИЕЭС), Бельгия	11
Аспекты, учитываемые при замене фторуглеродов на хладагенты с низким ПГП Юрген Усинджер, ГТЗ Проклима, Германия Ламберт Куиджперс, ЮНЕП ГТОЭО	27
Модернизация холодильного оборудования с помощью механизма чистого развития, предложенного Киотским Протоколом Томас Граммиг, ГТЗ Проклима, Германия	39
Защита озонового слоя и климата от галогенизированных веществ. Меры, принятые в Европейском Союзе Катя Бекен, Федеральное Агентство по Окружающей Среде, Германия	47

II. Безопасность природных хладагентов	57
Правила безопасности при использовании углеводородных хладагентов	59
Даниэль Колбурн, Рефридж, СК Хосе М. Корберан, Политехнический Университет Валенсии, Институт Инженерной Энергетики, Испания	
Аммиак и его репутация в качестве хладагента	75
Андерс Линдборг, Аммония Партнершип АБ, Швеция	
Безопасность CO₂ в больших системах охлаждения	87
Самер Савалха, Королевский Технологический Институт, Швеция	
Безопасность приборов, работающих на углеводородных хладагентах	101
Даниэль Колбурн, Рефридж, СК	
Безопасные помещения для больших углеводородных камер охлаждения	119
Амир Тадрос, Коннелл Вагнер ПиТиУай Лтд, Австралия Иан Маклейн-кросс и Эдди Леонарди, Школа технологии и машиностроения, UNSW, Австралия	
III. Оценка природных хладагентов в различных областях применения	133
Возможности применения природных хладагентов	135
Даниэль Колбурн, Рефридж, СК	
Применения систем тепловых насосов, работающих на аммиаке, для отопления и охлаждения нежилых помещений	145
Джорн Стин, СИНТЕФ Энерджи Рисёрч, Норвегия	
Обзор и перспектива применения CO₂ в тепловых насосах	153
Рене Райберер, Технологический Университет Граз, Институт Теплового Машиностроения, Австрия Джорн Стин и Петтер Некса, СИНТЕФ Энерджи Рисёрч, Норвегия	

Направления и перспективы охлаждения супермаркетов Майкл Коффелд, Университет Прикладных Наук Карлсрухе, Институт Охлаждения, Кондиционирования Воздуха и Охраны Окружающей Среды, Германия	171
Оценка переоборудования супермаркетов, использующих косвенные системы, для стран, подпадающих под статью 5 Даниэль Колбурн, Рефридж, СК	183
Использование углеводородов в качестве рабочих газов в тепловых насосах и холодильном оборудовании Хосе М. Корберан, Политехнический Университет Валенсии, Институт Инженерной Энергетики, Испания	197
Перевод различных систем ГХФУ-22 на углеводороды Ариади Сувоно, Технологический Институт Бандунг, Индонезия	215
Экспериментальная оценка УВ-290 в качестве заменителя ГХФУ-22 для оконного кондиционера Атул С. Падалкар, Машиностроительный Колледж Сингап, Индия Сукумар Девотта, Национальный Научно - Исследовательский Институт Охраны окружающей среды, Индия	223
IV. Развитие рынка и Учебные примеры	237
Качество природных хладагентов – Важность определения продуктов высокой чистоты Вероника Шилз и Барри Лионз, БОК, СК	239
Сократить производство R22, а что дальше? Александр Кор Пачай, Джонсон Контролз, Дания	251
Регулирование мощности систем охлаждения с помощью винтовых компрессоров и экономайзера Дитер Моусманн и Дмитро Зайстев, Грассо ГмбХ Рефриджерейшн Текнолоджи, Германия	259
Пропан в качестве альтернативы R22 для малых систем охлаждения при высоких температурах окружающей среды Хайнц Юргенсен, Данфосс Компрессорз ГмбХ, Германия	277

Критерии конструирования испарителей с со2 Роланд Хандшух, Роланд Гюнтнер АГ, Германия	289
Охлаждение в розничной торговле благоприятное для окружающей среды – Хладагент R22 скоро уйдет в прошлое - CO2 может стать будущей экологической альтернативой Райнер Тиллнер-Рот, Директор Отдела по работе с покупателями, Эпта Груп	299
Системы охлаждения для теплого климата с использованием только CO2 в качестве рабочей жидкости Серджио Джиротто, Энекс С.р.л., Италия Силивия Минетто, Университа Дегли Студи ди Падова, Италия	303
Первая установка CO2 в супермаркете в Новой Зеландии Александр Кор Пачай, Джонсон Контролз, Дания	319
Применение природных хладагентов при производстве молочных продуктов, в системах охлаждения и кондиционирования воздуха в супермаркетах Карин Джан, Евроаммон, Германия	331
Аммиачные водяные охладители для коммунальных услуг Анди Пиэрсон, Стар Рефриджерейшн Лтд., СК	337
Холодильные шкафы Грин для мороженого. Переход Юнилевер от гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) к углеводородам (УВ) Алан Геррард, Юнилевер Лтд., СК	349
Применение углеводородных хладагентов в больших холодильных системах Ладас Тейлор, Энерджи Рисорсиз Груп, Австралия Джексон Онг, Нат-Энерджи Рисорсиз, Сингапур	363
Разработка номенклатуры выпускаемых изделий для технологий благоприятных для климата и озона Ник Кокс, Earthcare Products Ltd., СК	377
Специальные термины и сокращения	287

Благодарности

Во-первых, мы благодарим всех авторов за подготовку статей и учебные примеры, приведенные в нашей публикации по природным хладагентам в качестве альтернатив ГХФУ.

Далее мы выражаем благодарность следующим экспертам, оказавшим помощь в составлении публикации и предоставлении различной информации и изменений в проектную версию:

Уинфraid Шварц, Йоко-Речерче и Рольф Хюхрен, независимые консультанты.

Волкмар Хассе, Линда Эдерберг и Даниэл Колбурн

Преамбула

Волкмар Хассе, ГТЗ Проклима

В настоящее время достаточно известно, что Монреальский Протокол в своем стремлении постепенно прекратить использование озоноразрушающих веществ, особенно группы ХФУ, также существенно облегчил решение нарастающей проблемы климата. Говорят, что миру был предоставлен льготный 10-летний период, чтобы отреагировать на потенциально катастрофические результаты изменения климата. Было бы еще лучше, если бы мы воспользовались, а не упустили огромный шанс, появившийся в 1990 годах. В то время существовала возможность напрямую трансформировать технологию охлаждения с ХФУ на природные газы, такие как углеводороды и аммиак, которые не оказывают отрицательного воздействия на озоновый слой и климат, и были достаточно известны и имелись в наличии в то время. Немецкая технология «Гринфриз», основанная на углеводороде (название присвоено организацией Гринпис), была впервые передана Китайскому производителю холодильников «Хайер» при сотрудничестве с Агентством по охране окружающей среды США, Министерством Германии по экономическому сотрудничеству и развитию через ГТЗ-Проклима и Гринпис. Вскоре после этого Швейцарско-Индо-Германский проект ЭКОФРИДЖ представил данную технологию для Индийской компании по производству холодильников Годрей.

К сожалению, данные точки зрения так и не стали общим направлением, в основном в результате дезинформации в отношении якобы имеющих рисков природных хладагентов. Это продолжается и по сей день и в сложившейся ситуации, сразу после согласования Монреальского Протокола достичь раннего постепенного вывода из обращения и производства ГХФУ, последней основной группы озоноразрушающих веществ с огромным глобальным потенциалом потепления, мы можем упустить еще одну возможность, если не будем бдительными.

Компании Хайер и Годрей продолжали и увеличивали производство холодильных установок, работающих на углеводороде. Им последовали некоторые другие компании. К счастью, некоторые производители при производстве оборудования на базе хладагентов ГХФУ и ГФУ с большим Потенциалом Глобального Потепления, все еще настаивали на использовании и усовершенствовании технологии природного хладагента. Тщательно избегая предумышленной и неоправданной негативной гласности, незначительное, но существенное количество частных и международных компаний тем не менее приняли решение, не привлекая всеобщего внимания, утвердить концепцию природных хладагентов. Они убедились в том, что технология не только лучше, с физической и экологической точек зрения, но и в том, что вопрос «безопасности», согласно всем объективным интерпретациям данного термина, не нуждается в компромиссе. Наиболее важным в деле осознания значения себестоимости является то, что использование природных хладагентов действительно помогает сэкономить денежные средства путем усовершенствования эффективности использования энергии и снижения затрат на обслуживание. Сегодня Хайер является крупнейшим производителем холодильников в Китае и

уже 80% внутреннего производства холодильников в Китае основано на технологии углеводородов.

Сложной задачей на ближайшие годы является создание технологии применения природного хладагента, который придет на смену ГХФУ в кондиционерах и торговых холодильных установках.

Недавно некоторые крупнейшие компании в сфере розничной торговли, продуктов питания и напитков начали преобразовывать свои торговые системы охлаждения для работы на природных хладагентах. Сейчас они реально рекламируют применение природных хладагентов для того, чтобы проинформировать своих клиентов об ответственности каждого члена корпорации.

В сентябре 2007 года все 191 Стороны Монреальского Протокола пришли к консенсусу о достижении ускоренного постепенного вывода из обращения и начале свертывания производства ГХФУ. В связи с экономическим ростом и увеличением благосостояния резко возрастающий объем данных веществ угрожает свести на нет успехи, достигнутые до настоящего времени путем реализации Монреальского Протокола. Это касается не только негативного воздействия на озоновый слой. Важно и то, что высокое напряжение, связанное со всемирным потеплением, быстро компенсирует преимущества климата, достигнутые путем постепенного вывода из обращения, свертывания производства ХФУ. Решением Сторон Монреальского Протокола, в свете озоноразрушающего потенциала ГХФУ, официально признана необходимость учитывать влияние на климат заменяющих веществ. В холодильном секторе оба вида, фторированные хладагенты (ГФУ) с высоким потенциалом глобального потепления, а также природные хладагенты благоприятные для окружающей среды (углеводороды, аммиак и CO₂) существуют как отработанные технологии. Однако, ГФУ открыто доминируют на рынке, в то время как природные хладагенты, несмотря на свои превосходные качества, все еще остающиеся в тени, в основном из-за чрезмерно возросших вопросов безопасности тщательно не рассматриваемых. Но если ГФУ придут на смену ГХФУ любым реальным способом, преимущества климата, затронутые Монреальским Протоколом, будут вскоре забыты.

Откорректированный Монреальский Протокол четко требует замены ГХФУ, достаточно выгодных с экологической точки зрения, чтобы не расточать уже имеющиеся и ожидаемые климатические преимущества. Эта книга стала возможной именно благодаря этому. В результате быстро ухудшающегося климата на планете данная книга просто необходима. Мир просто не может позволить себе упустить данную возможность во второй раз.

Данная публикация - это попытка представить информацию и инструкцию тем, кто принимает решения в развивающихся странах, как в правительственном, так и частном секторах. Это подтверждает какие озono- и благоприятные для климата альтернативы фторированным хладагентам существуют на рынке, и почему и как они будут применяться. Мы отдаем себе отчет о наличии широкой аудитории с разными интересами и информационными потребностями и надеемся предоставить мнения полномочных экспертов и убедительные примеры действующих систем охлаждения, работающих на природных хладагентах. Каждый, кто заинтересован в замене ГХФУ на технологии благоприятные для экологии, ознакомится со многими аспектами своей нынешней работы, которые позволят принять правильное решение.

Публикация охватывает основные вопросы, которые необходимо учитывать при планировании ускоренного вывода из обращения и производства ГХФУ и

переходе на природные хладагенты: стратегии и законодательство касательно фторированных хладагентов и соответствующие альтернативы, проблемы безопасности, связанные с воспламеняемыми или токсичными хладагентами, оценка работы природных хладагентов в различных областях применения и окружающих средах, реальные примеры, социологические исследования и освоение рынка. Информация предоставлена профессионалами, чья честность и авторитет безупречны. Мы очень признательны им, так как стремимся внести вклад в благосостояние будущих поколений.

I. Стратегия / Законодательство по Ф-газам и альтернативам

Две точки зрения на экологию - одна цель

Монреальский и Киотский Протоколы

Майкл Мюллер, Госсекретарь Парламента, Федеральное Министерство по экологии, охране природы и ядерной безопасности Германии

Монреальский Протокол и Киотский Протокол являются двумя глобальными соглашениями по экологии, имеющими общую цель: защитить атмосферу Земли от отрицательного воздействия деятельности человека. Хотя Монреальский Протокол уже в значительной степени обеспечил себе статус истории с благоприятным исходом, нам все же придется справиться с проблемами, которые имеют место в результате изменения климата. Мы находимся только на первом этапе длительной борьбы.

Изменение климата является волнующей, глобальной экологической проблемой. Таяние полярных льдов и ледников, подъем уровня моря и всех береговых линий, находящиеся под угрозой затопления, это лишь небольшая часть вопросов, с которыми мы сталкиваемся. Другие последствия включают рост глобальных погодных экстремальных условий, засухи и наводнения, экологическую миграцию, недостаток продуктов питания и вымирание видов. Атмосфера безошибочно реагирует на глобальное потепление, вызванное деятельностью человека с нанесением огромного ущерба экономике и обществу в целом.

Киотский Протокол является первым международным обязательным соглашением, которое сократит эмиссию парниковых газов - хотя только кое-где в индустриализованном мире. Основным вопросом являются выбросы углекислого газа (CO₂) в результате сгорания ископаемого топлива, такого как нефть, газ и уголь. Однако, нам необходимы дальнейшие честолобивые обязательства, чтобы предотвратить беду, угрожающую человечеству и экологии. Предсказываются катастрофические экономические и экологические последствия, если потепление превысит 2 °C. Мы должны предпринять немедленные меры и наполовину сократить выбросы парниковых газов к 2050 году, чтобы ограничить глобальное потепление до 2 °C. Чтобы добиться этого мы не должны заострять внимание только на предотвращении выбросов углекислого газа, но и наблюдать за другими газами, упомянутыми в Киотском Протоколе, включая фторированные газы.

Мы платим высокую цену за свой часто необъективный подход к трактовке научных открытий. Это выражается провалом принять решительное действие по защите климата Земли за последние 20 лет. Например, уже в начале 1987 года мы имели реальные признаки большой вероятности того, что атмосфера Земли потеплеет на 3 °C, как и подтверждено сейчас МГЭИК. В случае с Монреальским Протоколом, ушло 13 лет на то, чтобы научные открытия Круитзена, Ролэнда и Молины, сделанные в 1974 году, нашли отражение в политическом действии.

В сентябре 2007 года международное сообщество отметило 20 годовщину Монреальского Протокола по веществам разрушающим озоновый слой. Монреальский Протокол привел в действие не имеющий себе равных новаторский успех, предприняв немедленные действия по ограничению и полному прекращению потребления веществ с высоким озоноразрушающим потенциалом и замене их на альтернативные вещества, исключаящие негативное воздействие на озоновый слой. Следующим этапом станет снижение воздействия данных альтернатив на климат. Решения по обоим вопросам еще не реализованы по всем направлениям. Положительным примером является использование углеводородов в бытовых и коммерческих холодильных установках. Прошло 15 лет с тех пор как Германия представила всему миру холодильник, работающий на углеводороде, благоприятный для окружающей среды. В настоящее время мы должны расширить использование данных веществ по всем направлениям и в настоящее время уже разработаны альтернативные технологии по вспениванию и выбросу пены, аэрозолям, растворителям и агентам пожаротушения, которые оказывают намного меньшее воздействие на климат.

Опыт Германии по постепенному выведению из обращения, сворачиванию производства озоноразрушающих веществ продемонстрировал, что промышленность нуждается в неоднократных предупреждениях для стимулирования необходимого новаторства. Запрет на ГХФУ R22 с 2000 года, который был принят в 1991 году, в период когда еще отсутствовали общепринятые альтернативы, способствовал проведению необходимых разработок на национальном, а также на Европейском уровне.

Решения, принятые Сторонами Монреальского Протокола в сентябре 2007 года, не только продвинули процесс защиты озона, но и способствуют реальному вкладу в защиту климата. И сейчас нашей общей задачей при выполнении обязательств является избежать любых мотивов несоответствующих стандартам экологических соглашений. Использование фторированных парниковых газов, упомянутых в Киотском Протоколе, не должно увеличиваться на основании обязательств, принятых в Монреале в 2007 году – даже если нынешний вклад данных веществ в глобальное потепление «соизмерим» лишь с вкладом воздушного трафика.

Для иллюстрации приведем один маленький пример. Ускоренное выведение из обращения и сокращение производства ГХФУ, согласованное в Монреале в 2007 году, не только помогает защитить озоновый слой, но и сдерживает изменение климата. Будет произведено ГХФУ на 7.7 мегатонн меньше по сравнению с предыдущими правилами (сокращение производства ГХФУ в развивающихся странах к 2040 году без промежуточных этапов). Данные 7.7 мегатонн имеют потенциал глобального потепления, равный 26 гигатоннам CO₂. Для сравнения, выбросы парниковых газов от промышленных стран в целом составляли в эквиваленте 18 гигатонн CO₂ в 2004 году. Даже если заменить около 25% ГХФУ на вещества с нулевым потенциалом глобального потепления, это снизит потенциал глобального потепления на эквивалент, достигнутый Киотским Протоколом в первый период обязательств с 2008 по 2012 годы.

А теперь давайте вернемся к Монреальскому Протоколу, его новаторству и вкладу в защиту всемирной экологии. Международное сообщество выделило значительные средства развивающимся странам на то, чтобы они не испытывали никаких финансовых затруднений при выведении из обращения и сокращении производства ХФУ и также смогли получить выгоду от новых технологий. Данные средства не только помогли защитить озоновый слой, но и внесли существенный

вклад в защиту климата, потому что запрещенные ХФУ имеют огромный непосредственный потенциал глобального потепления. Основная идея заключалась и заключается в выведении из обращения и сокращении производства ХФУ и ГХФУ. Мы все еще нуждаемся в дополнительной инновации, чтобы помочь принять решения, благоприятные для климата и добиться победы на мировом уровне. Европейский Союз намерен согласовать эффективную и справедливую международную климатическую систему на будущее. В прошлом году были заложены основы для финансирования дальнейших шагов после Киото к 2009. Данные правила будут охватывать период после 2012 года и направлены на ограничение потепления Земли максимум на 2 °С. Для этого, с одной стороны, страны с развитой промышленностью – основные виновники глобального потепления – должны предпринять меры необходимые для радикального снижения. Данные меры реальны при использовании новейших технологий. С другой стороны, эффективная защита климата требует соответствующего привлечения новых стран с развитой промышленностью. Таким образом, мы также должны разрабатывать устойчивые технологии и предоставлять их всем странам с тем, чтобы они могли внести свой вклад в дело по защите климата.

В конце трехдневного визита в Китай, в начале 2008 года Сигмар Габриэль, Министр Экологии Германии, сказал: «Как и Германия, Китай вкладывает огромные инвестиции в эффективность использования возобновляемой энергии и расширение возобновляемых источников энергии. Нам следует поддержать данные стратегии не только в связи с защитой от глобального потепления, но и с учетом возможностей, открываемых для экспорта.» Это относится к странам, индустриализация которых начала осуществляться недавно, а также развивающимся странам. Таким образом, Германия предоставит дальнейшую финансовую поддержку в дополнение к вкладу в Многосторонний Фонд Монреальского Протокола.

Германия готова внести достаточно большой вклад в защиту климата и подаст пример, откроет дорогу остальным. Эта роль потребует тесного сотрудничества с новыми промышленными и развивающимися странами и их поддержки для достижения целей по защите климата. Данный процесс будет включать пополнение Многостороннего Фонда до уровня, который позволит странам Монреальского Протокола (Статья 5) также реализовать решения, принятые в Монреале в отношении изменения климата. Резолюция Немецкого Правительства по «Программе Единой Энергетики и Климата» предоставила четкий сигнал о том, как мы должны действовать. Данная Программа состоит из 29 пунктов, которая должна послужить моделью для стран с развитой промышленностью. Таким образом, мы передаем важное сообщение для решения путем международных переговоров: защита климата окупится. Один пункт в данной программе затрагивает снижение сокращения выбросов фторированных парниковых газов.

Способствовать эффективности использования электроэнергии и ликвидации выбросов фторированных парниковых газов - две сложные проблемы, которые мы должны рассматривать вместе. Немецкое Правительство планирует отложить выручку от продажи сертификатов, связанных с выбросами, которая составит примерно € 400 миллионов в 2008 году, на программы, способствующие защите климата, как части данных усилий. Данная программа будет иметь также и огромную международную ориентацию.

Меры, необходимые для ограничения изменения климата, представляют собой довольно сложную программу для населения планеты, в то же время предлагая

огромные возможности для довольно новаторских и благоприятных для климата технологий и продуктов. Это - продвижение вперед.

Новаторство способствует диалогу между бизнесом, обществом и политиками, вместе с диалогом между промышленными и развивающимися странами.

Успех и будущие проблемы Монреальского Протокола

Джейсон Андерсон, Институт Европейской Экологической Стратегии (ИЕЭС), Брюссель

Введение

«Диалог по основным будущим задачам Монреальского Протокола» (2-3 июня 2007 года, Найроби) отметил 20-летие Протокола и исследовал его будущее. Первым вопросом повестки дня был вопрос, посвященный празднованию достижений Протокола, которые были продемонстрированы путем выделения нескольких главных сообщений:

- В целом, Монреальский Протокол выполнил 90 процентов того, что было запланировано;
- К 2005 развитые страны снизили производство и потребление более чем на 99 процентов от уровней базисной линии, а развивающиеся страны на 80 процентов;
- Предусматриваются будущие снижения на основании соглашений о длительном сокращении производства по Многостороннему Фонду, и общее закрытие производства ХФУ и галлона в Китае в июле 2007 года;
- Стороны, не подпадающие под Статью 5¹, прекрасно справляются со своими целями по снижению производства и потребления ГХФУ: к 2005 году сокращение достигло уже более 72 процентов вместо обязательных 35 процентов;
- Существует «культура соответствия», которая показывает, что доступные цели могут быть выполнены.

Срок и успех Протокола имеют и обратные стороны, которые, однако, также должны быть приняты Сторонами во внимание. В частности, срок и успех означают, что осталось сделать совсем немного – результат означает, что внимание и желание заниматься этим могут ослабнуть. Однако, оставшаяся работа становится более сложной и требует затрат с учетом детализации и особенности – это что-то вроде парадокса, который ставит проблемы перед системой, которая функционировала в прошлом.

Основной успех Протокола по выведению из обращения и свертыванию производства Озоноразрушающих Веществ (ОРВ) демонстрирует также завершение финансовой ответственности стран-доноров, что ведет к конкретному акценту на определенность в отношении оставшихся планов и мер ответственности

¹ Страны, подпадающие под ‘Статью 5’ - это страны с графиками замедленного сокращения производства и которые получают финансовую помощь - развивающиеся страны, также относятся к странам «Статьи 5». Страны, не подпадающие под Статью 5, это, наоборот, страны, которые снизили производство ранее и финансируют Многосторонний Фонд.

среди доноров. Посредством национальных и секторных планов постепенного выведения из обращения и свертывания производства, пристального внимания к их реализации, есть надежда, что уничтожение оставшегося количества Озоноразрушающего Потенциала (ОРП) не станет бесконечным обязательством. Однако, желание поставить точку должно быть сбалансированным, чтобы убедиться в том, что потребности развивающихся стран удовлетворяются и существует достаточно ресурсов и опыта.

Существуют примеры снижения интереса, отмеченные на встрече «Будущие сложные задачи», из которых только две детали заключаются в том, что ВМО демонтировала несколько приборов по контролю за озоном, а добровольные пожертвования на группы экспертов по оценке Научных и Экологических Воздействий в целом составили \$58,000: что, возможно, показательно для более масштабного вопроса. Отрицать тенденцию потери заинтересованности и в то же время признавать, что постепенное выведение из обращения и снятие с производства ОРВ придется перенести на заключительную фазу, является сложным балансирующим актом.

Будущие сложные задачи Монреальского Протокола

В целом, существует ряд признанных сложных задач, из которых возможно наиболее важными являются следующие:

- 1. Управление запасами:** Сутью Монреальского Протокола является сокращение производства, импорта и потребления ОРВ - однако, огромные суммы были вложены в оборудование, в частности, на охлаждение, кондиционирование воздуха, пеноматериалы и противопожарное оборудование, которые представляют собой огромные источники утечки. Попытка разрушить запасы, будь то в конце или в начале деятельности, потребует нового подхода.
- 2. Обсуждение случаев применения, исключенных в настоящее время, и необходимость использования в критических случаях:** в частности, исключения метил бромидов, которые обсуждались в 2005 году, составляли большие объемы (хотя снижались каждый год), а Карантин и Предотгрузка (КПО) составляют существенные уровни; снижается Применение Медицинских Дозированных Ингаляторов с ХФУ (МДИ), но не достаточно быстро, как того требуют цели постепенного выведения из обращения и сокращения производства;
- 3. Отмена увеличения использования ГХФУ и достижение ускоренного выведения из обращения, снятия с производства:** ускоренное выведение из обращения, снятие с производства еще более подчеркивает успех, связанный с ГХФУ, который подвергался риску быть почти проигнорированным, в странах, попадающих под Статью 5, в частности, благодаря акценту на постепенное выведение из обращения и снятие с производства ХФУ и особенно длительное предварительно установленное постепенное выведение из обращения, снятие с производства ГХФУ (2040, сейчас перенесенное на 2030, и 2020 для стран, не попадающих под Статью 5). Проблема будет заключаться в поиске альтернатив и рассмотрении скрытого смысла удвоенного сокращения производства, где ГХФУ финансировались МСФ с целью замены ХФУ.

4. **Реформирование ведомственной структуры:** Учреждения запланировали согласовать многие решения и проекты, а на самом деле их количество уменьшается, таким образом, реформа по сохранению усилий и средств может быть реальной.
5. **Проведение экспертизы, противостояние незаконной торговле гарантия успешной реализации и соблюдения:** в то время как статистика демонстрирует успех Протокола, существует четкое подтверждение продолжающейся незаконной торговли, которая заслуживает внимания, а финальный успех будет достигнут только, если будут реализованы и соблюдены планы по постепенному выведению из обращения сокращению производства. Все еще существует необходимость адекватного контроля, оценок и национальной правоспособности по вопросам озона. Все это требует постоянного внимания в период, когда многие думают, что Протокол завершает свою деятельность.
6. **Оценка стоимости, эффективности и финансирование потребностей для нерешенных вопросов:** национальные и секторальные планы по постепенному выведению из обращения сокращению производства, которые предполагают финансовый успех Протокола и, таким образом, завершение донорских требований для МСФ, нуждаются в адекватном снабжении, более того, существуют продолжающиеся исключения, а также ускоренное выведение из обращения сокращение производства ГХФУ: желание точно определить заключительные финансовые требования будет сложным при рассмотрении финансовых последствий, чтобы удостовериться в том, что происходит полное сворачивание производства. Доноры захотят увидеть, что страны, подпадающие под Статью 5, несут больше ответственности, в то время как страны, не подпадающие под Статью 5, не хотят заниматься оставшимися ОРВ, сталкиваясь с несоответствием и финансовой ответственностью по выведению их из обращения снятию их с производства.
7. **Взаимодействие с другими соглашениями и вопросами по экологии:** существует заметная связь между изменением климата и РКИК ООН/Киотский Протокол благодаря Потенциалу Глобального Потепления (ПГП) от ОРВ, а также характеру использования энергии (или экономии электроэнергии в случае изоляции) большей части соответствующего оборудования. Хотя не менее важными являются конвенции и соглашения по другим химикатам (Роттердам, Базель, Стокгольм, SAICM) и Комплексное предотвращение загрязнения и контроль (КПЗК).

Во многих отношениях положения донорских стран, таких как Соединенные Штаты Америки, Япония и ЕС, почти идентичны в их стремлении увидеть, что такие вопросы решены, тогда как страны, подпадающие под Статью 5, делают упор на необходимости увидеть, что они получают соответствующую поддержку, а учреждения остаются достаточно сильными, чтобы гарантировать, что сокращение производства достигается, не обременяя их экономики. Однако, существуют важные различия среди стран, не подпадающих под Статью 5, которые характеризуются продолжающимся использованием метил бромид в США (и они не одиноки), а также все большей зависимостью от ГХФУ, использованием и

поощрением использования ГФУ в качестве альтернативы и все большему сопротивлению природным хладагентам.

Далее рассмотрим несколько самых сложных вопросов будущих дискуссий.

Банки, утилизация и разрушение

Специальный Отчет МГЭИК/ГТОЭО по Озону и Климату (СООК)¹ выявил, что для ХФУ и ГХФУ значительная контрибуция (сейчас и в предстоящие десятилетия) поступает из соответствующих банков. Не существует каких-либо инструктивных обязательств по ограничению данных выбросов ни по Монреальскому Протоколу, ни по РКИК ООН, ни по Киотскому Протоколу, хотя некоторые страны располагают эффективными национальными стратегиями².оборот банков существенно меняется от одного случая применения к другому: от нескольких месяцев (например, растворители) до нескольких лет (в случае с охлаждением) до половины столетия (пенная изоляция). В отношении выбросов, связанных с банками, которые можно предотвратить до 2015 года, большой объем составляют случаи применения, основанные на хладагенте, где нормы обычных выбросов в результате деятельности намного превышают пенные в течение того же периода. С помощью локализации в ходе применения и активного восстановления и разрушения в конце технологического процесса можно захватить больше выбросов от банков ХФУ.

Согласно отчету, 280,000 тонн ХФУ, имеющихся в холодильном и кондиционирующем оборудовании, можно эффективно собрать и уничтожить. Затраты будут базироваться на заказе стоимостью \$5,000 за тонну ОРП, который сравнительно выгоден для затрат на выведение из обращения, сокращение производства и потребление ХФУ³. ОРВ в пенных материалах имеются в больших количествах, но они более дорогие для сбора, как детально указано ниже. Некоторые из потенциальных подходов к утилизации включают:

Правила: Меры управления по контролю за окончанием ресурса работы, такие как обязательная утилизация и запреты на выбросы.

Финансовые поощрения и рыночные механизмы: Налоговые скидки по доставке использованных фторуглеродов на оборудование по уничтожению гарантируют поощрения за сведение выбросов к минимуму. В Нидерландах была предоставлена дотация (50%) на сбор и уничтожение гааллонов и ХФУ, чтобы высказать неодобрение по поводу выбросов до того как банки данных веществ стали незаконными в 2004 году.

¹ Отчет официально известен как 'Защита озонового слоя и глобальной климатической системы: Вопросы, относящиеся к углеводородам и перфторуглеродам', подготовлен Межправительственным Комитетом по изменению климата и Советом по экономической и технической оценке, см. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/>

² Отчет не предусматривает перечисление стран.

³ Национальные и секторные планы по снятию с производства, оценка которых произведена в 2007 (ЮНЕП, 2007а), продемонстрировали эффективность затрат в сумме от \$4000 до \$9000 за тонну ОРП.

Добровольные Соглашения: принципы "ответственного использования" включают инструкции по практическому опыту в отношении выбора и содержания оборудования, включая усовершенствованное сдерживание распространения веществ и утилизация в период обслуживания и в конце срока службы.

Встреча 2006 года¹ отмечена следующими количественными результатами ХФУ, галлона, ЧХУ в отношении мест хранения банков и годового стока:

ХФУ: общее количество неиспользуемых повторно ХФУ от систем охлаждения составляет около 3,500 метрических тонн. Однако, пористая изоляция ХФУ будет использоваться после 2015 года. Извлечение, восстановление и повторное использование хладагентов потребуют хорошо скоординированного усилия по стратегии и последующей инфраструктуре, так как их извлечение и восстановление а так же повторное использование являются эффективными примерами, хотя и более дорогостоящими в отношении пенных материалов.

Галлоны: Ожидается, что извлечение и восстановление, а так же повторное использование в отличие от разрушения галлонов будут эффективными, так как галлоны используются десятилетиями и имеют остаточную стоимость благодаря огромному спросу.

Четыреххлористый углерод (ЧХУ): Возможно, в ближайшем будущем будет существовать излишек производства ЧХУ, и излишек нужно будет уничтожить. В то время как уничтожение банков ОРВ возможно с использованием различных технологий, возникает важный вопрос: как гарантировать, что это произойдет, и мы не увидим, что излишек просто поступит на рынок и снизит цены, увеличивая спрос. Существует много проектов по извлечению и восстановлению (R&R) а так же повторному использованию, но они не особенно эффективны. Отчет по соответствию 2006 года выявил, что 59.4 процента стран, использующих оборудование по извлечению и восстановлению доложили, что они функционируют "удовлетворительно" или "очень хорошо" – другими словами, выявлено, что 40 процентов работают неудовлетворительно, это составляет большую цифру, а оборудование - только часть успеха по извлечению и восстановлению ОРВ.

Варианты окончания срока работоспособности пены

ГТОЭО создал специальную комиссию по изучению вопросов работоспособности пены в ответ на решение Встречи Сторон Монреальского Протокола XVII/10. Заключительный отчет (ГТОЭО, 2005) дал описание технических и экономических аспектов переработке (восстановлению) утилизации и уничтожения пенообразующего вещества после применения и пенообразующих веществ тепловой изоляции. Было сделано несколько заключений:

- Новый параметр, а именно эффективность восстановления и уничтожения (ЭВУ), поможет описать всю цепочку восстановления и уничтожения, а практикуемый в

¹ Март 2006 года, по Решению XVII/18, и решению 47/52 Исполнительного Комитета Многостороннего Фонда.

настоящее время процесс восстановления и уничтожения может достичь значения ЭВУ более **85%-90%**;

- Анаэробная деградация ОРВ в случае **захоронения на свалке** (управляемое ослабление) может приниматься как потенциальный выход;
- В третьих, на экономику восстановления и повторного использования значительно влияют сегрегация пенных материалов из других компонентов, инфраструктура транспорта и т.д. За механическим разделением следуют реконцентрация и непосредственное уничтожение пены, включая пенообразующее вещество, и то и другое срабатывают прекрасно. Подсчитано, что пенообразующие вещества могут в настоящее время восстанавливаться после использования по себестоимости **\$25-40/кг**;
- Наконец, подсчитаны существующие банки ХФУ и ГХФУ, которые составляют **1.5 миллиона и 0.75 миллиона тонн**, соответственно.

МГЭИК/ГТОЭО SROC обнаружил, что в отношении пены применяемой в холодильных установках можно урегулировать в конце срока эксплуатации к 2015 году по цене \$10-50/кг, если инвестиции в установки, которые будут это осуществлять, будут соответственно распределены в географическом плане. Однако, это привлечет инвестиции в развивающиеся, а также развитые страны. Однако общим консенсусом является то, что восстановление будет намного дороже использования из-за более низкой прибыли (вызванные потерями при использовании восстановления) и дополнительных затрат на разделение отходов при уничтожении.

Следует отметить, что данное обсуждение вариантов находится в контексте реального опыта, где восстановление и уничтожение не соответствуют потенциалу – подразумевая то, что запросы потребуют значительно больше усилий. Затраты на восстановление, как отмечено, являются почти на порядок больше затрат на восстановление хладагента, это означает, что работы связанные с пеной будут весьма проблематичны. Однако, как показывает нижеприведенная диаграмма пенные материалы представляют основные банки: головоломка.

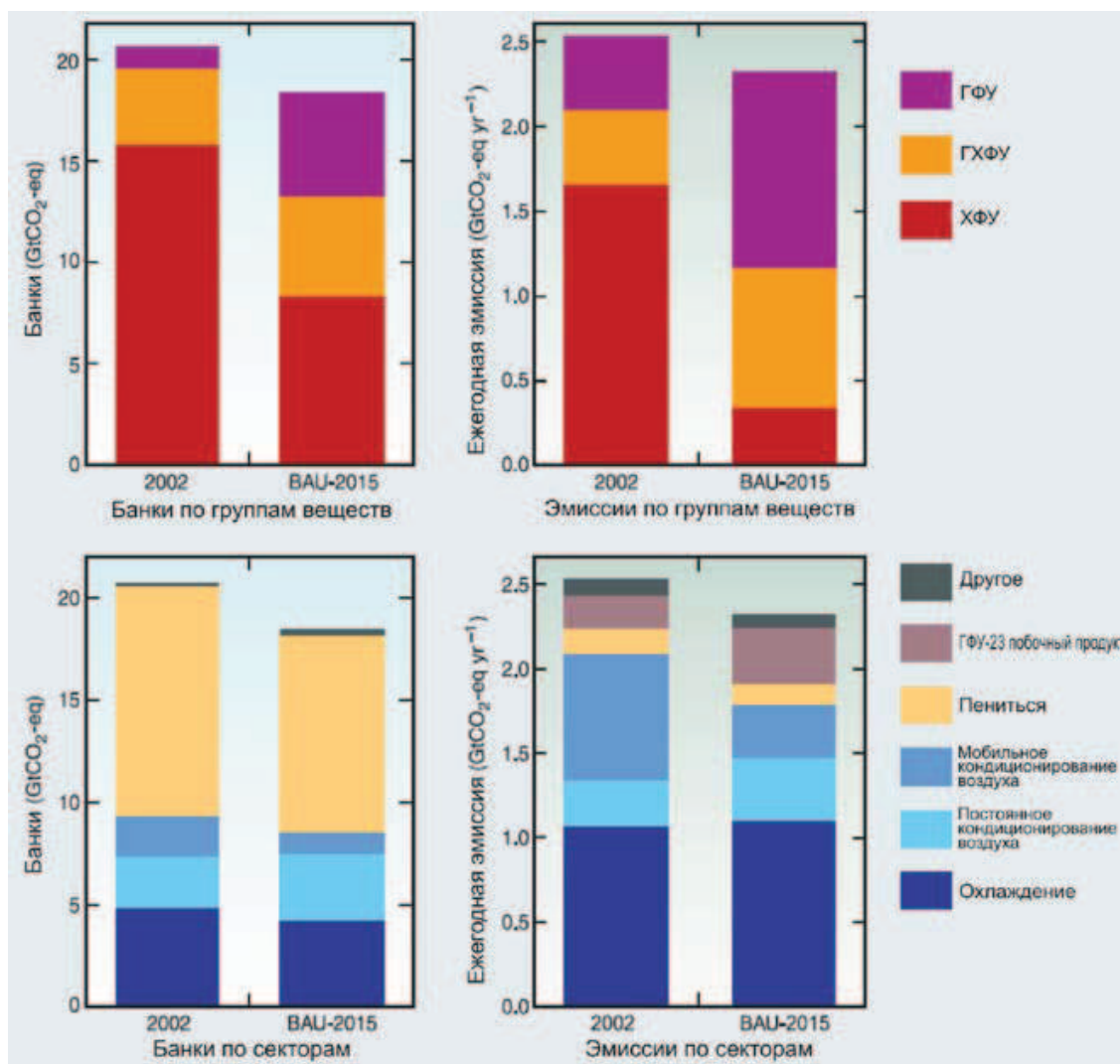


Диаграмма 1: Запасы и выбросы по веществу и сектору, (МГЭИК/ГТОЭО, 2005; Рис. SPM-4, стр. 10)

Основным заключением данных оценок является то, что во многих случаях восстановление и уничтожение ОРВ будут достижимы без дополнительного стимулирования, которое может иметь место по другим экологическим соглашениям и экономическим распоряжениям.

Выведение из обращения ОРВ с производства в контексте исключений, критических применений и вопросов соответствия

Страны, не подпадающие под Статью 5 и метил бромид

На страны, не подпадающие под Статью 5, время от времени ссылаются из-за вопросов несоответствия, часто не предоставляющих соответствующий отчет о продукции на экспорт, или отсутствие понимания запретов. Что касается задач по другим ОРВ, которые в основном выполняются или действуют, основная (не-ГХФУ) проблема связана с метил бромидом. Являясь лидерами Монреальского Протокола, такие страны как Соединенные Штаты, Канада и несколько стран-членов ЕС не сделали все от них зависящее, так как срок снятия метил бромида с производства наступил в 2005 году, но высокие уровни применения продолжают иметь место. В 2004 и 2005 году чрезвычайные встречи сторон (ВС) согласовали подход к запретам критических случаев использования с ежегодным обзором (предложение ЕС – США требовали многолетних запретов). Таким образом, 2005 увидел около 14,000 тонн разрешенного критического использования, из которых около 9,000 для США – которые хотя и занимали третье место по уровню использования до подписания Протокола, были увеличением по сравнению с предыдущим годом. Впоследствии наблюдался прогресс: запреты на критические случаи использования (КСИ), разрешенные ВС-18, за 2008 год в целом составили около 7,500 тонн, но КСИ, предоставленные ВС-19 за 2009 год, в целом составили только 4,400 тонн – снижение, составляющее приблизительно 42%. Тем не менее, Стороны обеспокоены медленным принятием альтернатив и обсудили крупные номинации КСИ, обращая внимание на то, что до 40% банков не использовались в критических случаях. Исследование, проведенное в 2005 году, констатировало : ‘Наблюдается очевидное нежелание пользователей МБ на замену альтернативами, что проявляется во всех секторах. Тот факт, что МБ нельзя заменить только одной или равноценно эффективной альтернативой подразумевает, что производителям и другим организаторам придется сменить свой подход к управлению производством и процессом’ (ЮНЕП, 2005).

Существует беспокойство за будущее, учитывая неопределенное количество и использование банков, наличие мнения о предоставлении субсидий на критические использования, увеличения использования КПО, и отраслевой информации о том, что альтернативы метил бромида не всегда реализуются. Весь спорный вопрос возникает в отношении вышеуказанных проблем категории ‘критические потребности,’ когда учитывая, что случаи применения, получившие такие запреты в конкретных странах, особенно длинный список в Соединенных Штатах, не нуждаются в метил бромиде в других местах, где выращиваются те же культуры (например, клубника, помидоры и другие).

Вопросы выведения из обращения и соответствия в странах, подпадающих под Статью 5

Недавно проведенная оценка (ЮНЕП, 2007b) рассмотрела будущие цели выведения из обращения снятия с производства, соответствие и предполагаемое соответствие в странах, подпадающих под Статью 5. Был сделан вывод о том, что:

- Что касается **ХФУ**, 6 стран не соответствовали 55 процентному сокращению 2005 года, тогда как 93 страны (или 82, если принимать во внимание национальные планы) рисковали стать несоответствующими будущим 85 процентам сокращения, с учетом нынешнего использования.
- Что касается **галлонов**, 2 страны превышают базисное замораживание и те же две рискуют не соответствовать 50 процентному снижению (Ливия и Сомали).
- Что касается **Метил Бромид**, 4 страны превышают уровень замораживания, тогда как 6 стран рискуют не соответствовать 20 процентному уровню сокращения.
- Что касается **Четыреххлористого Углерода**, 8 стран могут не достичь контрольных уровней 2005 года.
- Что касается **Метил хлороформа**, ни одна страна не превышает базисное замораживание, тогда как ДР Конго рискует не достичь 30-процентного снижения.

Далее, тоже исследование подвело итог общего секторного использования и перспективы выведения из обращения снятия с производства, только на основе запланированных проектов и тех, которые находятся в стадии реализации. Около половины из 47,466.7 потребляемых тонн ОРП по последней статистике подпадают под утвержденные проектные выведения из обращения снятия с производства.

Сектор	Полное последнее потребление	Процент от полного процентного потребления	Полное постепенное сокращение, но не законченное	Баланс постепенного сокращения	Процент от баланса общего последнего потребления
Аэрозоль	937,3	2,0%	1011,1	*	Недоступно
Пена	8488,9	17,9%	1396,2	7092,7	83,6
Фумигант	4624,4	9,7%	2293,0	2331,4	50,4%
Галоны	5468,3	11,5%	12355,1	*	Недоступно
Использование в лаборатории	622,9	1,3%	0,0	622,9	100,00%
МДИ	1658,8	3,5%	0,0	1658,8	1000,00%
Агент процесса	1299,9	2,7%	432,4	867,5	66,7%
Охлаждение	21575,5	45,5	8074,0	13501,5	62,6%
Растворитель	2622,7	5,6%	326,1	2336,6	87,8
Стерилизационный	0,0	0,0%	0,0	0,0	Недоступно
Табак	128,0	0,3%	150	*	Недоступно
Общее	47466,7	100,0%	26017,9	28411,4	59,9

*Одобрен больший вывод, чем последнее потребление

Таблица 1: Соотношения оставшегося выведения из обращения снятия с производства по каждому веществу, за исключением определенных соглашений (ЮНЕП, 2007b).

Данные в вышеприведенной таблице не учитывают многолетние соглашения, планы по управлению хладагентами и банки галлона – если добавить их к запланированным проектам общее остаточное потребление ОРВ будет составлять примерно 7,000 тонн ОРП, среди которых в основном ХФУ и Метил Бромид (следующая таблица). Здесь и можно увидеть важность запретов.

Химикат	Оставшееся потребление ОРВ (в тоннах ОРС)
ХФУ	3522,8
ЧХУ	8,6
Галоны	19,1
Метилбромид	3283,9
Метилхлороформ	4,3
Всего	6838,9

Таблица 2: Остаточное потребление ОРВ после учета всех проектов, программ, соглашений и планов (ЮНЕП, 2007b).

Вышеприведенное исследование говорит о следующем:

- Есть основание для оптимизма по поводу будущего выведения из обращения снятия с производства, если посмотреть на проекты и программы, которые в процессе;
- Запреты и критические случаи использования будут иметь место в соотношении около 20 процентов от нынешнего потребления;
- Соответствие на сегодняшний день было относительно успешным, на фоне будущих уровней снижения ХФУ наиболее опасными являются те, которые не достигли желаемого результата (которые также очень важны с учетом тоннажа).

Так как всегда существует беспокойство по поводу задержек в реализации проектов, обзор выявил, что такие задержки в основном не являются показателем окончательного провала проекта. Данные страны, вынужденные предпринимать планы действий с тем, чтобы способствовать или предотвратить проблемы соответствия, оказались достаточно успешными – за исключением реализации необходимых регулирующих изменений (обратите внимание, что не уместно при рассмотрении варианта содействия национальным регуливающим подходам говорить о задаче снижения запасов).

Ведомственная реформа

Снятие ОРВ с производства достигнуто на 9/10, а оставшиеся количества часто отличаются по характеру, чтобы говорить о том, что произойдет раньше, поэтому вполне логично, что ряд учреждений, занимающихся ОРВ, требуют реформы. Они могут быть сокращены с предоставлением стратегической модернизации для увеличения эффективности. Стороны изъявили желание внести изменения, такие как слияние двух подкомитетов МСФ; оба донора, которые заинтересованы в текущем финансировании, и конструкторы, которые заинтересованы в эффективности проектов и программ, намерены рассмотреть варианты.

Среди вариантов относительно размера, ответственности и бюджета учреждений, которые будут наилучшим образом соответствовать будущим обстоятельствам, - снижение количества СПП, которые имеют секретариаты МП и МСФ с целью усиления сотрудничества во избежание дублирования задач, взаимодействие с другими Конвенциями, усиление роли национальных озоновых центров в качестве реализующих агентств, недооценивающих их роль (возможно за исключением

программы действий по соответствию ЮНЕП, которая останется важной), и ряд других, которые упомянуты далее в методологии.

Основным аспектом данного вопроса является спор в отношении ведомственных мероприятий по 'конечной игре' контроля за ОРВ, в частности, в отношении развивающихся стран (РС) и МСФ. МСФ не рассматривается как вечная организация: его основная цель помочь выведению из обращения сокращению производства в РС, а признаком его успеха будет постепенное ослабление его роли. В то же время страны-доноры хотят видеть "свет в конце туннеля" по своим финансовым обязательствам. Такова была идея до принятия многолетних национальных планов по выведению из обращения сокращения производства, впервые предпринятые в 1997 году и затронутые впоследствии.

Решения, принятые на 19-ой ВС в сентябре 2007 года, в какой-то степени снизили акцент на ведомственные урегулирования по крайней мере до принятия более детального окончательного решения в отношении выведения из обращения сокращения производства ГХФУ. Ускоренное выведение из обращения сокращение производства ГХФУ потребует дальнейших дискуссий в отношении способов достижения, посредством существующих или модифицированных изменений. Более раннее выведение из производства сокращение производства является важным достижением, но создает проблемы, такие как стоимость альтернатив ГХФУ, и перевод заводов, которые недавно производили ГХФУ. Стороны констатировали, что МСФ располагает достаточными средствами, чтобы решить вопрос о сокращении производства без специального дополнительного финансирования, хотя страны, подпадающие под Статью А5, захотят быть в этом уверенны.

В связи с тем, что для восстановления озонового слоя потребуется 50-60 лет, контроль будет важен, а научные разработки потребуются как для проверки ожидаемого улучшения, так и напоминания Сторонам о существующих рисках, вызванных разрушением озона и, таким образом, о важности достижения полного выведения из обращения сокращения производства.

Когда первые чрезвычайные ВС обсуждали возможность запретов на критические использования по метил бромиду, комитет по техническим альтернативам метил бромида (КТАМБ) констатировал, что они имеют недостаточно ресурсов для проведения полной независимой оценки необходимости запретов на критические случаи использования (КСИ), и вынуждены частично полагаться на послушание Сторон, что привело к возникновению вопросов о возможной точности и объективности рекомендаций по КСИ. Это один из примеров того, как Оценочные Комитеты дают ответы на достаточно трудные вопросы, которые они не всегда могут решить при отсутствии адекватных ресурсов.

Возможно стоит отметить, что членам оценочных комитетов не платят за работу и они получают только помощь, если это - страны, подпадающие под Статью 5, или в некоторых случаях от собственных правительств. Если они выполняют работу качественно, часто бывает, что люди, задействованные в данной работе, получают компенсацию от организаций, которые напрямую заинтересованы в результатах.

И все же вопрос по поводу необходимости проведения таких срочных встреч и предоставления отчетов комитетов остается открытым (Соединенные Штаты предложили сократить отчетность до одного раза за три года), предпринимаются попытки снижения себестоимости, можно поспорить по поводу того, что попытка установить контакт с комитетом не всегда полностью затрагивала объективность совета, данного Сторонам, и что необходимо вновь обратить внимание на их

ресурсы и состав, особенно в отношении ГТОЭО и технологий, которые она оценивает.

Нужды стран, подпадающих под Статью 5

Важно учесть будущие сценарии в свете потребностей стран, подпадающих под Статью 5, так как они присутствуют там, где кроется много проблем. Недавно ЮНЕП обследовал Стороны, подпадающие под Статью 5, и определил, что приоритетными для них после 2010 года были следующие вопросы:

Политическое желание: поддержание высокого уровня будет важным фактором благодаря долгосрочному характеру обязательства по выведению из обращения ОРВ.

Ведомственные возможности: необходимо поддерживать работу национальных озоновых центров; существует необходимость в управлении стратегиями сокращения в пост-МСФ/ГЭФ период; должна быть равная поддержка посредством установления контактов среди НОЦ (Национальные Озоновые Центры).

Информация и понимание: *НОЦ* нуждаются в доступе к международной экспертизе; группы организаторов должны всегда характеризоваться высоким уровнем понимания и существует необходимость в информации по долгосрочным вопросам, таким как МДИ (многодокументные интерфейсы), уничтожению, банкам и важным случаям применения.

Несоответствие: данные вопросы потребуют срочного и долгосрочного решения.

Отчетность: выполнить обязательства после 2010 года.

Сокращение потребления и производства: адресовано остальным подсекторам, а метил бромид, особенно при рассмотрении возможности, что альтернатив КПО не будет до 2015 года.

Стратегии и контроль за исполнением: помощь для улучшения законодательного и стратегического контроля, борьба с незаконной торговлей; усиление национальных структур и действий по контролю за исполнением; улучшение экспортно/импортных систем; разработка национальных важных комитетов по использованию и стандартам для всех ОРВ.

Обслуживание и банки: удовлетворение всех сервисных потребностей по оборудованию ХФУ до конца срока службы, возможно путем создания банков; гарантия адекватных ОРВ для критических случаев применения; поиски путей во избежание критических случаях применения; разработка инструкций по запасам ОРВ, контроль и отслеживание.

Новые ОРВ: избегать распространения новых ОРВ.

Огромное число данных вопросов являются вопросами, которые важны для всех Сторон, с разницей среди Сторон, подпадающих под Статью 5, что говорит о более длительном периоде сокращения, и, таким образом, о необходимости для долгосрочного рассмотрения вопроса о принятии эффективных действий. Важно также отметить внимание, которое данные страны уделяют поддержанию достаточных банков и складских запасов для гарантии обслуживания оборудования до окончания срока эксплуатации, в тот период, когда возрастет интерес к запасам ОРВ и необходимость увидеть возможность их снижения.

Политический пейзаж озон/климатического взаимодействия

Среди более важных вопросов будущего будет вопрос взаимодействия (как по климатологии, так и по политическим ощущениям) озона и климата. Политика только сейчас поднимает проблему климата, тогда как сокращение производства ОРВ находится в заключительной фазе планирования. Являясь важными парниковыми газами (ВПГ), ОРВ представляют интерес с точки зрения защиты климата, признание чего может помочь преодолеть трудности в постепенном выведении из обращения сокращении их производства – при условии внимания и финансирования. Однако, поскольку снижение воздействия на климат важно благодаря выведению из обращения сокращению производства ОРВ, недавний акцент, в частности, Соединенных Штатов, на данный факт возможно является способом преуменьшения важности Киотского Протокола – как одного из лидеров Монреальского Протокола и не ратифицировавшего Киотский Протокол, США предпочитают представить себя в хорошем свете по данному вопросу. Тогда, в условиях обмена политическими сообщениями, воздействие ОРВ на климат открывает два пути – это реальный вопрос, но он может быть неправильно применен.

В связи с этим специальный отчет о разрушении озона и изменению климата сам по себе является инструктивным. Предварительной мотивацией отчета послужила заинтересованность, выявленная в процессе РКИК ООН о введении ГФУ для замены ОРВ и очевидный курс, грозящий катастрофой, которую он представлял для Монреаля и Киото. Когда это произошло, в основном под давлением Сторон таких как Соединенные Штаты, которые были осторожными в оказании давления на ГФУ, поручение отчета представляло что-то напоминающее уход в сторону от вопроса ГФУ по существу к более емкому набору вопросов озон/климат. Позиция данных и других Сторон, и большей частью промышленности, была таковой, что сокращение производства ХФУ будет затруднено достаточно большим ограничением ГХФУ, тогда как сокращение производства ГХФУ будет затруднено достаточно большим ограничением ГФУ: каскад причин, которые не разрешаются очень быстро.

Специальный отчет был весьма важен в создании связи между климатом и озоном, и среди результатов имеется четкий факт того, что существующие выбросы и долгосрочные банки ОРВ с высоким потенциалом глобального потепления (ПГП) все еще превышают не-ОРВ в условиях парникового газа (чтобы не сказать в условиях ОРВ). Но что действительно продвинуло связь Монреаля-Киото - это конфликт вокруг производства ГХФУ-22 и в результате выбросов ГФУ-23, которые образовали основу Кредитования Чистого Механизма Развития (в основном к разочарованию тех, кто ожидал, что МЧР будет на стороне солнечной энергии.).

На ВС-19 страны, подпадающие под Статью 5, оказались наиболее озабоченными негативными воздействиями будущих альтернатив, и попросили провести исследование по данному вопросу. Вероятно, они обеспокоены долгосрочной ответственностью, с которой они могут столкнуться, утверждая ГФУ с высоким потенциалом глобального потепления (ПГП) в качестве замен ОРВ, с одной

стороны, и потребностями в более квалифицированной технической помощи и затрат на освоение альтернатив без фторуглерода, в частности, даже в странах, не подпадающих под Статью 5.

Заключение

Основной успех, достигнутый при сокращении производства ОРВ, выявляет оставшиеся проблемы – работа с промежуточными альтернативами такими как ГХФУ и ГФУ; существенные применения, соответствие; банки; и так далее. С учетом неоднократных попыток, последнее небольшое количество требует намного больше усилий по сравнению с попыткой сорвать то же количество низковисячих фруктов, о которой идет речь.

До сегодняшнего дня успех приписывается в основном способности регулировать международный режим – для начала за Веной последовал Монреаль, Лондон и Копенгаген. С тех пор принималось бесчисленное множество решений, включая новые подходы к финансированию и ответственности страны-хозяйки и недавнее ускорение сокращения производства ГХФУ. Однако, имело место нежелание позволить данным корректировкам выйти "за пределы бокса", чтобы рассмотреть другие экологические вопросы, из которых климат является наиболее важным. ГХФУ и ГФУ, в качестве замен ХФУ, создали определенную взаимосвязь, для которой существует метод разобщенной стратегии, с потенциально пагубными результатами. Необходимо рассмотреть куда лучше направить усилия по данным вопросам и как, – по которым прекрасную возможность представляют переоценка общих аспектов по Монреальскому Протоколу и соблюдение Киотского Протокола.

Между тем другие проблемы разбросаны и касаются различных стратегических и экономических реалий – от метил бромид в клубнике, до ХФУ в ингаляторах против астмы, до сегодняшних проблем с незаконной торговлей. Попытка найти по ним решение потребует использования других соглашений и областей экспертизы. Хотя в некоторых случаях дорогостоящие, при меньших затратах, сокращения производства важны, в частности те, где можно полностью реализовать альтернативы с веществами, не разрушающими озон. Если этого не сделать, существует не только риск происходящих в настоящее время выбросов низкого уровня, но и возвращения назад и приманки для незаконной деятельности.

Так как большая часть оставшейся проблемы характерна для развивающихся стран, основное сомнение будет касаться сохранения заинтересованности, включая финансовую, стран, не подпадающих под Статью 5, тогда как страны, подпадающие под Статью 5, решительно продвигаются вперед в плане соответствия своим обязательствам. Среди прочих - успешное сотрудничество на данном трудном и детальном уровне гарантирует безопасную модель для долгосрочного успеха других международных усилий по охране экологии.

Ссылки

Р.Ашфорд, К.Мизуно, М.Куинтеро. 2005, “Май 2005 Отчет Специальной Комиссии по пенным материалам, отслужившим свой срок” ГТОЭО (Совет по Технической и Экономической Оценке Монреальского Протокола) Том 3. Найроби Кения.

Б.Мец, Л. Куиджперз, С.Соломон, С.О.Андерсен, О. Дэвидсон, Дж.Понз, Д. Де Джагер, Т.Кестин, М. Маннинг и Л.А.Мейер изд. 2005: “МГЭИК/ГТОЭО Специальный Отчет по Защите озонового слоя и Системе Глобального Климата: Вопросы, относящиеся к гидрофторуглеродам и перфторуглеродам”. Подготовлено РГ I и III Межправительственного Комитета по изменению климата и Советом по Технологии и Экономической Оценке Издание Кембридж Университи Пресс, Кэмбридж, СК и Нью-Йорк, НЙ, США, 488стр.

ЮНЕП Диалог по ключевым будущим задачам, с которыми столкнулся Монреальский Протокол в отношении озоноразрушающих веществ. 2007. “Резюме вопросов для обсуждения диалога по ключевым будущим задачам, с которыми столкнулся Монреальский Протокол”. ЮНЕП/OzL.OPro/DKFC/1/2/Доп.1. Восемнадцатая Встреча Сторон Монреальского Протокола по озоноразрушающим веществам.

ЮНЕП Исполнительный Комитет Многостороннего Фонда по реализации Монреальского Протокола. 2007a “Чисто теоретическое исследование оценки мониторинга и управления национальными планами по сокращению производства”. ЮНЕП/OzL.Pro/ExCOM/51/13. 19-23 марта 2007 года Пятьдесят Первая Встреча по Монреальскому Протоколу, Канада.

ЮНЕП Исполнительный Комитет Многостороннего Фонда по реализации Монреальского Протокола. 2007b, “Статус/проекты стран, подпадающих под Статью 5, по достижению соответствия начальным и промежуточным контрольным мерам Монреальского Протокола”.ЮНЕП/OzL.Pro/ExCom/52/7/Ред.1. 23-27 июля 2007 года Пятьдесят Вторая Встреча по Монреальскому Протоколу, Канада.

Аспекты, учитываемые при замене фторуглеродов на хладагенты с низким ПГП

Юрген Усинджер, ГТЗ Проклима,
Ламберт Куиджперс, ЮНЕП ГТОЭО

Введение

Изменение климата является одной из самых больших экологических проблем настоящего времени. Решение данной проблемы - сложное и требует тщательного понимания всех затронутых вопросов. Обзор задействованных технологических аспектов, а также вариантов смягчения условий можно найти в Отчетах Межправительственной Группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) III /1/. Даже когда кажется, что феномен понятен, требуется заключение международного базового экологического соглашения, такого как Киотский протокол, чтобы решать данный вопрос, а это относится к, например, снижениям выбросов, источникам и стокам парниковых газов, системы соответствия и т.д.

Наиболее важный элемент, который связан с вопросом изменения климата, состоит из выбросов (и контроля) за газами влияющими на глобальное потепление. Таким образом, сбор данных по стране о вероятных выбросах парниковых газов является важным. Там где это касается замораживания и кондиционирования воздуха, речь идет о фторуглеродных газах, которые включают хлорфторуглероды (ХФУ), гидрохлорфторуглероды (ГХФУ), гидрофторуглероды (ГФУ) и в наименьшей степени перфторуглероды (ПФУ). Хотя выбросы ХФУ и ГХФУ существенно влияют на климат, они не контролируются Киотским Протоколом, так как они уже контролируются Монреальским Протоколом. А это ведет к выводу о том, что выбросы ГФУ и т.д. контролируются, однако, выбросы ХФУ и ГХФУ не контролируются, хотя данные химикаты находятся под контролем Монреальского Протокола в отношении производства и потребления. Выбросы не исследуются, так как Монреальский Протокол является протоколом постепенной ликвидации, а не режимом изучения выбросов.

Во второй части данного документа рассматриваются требования Монреальского и Киотского Протоколов. В третьем разделе приводятся результаты Специального Отчета МГЭИК Группы Экспертов по Техническому Обзору и Экономической Оценке (ГТОЭО) по вопросу взаимодействия между разрушением озонового слоя и изменением климата согласно публикации 2005 года, и итоги предпринятых впоследствии мероприятий. Данный раздел также рассматривает ряд аспектов, которые могут уменьшить воздействие на климат (или глобальное потепление) выбросов, которые имеют отношение к фторуглеродам, а более конкретно, к заменам фторуглеродов, имеющих низкий Потенциал Глобального Потепления (ПГП). Данные вопросы рассматриваются отдельно в последующих разделах, таких как основы регулирования, налоги, мировые соглашения и промышленные

обязательства. В заключении в документе приводятся некоторые ремарки о дальнейших действиях.

Политическая основа Монреальского и Киотского Протоколов

Монреальский Протокол

Монреальский Протокол был подписан в 1987 году (в прошлом году отмечали его 20-летие) и вступил в силу 1 января 1989 года. Сразу после подписания протокола в 1987 году новые научные доказательства связали ХФУ с разрушением озонового слоя и указали, что разрушение уже имело место. В результате многие страны потребовали дальнейших действий для защиты озонового слоя путем расширения и усиления исходных положений урегулирования Монреальского Протокола. Основой для усиления протокола послужили Группы Экспертов по Оценке, которые должны регулярно отчитываться перед Сторонами, впоследствии принимающими решения о дальнейших действиях на основе научного и технологически оцененного базового материала. ГТОЭО и шесть ее Комитетов по Техническим Вариантам несут ответственность за технологические и экономические аспекты по Монреальскому Протоколу.

Что касается отчетных требований по Статье 7 Монреальского Протокола, Стороны должны ежегодно предоставлять отчет о производстве и потреблении, импорту и экспорту и уничтожению всех специальных озоноразрушающих химикатов, как указано в приложениях к Протоколу. Однако, в целом, нет никакого требования по отчетности о выбросах газов, подпадающих под Монреальский Протокол, и Сторонам не нужно отчитываться о том как и в каких секторах используются вышеупомянутые химикаты. Отчетность по выбросам ОРВ необходима только для разрешения использования определенных технологических агентов по Монреальскому Протоколу.

В сентябре 2007 года, на 20 годовщину Монреальского Протокола, 19-я Встреча Сторон приняла решение о свертывании производства и использовании частично галогенизированных хлорфторуглеродов (ГХФУ) до графика, предусмотренного Монреальским Протоколом. ГХФУ не только разрушают озоновый слой, но и в целом наносят вред климату, так как они обладают высоким потенциалом глобального потепления – до 2000 раз больше по сравнению с CO₂. Более того, производство ГХФУ-22 образует побочный продукт ГФУ-23, фторированный углеводород с еще более высоким потенциалом глобального потепления (приблизительно в 12 000 раз выше по сравнению с CO₂). В течение длительного времени ГХФУ служили заменителями ХФУ (хлорфторуглероды) и производственные объемы ГХФУ резко возрастают, так как необходимость в охлаждении и кондиционировании постоянно растет в развивающемся мире.

Согласно новым положениям развивающиеся страны заморозят производство и использование ГХФУ на уровне 2009/2010 годов в 2013 и полностью снимут их с производства к 2030 году (2015: 10%, 2020: 35%, 2025: 67.5%). Малая часть, составляющая 2.5%, может продолжать использоваться на старом оборудовании до 2040 года. В индустриализованных странах ГХФУ будет полностью снят с производства к 2020 году. Индустриализованные страны взяли на себя обязательство поддержать развивающиеся государства в данном процессе.

Развивающиеся страны получают финансовую помощь через Многосторонний Фонд для того, чтобы перейти к технологиям без ГХФУ, которые предположительно будут более благоприятными для экологии.

Рамочная Конвенция ООН по Изменению Климата (РКИК ООН) и Киотский Протокол

Согласно РКИК ООН /2/, страны обязаны представлять ежегодный отчет о выбросах парниковых газов, о которых идет речь. Хотя многие смеси, содержащие хлор и бром с определенным Озоноразрушающим Потенциалом (ХФУ, ГХФУ и т.д.), - это возможно (наиболее вероятно) парниковые газы, их производство и потребление будет изложено в отчетах по Монреальскому Протоколу, а не по РКИК ООН.

В Статье 4, Рамочная Конвенция /2/ упоминает в параграфе 1(а):

1. Все Стороны, учитывающие свои общие, но не дифференцированные обязательства и специфические национальные и региональные приоритеты, цели и обстоятельства развития, будут:

- Разрабатывать, периодически обновлять, публиковать и представлять Конференции Сторон, согласно Статье 12, информацию о национальных материально-производственных запасах антропогенных выбросов источниками и ликвидации стоков всех парниковых газов, которые не регулируются Монреальским Протоколом, с использованием сравнительных методологий, которые должны быть согласованы Конференцией Сторон;
- Формулировать, реализовывать, публиковать и регулярно обновлять национальные, а при необходимости, и региональные программы, содержащие меры по смягчению изменения климата, исследуя антропогенные выбросы по источникам возникновения и ликвидации стоков всех газов, которые не регулируются Монреальским Протоколом, и мероприятия по содействию адекватной адаптации к изменению климата.

Киотский Протокол был подписан в Киото, Япония в декабре 1997 года. Целью Протокола является снижение выбросов в общей сложности шести газов (углекислый газ, закись азота, метан, а также три фторированных газа) к 2010 году в развитых странах, по сравнению с базовой линией для страны, которая была определена как весовые выбросы ПГ в 1990 году. С целью реализации данного вопроса, по крайней мере, 55 сторон РКИК ООН должны были ратифицировать Киотский Протокол и ратифицирующим странам пришлось отчитаться о более 55% выбросов парниковых газов, имевших место в 1990 году, с тем, чтобы Протокол стал международным законом. Так как Соединенные Штаты и Россия отвечали за 36% и 17%, соответственно, выбросов парниковых газов 1990 года, две данные страны рассматривались как ключевые игроки, с ратификацией по крайней мере одной из них, что являлось существенным показателем для реализации Протокола. Администрация США заявила, что наука оказалась бесполезной и убедила в том, что строгое соблюдение положений Протокола нанесет вред экономике США. Россия привела идентичные аргументы, чтобы предупредить ратификацию, но в конечном счете убедились в возможности благоприятной торговле выбросами, столкнувшись с давлением Европейского Союза в ответ на поддержку ЕС по вступлению России во Всемирную Торговую Организацию (ВТО). Киотский Протокол вступил в силу 16 февраля 2005 года, девяносто дней спустя после

ратификации Российской Государственной Думой (нижняя палата парламента). По состоянию на 12 декабря 2007 года, 176 государств ратифицировали Протокол, учитывая 63.7% выбросов парниковых газов 1990 года в странах, включенных в Приложение I.

13-я Конференция Сторон в Бали (декабрь 2007 года) пришла к соглашению о начале переговоров о пост-Киотском соглашении, которое будет завершено к 2009 году. Независимо от переговоров в Бали по вопросу нового международного соглашения, ряд стран уже заявили о своих целях по снижению выбросов ПГ. Например, ЕС недавно заявил о снижении выбросов ПГ на 20% к 2020 году по сравнению с уровнями 1990 года. В декабре 2007 года Германия заявила о 40% снижении выбросов парниковых газов к 2020 году. Дальнейшие детали по вопросу ЕС - национальных положений детально рассматриваются ниже в разделе 4.

Процентные выбросы ГФУ в общей корзине «Киото» обсуждаются часто, как и то, как данное процентное отношение возрастет в период 2000- 2100. В зависимости от страны и от того как сильно углерод влияет на её экономику, процентное соотношение ГФУ (в ПГП) в общем выбросе в целом составляет 1% - 4% и может быть несколько выше к 2010 году. Что касается 2100 года, расчеты по выбросам фторированного газа существенно отличаются, до десяти процентов в целом.

Выведение из обращения ГФУ может оказать существенное влияние на реализацию целей Киотского Протокола. В отличии от большинства других газов, включенных в Киотский Протокол, растущее использование ГФУ может быть приостановлено и возможно возвращено в прежнее состояние, так как существует достаточно альтернатив способных ликвидировать необходимость в таких веществах. Таким образом, общие выбросы ГФУ можно снизить за короткий период, с меньшими усилиями и затратами для всего сообщества, чем, например, идентичные снижения CO₂ в транспортном секторе.

Связь между Монреальским и Киотским Протоколом

Долгое время считали, что стратосферное разрушение озона и изменение климата взаимосвязаны, потому что как озоноразрушающие вещества (ОРВ), так и их альтернативы влияют на изменение климата. Для признания данного факта 8-я Конференция Сторон РКИК ООН приняла решение пригласить Межправительственную Группу Экспертов по изменению климата (МГЭИК) и ГТОЭО по Монреальскому Протоколу для разработки сбалансированной научно-технической и соответствующей стратегии Специальный Отчет. Данный отчет был окончательно подготовлен и утвержден правительствами в 2005 году /3/.

Внизу на схеме приведены организационные структуры для двух протоколов (Монреальского и Киотского), а также учреждений, которые предоставляют оценочные отчеты и в частности МГЭИК и ГТОЭО.

Специальный Отчет МГЭИК/ГТОЭО приводит заключение о том, что снижение ОРВ, реализуемые по Монреальскому Протоколу, оказывают и будут оказывать существенную пользу на изменение климата.

Хотя ГФУ и ГХФУ в целом имеют более низкий потенциал глобального потепления по сравнению с ХФУ, в результате чего они используются в основном в качестве заменителей, ожидаемое увеличение использования данных

The diagram illustrates the institutional framework of international environmental law, showing the relationship between various international organizations and treaties. It is divided into two main sections: the left section focuses on the Montreal Protocol and the Vienna Convention, while the right section focuses on the Kyoto Protocol and the UN Framework Convention on Climate Change.

Left Section (Montreal Protocol and Vienna Convention):

- Венская Конвенция** (Vienna Convention) is the central treaty, with **Стороны** (Parties) at the top.
- МСФ** (Montreal Scientific Group) is connected to the Vienna Convention.
- МОНРЕАЛЬСКИЙ ПРОТОКОЛ** (Montreal Protocol) is connected to the Vienna Convention and the MSF.
- ЮНЕП** (UNEP) is connected to the Vienna Convention and the Montreal Protocol.
- Техн. Совет (ГТОЭО)** (Technical Secretariat of the GTOEO) is connected to the Montreal Protocol and the UNEP.
- Научный Совет (НС)** (Scientific Council) is connected to the Montreal Protocol.
- Совет По Оценке** (Assessment Council) is connected to the Montreal Protocol.
- 6 Комитет по техн.вариантам Подотчетный ГТОЭО по химикатам, пенам, галонам Медиц.прим., метил бромиду Охлаждение /Конд./ Выс.давл.** (6 Committee on technical options, subordinate to the GTOEO for chemicals, foams, halons, medical uses, methyl bromide, refrigeration/condensing, high pressure) is connected to the Technical Secretariat.

Right Section (Kyoto Protocol and UN Framework Convention on Climate Change):

- ООН Рамочная Конвенция Изменение Климата** (UN Framework Convention on Climate Change) is the central treaty, with **Стороны** (Parties) at the top.
- ВОО** (Working Group on Working Group) is connected to the UN Framework Convention.
- ВОКНТА** (Working Group on Working Group) is connected to the UN Framework Convention.
- КИОТСКИЙ ПРОТОКОЛ** (Kyoto Protocol) is connected to the UN Framework Convention.
- МЧР** (Mandate for the Working Group) is connected to the Kyoto Protocol.
- МГЭИК/ГТОЭО ОТЧЕТ** (IPCC/GTOEO Report) is connected to the Kyoto Protocol.
- МГЭИК Правительства** (IPCC Governments) is connected to the Kyoto Protocol.
- МГЭИК Рабочие группы экспертов** (IPCC Working Group of Experts) is connected to the IPCC Governments.

Предварительная возможность, предложенная в Специальном Отчете, которая затрагивает ОРВ и защиту озонового слоя, относится к рассмотрению сокращения выбросов от ОРВ посредством улучшенного содержания веществ, уменьшенной заправки веществ в оборудовании, завершения регенерации жизненного цикла и повторного использования или уничтожения, и возросшего применения альтернатив с низким или незначительным ПГП, или путем использования нестандартных технологий.

Материал, хранящийся в качестве резерва, определяется в отчете для включения веществ, которые были произведены, но еще не выпущены в атмосферу, включая ХФУ имеющиеся в существующем оборудовании как чистый химикат, так и распределенный в пенных отсеках. Специальный Отчет отмечает, что существенная часть выбросов ОРВ происходит и будет происходить от ОРВ, выбрасываемых из резервных источников и банков, но в настоящее время не

существует требований по Монреальскому Протоколу для Сторон с целью применения передового опыта, когда речь идет об управлении запасами или окончании срока эксплуатации.

Можно избежать существенных выбросов парникового газа или снизить их посредством ускоренной замены ГХФУ на альтернативы с низким ПГП. Сбор и уничтожение избыточного количества ОРВ, содержащихся в резервах или в продуктах, также имеют важные преимущества для озона, климата и качества воздуха.

Так как в прошлом по Монреальскому Протоколу не требовалось и не поощрялось ни одно из вышеупомянутых потенциальных мероприятий, имеющих отношение к защите озонового слоя, некоторые из них были уже реализованы некоторыми Сторонами.

Существует широкий диапазон стратегий, мероприятий и инструментов, которые могут снизить выбросы, о которых идет речь. Они включают:

- Положения (например, обязательные технологии и стандарты; производственные ограничения);
- Денежные вознаграждения (например, налоги на выбросы, производственный импорт или потребление; субсидии и прямые правительственные затраты и инвестирование; системы рефинансирования депозитов и рыночные и не рыночные разрешения); и,
- Добровольные соглашения.

Данные стратегии и положения, мероприятия и другие инструменты детально рассмотрены в следующем разделе.

Стратегии, положения, мероприятия и другие механизмы

Регулирующие меры

Монреальский и Киотский Протоколы представляют регулирующие рамки для контроля потенциально вредных веществ. Данный аспект обсуждался выше. Настоящий раздел детально рассматривает регулирующие мероприятия Европейского Союза (ЕС) или отдельных стран.

В 2000 году ЕС принял положение 2037/2000, которое обязывает ускорить выведение из обращения

ГХФУ при производстве нового оборудования к 2001-2004 годам. Последствием такого положения является то, что кто-то осознает, что существует «вагоновожатый», принимающий решения по неразрушающим озон веществам, будь то ГФУ или другие вещества. В 2003 году ЕС внес предложение о директиве по фторированным газам («Ф-газы») по ЕПИК (Европейская Программа Изменения Климата). Данная директива 842/2006 была принята в течение 2006 года и затрагивает все случаи применения Ф-газов, за исключением бытовых холодильников и автомобильного кондиционирования. Она делает обязательным ограничение посредством системы контроля через системы определения утечки,

которые регулярно проверяются, восстановление и повторное использование, мониторинг и архивирование, прикрепление ярлыков, обучение и сертификацию обслуживающего персонала, ограничение сбыта Ф-газов для применений и т.д. Однако, эффективность директивы по Ф-газам впоследствии определяется реализацией на национальном уровне, потому что директива по Ф-газам стремится ограничить выбросы ГФУ и полностью не направлена на снижение потребления или использования.

Несколько лет назад Нидерланды, например, ввели более строгое положение (СТЕК), оно требует проведения независимого аудита и опыт подсказывает, что выбросы от холодильного и оборудования кондиционирования, влияющие на глобальное потепление, можно существенно снизить с помощью идентичного положения.

В 2006 году ЕС также принял директиву 2006/42 по выбросам из автомобильных систем кондиционирования (АСК), которая, вероятно, будет иметь значительные последствия. Директива АСК предлагает остановить применение ГФУ-134а в оборудовании новой модели к 2011 году, и во всех новых автомобилях к 2017 году; после указанных сроков будут разрешены только альтернативы с ПГП ниже 150. В действительности, это учтет только действующие альтернативы углеводороды, углекислый газ или ГФУ-152а (или аммиак) или другие ГФУ с низким ПГП в автомобильных системах кондиционирования. Хотя воспламеняемые хладагенты такие как углеводороды уже обсуждались в течение длительного времени, прорыв состоялся в течение последнего десятилетия. Таким образом, немецкие производители автомобилей направили свои исследования на химические смеси и CO_2 в качестве хладагента для АСК. И наконец, они обнаружили, что CO_2 является единственным подходящим вариантом и стали первыми инициаторами в Европе. Страны такие как Австрия, Дания и Швейцария запретили использование хладагентов ГФУ в различном оборудовании. Однако, не ясно как сильно их запрет на ГФУ мог стимулировать разработки в будущем и каким будет влияние данных стран на Европейском уровне. Люксембург также запретил использование ГФУ во многих случаях, а аммиак применяется во всех видах оборудования мощностью более 150 кВт.

Материальные стимулы и рыночные механизмы

Относительная стоимость ГФУ и других альтернатив ОРВ повлияют на выбор как пользователей, так и производителей данных веществ. Так как ГФУ более дорогие по сравнению с ОРВ, которые они заменяют, в будущем они будут стимулировать замену на натуральные вещества или вещества с низким ПГП. Материальные стимулы могут и в будущем формировать данную разницу в затратах между веществами и технологиями.

Рядом стран собираются депозиты или налоги на импорт и производство ГФУ. Депозиты и налоги увеличивают стоимость ГФУ, делая повторное использование более привлекательным. Возвраты налогов за доставку использованных ГФУ с целью разрушения гарантируют средства поощрения для сокращения выбросов, в частности, в конце срока эксплуатации. Например, в Норвегии существуют налоги в сумме около 20 ЕВРО за тонну эквивалентную CO_2 . Данные налоги могут или будут часто сочетаться с налогами на импорт или производство.

Согласно новому решению (XIX/6) 19-й встречи Сторон по ускоренному выведению из обращения ГХФУ, конверсионные проекты замены ГХФУ на

природные хладагенты (такими как углеводороды в изоляции бытового охлаждения) могут финансироваться Многосторонним Фондом Монреальского Протокола. Данные проекты могут быть приоритетными по сравнению с ГФУ в связи с основополагающими преимуществами климата, если такие решения поддерживают допустимую эффективность затрат.

Снижения выбросов газов регулируемых по Киотскому Протоколу (например, конверсия использования выбросов ГФУ) имеют возможность получить дополнительную финансовую поддержку через Механизм Чистого Развития Киотского Протокола. Однако, в некоторых случаях из-за формальных требований по контролю или оценке базовых линий или изменения рыночной цены для Сертификатов по снижению выбросов (ССВ), вывод мог быть достаточно минимальным для того, чтобы выступать в качестве стимула.

Добровольные соглашения и промышленные обязательства

Ряд других соглашений и обязательств, взятых промышленностью, привело к большим изменениям в плане использования фторированных газов по сравнению с альтернативами, имеющими меньший ПГП.

Бытовое охлаждение: После введения концепции «Гринфриз» в 1992 году существенное открытие было сделано компанией Гринпис, которая убедила немецких производителей рассмотреть применение углеводородов как в системе, так и для изоляции бытовых холодильников. Хотя в первом случае был рассмотрен действующий вариант только для конкретных применений, противоположные аргументы и стремление потребителей зеленых продуктов привело к общему смещению рынка на углеводороды практически по всей Западной Европе. Более 50% производимых в мире в настоящее время бытовых холодильников используют углеводороды, а это существенно повлияло на принятие стратегии по внедрению углеводородов.

Коммерческое охлаждение - малые холодильные установки: Придавая большое значение замене хладагентов (ГФУ-134а) в торговых автоматах, предназначенных для Олимпийских Игр, проходивших в 2004 году, Гринпис вновь добился главной победы, которая привела к рассмотрению использования природных хладагентов производителями холодильного оборудования по всему миру. С тех пор некоторые компании, ведущие бизнес по производству продуктов питания и напитков, уже реализовали и проверили технологии охлаждения без ГФУ и взяли на себя обязательство по разработке сроков переоборудования холодильного оборудования на работу с использованием только природных хладагентов. Тот факт, что все производители, которые взяли на себя обязательство по поводу того, что они считают единственно возможным изменением экологически рациональных решений, объединены движением "Природные Хладагенты" делает данную инициативу мощным инструментом для продолжения стимулирования фрагментированной промышленности в данном подсекторе.

Коммерческое охлаждение - супермаркеты: В 2007 году некоторые розничные магазины супермаркетов в Европе заявили о переходе на природные хладагенты, в большинстве случаев на технологии CO₂. Даже несмотря на то, что во многих случаях коммерческое охлаждение (супермаркеты) все ещё использует смеси ГХФУ-22 и ГФУ в качестве альтернатив, движущим механизмом является не

производящая оборудование промышленность, а супермаркеты, желающие заявить о том, что их охлажденные или замороженные продукты являются экологически чистыми. Таким образом, несмотря на то, что это может быть более трудным чем в промышленности бытового охлаждения, тенденция, которая привела к возросшему использованию углеводородов и аммиака в системах супермаркетов со вторичными схемами в распределительных системах с использованием углекислого газа в процессах теплообмена уже стартовала.

Охлаждение больших объемов: Аммиак уже используется в качестве хладагента во всех сферах промышленного охлаждения и занимает около 15% всего рынка охлаждения. Аммиак идентифицируется как наиболее эффективный с экономической точки зрения, являясь также эффективным вариантом для всех типов промышленного оборудования, тогда как пользователи испытывают трудности и не желают работать с аммиаком, так как он требует строгого соответствия нормам. Предполагается, что аммиак будет чаще использоваться в холодильниках и в коммерческом охлаждении после того, как будут улажены основные препятствия, связанные с затратами и нормативными соответствиями.

В настоящее время углекислый газ также применяется в циклах сжатия пара в больших объемах или в промышленном охлаждении, в сочетании с циклом паровой компрессии аммиака для охлаждения конденсатора. Данные системы могут сочетаться с системой накачки углекислого газа (вторичная схема), чтобы можно было поддерживать несколько температур в разных отсеках. Во всех данных случаях использование аммиака будет увеличиваться благодаря его техническим и ресурсосберегающим преимуществам.

Кондиционирование воздуха в автомобилях: Кондиционирование воздуха в автомобилях является - или являлось - самым большим стимулом производства ГФУ-134а. С середины девяностых началась разработка по использованию других хладагентов кроме ГФУ-134а. Если все системы АКВ перейдут на системы без ГФУ-134а, решение без фторуглеродов, производственные и рыночные условия для ГФУ-134а и его смесей для использования в других подсекторах охлаждения и кондиционирования радикально изменятся. Это ускорило разработки веществ с низким ГПП во многих странах мира. Уже в 2007 году несколько немецких производителей автомобилей завершили научное исследование по химическим смесям и заявили об использовании CO₂ в качестве хладагента для АКВ в новом поколении систем кондиционирования воздуха для АКВ.

Стационарное кондиционирование: Стационарное (и в частности) центральное кондиционирование использовало ГХФУ-22 в течение длительного времени. В настоящее время происходит переход на смеси ГФУ и альтернативы с низким ГПП. В случае с ГХФУ-22, пропан используется некоторыми производителями кондиционеров и он подтвердил свою высокую энергоэффективность и требует лишь незначительных технических изменений при переходе, кроме техники безопасности. Если многие тысячи малых установок были заправлены пропаном, то это не произошло с большими системами. Тем не менее, некоторые крупные производители в развивающихся странах тоже исследуют данный вариант. Если посмотреть на это в мировом масштабе, включая всех производителей в развивающихся странах, неясно односторонний ли это путь, который будет выбран для альтернатив, где большие количества маленького оборудования произведены

во многих развивающихся странах и затем экспортированы, можно предположить, что общий переход на альтернативы с низким ПГП займет столько же времени, сколько потребовалось ранее в холодильном секторе.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ И ДАЛЬНЕЙШИЕ ШАГИ

Переход или конверсия от озоноразрушающих веществ (таких как ХФУ) произошли во всех развитых странах путем использования ГХФУ или ГФУ во многих типах холодильного/кондиционерного оборудования. В случае с бытовым охлаждением имело место непосредственное изменение от ХФУ к изобутану в схеме охлаждения. Это касается развитых стран, а также некоторых отраслей промышленности в развивающихся странах.

Технологии по переходу от ГХФУ к альтернативам находятся в стадии разработки. Но последние разработки, затрагивающие регулирующие стимулы, инновационные технологические решения и финансовые последствия, добровольные соглашения и промышленные обязательства направлены на переход к альтернативам с низким ПГП, с использованием природных хладагентов, являющихся самыми известными. В данных подсекторах поддержка движения защитников окружающей среды потребителя или акцент на устойчивое развитие посредством экологически чистой продукции часто являлось важным движущим механизмом, который почти не зависит от последствий затрат, вызванных переходом на альтернативы с низким ПГП.

В случае с автомобильным кондиционированием регулирующий механизм стал основным. Выбор CO₂ производителями машин в Германии также повлияет на последствия выбора хладагента, который в будущем будет сделан для других типов холодильного и кондиционерного оборудования.

В других отраслях промышленности, где сроки доставки не так важны, выбор будет сделан против другой предпосылки. Важно отметить, что данные отрасли промышленности сделают выбор или возьмут на себя обязательства по разработке, которая имеет незначительный риск, против которого вновь будут выступать в будущем, который подразумевает, что вполне вероятно, что кто-то отдаст предпочтение хладагентам с низким ПГП, которыми во многих случаях будут природные хладагенты.

В целом, ожидается, что холодильный и кондиционерный рынок с использованием хладагентов с низким ПГП и природных хладагентов будут расти и превалировать на региональном уровне в самом ближайшем будущем. Однако, это может радикально измениться в более поздний период. Ожидается, что рассмотрение вопроса о влиянии изменения климата и необходимых мерах по его ослаблению в будущем будут иметь огромное влияние на выбор, сделанный промышленностью и, таким образом, на все технические разработки.

Примечания/Ссылки

/1/ Изменение климата 2001, Ослабление, Вклад Рабочей Группы III в Третий Обзорный Отчет Межправительственной группы экспертов по изменению климата, Кембридж Университет Пресс, 2001, ISBN 0 521 01502 2.

/2/ Рамочная Конвенция ООН по изменению климата, Полный текст Конвенции (смотрите <http://unfccc.int>).

/3/ Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) Группа экспертов по техническому обзору и экономической оценке (ГТОЭО), Защита озонового слоя и глобальная климатическая система: Вопросы, относящиеся к гидрофторуглеродам и перфторуглеродам, Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО), Женева, Швейцария, и Озоновый Секретариат Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Найроби, Кения, 2005

/4/ ЮНЕП, 2006 Обзорный отчет комитета по техническим вариантам охлаждения, кондиционирования и тепловых насосов, ЮНЕП Найроби, февраль 2007 года, в печати.

Модернизация Холодильного Оборудования с помощью Механизма Чистого Развития, предложенного Киотским Протоколом

Доктор Томас Граммиг, ГТЦ Проклима, Германия

Введение

В течение 2007 года 12 миллиардов Евро было инвестировано по всему миру для снижения выбросов, способствующих изменению климата, посредством Механизма Чистого Развития (МЧР). Это четырехкратное увеличение за 2006 год и тенденция по расширению стран использующих МЧР, продолжается в 2008 году. Приблизительно одна пятая представленных МЧР проектов касались усовершенствования эффективности использования энергии, и среди них только несколько проектов затронули модернизацию холодильного оборудования. Наиболее ярким примером служит проект МЧР по замене 531 чиллера в Индии. Настоящая статья разделена на три этапа. В первую очередь представлены основные аспекты энергоэффективности МЧР для представленных хладагентов. Далее для иллюстрации таких МЧР проектов описан МЧР для чиллера, подчеркивая основные эксплуатационные и финансовые параметры, которые влияют на увеличение таких МЧР проектов. В-третьих, сделана попытка заглянуть в ближайшее будущее хладагентов для использования в МЧР проектах.

Эффективность использования энергии МЧР в секторе охлаждения

МЧР разработан Киотским Протоколом и Рамочной Конвенцией ООН по Изменению Климата. Таким образом, он является набором правил принятых международной организацией, устанавливающих каким образом отдельные объекты могут предпринимать участие в снижении выбросов в развивающихся странах (страны, не подпадающие под Приложение 1) и торговать достигнутым снижением выбросов на мировом рынке. Все правила, информация, решения и переговоры по МЧР ведутся открыто и тщательно исследуются. Интернет сайт РКИК ООН является единственным официальным источником, www.unfccc.int и содержит все соответствующие документы в стандартизированных и жестких форматах.

Любая компания, Неправительственная Организация (НПО) или другая организация может разработать проект МЧР и представить его в РКИК ООН. После проверки и утверждения проекта МЧР, РКИК ООН выдает владельцу проекта МЧР кредиты на снижение выбросов под названием Сертификаты по

снижению выбросов (ССВ). Каждое ССВ соответствует одной тонне CO₂. В 2007 году 350 миллионов ССВ были проданы на мировом рынке. ССВ рынок быстро расширяется и изменяется, однако, его зависимость от РКИК ООН, как регулирующего органа, придает данному рынку уникальную неопределенность. Как любые развивающиеся рынки, рынок МЧР развивается в порядке определенных цен, т.е. объеме ССВ инвестиций. Специализированные компании активно работают в каждой стране, анализируя возможности МЧР и множество проектных документов по МЧР для предоставления в РКИК ООН. Некоторые из данных компаний официально зарегистрированы и между ними идет сильная конкуренция.

В производство хладагента ГХФУ-22 были вложены инвестиции на снижение выбросов по самой низкой стоимости конкретного продукта. Все данные возможности уже реализованы. В настоящее время самое большое количество проектов по МЧР, поступающих на рынок, это гидроэнергетика, ветроэнергетика и N₂O на заводах по производству азотных удобрений. По мере расширения рынка МЧР, меняется тип проекта МЧР в порядке возрастающей цены на конкретный продукт. Однажды всем заводам по производству азотных удобрений представят, например, другие проекты МЧР с более высокими ценами на ССВ, чтобы удовлетворить спрос. В настоящее время огромная часть спроса на ССВ - это закупки от Европейских коммунальных предприятий таких как Endesa, Enel, RWE, E-ON, Vattenfall и т.д.

Проекты МЧР по эффективному использованию энергии с учетом спроса имеют более низкие инвестиционные цены, чем ветровая энергетика или гидроэнергетика, однако, в настоящее время их рентабельность по инвестициям также низка из-за уровня развития эффективности использования энергии и операционных издержек. Соответственно, большинство ССВ, которые имеются на рынке в настоящее время, поступают от ветроэнергетики и гидроэнергетики, смотрите приведенные ниже цифры.

Проект МЧР Всемирного Банка по чиллерам в Индии является первым крупным МЧР проектом по энерго эффективности использования чиллеров с 2.4 млн ССВ за более чем 7 лет их работы. Он продемонстрирует специфические затраты по МЧР проектам в секторе охлаждения. Принципиальной причиной почему эффективность использования энергии МЧР не была достигнута ранее является то, что доходы от эффективности использования энергии (с экономленные кВт-час) распределяются на многие маленькие установки. На одну холодильную установку административные затраты по реализации МЧР относительно высокие и следовательно, другие МЧР проекты на более крупных установках (такие как ветроэнергия) дешевле. Общая стоимость МЧР проекта в секторе охлаждения отражает затраты на многие холодильные установки в одном проекте МЧР.

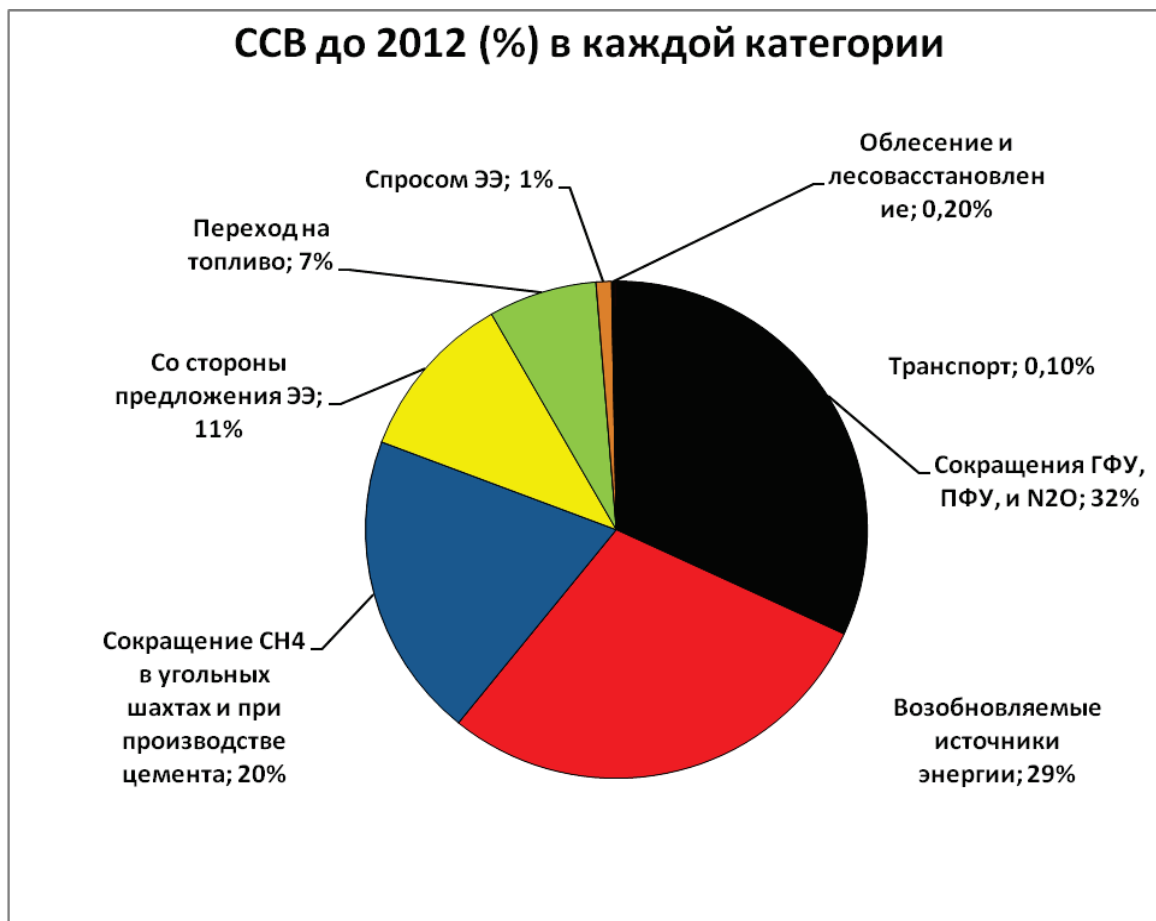


Рис. 1: Типы МЧР проектов, разработанных до настоящего времени по объему ССВ

Источник: Ризо Центр ЮНЕП, <http://cdmpipeline.org> доступен с 1 февраля 2008 года

В целом, МЧР проекты в секторе охлаждения не рассматривались, потому что рынок МЧР все еще располагает более дешевыми выбросами, которые находятся в процессе. Проекты МЧР, включающие несколько сотен малых холодильных установок вероятно станут конкурентными в 2008 году. Отсчет времени, когда это случится, зависит от спроса на выбросы ССВ. Например, когда правительства США и Австралии присоединятся к ЕС, обязуя промышленность закупать ССВ (законодательно обоснуя снижения выбросов), спрос на ССВ увеличится, а при исчезновении возможностей гидро и ветровой энергетики расширятся проекты МЧР по эффективному использованию энергии.

Индия – Ускоренная программа по замене чиллеров.

30 ноября 2007 года РКИК ООН утвердил МЧР проекты по замене чиллеров в Индии. Данный МЧР проект является сотрудничеством между одним из крупнейших банков Индии ICICI, и Всемирным Банком. При решении данного прецедента была создана специальная методология МЧР для данных установок под названием AM0060, которая в настоящее время доступна каждому. Проект МЧР заменит 531 единиц чиллеровых установок по всей Индии. Владелец проекта МЧР является Индийский банк, и как компания финансовых услуг он является владельцем проекта, позволяющим объединить ряд чиллеровых установок. Помимо финансовых результатов данный МЧР проект продемонстрирует, что роль проекта по объединению является важной.

ICICI принял решение исключить выбор технологии чиллеров из условий, которые он предлагает владельцам чиллеровых установок, предлагая только одно условие. Любая чиллеровая установка может быть частью данного проекта МЧР в течение периода, когда Потенциал Глобального Потепления (ПГП) хладагента в новой чиллеровой установке ниже по сравнению с ПГП старого. Это означает, что чиллеровая установка с ХФУ-11 или ХФУ-12 можно заменить на чиллеровую установку, работающую на ГХФУ, ГФУ-134а, аммиаке или углеводороде. Технологию выбирает владелец чиллеровой установки. ICICI ожидает, что большинство чиллеровых установок, замененных в данном проекте МЧР, будет касаться ХФУ-11 или ХФУ-12, а также ГХФУ и ГФУ-134а и их смесей.

Общий финансовый объем проекта МЧР составляет 91.3 млн долларов США. Приблизительно 90% стоимости оплачивают владельцы чиллеровых установок. Оставшиеся 9.1 млн долларов США - вклад Индийского Банка ICICI. Доходы ССВ рассчитаны в сумме 14 млн долларов США. Данные цифры взяты с официальных документах МЧР, предоставленных РКИК ООН, на сайте <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/GQS0RSEWQTEWAYDBBZ7ECL6ILO5DOV>.

Индийский Банк ICICI предлагает кредит владельцу чиллеровых установок, который несет ответственность за покупку, установку и работу чиллера. Предложение кредита Индийским Банком ICICI включает общее инвестирование чиллеровой установки, или только части инвестиции, финансируемой с помощью ожидаемого ССВ дохода. Владелец чиллеровой установки может выбрать разный источник финансирования на часть, не покрытую МЧР. Другими словами, Индийский Банк ICICI управляет проектом МЧР, предоставляя максимальную свободу владельцам чиллеровых установок действовать по своему усмотрению, в то же время допуская риск для МЧР в секторе охлаждения и ССВ торговли.

ССВ, достигнутые в ходе реализации проекта МЧР, становятся рыночными, когда они выдаются РКИК ООН, к тому же хорошо формируется дополнительный рынок для еще не выданных ССВ. Каждый год независимому аудитору приходится контролировать соответствуют ли энергосбережения в кВт.ч ожидаемым сбережениям (340,000 ССВ ежегодно за 7 лет). Аудитор представляет РКИК ООН "Отчет о контроле МЧР" на утверждение. Индийский Банк ICICI считает, что новые чиллеровые установки, финансируемые в данном проекте МЧР, являются на 40 – 50 % более энергоэффективными по сравнению со старыми. Индийский Банк

ICICI может получить ССВ больше запланированного, а данные ССВ могут принести больше прибыли, когда цены на ССВ на мировых рынках будут выше запланированных. Индийский Банк ICICI допускает финансовый риск данного проекта МЧР, касающийся точности мониторинга и торговых условий ССВ. При доходе ССВ в 14 млн долларов США от 2.4 млн ССВ, в финансовом плане Индийский Банк ICICI использует 5.8 долларов США/ССВ. В течение 2007 года цена реально колебалась в пределах 20 долларов США/ССВ и, таким образом, Индийский Банк ICICI использовал среднюю оценку цены при четверти нынешнего уровня. Будущая цена на ССВ зависит в основном от политического желания стран ОЭСР, чтобы позволить промышленности сделать инвестиции на снижение выбросов в развивающихся странах. Некоторые страны ОЭСР требуют, чтобы наибольшая часть снижения выбросов была достигнута на внутреннем рынке, а не в развивающихся странах.

Многие международные банки, такие как ABN Amro, Barclays, BNP, Morgan Stanley и UBS, называем только самые известные, недавно смогли предоставить такие финансовые услуги по МЧР. Один из известных Индийских банков, ICICI, хорошо подходит для реализации проекта МЧР в Индии, но отсутствуют ограничения по вопросу, кто берет на себя владение проектом МЧР. Вместо ICICI это может быть финансовый сервисный провайдер из любой другой страны. Очевидно, что производитель холодильного оборудования мог тоже играть роль владельца данного проекта МЧР. В настоящее время крупные производители такие как Трейн и Карриер ориентируют свои финансовые услуги для интеграции финансирования МЧР.

Методология МЧР AM0060 содержит правила для расчета снижения выбросов. Она предусматривает, что каждая старая чиллеровая установка должна до демонтажа проверяться при разных условиях нагрузки. Такую проверку можно провести в течение одного дня, что позволяет сформировать цифровую функцию потребляемой мощности для старой чиллеровой установки. Новые чиллеровые установки оснащены приборами для постоянной регистрации данных, фиксируя реальную нагрузку. Каждый день это регистрирующее устройство передает данные на компьютер. Функция потребления энергии старой чиллеровой установки позволяет рассчитывать электричество, которое бы потребляла старая чиллеровая установка. Отличие от новой чиллеровой установки заключается в энергосбережении в кВт.ч. Наконец, компрессор старой чиллеровой установки должен быть демонтирован и уничтожен с помощью газосварки при демонтаже во избежание повторного использования (таким образом, исключая снижение выброса). Необходимо использовать специализированные аудиторские компании, так называемые Назначенные Работающие Объекты (НРО) для проверки правильности данных для методологии и расчетов.

Данные правила в AM0060 могли показаться достаточно строгими, но положения Киотского Протокола для МЧР требуют точного замера снижения выбросов, и в расчетах допускается определенный уровень консервативности. Экологическая целостность проектов МЧР полагается на данную точность. В то время как РКИК ООН иногда критикуют за бюрократизм и требование ненужных затрат на проекты МЧР, необходимо отметить, что точность результатов снижения выбросов необходима также для гарантии того, что все технологии и все сектора рассматриваются в равной степени. Дополнительное создание ССВ путем управления расчетами эквивалентно к печати денег. РКИК ООН действует как центральный банк, защищая свою валюту. Тщательная методика в технологии

мониторинга проекта МЧР, явно продемонстрированная прозрачно общественности, часто приводила к быстрому утверждению и реализации МЧР. И наоборот, упрямая настойчивость на частичных данных, таких как в проекте МЧР Пао де Акуара (трижды последовательно представляемого в течение двух лет), крупнейшей цепочки супермаркетов в Бразилии, создает только ненужные прецеденты.

Перспективы для проектов МЧР в секторе охлаждения

После реализации проектов МЧР в большом масштабе будут определены пять основных факторов для финансирования инвестиций в секторе охлаждения.

Новые, пользующиеся спросом методологии для крупномасштабных проектов по эффективному использованию энергии

Объединение многих единиц предлагает ряд специфических условий для утверждения РКИК ООН. Стоимость контроля за сбережением электроэнергии снижается только когда приходится контролировать выборку бытового прибора. Для каждого типа прибора данный отбор разный. Для электрических лампочек образец должен включать характерный режим работы освещения, и такой отбор должен составлять только 50 – 100 единиц по проекту МЧР на миллионы электрических лампочек (методология АМ0046). Таким образом, распределение новых энергосберегающих электрических лампочек (ЭЭЛ) является основной статьей издержек. Что касается холодильников и кондиционеров, поведение пользователя - разное и необходимо разработать соответствующие процедуры отбора. Для промышленного охлаждения можно использовать решения похожие на функцию потребляемой мощности для чиллеровых установок (методология АМ0060). Представлены и ждут утверждения три новые методологии охлаждения.

Помимо финансовых учреждений, коммунальные службы, КСОЭ и производители являются потенциальными владельцами проектов МЧР

Так как затраты на мониторинг составляют существенную часть расходов по проектам МЧР, коммунальные службы, Компании сферы обслуживания Энергии (КСОЭ) и производители могут снизить данные затраты и действовать в качестве владельцев проекта МЧР. Коммунальные компании ежемесячно предоставляют счета за электроэнергию своим потребителям и могут предложить скидки своим клиентам, когда они приобретают более эффективное охлаждающее оборудование. Коммунальная служба может контролировать отбор пользователей с небольшими дополнительными затратами. Более того, производители оборудования могут предложить своим клиентам участие в проекте МЧР и нацелить данное предложение на тех клиентов, которые, в частности, используют неэффективное старое охлаждающее оборудование. Чем ниже эффективность замененного оборудования, тем выше дополнительная прибыль от МЧР. Производители могут подготовить различные проекты МЧР для различных типов клиентов, что отражает финансовую ситуацию их клиентов, а также возможно и технологические возможности производителя.

Охлаждение с помощью ГФУ-134а и ГФУ-404а предлагает особенный стимул
Среди шести газов, упомянутых в Приложении 1 Киотского Протокола, газы ГФУ являются единственными хладагентами, способными внести вклад в глобальное потепление и, таким образом, в снижение выбросов МЧР. Все холодильное оборудование, работающее на ГФУ-134а, которое заменено на хладагенты без содержания ГФУ, эффективно устраняет выбросы ГФУ-134а. С Потенциалом Глобального Потепления (ПГП) равным 1,300 (другими словами, 1 тонна выбросов ГФУ-134а аннулировала выход 1,300 ССВ), такие проекты МЧР должны быть очень прибыльными. В настоящее время реализуются первые проекты МЧР по замене ГФУ-134а для автомобильных кондиционеров и рефрижераторов. Как только их рентабельность будет продемонстрирована, появится волна таких проектов МЧР. Другие применения ГФУ-134а, такие как при производстве изоляционной пены, представляют особый случай и разработаны соответствующие методологии и экспериментальные проекты МЧР.

Новые положения МЧР Для Программы Деятельности МЧР хорошо подходят для сектора охлаждения

(<http://cdm.unfccc.int/ProgrammeOfActivities/index.html>)

Принимая во внимание проблему сбора для востребуемых проектов по эффективному использованию энергии, РКИК ООН недавно создал новый тип МЧР с условиями, которые позволяют начать маленький проект МЧР и расширить его с течением времени. Для вышеописанной чиллеровой установки МЧР в Индии это позволит начать его только с небольшим количеством чиллеровых установок, например, только с чиллеровыми установками ХФУ-12 определенного размера, а позже расширить на других условиях для других размеров и хладагентов. Таким образом, владелец проекта МЧР может предложить более выгодные условия каждому владельцу оборудования. В настоящее время готовится Программа Деятельности (ПД) МЧР для бытовых холодильников и кондиционеров.

Цена на электроэнергию может достичь уровня, когда дополнительная прибыль от проектов МЧР будет достаточной для покрытия более высоких инвестиций в более эффективное оборудование охлаждения

Наиболее важные части оборудования сектора охлаждения, компрессоры, не чувствительны к цене для большей эффективности. Например, холодильные компрессоры большей эффективности стоят только на 10 – 20 % больше по сравнению со стандартными компрессорами. Когда цены за электроэнергию будут переведены на типичные 3-х или 5-летние периоды окупаемости для инвестирования в холодильное оборудование с большей эффективностью, дополнительная прибыль от МЧР, которая превышает прибыль счетов за более низкую энергию, может сократить обычный период окупаемости до 1 или 2 лет.

Защита озонового слоя и климата от галогенизированных веществ

Меры, принятые в Европейском Союзе

Катя Бекен, Федеральное Агентство по Окружающей Среде, Германия

Введение

Химическая промышленность разработала полностью галогенизированные хлорфторуглероды (ХФУ) в 1930-х годах. Их невоспламеняемость и технические свойства сделали данные вещества приемлемыми для многих промышленных применений. Вскоре они стали использоваться в более широком масштабе. Например, в качестве так называемых безопасных хладагентов, они заменили ряд используемых хладагентов, из которых такие как SO_2 были вредны для здоровья. После обнаружения озоноразрушающего потенциала данных веществ (озоноразрушающие вещества, ОРВ), они стали предметом международных дискуссий. Данные обсуждения отражены в Монреальском Протоколе.

В то же время начался поиск возможных альтернатив. В первую очередь, поиск сосредоточился на веществах, которые по химическому составу очень схожи с ХФУ. В результате данного процесса появились гидрохлорфторуглероды (ГХФУ) – как хладагенты - в значительной степени заменены на рынке. Так как ГХФУ имеют значительно более низкий ОРП по сравнению с ХФУ, первоначально они не рассматривались Монреальским Протоколом.

Несмотря на данный факт, многие ученые и организации по охране окружающей среды не рассматривали ГХФУ в качестве обоснованной долгосрочной альтернативы. Химическая промышленность в индустриализованных странах вскоре столкнулась с запретом на данные вещества. Таким образом, в будущих разрабатываемых альтернативных веществах химическая промышленность сфокусировала внимание на альтернативах без хлора, в основном перфторуглеродах и гидрофторуглеродах (ПФУ и ГФУ). Это были именно ГФУ, которые способствовали быстрому сокращению производства ОРВ в некоторых областях в развитых странах. Параллельно промышленные пользователи работали над использованием негалогенизированных веществ, разрабатывая новые технологии и улучшая существующие. В результате, заменители ОРВ без галогена утвердили себя с самого начала во многих областях применения, например, как растворители или моющие средства, хладагенты, средства для тушения пожара и во многих областях производства пены.

В конце 1990-х годов знание того, что ПФУ и ГФУ вредны для климата, инициировали дискуссии о мерах по снижению выбросов фторированных газов на основе технологий без галогена. Некоторые Государства - члены Европейского

Союза (ЕС) быстро реализовали строгие меры такие как использование запретов или налогов. Для многих пользователей, быстрая последовательность разработок и мер означала неоднократное изменение технологий в течение относительно короткого периода времени. С другой стороны, четкие стратегии позволяли пользователям и разработчикам быстро внедрять долгосрочные технологии, а в некоторых секторах избегать перехода, которая стоит в два раза дороже.

Некоторые процессы и продукты, основанные на использовании негалогенизированных веществ, только за последние годы достигли технического уровня, который делает их использование жизнеспособными с экологической и экономической точек зрения. Это действительно так, например, для использования CO₂ в качестве хладагента. Сегодня данные технологии могут полностью заменить процессы и продукты, которые были основаны на фторированных газах и были обязательны в течение определенного времени. Это дает возможность странам, которые еще не перешли на данные вещества, и которые могут, таким образом, непосредственно перейти на альтернативы без галогена.

Меры по защите озонового слоя

В сентябре 1987 года 25 правительств и Комитет Европейского Сообщества подписал «Монреальский Протокол по веществам, которые разрушают озоновый слой». Предварительно согласованный в 1987 году график неоднократно сжимался и добавлялись дополнительные меры, как оговаривалось на последующих конференциях в Лондоне (июнь 1990 года), Копенгагене (ноябрь 1992 года), Вене (декабрь 1995 года), Монреале (сентябрь 1997 года) и Пекине (1999 год) [<http://ozone.unep.org/>]. Вскоре стало очевидным, что первоначально предусмотренное международным сообществом снижение выбросов, было недостаточным. В результате, последующие соглашения заложили основы постоянного снижения объемов в производстве и потреблении, имея целью полное сокращение производства.

Меры, принятые в ЕС по защите озонового слоя

На Европейском уровне, Монреальский Протокол преобразован в Правила, совсем недавно в 2000 году Правил (ЕС) № 2037/2000 [Правило ЕС 2000]. Положения, изложенные в данных Правилах, непосредственно применяются во всех странах-членах. Первоначально только международные мандатные снижения производства и потребления были законодательно обязательными для ЕС. Сейчас самое последнее Правило также включает постепенные запреты на использование для различных применений.

Наиболее важные положения Правил включают запрет на производство и использование ХФУ, а также снижение разрешенных уровней производства и использования ГХФУ. В настоящее время адаптируются более поздние положения для отражения самых последних решений, утвержденных в Монреале в 2007 году. В качестве контрольных инструментов введены системы квотирования, лицензирования и отчетности. Чтобы руководить более дефицитными ГХФУ ресурсами, Правило устанавливает постепенные вышеупомянутые запреты на использование для различных применений, в зависимости от наличия альтернатив и расходов, связанных с их применением.

На сегодняшний день продукты, содержащие ОРВ, более не могут размещаться на Европейском рынке. Использование и размещение ХФУ на рынке было полностью запрещено в ЕС с 2001 года, для всех применений (включая герметизированные системы). Разрешено продолжать использовать ГХФУ только для обслуживания и эксплуатации существующих холодильных и кондиционирующих систем. До конца 2009 года для данной цели можно использовать чистые ГХФУ; впоследствии только повторно используемые ГХФУ (до 31 декабря 2014). Продолжающееся снижение количества, размещаемого на рынке, может снизить наличие хладагента еще до вступления в силу запрета на использование.

Выполняя условия Монреальского Протокола, исключения в принципе принимаются для исходного сырья и случаев применения перерабатывающего агента, а также для важных и критических применений, которые незначительны в количественном выражении.

Помимо запретов, Правило ЕС определяет также требования для обслуживания и проверки утечки холодильного и кондиционирующего оборудования. Например, оно требует применения всех возможных мер предосторожности для предотвращения и сведения к минимуму утечки ХФУ и ГХФУ. Оно также требует, чтобы стационарное оборудование с заправкой хладагентом более 3 кг ежегодно проверялось на утечку квалифицированным персоналом.

ХФУ и ГХФУ, содержащиеся в холодильном и кондиционерном оборудовании, тепловых насосах, бытовых холодильниках и морозильных камерах, должны восстанавливаться и использоваться повторно.

Для информирования общественности и особенно пользователей, ЕС и Страны-Члены опубликовали брошюры с предоставлением общей информации. Они также публикуют «часто задаваемые вопросы» о специфических юридических положениях. Соответствующие сектора промышленности, и особенно пользователи и разработчики инновационных технологий без галогена, вовлечены в разработку положений, имеющих отношение к использованию.

Меры, предпринимаемые в Германии и других Странах-Членах по защите озонового слоя

Государства-Члены ЕС по-разному выполнили свои международные обязательства на национальном уровне. Германия стала лидером ЕС в отношении законодательства по ОРВ, утвердив Указ о Запрете на ХФУ/Галлон в начале 1991 года. Данный Указ 1991 года уже включал значительные запреты на использование ХФУ и ГХФУ-22, который постепенно вступил в силу до 2000 года. Действующий Указ по веществам, которые разрушают озоновый слой (ChemOzonSchichtV), действующий с 2006 года, реализует требования Правила ЕС 2037/2000 в отношении восстановления и возврата озоноразрушающих веществ таких как R 22, а также положений, затрагивающих проверку герметичности определенного оборудования. Он также утвердил национальные положения, которые уже применялись помимо данных положений Правила ЕС 2037/2000.

Другие Государства-Члены также ввели законодательство на запрет, большинство из которых в более поздние сроки. Некоторые дополнительно ввели налоги по ОРВ, чтобы сделать их применение менее жизнеспособным с экономической точки зрения, а повторное использование более привлекательным. Дания была одной из таких стран. Другие Государства-Члены в основном предпочли регулирующие положения по техническому выбросу. Общей чертой всех данных национальных положений является то, что они применяются в дополнение к положениям ЕС.

Меры по защите климата от фторированных парниковых газов

Защита климата приобрела значение после Конференции в Рио в 1992 году и Рамочной Конвенции по Изменению Климата, которая была там подписана. Конвенция направлена на стабилизацию антропогенных выбросов парниковых газов с целью предотвращения глобального изменения климата [<http://unfccc.int/>]. В декабре 1997 года, подписав Киотский Протокол, промышленно развитые страны впервые взяли на себя обязательство по снижению выбросов парниковых газов. Европейский Союз ратифицировал Киотский Протокол в 2002 году, и он вступил в силу 16 февраля 2005 года. В то время как промышленно развитые страны, полностью взявшие на себя обязательство по снижению выбросов в среднем на 5.2%, Европейский Союз поставил перед собой цель снизить выбросы парниковых газов в целом на 8% к 2008-2012 годам по сравнению с 1990 годом. В рамках взаимного обязательства в пределах Европейского Союза Страны-Члены достигли разных уровней снижения, Германия взяла на себя обязательство по снижению на 21%. В результате высокого и частично весьма высокого ПГП, фторированные парниковые газы ГФУ, ПФУ и SF₆, затронутые Киотским Протоколом и включенные в обязательства по снижению. ХФУ и ГХФУ, которые уже подпадают под постепенное прекращение производства, по Монреальскому Протоколу (смотри выше) не включены.

Меры в ЕС по защите климата от фторированных парниковых газов

Для достижения целей, определенных в Киотском Протоколе, ЕС запустил ряд программ, связанных с изменением климата <http://ec.europa.eu/environment/climat/eccp.htm>, представляющих собой существенный комплекс мероприятий. Одна из них была направлена на снижение выбросов фторированных парниковых газов, которые преимущественно используются как заменители запрещенных ОРВ. После многолетних дискуссий с Государствами-Членами и промышленностью Правило (ЕС) № 842/2006 по определенным фторированным парниковым газам вступило в силу в 2006 году [Правило ЕС 2006]. Правило устанавливает требования по использованию (например, регулярные проверки на утечку), запрещает индивидуальные использования с высоким выбросом, и требует восстановления фторированных парниковых газов и маркировки продуктов и оборудования, которые содержат их. В частности, от операторов стационарного оборудования потребуются предотвращение утечки хладагентов, о которых идет речь, и гарантия того, что их оборудование постоянно проверяется на утечку квалифицированным персоналом; частота проверок увеличивается с учетом размера оборудования. Более того, операторы оборудования, содержащего 300 кг или более, должны установить систему обнаружения утечки. Для контроля соответствия требованиям, Правило требует отчетности по определенным данным, таким как количество и тип установленных фторированных парниковых газов, любые добавленные количества и количество восстановленное в ходе обслуживания, техническое обслуживание и конечное устранение. Восстановление - обязательно. Маркировочные требования предоставляют информацию пользователям и разрешают выборочную рециркуляцию.

Что касается систем кондиционирования в автомобилях, Директива 2006/40/ЕС, относящаяся к выбросам из систем кондиционирования воздуха в автомобилях, была утверждена в то же время [Директива ЕС 2006]. Данная Директива определяет максимальные нормы выброса фторированных парниковых газов из систем кондиционирования воздуха и запрещает использование газов с ПГП выше 150 в новых типах машин, начиная с 2011. Общий запрет на новые автомобили вступит в силу с 2017 года.

Меры, предпринимаемые в Германии и других Странах-Членах по защите климата от фторированных парниковых газов

Некоторые Государства-Члены ЕС уже утвердили ряд мер до появления Правила ЕС, чтобы противостоять необузданному росту выбросов фторированных парниковых газов. Например, в дополнение к экономически соответствующим налогам на фторированные парниковые газы, Дания ввела запреты на их широкое использование. Другие Государства-Члены определили технические требования для использования данных веществ по быстрому сведению выбросов к минимуму. Все другие Государства-Члены примут меры на национальном уровне для переноса положений ЕС в национальное законодательство. Некоторые введут более строгие меры. Германия, например, планирует установить очень строгие требования к герметичности холодильного и кондиционерного оборудования, в форме максимально разрешенных тарифов на утечку. Более того, она планирует профинансировать инновационные технологии без фторированных парниковых газов для увеличения их появления на рынке.

Воздействие на описанные мероприятия

В период подписания Монреальского Протокола самой главной целью ЕС и Стран-Членов ЕС была реализация скорейшего сокращения производства ОРВ. Благодаря огромной заинтересованности в быстром сокращении производства, Государства-Члены ЕС предоставили финансовую поддержку разной степени на развитие продуктов и процессов без галогена, включая конверсии на процессы без галогена в маленьких компаниях.

Общественность была хорошо проинформирована и спрос на такую продукцию был высоким. Таким образом, в то время как химическая промышленность все еще разрабатывала галогенизированные альтернативы, на рынке появились продукты с углеводородами или другими негалогенизированными веществами, такими как аммиак. В результате продукция без ОРВ часто доминировала на рынке даже до того, как соответствующие запреты вступали в силу или были изданы. В дополнение к характеристике «не разрушающие озон» данные продукты также отличались хорошими характеристиками продукции и часто с наименьшей эквивалентной эффективностью использования энергии. Многие компании в заключение использовали рекламные возможности для улучшения маркетинга своих продуктов.

Некоторые примеры областей, в которых утвердили себя продукция и процессы без ГХФУ или позже без ГФУ, приведены ниже:

- Замена ОРВ в качестве растворителя: почти полное переключение на негалогенизированные вещества
- Замена ОРВ в аэрозолях: почти полное переключение на негалогенизированные вещества
- Замена ОРВ в пенных материалах: значительное переключение на негалогенизированные вещества

Так как ГХФУ имеют ОРП, хотя и низкий, ученые и те, кто принимают решения во многих Государства-Члены, рассмотрели ГХФУ в качестве несоответствующей альтернативы. Таким образом, за исключением охлаждения, для которого ГХФУ-22 уже применялось, ГХФУ использовались в Германии только в некоторых случаях, например, при производстве пены. В данных случаях они не только применялись в течение короткого промежуточного периода, но и были быстро заменены на негалогенизированные вещества, и только в особых случаях применения на ГФУ.

В холодильном и кондиционерном секторе ситуация отличалась. Хотя углеводороды или аммиак успешно внедрены или повторно запущены в некоторых секторах с незначительным количеством применений, для многих применений в холодильной промышленности не хватало технически продуманных альтернатив. И ХФУ все еще использовались в существующем оборудовании до 1999 года, а в исключительных случаях ГХФУ (в основном R 22) использовались даже в новом оборудовании до 2004 года. Сегодня, системы охлаждения и кондиционирования производятся преимущественно с разнообразными ГФУ, которые уже разработаны химической промышленностью. Данные вещества, которые намного дороже природных хладагентов, очень похожи на ХФУ, и таким образом не требуют большого изменения систем, компонентов или способа работы с ними. Так как спрос на них высокий, в Европе они имеются в достаточном количестве.

Таким образом, ГФУ были готовы широко проявить себя на рынке технологии охлаждения и кондиционирования. За некоторыми исключениями, в Европе не было положений, запрещающих использование данных веществ. В связи с ПГП некоторые ученые и органы охраны окружающей среды также критически отнеслись к ГФУ с самого начала и частично рассматривали их как временное решение [UBA 1889]. Однако, на это почти не обращали внимания. Открытых дебатов по данным веществам не было вообще.

Соответствующее обсуждение по данной группе веществ началось только перед наступлением нового тысячелетия, когда поняли, что резкое увеличение выброса таких веществ может помешать усилиям, предпринятым по защите климата. Во всех секторах применения, где ГФУ уже зарекомендовали себя, обсуждение альтернативных веществ шло более трудно в связи с тем, что промышленность уже завершила «переход». Многие компании почувствовали, что другая дорогостоящая переход на негалогенизированные альтернативы будет неразумной. Тем не менее обсуждение и реальная возможность для ЕС предпринять действие в отношении ГФУ привели к переходу на негалогенизированные альтернативы в будущих применениях, а также последовательным попыткам промышленности разработать продукцию и технологии без галогена. Данная разработка способствовала строгим национальным запретам, например в Дании.

Правило по фторированным парниковым газам и Директива по системам кондиционирования в автомобилях, принятые в ЕС в 2006 году, содержали лишь несколько запретов (например, по использованию ГФУ в системах кондиционирования автомобилей, определенных аэрозолях и одно-компонентных пенных материалах). Тем не менее, данное законодательство ЕС было сигналом. Так как оно уже предусматривает обзор и расширение мероприятий, производители и пользователи существенно увеличивают запасы негалогенизированных веществ. Единственным решением дебатов и различных мероприятий по ГФУ является то, что предложенный ассортимент инновационных продуктов и процессов без синтетических веществ намного разнообразней и более прогрессивный сегодня, чем он был всего несколько лет назад. В основном, это касается технологии охлаждения и кондиционирования. Единственным примером являются водонагреватели тепловых насосов на базе CO₂, которые испытали беспрецедентное увеличение. За последние годы многие известные компании такие как Coca-Cola, Marks & Spencer, Sainsbury's и Tesco, также взяли на себя обязательство воздержаться от использования фторированных парниковых газов и используют данный «зеленый имидж» в качестве конкурентного преимущества. Таким образом, они усилили давление на производителей оборудования по разработке и появлению на рынке технологий без галогена. Однако, в целом ясно, что существует четкое различие между сокращением производства ОРВ и мерами по контролю за фторированными парниковыми газами. В то время как специальные запреты на ОРВ привели к сокращению производства данных веществ, большая часть технических, более выгодных с экономической точки зрения мероприятий по фторированным парниковым газам привела только к очень медленному пересмотру. Пользователи оказываются очень сдержанными, даже когда на рынке имеются альтернативные продукты.

В многих случаях сокращение производства на базе ГФУ технологии является в настоящее время другим препятствием для введения технологий без галогена. Это изменится как только будет оказано достаточное политическое давление.

В целом, сокращение производства ОРВ в ЕС было успешным. Реализованные меры привели к почти полному сокращению производства ОРВ. Во всех данных случаях, где сокращение производства имело место до разработки фторированных парниковых газов в качестве возможных альтернатив или где их использование было уже запрещено, сокращение производства ОРВ было возможным без введения в действие ГХФУ или фторированных парниковых газов. Вещества с низким или нулевым ОРП применялись сразу после их появления на рынке только в случаях, когда отсутствовали негалогенизированные альтернативы. В то время как ГХФУ были с самого начала только временным решением, сегодня ЕС сталкивается с сокращением производства фторированных парниковых газов, что во многих случаях будет трудной и долгосрочной задачей в политическом плане, несмотря на существование решений без галогена [UBA 2004, МГЭИК 2005]. Учитывая разработки последних лет, страны, которые только сейчас вступают в последнюю фазу по сокращению производства ОРВ, имеют в тоже время огромную возможность избежать введения других галогенизированных веществ.

Примечания и Ссылки

Директива ЕС (2006) Директива 2006/40/ЕС Европейского Парламента и Комиссии от 17 мая 2006 года в отношении выбросов из систем кондиционирования в автомобилях и изменения Директивы Комиссии 70/156/ЕЕС; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:161:0012:0018:EN:PDF>

Правило ЕС (2000) Правило (ЕС) № 2037/2000 Европейского Парламента и Комиссии от 29 июня 2000года по озоноразрушающим веществам; <http://ec.europa.eu/environment/ozone/legislation.htm>

Правило ЕС (2006) Правило (ЕС) № 842/2006 Европейского Парламента и Комиссии от 17 мая 2006 года по конкретным фторированным парниковым газам; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:161:0001:0011:EN:PDF>

МГЭИК (2005) Специальный Отчет МГЭИК/ГТОЭО: Защита озонового слоя и глобальной системы климата: Вопросы по гидрофторуглеродам и перфторуглеродам; <http://www.МГЭИК.ch/МГЭИКreports/sroc.htm>

УВА (1989) Федеральное Агентство по защите окружающей среды: Ответственность означает обходиться без – Как спасти озоновый слой, Берлин: Эрих Шмидт

УВА (2004) Федеральное Агентство по защите окружающей среды: Фторированные парниковые газы в продуктах и процессах - Технические мероприятия по защите климата, Берлин; <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2791.pdf>

II. Безопасность природных хладагентов

Правила безопасности при использовании углеводородных хладагентов

Доктор Даниэль Колбурн Ре-фридж, СК
Профессор Хосе М. Корберан Политехнический Университет
Валенсии, Институт Инженерной Энергетики, Испания,

Введение

Исторически углеводороды (УВ) находились среди первых флюидов хладагента, но из-за воспламеняемости они были запрещены в пользу инертных флюидов, таких как хлорфторуглероды (ХФУ) и гидрохлорфторуглероды (ГХФУ). По сравнению с ХФУ, ГХФУ гидрофторуглероды (ГФУ), УВ характерны нулевым Озоноразрушающим Потенциалом (ОРП) и очень низким Потенциалом Глобального Потепления (ПГП), а что касается эффективности, в целом, они отличаются высокой эффективностью, уменьшенными объемами выброса и рядом других преимуществ, таких как совместимость с маслами.

Единственным реальным фактором против применения УВ хладагентов в холодильном и кондиционерном оборудовании (в дальнейшем именуемое как ХКО) является вопрос безопасности при работе с относительно большими количествами загрузки; определенно требуется практика специального монтажа и эксплуатационные процедуры. Эволюция подобных методов необходима для гарантии их безопасного применения до возможной реализации в более крупном масштабе.

Что касается утверждения УВ в рамках стандартов безопасности, Технические Комиссии, отвечающие за разработку стандартов, в последние годы были весьма активны, пытаясь включить дополнительные меры по безопасности, необходимые для проектирования, монтажа, ремонта и обслуживания ХКО при использовании данных хладагентов. Цель данного документа сделать обзор нынешней ситуации и эволюции имеющихся международных и Европейских стандартов, которые затрагивают использование природных хладагентов.

Следует отметить, что некоторые имеющиеся стандарты (например, EN 378) также относятся к экологическим требованиям для систем. Однако, данный аспект специально не рассматривается в данной статье.

Стандарты и директивы

Во-первых, следует указать, что стандарт является ссылкой на достижение определенного уровня качества, а в целом в юридическом плане стандарты не обязательны. Более того, они часто включают информативные приложения, которые содержат рекомендуемые инструкции, но которые не требуются для соответствия стандарту. Стандарты обязательны только тогда, когда они указаны в национальных законах, директивах или положениях.

Национальные положения и директивы сообщества (например, Европейские директивы) обязательны. Например, Европейские директивы применяемые к возможному использованию воспламеняемые хладагентов в холодильном оборудовании включают:

- ДОД (Директива по Оборудованию, работающему под давлением)
- ДНН (Директива о Низком Напряжении)
- ДБО (Директива о Безопасности Оборудования))
- АТЕХ (Директива по оборудованию и защитным системам, предназначенным для использования в потенциально взрывоопасных средах, которая по-французски звучит как ATmosphere EXplosible)

Существуют два типа стандартов: согласованные и не согласованные.

Согласованный стандарт - это стандарт в письменной форме, который соответствует конкретной директиве/положениям. Особенно часто используются согласованные стандарты, потому что они гарантируют «презумпцию соответствия» соответствующей директиве/положениям; адекватность соответствующим директивам, которые необходимы для проставления маркировки СЕ на оборудовании. Производители стремятся соблюдать их, чтобы продемонстрировать качество своих продуктов, а также соответствие директиве/положениям. Данный подход установлен в Руководстве ЕС под названием «Голубая Книга» по реализации директив на основе Нового и Глобального Подхода.

Например, основным преимуществом серии стандартов EN 60335-2 (более конкретно -24, -40, -89) является то, что они имеют согласованный статус с определенными директивами, например, ДНН (Директива о Низком Напряжении). Таким образом, соответствие стандартам EN 60335-2-24, -40 и -89 означает, что отечественные холодильники, тепловые насосы, кондиционеры и торговые холодильные установки можно изготовить без производителя, которому приходится подробно демонстрировать соответствие данной директиве. (Однако, производитель должен задокументировать каким образом продукт соответствует директиве или равному национальному законодательству.)

И наоборот, несогласованные стандарты специально не обеспечивают интерпретацию директив, поэтому производители обязаны разрабатывать методологии и интерпретации для достижения индивидуального соответствия.

Мировые стандарты, применяемые к ХКО и их монтажу, в основном, поступают от двух организаций: Международной Организации по Стандартизации (МОС) и Международной Электротехнической Комиссии (МЭК). Подобным образом, в рамках Европейского Союза (ЕС) соответствующими организациями являются

Comité Européen de Normalisation (Европейский Комитет по Стандартизации - ЕКС) и Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (Европейский Комитет по Электротехнической Стандартизации - ЕКЭС), соответственно. Существует соглашение между МЭК и ЕКЭС («Дрезденское Соглашение») и МОС и ЕКС («Венское Соглашение»), которые установили формальный процесс для передачи – по мере возможности – содержания международных стандартов Европейским стандартам, или в некоторых случаях, наоборот.

Чтобы обнаружить понимание развития стандартов, существуют формальные процедуры, которые выполняются в рамках каждого метрологического учреждения, а они часто частично совпадают с процедурами других организаций. Стандарт инициируется Национальной Комиссией (НК; являющейся полномочной комиссией страны-члена, которая должна управлять национальной деятельностью по стандартизации от имени названного метрологического учреждения), направляя предложение в соответствующую Техническую Комиссию (ТК). Если ТК (которая будет состоять из представителей от всех НК) принимает предложение, она обычно формирует Рабочую Группу (РГ), которая обычно состоит из представителей промышленности, для выработки проекта стандарта. РГ представит проект ТК, которая в конечном счете утвердит его и предоставит НК на голосование. Стандарт публикуется при получении соответствующего количества голосов «за».

Если стандарт разработан на национальном уровне, он также будет рассмотрен соответствующим комитетом ЕКС для утверждения в качестве Европейского стандарта. В случае принятия нового Европейского стандарта, он автоматически утверждается национальными учреждениями стандартизации. Иногда, происходит перевод стандарта от Европейского уровня на национальный, а при некоторых обстоятельствах это может произойти также и с национальными стандартами, которые поступают в вышестоящие органы для утверждения в качестве Европейского стандарта (по крайней мере с несколькими изменениями).

Стандарты могут также классифицироваться как «горизонтальные» и «вертикальные». Горизонтальные стандарты - общие, и в принципе они будут действовать во всех ХКО и установках (обычно стандарты МОС и ЕКС такие как EN 378 или ISO 5149). Вертикальные стандарты, наоборот, специфичны для группы электроприборов и описывают специальные вопросы безопасности и требования по их использованию. Вертикальные стандарты также ссылаются на горизонтальные стандарты в отношении дополнительных или общих требований.

Все действующие стандарты безопасности ХКО содержат некоторые требования, которые относятся к применению УВ, аммиака и в некоторой степени к углекислому газу (Таблица 1).

Стандарт	Согласование с директивами ЕС	Ограничения для УВ
ISO 5149: 1993	Не согласован	Полностью запрещает использование, за исключением лабораторных и промышленных (нефтехимическая промышленность) применениях
DIS ISO 5149: 2007	Не согласован	Разрешает различные количества в зависимости от типа оборудования и местонахождения
IEC 60335-2-24: 2007	Не согласован	Везде разрешает ограниченное количество
IEC 60335-2-40: 2006	Не согласован	Разрешает различные количества в зависимости от типа оборудования и местонахождения
IEC 60335-2-89: 2007	Не согласован	Везде разрешает ограниченное количество
EN 378: 2000	Выборочные статьи согласуются с ДБО и ДОД	Разрешает различные количества в зависимости от типа оборудования и местонахождения
EN 378: 2007	Соответствующие статьи согласованы с ДБО и ДОД, а при определенных обстоятельствах отклонение от АТЕХ	Разрешает различные количества в зависимости от типа оборудования и местонахождения
EN 60335-2-24: 2007	Согласован с соответствующими директивами	Везде разрешает ограниченное количество
EN 60335-2-40: 2006	Согласован с соответствующими директивами	Разрешает различные количества в зависимости от типа оборудования и местонахождения
EN 60335-2-89: 2007	Согласован с соответствующими директивами	Везде разрешает ограниченное количество

Таблица 1: Итоговые сведения о различных стандартах, имеющих отношение к природным хладагентам

Полезную дополнительную информацию и интерпретацию требований можно также найти в промышленных рекомендациях или нормах и правилах, например, Нормах и Правилах Безопасности Британского Института Искусственного Охлаждения для хладагентов А2 и А3.

Обзор иерархии и связей между различными международными, Европейскими и национальными стандартами приведен на Рис.1. Международные стандарты используют друг друга, и – теоретически – они нисходят вниз к Европейскому уровню, куда интегрировано соответствующее законодательство. Затем они автоматически утверждаются членами ЕКС (в основном, государства-члены ЕС/ЕЭЗ) как национальные стандарты, а «конкурирующие» национальные

стандарты аннулируются. Например, после принятия EN 378 в 2000, национальные стандарты NPR 7600 в Голландии, DIN 7003 в Германии и BS 4434 в Соединенном Королевстве были аннулированы.

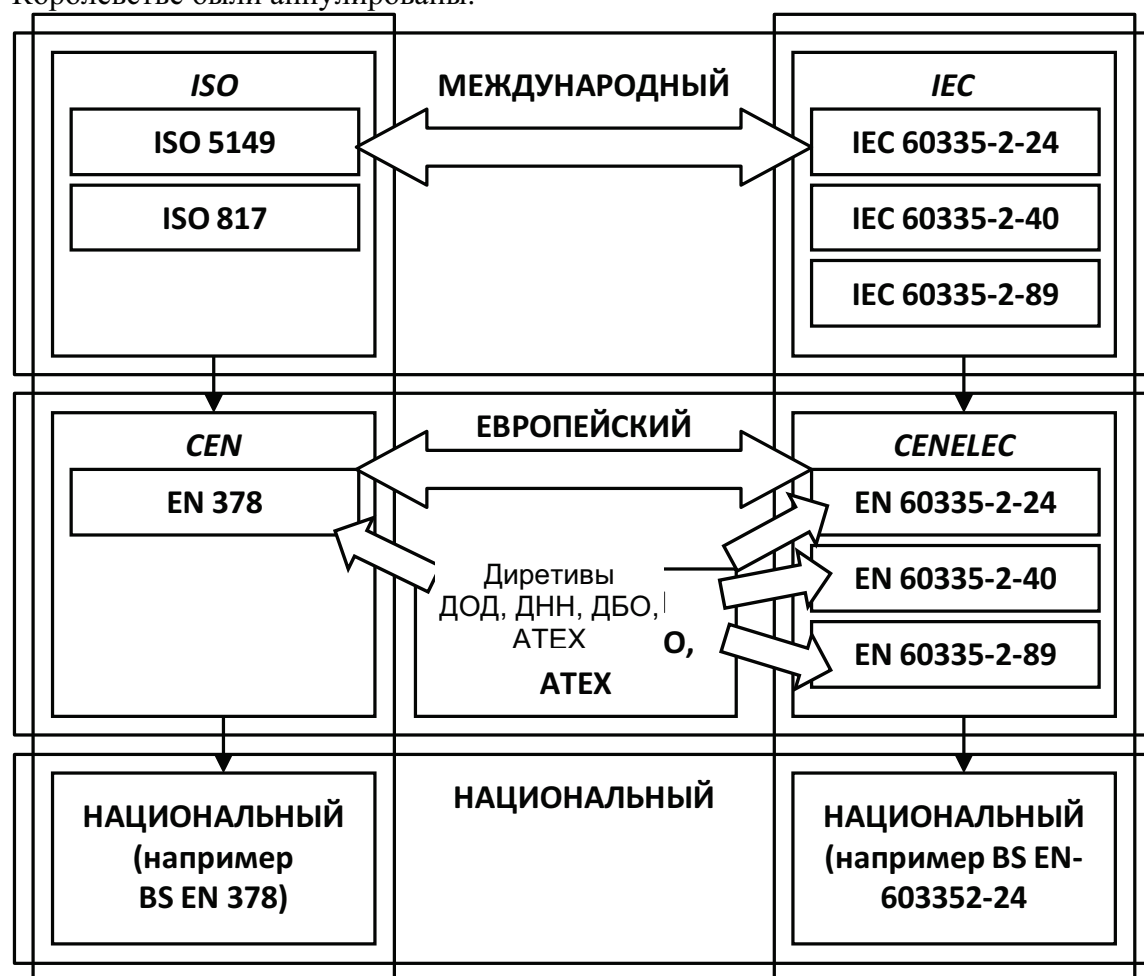


Рисунок 1. Связь между различными стандартами и Европейскими директивами

В то время как многие из данных стандартов развивались отдельно, повышенное использование стандартов – в основном, благодаря росту торговли по всему миру – привело к к синхронизации среди большинства из них в переводе на многие технические требования. Что касается данных требований, большинство стандартов включают в себя следующую серию вопросов:

- Классификация типа хладагента, имеющая отношение к категориям токсичности и воспламеняемости
- Местоположения системы/типы заполнения и соответствующие разрешенные количества хладагента и размеры комнат
- Конструктивные требования для системы, такие как приборы защиты и давления при испытаниях
- Внешние параметры, связанные с монтажом, такие как вентиляция и обнаружение
- Маркировка и инструкции для пользователей и операторов

- Инструкции по обслуживанию, техническому обслуживанию и работе с хладагентом

Отмечено, что многие требования в пределах всех стандартов тесно связаны с риском, вызванным хладагентом, или любой классификацией – независимо от того относится он к воспламеняемости, токсичности или удушению, или в большинстве случаев, с рисками, связанными с увеличением давления в частях, содержащих хладагент.

Следующие разделы предоставляют общий обзор указанных требований в рамках большинства стандартов, перечисленных в Таблице 1. В результате работы, проделанной органами стандартизации, существует явно близкое соответствие между большинством из них. Однако, в связи с устаревшим содержанием ISO 5149: 1993 будет проигнорирован в пользу нового DIS ISO 5149: 2007, а нынешний EN 378: 2000 будет также проигнорирован в пользу нового EN 378: 2007.

Ограничения по заправке хладагентом

Ограничение количества заправки хладагентом в рамках единой сети хладагента является единственным методом достижения «приблизительного» уровня безопасности. Все действующие версии EN 378, IEC/EN 60335-2-40 и DIS ISO 5149 включают в себя данную методологию. Стандарты IEC / EN 60335-2-24 и IEC / EN 60335-2-89 в некоторой степени используют данный подход. Ограничение объема заправки любого хладагента тесно связано с присущими ему характеристиками в переводе на токсичность и воспламеняемость.

Стандарт ISO 817: 2005 указывает на критерий, по которому хладагент может достичь определенной классификации безопасности. Классификация заключается в альфа-цифровом обозначении, первый знак обозначает токсичность (А- для низкой токсичности, а В- для более высокой токсичности), а последний относится к воспламеняемости (-1 для невоспламеняемых, -2 для более низкой воспламеняемости и -3 для высокой степени воспламеняемости). Таким образом, УВ обычно подпадают под классификацию “АЗ”.

Максимальная заправка для любого хладагента зависит от категории заполнения и местонахождения частей с содержанием хладагента. Как EN 378, так и DIS ISO 5149 (действующие в настоящее время) принимают следующие одинаковые категории заполнения:

- Категория А: общее заполнение не ограничивается вовсе. Жилые и общественные места, например, больницы, тюрьмы, театры, супермаркеты, транспортные терминалы, гостиницы, рестораны и т.д.
- Категория В: контролируемое заполнение ограничивается определенным количеством людей, некоторые из которых знают, что система заправляется УВ. Офисы, лаборатории, рабочие места и т.д..
- Категория С: заполнение только при разрешенном доступе. Не общественные места в супермаркетах, холодильные камеры, производственное оборудование, нефтеперерабатывающие заводы и т.д. Более того, системы также определяются согласно общему расположению компонентов по отношению к заполнению:
 - Вся система в пределах пространства занятого людьми, которое не является машинным отделением

- Компрессор и сборник жидкости в пустом машинном отделении или на открытом воздухе
- Все части с содержанием хладагента в пустом машинном отделении или на открытом воздухе

И наконец, задействовано дополнительное подразделение, основанное на дизайне системы, являющееся непосредственным или косвенным расширением, хотя это в значительной степени предопределено в расположении системы.

В случае со стандартами устройств, IEC / EN 60335-2-24, -40 and -89, категории заполнения не рассматриваются, и предполагается, что их требования будут применяться к оборудованию, установленному в любом месте.

Что касается объемов заправки хладагентом, существуют два основных критерия. Первый - это «разрешенный» объем заправки. Это относится к максимальной массе хладагента для предоставленного объема занятого помещения. Вторым критерием является “максимальный» объем заправки, и это относится к верхнему ограничению, которое разрешенный объем заправки может достигнуть. Другими словами, если помещение достаточно большое, превышать максимальный объем заправки все же запрещено. Основой для определения разрешенной заправки является приблизительное количество хладагента, которое может быть непосредственно выпущено в помещение, не приводя к воспламеняемой концентрации всего, что превышает мгновенную длину времени. И наоборот, максимальная заправка - это достаточно произвольное количество. Важно отметить, что как разрешенная заправка, так и максимальная заправка применяются в каждой независимой схеме хладагента, так как принято, что возможность двух отдельных схем, развивающих мгновенную катастрофическую утечку, составляет минуту.

На Рис.2 приведена схема производственного процесса как средство определения и разрешенной, и максимально разрешенной заправки хладагентом, в зависимости от категории заправки и местонахождения системы охлаждения, которое соответствует всем стандартам. (В качестве альтернативы, максимально разрешенный размер помещения можно определить для конкретного объема заправки хладагентом.). Некоторые ограничения относятся к практическому ограничению хладагента (ПО). Это - значение, указанное в стандартах на каждый хладагент, которое представляет практическое ограничение во избежание опасных концентраций (обычно: 20% of ПНВ - Предел Низкой Воспламеняемости).

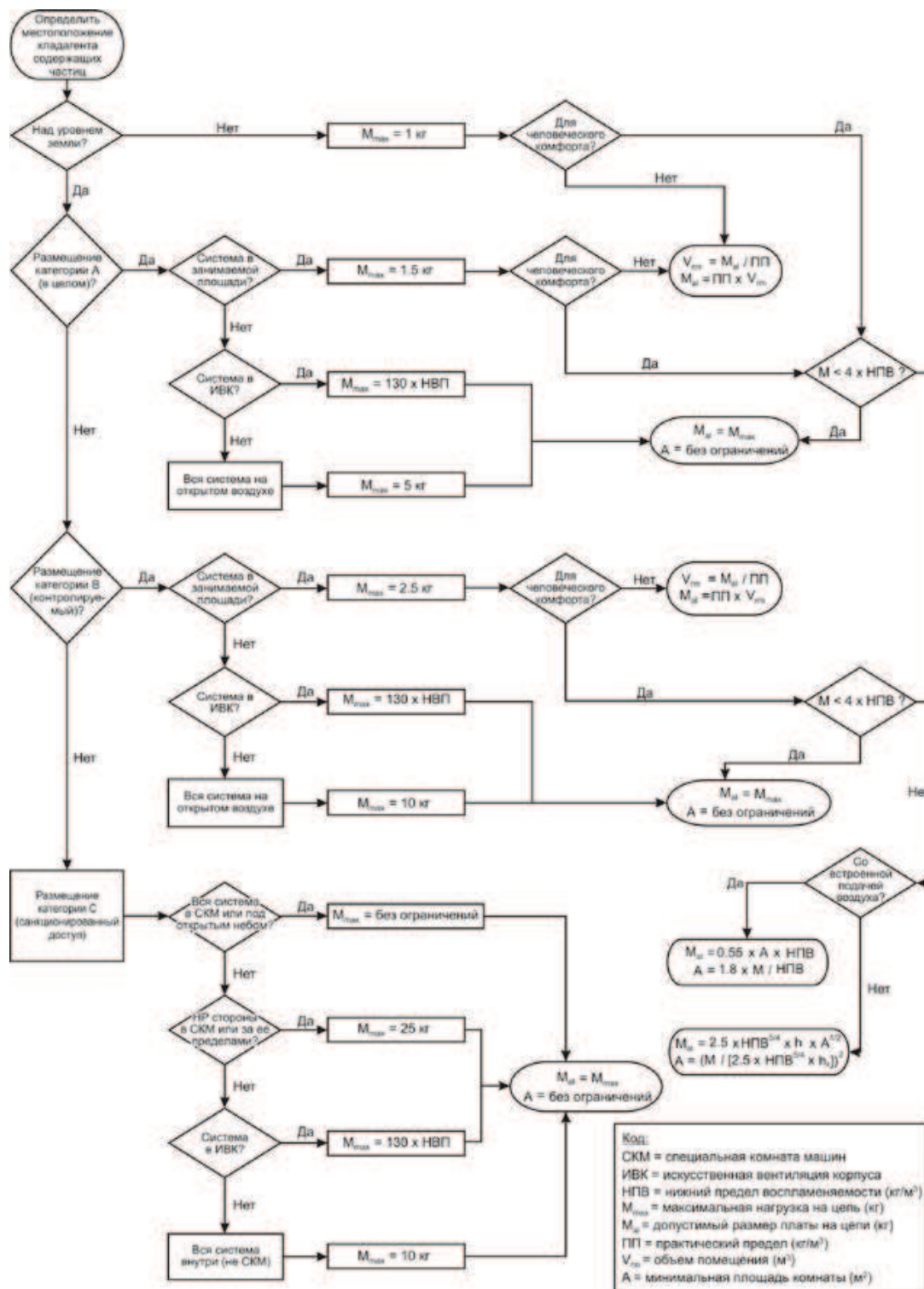


Рисунок 2. Определение разрешенного и максимального количества заправки (или размера помещения) для хладагентов УВ (из Норм и Правил Безопасности Института Искусственного Охлаждения для хладагентов A2 и A3, 2008)

В дополнение к данным ограничениям, герметизированные системы, которые содержат до приблизительно 150 г УВ (в зависимости от стандарта), разрешены к установке в любом месте, независимо от размера помещения и заправки. На самом

деле оба стандарта IEC / EN 60335-2-24 и -89 ограничивают количество УВ до 150 г повсюду. Что касается объемов заправки выше 150 г, они относятся к соответствующим национальным или международным стандартам, а именно EN 378 или ISO 5149.

На Рис.2, формула, используемая для определения заправки или размера помещения для систем по созданию комфорта для человека, требует специального внимания. В данном документе, формула включает термин, , который относится к установленной высоте устройства, а его номинальные значения предоставлены в рамках стандартов:

- $h_r = 0.6$ м для блоков, монтируемых на полу
- $h_r = 1.0$ м для блоков, монтируемых на окне
- $h_r = 1.8$ м для блоков, монтируемых на стене
- $h_r = 2.2$ м для блоков, монтируемых на потолке
-

Существует ряд дополнительных условий, связанных с дизайном систем охлаждения, которые необходимо соблюдать, если нужно получить разрешение на объемы заправки.

Как уже отмечено, данные значения основаны на действующем проекте пересмотренного стандарта DIS ISO 5149: 2007, который большей частью основан на стандарте EN 378: 2007; его цель - достичь международной синхронности для проектирования и создания критериев ХКО. Однако, по мере развития DIS ISO 5149, он вероятно несколько отклонится от EN 378, так как некоторые организаторы отклоняют существующие требования и разрабатывают новые. Одним из примеров является дополнение к требованиям для мультисплитных систем кондиционирования, которые могут использовать более крупные объемы заправок определенных воспламеняемых хладагентов.

Вентиляция

Механическая вентиляция является необходимым требованием для всех хладагентов. Там где воспламеняемость является проблемой, необходимо обеспечить достаточную вентиляцию, чтобы гарантировать быстрое рассеивание хладагента в случае утечки.

Стандарты IEC / EN 60335-2-24 и -89, не указывают кратность воздухообмена, в основном потому что они имеют отношение к относительно малым количествам хладагента. Единственным необходимым условием является то, что прибор нельзя использовать в месте аккумуляирования утечки хладагента. Обычно механическая или искусственная вентиляция в данном случае не требуется.

Обычно механическая вентиляция обязательна в машинном отделении, где хладагента содержится больше. В данном случае EN 378 и DIS ISO 5149 указывают определенные нормы воздухообмена. Если концентрация хладагента в машинном отделении (или любой другой заправки Категории С) может превысить Практическое Ограничение в случае катастрофической утечки, необходимо обеспечить механическую вентиляцию:

Фоновая вентиляция должна подаваться по норме по крайней мере 4 кратности воздухообмена в час (или больше согласно национальным правилам) независимо от того, где находится владелец.

Экстренная вентиляция необходима в случае выхода хладагента, а интенсивность подачи функционально зависима от заправки хладагентом ($V_{min}=0.014 \times M_r^{2/3}$, где V_{min} - на m^3/s и заправка хладагентом $M_r^{2/3}$ в кг).

На случай экстренной вентиляции, обычно активируется датчик хладагента, расположенный на уровне пола в машинном отделении. Для УВ, вентиляцию необходимо начинать при концентрации не более 25% от ПНВ.

Следует отметить, что если в комнате есть хотя бы одна длинная стена открытая для наружного воздуха с помощью жалюзи с 75 % свободной площади и покрывающей по крайней мере 80 % площади стены (или эквивалент, если более одной стены выходит наружу), считается, что она находится на открытом воздухе и, таким образом, механическая вентиляция не требуется.

Если оборудование расположено в пределах занятого пространства категории А или В, но встроено в автоматически вентилируемый корпус (АВК), тогда применяются специальные вентиляционные требования, что детально изложено в EN 378, DIS ISO 5149 и IEC/EN 60335-2-40. Специальные требования для стационарных систем, которые находятся в автоматически вентилируемых корпусах, констатируют, что схема охлаждения находится в отдельном корпусе и не соединена с помещением. Системный корпус будет иметь вентиляционную систему, которая генерирует поток воздуха из внутренней части системы наружу через вентиляционный ствол, по норме $V_{min}=60 \times M_r / P_r$ (где P_r - плотность хладагента при атмосферном давлении и 25°C, в kg/m^3) мно не менее 0.03 m^3/s . Более того, разница давления между внутренней частью корпуса и внешней средой будет составлять по меньшей мере 20 Ра.

Надежный дизайн и конструкция

В дополнение к описанным ограничениям заправки хладагентом в зависимости от размера помещения и типа заправки, стандарты вводят требования на любой аспект ХКО, который мог представлять риск вследствие воспламеняемости хладагента. Далее в общих чертах приведен отбор требований для надежного дизайна и конструкции ХКО, работающего на воспламеняемых хладагентах.

Компрессоры

В стандартах приводится небольшая ссылка на специальные требования к компрессорам при использовании воспламеняемых хладагентов. Конечно, по оборудованию, работающему под давлением, и другим механизмам, применяются общие правила и директивы. Стандарты безопасности EN / IEC 60335-2-34 для компрессоров со встроенным электродвигателем были расширены до воспламеняемых хладагентов в 1996 году, считая излишним вносить какое-либо изменение в использование углеводородных хладагентов, так как требования уже были указаны в стандартах на электроприборы или готовую продукцию, которые включают компрессоры со встроенным электродвигателем. Принятый недавно стандарт EN 12693, который применяется к компрессорам более крупного размера, также не имеет никакой ссылки на разные классы хладагента.

Однако, хотя и не имеющее непосредственного отношения к стандартам безопасности, вывод требований ДОД означает, что поставка определенных компрессоров для УВ затруднена в пределах Европы. В настоящее время на рынке имеются открытые и полугерметичные компрессоры для воспламеняемых хладагентов со значительным диапазоном производительности. Нет проблемы в получении маленьких герметичных компрессоров с низкими внутренними объемами, но это не относится к герметичным компрессорам среднего размера, для типа, который обычно используется с маленькими тепловыми насосами и кондиционерами, или коммерческим холодильным оборудованием маленького размера. ДОД требования, с учетом качества материала, процедур производства и внешних утверждений, это - функция давления*внутренний объем ($P \times V$) компонента. Данные требования подпадают под ступенчатое изменение путем увеличения $P \times V$, но если флюид воспламеняем (т.е. принадлежит к «флюиду Группы 1»), тогда происходит повышение до более жестких требований при более низком $P \times V$, чем для невоспламеняемого хладагента («флюид Группы 2»). Таким образом, дополнительный спрос, предъявляемый к производителям, удержал их от крупномасштабного выпуска таких компрессоров.

Материалы

Материалы необходимо отбирать таким образом, чтобы они могли выдерживать прогнозируемые механические, термальные и химические напряжения.

Трубная обвязка

Разъемные соединения запрещены внутри заполненного пространства, за исключением для соединений на площадке, непосредственно подсоединяющих внутренний блок к трубной обвязке. Считается, что использование разъемных соединений в данном случае снизит риск воспламенения, вызванный такими инструментами как паяльные лампы, когда техническому персоналу необходимо проникнуть в систему. Во всех случаях трубная обвязка хладагента будет защищена или закрыта во избежание повреждения и не будет использована во время обработки или транспортировки.

Вспомогательные системы охлаждения и отопления

Когда система содержит вспомогательный теплообменник, теплообменник не позволит, в результате поломки испарителя или стенки конденсатора, выпуск хладагента в пространство, управляемый флюидом вспомогательного теплообмена. Среди мер по предотвращению данной проблемы следующая соответствует данному требованию: автоматический сепаратор воздух/хладагент, производящие сброс в вентилируемый корпус прибора или наружу, или теплообменник с двойной стенкой.

Защитные устройства и измерительные приборы

Любая система охлаждения больше указанного размера должна быть снабжена одним или более защитными устройствами; чем больше объем загрузки, давление и объем системы, тем больше комплексные уровни защиты. Потребуется один или два предохранительных клапана, в зависимости от рабочих характеристик компрессора, и от того могут ли клапана вывести из строя части системы. Для воспламеняемых хладагентов штепсели с предохранителем нельзя использовать как средство разгрузки давления. Что касается измерительных приборов, системы с

загрузкой хладагентом более 1 кг должны иметь соединения для барометров, а для более 2.5 кг хладагента, каждая сторона системы охлаждения должна быть снабжена барометрами. Аккумуляторы охлаждения в системах с загрузками более 2.5 кг, которые могут быть изолированы от системы, должны устанавливаться с индикатором уровня, который несомненно указывает по меньшей мере максимально допустимый уровень.

Электрические компоненты и другие источники воспламенения

Любая система, которая содержит воспламеняемый хладагент, не должна иметь потенциальные источники воспламенения, которые могут зажечь хладагент в случае утечки. Обычно это означает, что температуры поверхностей не должны превышать температуру самовозгорания хладагента, уменьшенную на 100 К, и что любой источник искрового разряда необходимо удалить или обезопасить. Для этого существует три варианта:

- Компонент сконструирован согласно стандарту EN 60079-15 (разделы 3 и 4 для газов или используемого хладагента группы IIA), который означает, что компонент герметичен и не допустит попадания просочившегося хладагента.
- Компонент – расположен в корпусе, который соответствует требованиям EN 60079-15 для корпусов, соответствующих использованию с газами или используемым хладагентом группы IIA.
- Компонент не располагается в зоне, где может собираться потенциально воспламеняемая смесь хладагента и воздуха – это подтверждено проверкой методом моделирования утечки. Данный метод моделирования утечки описан в каждом из стандартов (EN 378, DIS ISO 5149, EN/IEC 60035-2-24, -40, и -89), и требует, чтобы ряд утечек моделировался от разных частей оборудования, в то время как концентрация хладагента измерялась на потенциальных источниках воспламенения. Если концентрация хладагента никогда не превысит заданное значение для данного периода, тогда считается, что риска нет.

Принимая вышеизложенное во внимание, крупные производители отдают предпочтение использованию метода моделирования утечки за надежность и экономическую эффективность.

Маркировка и инструкции

Вместе с мерами по безопасности для дизайна и конструкции ХКО, стандарты также включают целый набор требований по изготовлению оборудования и инструкции, которые должны быть предоставлены, четко указывая как обращаться с данным видом оборудования без риска.

Маркировка

Ключевым аспектом, относящимся к безопасности, является гарантия того, что люди, которые будут работать на оборудовании, полностью ознакомлены с характером используемого хладагента. Таким образом, среди других маркировочных знаков, символ пламени на паспортной табличке прибора должен быть всегда видимым при доступе к деталям для проведения техобслуживания. Более того, символ для ознакомления с инструкцией пользователя, инструкцией по

ремонту и инструкцией по монтажу должен быть хорошо виден. Такие предупреждения как символ стандарта «осторожно, риск пожара» также должны быть хорошо видны, как и формулировки, что прибор необходимо монтировать и он будет работать в месте, соответствующем минимальному размеру помещения (в случае применения). Если оборудование будет установлено в специальном машинном отделении, соответствующая маркировка также должна быть видна перед входом. Данное требование указано во всех соответствующих стандартах (EN 378, DIS ISO 5149, EN/IEC 60035-2-24, -40, и -89).

Руководства и инструкции

Характерным для стандартов, которые допускают наличие оборудования с большим объемом заправки хладагентом (т.е. EN 378, DIS ISO 5149 и EN/IEC 60035-2-40), является требование предоставления в руководствах детальной информации по установке, обслуживанию и работе (будь то отдельные или общие руководства). Руководства будут включать всю необходимую информацию об оборудовании, такую как максимальная заправка хладагентом, минимальный расчетный воздушный поток, при необходимости, минимальная площадь пола помещения или любые другие специальные требования, а также соответствующие предупреждения. Важным является то, что они должны предоставлять необходимую информацию и инструкции по правильному обращению с воспламеняемыми хладагентами и задействованным оборудованием, выявлению хладагента, заправке, выводу оборудования из эксплуатации, изъятию, восстановлению и хранению хладагента, и вопросам, относящимся к гарантии целостности защиты электрических компонентов.

Важным аспектом является то, что они также включают специальные требования для персонала, имеющего дело с данным типом оборудования. Только компетентным специалистам, обученным использованию воспламеняемых хладагентов, разрешено открывать корпус оборудования или проникать в схему хладагента, и проводить техническое обслуживание и ремонт, требующие помощи другого квалифицированного специалиста, под контролем компетентного сотрудника.

Заключительные комментарии и выводы

С термодинамической точки зрения определенные УВ имеют отличные характеристики как хладагенты. Это - природные флюиды с отличными экологическими характеристиками: без ОРП и незначительным ПГП. Они также предлагают прекрасную способность смешиваться с минеральными маслами (синтетические смазки не требуются) и хорошую совместимость с обычными материалами, используемыми в холодильном оборудовании. Единственным реальным аргументом против применения хладагентов УВ в ХКО является вопрос безопасности при работе с относительно большими заправками УВ, а также специфическая потребность в адекватной практике монтажа и квалифицированный персонал для работы и технического обслуживания.

Хотя будущая замена синтетических хладагентов на натуральные, вероятно, зависит от возможно более ограничительных положений (или даже запрещающих) в отношении ГФУ в последующие годы, эволюция стандартов по их безопасному использованию является обязательной до возможной крупномасштабной

реализации таковых. К счастью, как описано в данном документе, имеется ряд Европейских и международных стандартов по использованию хладагентов УВ в ХКО, предусматривающие необходимые дополнительные меры безопасности в отношении дизайна, ремонта и обслуживания ХКО, использующего воспламеняемые хладагенты. Это обеспечит основу для развития будущей технологии холодильных установок с использованием УВ.

Обзор различных существующих стандартов и проектов стандартов подчеркивает ограничения максимальной загрузки и размера помещения, а также специальные требования по ХКО с использованием УВ, и другие параметры дизайна. Однако, стоит также отметить, что в то время как данные стандарты предоставляют инструкции по безопасному дизайну, существуют другие варианты, и при условии, что дизайн, создание и монтаж оборудования согласуются с соответствующими положениями и директивами, другие варианты тоже имеют право на существование.

Приложение 1: список стандартов и рекомендаций

Соответствующие Европейские Директивы

ДОД. Директива по Оборудованию, работающему под давлением. Директива Европейского Сообщества 97/23/ЕС

ДНН. Директива по Низкому Напряжению. Директива Европейского Сообщества 73/23/ЕЕС

ДБО. Директива по Безопасности Оборудования. Директива Европейского Сообщества 98/37/ЕС

ATEX. Взрывчатая Атмосфера. Директива Европейского Сообщества 94/9/ЕС

Международные стандарты

ISO 817: 2005 Хладагенты – Система обозначения

IEC 60335-2-24 Безопасность бытовых и идентичных электрических приборов – Конкретные требования для хладагентов, морозильных установок для пищевых продуктов и льдогенераторов

IEC 60335-2-34 Безопасность бытовых и идентичных электрических приборов – Конкретные требования для компрессоров со встроенным электродвигателем

IEC 60335-2-40 Безопасность бытовых и идентичных электрических приборов – Конкретные требования для электрических тепловых насосов, кондиционеров и осушителей

IEC 60335-2-89 Безопасность бытовых и идентичных электрических приборов – Конкретные требования для коммерческих холодильных приборов со встроенным или дистанционным конденсаторным агрегатом или компрессором хладагента

IEC 60079: 2001 Электрический прибор для взрывчатых газовых атмосфер

ISO 5149: 1993 Механические холодильные установки, используемые для охлаждения и обогрева – Нормы техники безопасности

ISO DIS 5149: 2007 Механические холодильные установки, используемые для охлаждения и обогрева – Нормы техники безопасности

Европейские Стандарты

- EN 60335-2-24 Безопасность бытовых и идентичных электрических приборов
Конкретные требования для хладагентов, морозильных установок для пищевых продуктов и льдогенераторов
- EN 60335-2-34 Безопасность бытовых и идентичных электрических приборов –
Конкретные требования для компрессоров со встроенным электродвигателем
- EN 60335-2-40 Безопасность бытовых и идентичных электрических приборов –
Конкретные требования для электрических тепловых насосов, кондиционеров и осушителей
- EN 60335-2-89 Безопасность бытовых и идентичных электрических приборов –
Конкретные требования для коммерческих холодильных приборов со
встроенным или дистанционным конденсаторным агрегатом или компрессором
хладагента
- EN 378: 2000 Холодильные установки и тепловые насосы – Требования
безопасности и охраны окружающей среды
- EN 378: 2007 Холодильные установки и тепловые насосы – Требования
безопасности и охраны окружающей среды
- EN 12693: 2008 Холодильные установки и тепловые насосы – Требования
безопасности и охраны окружающей среды – Позитивный рабочий объем
компрессоров хладагента

Национальные Стандарты и Коды

- DIN 7003 Холодильные установки и тепловые насосы с воспламеняемыми
хладагентами Группы L3 – Нормы техники безопасности (в настоящее время
отмененные)
- NPR 7600 Toepassing van natuurlijke koudemiddelen in koelinstallaties en
warmtepompen (в настоящее время отмененные)
- BS 4434 1995 Спецификация Аспектов Безопасности и Экологии по дизайну,
производству и монтажу холодильных установок и систем (в настоящее время
отмененные)
- IOR Свод Законов по безопасности для хладагентов A2 и A3, 2008, Институт
Искусственного Охлаждения, Соединенное Королевство.

Аммиак и его репутация в качестве хладагента

Андерз линдборг, Аммония Партнершип АБ, Швеция

Введение

Среди разработчиков и пользователей аммиака при охлаждении и в тепловых насосах, аммиак в отношении всех правил, стандартов и законодательных положений безопасности считается надежным и благоприятным хладагентом. Количество несчастных случаев и аварий со смертельным исходом - чрезвычайно мало по сравнению с другими рисками в обществе. Общество этого не знает и считает аммиак очень опасным и пугает тем, что для аммиака характерен тяжелый острый запах. Данный документ объясняет, что аммиак намного лучше репутации о нем.

В качестве хладагента, аммиак неповторим и обладает прекрасными термодинамическими качествами, которые к тому же оказывают благоприятное влияние на окружающую среду. Вся жизнь зависит от рециркуляции азота, где распад природных веществ на аммиак играет важную роль. Аммиак будет и далее использоваться в качестве хладагента, так как общество не может позволить себе не использовать его. Аммиак, о котором идет речь в данном документе, является безводным аммиаком (NH_3) только как хладагент и не используется в других областях таких как производство удобрений, сельскохозяйственное производство или химическая промышленность.

Существует мнение, что аммиак как ядовит, так и взрывоопасен, но это не совсем так, если кто-нибудь проверит определение «ядовитый» и «взрывоопасный». Это часто служило препятствием для рентабельности в холодильной промышленности. Большинство людей, в большей или меньшей степени, чувствовали запах аммиака, тогда как только немногие реально пострадали от него. Более того, хотя он и является воспламеняемым, аммиак не взрывается, он «вызывает тепловые ожоги» подобно ограниченному дыму при пожаре здания.

Представленная информация о риске = возможность x последствие для Скандинавских Стран, Германии, СК и США, так как она известна автору и ее можно проверить. Другие сообщества могут располагать другими примерами для сравнения.

Аммиак

Данная презентация не описывает термодинамические свойства аммиака или то, как система охлаждения, которая использует аммиак, спроектирована, построена и функционирует, а рассматривает общий вопрос безопасности. Системы аммиака, разработанные за последние 20-30 лет на основании законодательства о баллонах со сжатым газом, очень высокого качества, с отличными стандартами безопасности. Старые системы могут быть небезопасными и эксперты должны проверить их на риски (по крайней мере на коррозию). Утечка может произойти по

вине сервисного или операционного персонала, поэтому стоит гарантировать обучение и информацию, провести недорогие профилактические мероприятия.

Производство аммиака

Объем аммиака, который реально циркулирует на Планете, ежегодно составляет по крайней мере 3 миллиарда тонн. Каждый человек производит примерно 17 грамм за 24 часа, а корова 1 тонну в год. На промышленной основе производится около 150 миллионов тонн аммиака, из них примерно полмиллиона тонн используется в качестве хладагента. Подсчитано, что в США 5% от общего количества аммиака существует в системах охлаждения, и только 0.5% от общего количества произведенного аммиака используется в системах охлаждения. Большие в традиционном стиле системы охлаждения с использованием аммиака естественно теряют от 5 до 10% заправки в год, тогда как современные сборные системы характерны значительно меньшими потерями, немногим меньше 1%.

Хладагент аммиак

Аммиак был впервые использован в компрессионном процессе Дэвидом Бойлом в 1872 году в США. Карл вон Линде запустил свой первый компрессор для пивоваренного завода в Триесте в 1876 году [1], который он выбрал после того, как попытался использовать эфир, который взорвался в лаборатории; его второй выбор оказался более безопасным. С тех пор аммиак является доминирующим хладагентом для промышленных применений. Это происходит благодаря его уникальным, термодинамическим свойствам и тому, что системы охлаждения, которые используют аммиак, являются эффективными, а также рентабельными.

Запах - важное преимущество

Аммиак является единственным хладагентом, который имеет сильный характерный запах. При упоминании аммиака часто возникает негативная реакция и выражается мнение, что он опасен, токсичен и взрывоопасен, и имеет ужасный запах. На самом деле, запах является преимуществом, потому что даже самые маленькие утечки быстро обнаруживаются и впоследствии корректируются.

Сравнение с некоторыми другими новыми хладагентами

Теплота парообразования аммиака высока, а расход жидкости - низкий, поэтому используемая технология отличается от технологий с другими хладагентами (смотрите Таблицу 1 "Сравнение с другими хладагентами"). Именно низкий поток жидкости ограничил применение аммиака для меньшего объема охлаждения, хотя используя передовую технологию будущего он может стать альтернативой для маленьких систем.

Хладагент	Формула состава	Температура кипения °С	Теплота парообразования кДж/кг 1 бар абс.	Поток жидкост. дм ³ /с	Поток сжатого газа дм ³ /с	КП	ОРП	ПГП
134a	CH ₂ FCF ₃	-26.2	217	0.0056	0.814	4.60	0	1300
407C	32/125/134a	-43.8 -36.7	248	0.0055	0.492	4.51	0	1525
410A	32/125	-51.6 -51.5	271	0.0058	0.318	4.41	0	1725
507C	125/143a	-47.0	196	0.0089	0.461	4.18	0	3800
Аммиак	R 717, NH ₃	-33.3	1369	0.0015	0.463	4.84	0	0
Пропан	R 290, C ₃ H ₈	-42.1	426	0.0074	0.551	4.74	0	3
Углекислый газ	R 744, CO ₂	-56.6	350	0.0123	0.065	2.96	1	1

Таблица 1. Сравнение с хладагентами на кВт емкости охлаждения при -15/+30°C [2].

Теплота парообразования углекислого газа устанавливается при тройной точке в 56.6°C.

Для 407C и 410A характерно “постепенное понижение температуры”.

Свойства хладагента

С тех пор добавлены все свойства хладагента, перечисленные до Монреальского Протокола, оспариваемые в отношении экологических (ОРП и ПГП), зеотропных и азеотропных смесей и надкритического процесса. Необходимо учитывать все данные свойства, чтобы представить реальную картину хладагента. Например, хладагенты ГФУ не желательны для промышленных систем, потому что очень трудно предотвратить утечки, а стоимость замены заправки - очень высокая + двойной штраф. Более того, не существует идеального хладагента и, вероятно, что в течение ближайшего будущего не появится новый хладагент, имеющий свойства, соответствующие или лучше тех, которые мы имеем на сегодняшний день [3,4].

Несчастные случаи, информация и статистика по аммиаку

По системам охлаждения на базе аммиака существует литература, которой более 100 лет, но существует аспект, который до сих пор не рассматривался. Только небольшое количество людей, длительное время работающих с системами на базе аммиака, являются экспертами в данной области. Существует явная потребность в огромном объеме документации по теме аммиака в качестве хладагента с целью увеличения понимания и совершенствования доступа и уверенности в работе систем охлаждения на базе аммиака. Случаев с утечкой аммиака немного и они связаны с большим количеством существующих систем. Задokumentировано случаев с летальным исходом в США [5] (за последние 11 лет), СК (1975-2007), Швеции (с 1940 года), Дании, Норвегии и Финляндии (с 1945 года) и Германии за последние 20 лет. Данная информация приводит Ежегодный Показатель Смертности (ЕПС) равный < 2 на 1 000 000 000 населения в год. В качестве эталона ЕПС ежегодно забастовки без предупреждения в США составляют 32 на

миллиард в год, на транспорте в Швеции 5 на 100 000 в год и в период эксплуатации в Швеции - 5 на 1 000 000. Чтобы вместить данные значения в рамки контекста, эти и другие данные приведены на Схеме 1, куда также включен показатель социальных отношений к таким рискам.



Схема 1: Вероятность смертности в обществе, Проф. Ян Бергхманс, Леувен, Бельгия



Схема 2: Влияние на несчастные случаи: несчастные случаи со смертельным исходом происходят близко к месту утечки.

Какие люди пострадали и умерли от аммиака?

Несчастные случаи с аммиаком произошли и при изучении данных вопросов, люди, находящиеся вдали от системы, явно не пострадали. Люди, которые пострадали или умерли, находились на месте утечки., Схема 2, и обычно работали в системе. Эксплуатационный и сервисный персонал - это люди, которые находятся в зоне риска, составляющей всего несколько метров. Увечья можно избежать, если использовать средства индивидуальной защиты, такие как комбинезоны (никаких голых рук или ног летом), перчатки и защитные маски, полностью закрывающие лицо.

Схема 2 иллюстрирует, что случаи с летальным исходом и несчастные случаи, требующие лечения, произошли в нескольких метрах от утечки. На расстоянии 200 метров чувствовался характерный запах. 1500 метров является безопасным расстоянием для больших многотонных промышленных выбросов, например, складские резервуары или железнодорожные вагоны. Влияние выбросов в существенной степени зависит от погодных условий таких как температура, скорость ветра и изменение климата.

Категории реакции и нанесение вреда людям

Изучение, проведенное Бердом и Гермайном (1996), идентифицировало иерархию соотношений, которая касается разных уровней воздействия на конкретных лиц после утечки, Схема 3. Идентифицированы следующие уровни воздействия:

- **Непораженные** люди не знают об аварии или утечке и не чувствуют запаха.
- **Осознание** запаха очевидно и может идентифицироваться как аммиак, может потребоваться помощь, но не госпитализация.
- **Беспокойство** в зависимости от того насколько знающие люди осведомлены об аммиаке. Знающие уйдут, в то время как другие могут запаниковать. Некоторые

могут обратиться за медицинской помощью или даже лечением, без повреждения или увечья.

- Необходимо **лечение** и пораженного можно вылечить.
- **Неотложное лечение** при более жестких условиях и восстановление не возможны, например, при общем поражении глаза.
- **Летальный исход** и в большинстве случаев за последние декады только один человек.

Согласно соотношению 1:10:30:600 подсчитано, что в Швеции может быть от 3 до 5 утечек в год и ни одна не нанесла вред людям, тогда как некоторые можно не распознать.



Схема 3: Изучение соотношения несчастных случаев, Берд и Гермайн, 1996

Утечка в жарком климате

Климатические условия являются важным параметром, который касается утечки и его воздействия на людей в радиусе 100-300 м. Скорость ветра, температурный градиент и инверсионные свойства повлияют на концентрации газа. Во-первых, аммиачный пар - один из немногих газов, которые легче воздуха и, таким образом, он будет распространяться вверх. Утечка жидкости имеет тенденцию создавать аэрозоль, который собирает влагу из воздуха, и образует характерное белое облако. На близком расстоянии от места утечки жидкие капли испаряются и облако становится невидимым в стадии испарения. Распространение происходит лучше в теплом, чем холодном климате, а утечка будет иметь меньшее воздействие на окружение. Важна также высота утечки над землей, чем выше положение, тем ниже концентрация газа.

Игнорирование

Игнорирование приводит к негативному отношению к аммиаку, но более 95% людей в холодильной промышленности работают не с аммиаком, а с другими хладагентами и техническими решениями. Очень просто рассматривать ситуации, с которыми кто-то не может справиться, в не ситуации, которые можно истолковывать как представляющие угрозу работе компании. Многие организации и плановики сами не знают положения, связанные с аммиаком и все еще считают, что он не возможен в качестве альтернативы. Это естественно и вовсе не противоречит признанию и соблюдению Директивы по оборудованию, работающему под давлением, Директиве по оборудованию и современным стандартам, из которых все, при правильной интерпретации, приводят к безопасным системам аммиака.

Малая или минимальная заправка

Холодильная промышленность стремится разработать и создать системы с малым объемом заправки. Это - вариант для фторуглеродов, таких как ГФУ, где утечка недопустима по причинам затрат и экологии. Для снижения расходов в случае утечки аммиака используются секционирование и другие методы. Большая скрытая теплота и особое парциальное давление являются свойствами, которые затрудняют и даже делают невозможным опорожнение части системы, не считая утечки в жидкой фазе. Это означает, что огромные количества не могут вытекать из систем, работающих на аммиаке, но сильный специфический запах заставляет людей верить в то, что происходят утечки в гораздо больших количествах. Современные детекторы и секционирование снижают проблемы, которые возникают в связи с утечкой. В отношении аммиака не существует минимальной заправки, но существует правильная заправка. Так как малые заправки делают систему трудной для проектирования и работы, необходимо учитывать варианты заправки в системах.

Токсичность

Аммиак всегда описывают как ядовитый, но что такое яд? Приведем цитату Филиппуса Теофрастуса Бомбастуса фон Хохенгейма или Параселтуса, шведского врача, химика и философа (1493-1541), который сказал “отравление вызвано дозой”. Количество вещества, воздействию которого подвергся человек, является важным, как и само вещество. Согласно современному определению яд - это вещество, которое даже в малых количествах, оказывает опасное или смертельное воздействие на живые организмы. Невозможно скрыть аммиак, который является единственным хладагентом, который посылает предупреждение задолго до того, как концентрация может рассматриваться как опасная. Уровень концентрации, который обученный человек не может рассматривать как безопасную, (Таблица 2 “Физиологическое воздействие аммиака на человека”).

Газ промилль	Воздействие на незащищенного человека	Реакция человека	Время воздействия и контролируемые ограничения воздействия
5 ¹	Пороговое значение для обнаружения аммиака, температурно зависимого, легче при низкой температуре и сухой атмосфере		
20	Большинство людей чувствуют запах	Безопасен. Характерный запах = предупреждение!	Без ограничений в большинстве стран.
25	Характерный запах	Безопасен. Предупреждение!	МДК (МАС) (Максимально Допустимая Концентрация) в большинстве стран. ПДК- СВК (TLV-TWA) в США. (Предельно допустимая концентрация- Средневзвешенная во времени концентрация) OEL (Ограничение Воздействия при Исползовании)
35	Характерный запах	Безопасен. Предупреждение!	ПДК-ПКВ (TLV-STEL) в США. (Средневзвешенная во времени концентрация –Краткосрочная концентрация)
50	Запах очевиден. Неподготовленный человек захочет покинуть территорию	Безопасен. Предупреждение!	ПТ (порог токсичности(ATEL, Acute Toxicity Exposure Limit)), во многих странах разрешен 8 -часовой рабочий день. МДК=50 промилль в некоторых странах
100	Не наносит вред здоровью человека. Неприятен, может вызвать панику у людей, которые не подготовлены.	Безопасен.	Не ждите больше, чем потребуется.
200	Сильный запах	Безопасен.	Токсичный конечный пункт определяется ПУР АООС США (US EPA RMP (Risk Management Program))
300	Люди, имеющие опыт работы с аммиаком, покинут территорию.	Безопасен, опытный человек не реагирует	ЭРЖЗ (США, Экстренного Риска для Жизни и Здоровья), защитные маски не используются вне данного ограничения в США. ²
400-700	Мгновенное раздражение глаз и дыхательной системы. Не может выдержать даже привыкший человек.		В обычных условиях не будет вреда, даже если время воздействия до 30 минут.
1 700	Кашель, спазм голосовых связок, сильное раздражение в носу, глазах и дыхательной системе.		30-минутное воздействие приводит к травме и необходимо обратиться за медицинской помощью.
2 000-5 000	Кашель, спазм голосовых связок, сильное раздражение в носу, глазах и дыхательной системе.		30 минут или менее могут привести к смерти.
7 000	Потеря сознания, дыхательная недостаточность		Фатальный исход в течение нескольких минут.

Таблица 2. Физиологическое воздействие³ аммиака на человека

¹ Обнаружение 2-5 промилль возможно по запаху и зависит от человека, температуры воздуха и влажности. Преимуществом низкого сенсорного порога при обнаружении аммиака является то, что газ сразу предупреждает, и можно эвакуировать людей из опасной зоны. Присутствие аммиака ощущают даже люди без чувства обоняния, так как газ болезненно воздействует на слизистые оболочки и влажную кожу.

² Практическое использование защитных масок и нового К-фильтра показало, что их можно использовать в концентрациях от 10 000 до 15 000 промилль.

Компания Ammonia Partnership AB, Швеция

³ В случае воздействия, у человека редко бывает с собой измерительный прибор. Опыт основан на восстановлении после случившегося. Концентрация не ограничивается.

Воспламеняемость

Слово «взрывоопасный» используется по отношению к быстрому распространению огня, с распространением пламени на многие м/с и детонации в км/с. Так как аммиак сгорает с малой энергией - около половины по сравнению с СНГ- пламя распространяется незначительно: около 8 см/с согласно ISO 817 [6]. Аммиак может самовоспламеняться при температуре выше 651°C и, как хладагент, классифицируется по группе B2 (низкая воспламеняемость) согласно ISO 817 и ASHRAE 34. Диапазон воспламеняемости аммиака составляет от 15% до 28% или 33%, в зависимости от способа тестирования и ссылки. Аммиак может загореться только в закрытых помещениях, не снаружи на открытом пространстве без поддерживающего пламени, и таким образом не классифицируется как воспламеняемый относительно наружного применения. Для воспламенения аммиака, необходим источник возгорания с минимальной энергией, и эта энергия, по сравнению с другими воспламеняемыми веществами, значительная. Источник возгорания в промежутке искрового разряда должен быть большим, например, обычные искры в 3-х фазных 440 вольтных системах не имеют достаточно энергии для воспламенения аммиака, и, следовательно, это является причиной, по которой не существует требований в отношении взрывобезопасного электрического оборудования, когда он включен в системы охлаждения. Аммиак требует минимальной энергии воспламенения равной 14 мДж, тогда как метан, этан и пропан требуют 0.26 мДж, а водород требует 0.02 мДж.

Классификация пожара и стандарты безопасности

Согласно Европейской Директиве АТЕХ по Оборудованию, используемого в взрывоопасных средах, классификация не нужна для систем охлаждения, которые используют аммиак в качестве хладагента. Внутри системы произойти ничего не может. Это происходит при неправильной эксплуатации, когда система открыта или проводится обслуживание, что может стать проблемой для окружающей среды. Персонал, работающий с воспламеняемыми веществами, должен быть компетентен и хорошо знаком с тем, с чем он работает.

Последнее предложение prEN 378:2008 [7] Часть 3 Раздел 8.1 констатирует ... «в случае с хладагентами, которые обладают характерным запахом при концентрациях ниже ПТ/ПГ (порог токсичности/порог гипоксии), например, аммиака, детекторы для определения токсичности не нужны». В разделе 8.7 приводятся ограничения в 500 промилль или 30000 промилль...” с целью предупреждения об опасности и пожаре”. Данные уровни являются обязательными максимальными уровнями. Лицо, несущее ответственность за эксплуатацию, должно по возможности находиться на площадке в течение 60 минут. При более высоком уровне, все электрооборудование, которое может воспламенить газовую смесь в воздухе, необходимо отключить. 20% НУВ (Низкий Уровень Воспламеняемости) для аммиака, который равен 15% в воздухе, показывает 3% как самый граничный допустимый уровень. Можно использовать вентиляцию и детекторы, если оборудование взрывобезопасное. Данные инструкции также включены в DIN 8975-11 [8].

Радиус действия аммиака по воспламеняемости в воздухе и закрытых пространствах составляет 15-28%. Это - очень высокая концентрация и только люди с полной химической защитой могут оставаться в помещениях.

Открытое пламя не допустимо согласно стандартам безопасности. Это означает, что оголенные лампы накаливания являются возможным источником воспламенения, поэтому осветительную аппаратуру необходимо накрыть, например, пластиковой крышкой. Люминесцентное освещение также необходимо накрыть, хотя при использовании такие осветительные приборы не нагреваются. Пожар развивается быстро и зависит от объема помещения. Спустя несколько секунд после начала пожара расходуется определенное количество кислорода в помещении и равновесие аммиак/атмосферный кислород более не является воспламеняемым. Пожар затухает, если не загорается другой материал.

Аммиачные системы при пожаре

Когда пожар начинается в здании, в котором находится оборудование, работающее на аммиаке, аммиак не представляет реальной угрозы. Энергия и распространение пламени - низкие, а это означает, что ущерб от аммиака можно предотвратить, хотя всегда существует возможность вторичного воспламенения. Здание может быть повреждено, а системы с аммиаком могут вызвать утечку, но вытекший хладагент последует за горючими газами вверх и повлияет на окружающую территорию только неприятным запахом в достаточно ограниченной степени, или не повлияет вовсе. Следует отметить, что продукты сгорания аммиака - азот и вода - совершенно безвредны даже для глобальной окружающей среды. Это явно противоположно фторуглеродам, которые могут образовать фтористоводородную кислоту, карбонил хлорид (фосген), угарный газ и т.д. при сгорании, которые являются достаточно коррозионными и особенно токсичными, даже в малых количествах.

Коды и Стандарты Безопасности

В настоящее время системы охлаждения с использованием аммиака - достаточно безвредны, а аммиак используется более 150 лет. Несчастные случаи имели место, и их нельзя было утаить, так как аммиак имеет специфический запах. Интерес к причинам выброса или его последствиям относительно незначительный, но они часто сводятся к описаниям сильного, ужасного, «ядовитого» запаха.

В начале 1918 года в США были приняты первые директивы по безопасности для систем охлаждения. За ними последовали VBG 20 в Германии в 1933 году, и предшественник Кодекса об охлаждении в Швеции в 1942 году; в настоящее время стандарты существуют во многих Европейских странах. В Европе есть EN 378:2000 Части 1-4 [8], в США существует ASHRAE15 (Американское общество инженеров по нагревательным, охлаждающим и кондиционирующим установкам) и АНИС/МИКО 2. В Европе существует законодательство, отраженное в Директиве по Оборудованию, Директиве по Оборудованию, работающему под давлением, и Директиве АТЕХ, которые необходимо соблюдать при использовании, и более того, технология, материал и дизайн усовершенствованы. Сегодняшние системы прошли долгий путь в течение многих лет и в настоящее время являются безопасными.

Вентиляция машинных отделений

Стандарты охлаждения дают инструкции как проветривать помещения, в которых находится оборудование для аммиака. В целом, вентиляция необходимая для охлаждения очень высоких температур летом, выше чем требуется по стандарту. Так как требования вентиляции относятся к заправке системы, при малых объемах

заправки используются требования по объемному расходу воздуха. Но будьте осторожны! В некоторых случаях впоследствии потребовалось установить охладитель для снижения избыточного тепла. Вентиляция предотвратит концентрацию в помещении, помогая достичь уровня, при котором возможно возгорание. Правильно проводимая вентиляция означает, что пожары с присутствием аммиака в мире происходят редко.

Более часто спасательные службы запрещают вентиляцию машинного отделения для защиты находящихся рядом людей от острого запаха. Это создает конфликтную ситуацию безопасности рабочего места.

Позитивное Будущее и Холодильная Промышленность

В прошлом холодильная промышленность не была эффективной, оспаривая вопрос безопасности в отношении аммиака, и не смогла предоставить сообщение о том, что данный хладагент легок в обращении и является безопасным в работе при условии соблюдения существующих кодексов и законодательства по безопасности. Последнее кристально ясно и не требует дополнительной интерпретации.

Самые большие затраты, связанные с выбросом аммиака, относятся к очистке и установлению отношений с сообществом, и возобновлением и продолжением производства. Положить конец всем незначительным инцидентам! Запах от утечки аммиака нельзя скрыть – средства массовой информации распространят это гораздо быстрее, чем это заметят находящиеся по близости. Расстояние, чтобы почувствовать запах при самых плохих погодных условиях, составляет несколько сотен метров от места основного выброса. А средства массовой информации распространят запах по всему миру через несколько часов. Углеводороды также являются природными альтернативами для более малых мощностей и при больших химических применениях.

Будущее аммиака

Будущее аммиака положительное, так как он обладает прекрасными свойствами в качестве хладагента и, таким образом, будет использоваться. Аммиак всегда был хладагентом, используемым в больших, промышленных контекстах. Углекислый газ является хорошей, а в некоторых случаях применения лучшей альтернативой, а мотивация его использования может быть менее сложной, чем для аммиака в отношении безопасности. Углекислый газ является эффективной и интересной альтернативой для температур ниже -40°C . При кондиционировании воздуха очевидным хладагентом будет вода, если не будет использован аммиак.

С помощью усовершенствованного качества в системах с адаптированным объемом заполнения, будут разработаны многие новые применения аммиака. Возрастет политическое давление на ГФУ, а это приведет к новым техническим решениям с использованием природных хладагентов, к которым относится и аммиак. При правильном использовании аммиак характеризуется не только хорошим уровнем безопасности, но подразумевает и отличную рентабельность для своего владельца/пользователя.

Аммиак намного лучше своей репутации. Относитесь к аммиаку с уважением, так как он благоприятен для окружающей среды и предлагает наилучшую эффективность среди большинства хладагентов.

Ссылки

1. Роджер Тевенот, История Охлаждения по всему миру, МИО (Международный Институт Охлаждения), Париж 1979.
2. Американское Общество Инженеров по Теплу, Охлаждению и Кондиционированию воздуха (ASHRAE) Справочник 2001, Основы.
3. Джеймс М. Кам, Безопасность хладагента, Американское Общество Инженеров по Теплу, Охлаждению и Кондиционированию воздуха (ASHRAE) Журнал Июль 1994, стр. 17-26.
4. Джеймс М. Кам, Компетентные ответы относительно регулирования хладагентов, Технические системы, Октябрь 2003.
5. Риски при химической аварии в промышленности США – Предварительный анализ риска при аварии, произошедшей по причине Американского химического оборудования Джеймс С. Белке, Агентство по охране окружающей среды США (EPA), сентябрь 2000.
6. Т. Джаббур и Д. Клодик, ISO 817, TC86/SC8/WG5, Арлингтон, Вирджиния, сентябрь 2003
7. EN 378:2000. Данный стандарт не согласуется с MD и ДОД. Работа продолжается, новая версия предполагается к выходу в течение 2008 года.
8. DIN 8975-11 Kälteanlagen und Wärmepumpen mit dem Kältemittel Ammoniak.

Безопасность CO_2 в больших системах охлаждения

Самер Савалха, Королевский Технологический Институт,
Швеция

Введение

Безопасность представляет основной вопрос в любом случае применения охлаждения, и это в основном объясняет почему синтетические хладагенты доминировали в холодильной промышленности в течение десятилетий. Когда было установлено, что синтетические хладагенты наносят ущерб окружающей среде, был принят ряд положений по их использованию. Природные хладагенты представляют собой потенциальное долговременное решение, среди которых CO_2 является единственным невоспламеняемым и нетоксичным (в определенной степени, которая будет обсуждаться в данном исследовании), который может работать в цикле сжатия испарения при температуре испарения ниже 0°C , то есть его можно непосредственно использовать в общественных местах.

Когда аммиак или пропан используют в установках, которые работают в общественных местах, обычно используют косвенные системы, где общественные места обслуживаются с помощью вторичного хладагента, которым может быть рапа или CO_2 , а первичный хладагент, аммиак или пропан, хранится в машинном отделении. В данном случае утечка хладагента будет ограничена территорией машинного отделения, где должны быть установлены соответствующие приборы защиты. По сравнению с непосредственными расширительными системами, косвенные системы будут иметь более низкую температуру испарения благодаря разнице дополнительной температуры в теплообменнике в косвенной схеме. Это приведет к повышению дополнительной температуры в первичной схеме охлаждения, что вызывает увеличение мощности компрессора для той же мощности охлаждения. Более того, мощность необходимая для работы вторичного охлаждающего циркуляционного насоса увеличит эксплуатационные расходы косвенной системы.

CO_2 является относительно недорогим и уникальным среди природных хладагентов благодаря хорошим характеристикам безопасности. Что касается окружающей среды, в качестве естественного вещества CO_2 не обладает Озоноразрушающим Потенциалом (ОРП), Потенциалом Глобального Потепления (ППП) и не представляет непредвиденной угрозы окружающей среде. Сочетание всех данных факторов делают его почти идеальной жидкостью (с точки зрения безопасности и экологии) для применений, где необходимо достаточно большое количество хладагента.

Системы охлаждения супермаркетов и других больших систем охлаждения являются применениями, где CO_2 рассматривается как значимый кандидат по замене условных альтернатив. Впервые его использовали в качестве вторичного хладагента в косвенных системах. Знания, приобретенные на начальном этапе

изучения CO_2 и опыт, полученный на ранних установках с использованием CO_2 в коммерческих случаях, способствовали его более широкому применению в супермаркетах с различными системными концепциями. В последние годы применялись каскадные системы с CO_2 на минимальной уровне и транскритических системах, где CO_2 является единственной рабочей жидкостью. В настоящее время, например, в Швеции имеется более 100 установок CO_2 в косвенных системах, несколько каскадных установок и по крайней мере 20 установок с транскритической схемой.

В особых случаях охлаждения супермаркетов безопасность рассматривается более тщательно, потому что утечка может оказать воздействие на большое количество людей. Хотя большие исследования были посвящены разработке и анализу эксплуатационных показателей холодильных систем с использованием CO_2 в коммерческих применениях, было уделено намного меньше внимания детальному анализу аспектов безопасности в данном контексте. Некоторые исследования проводились по проекту ХКО для мобильного кондиционирования воздуха (Амин, Дайенхарт и др., 1999). Исследования сосредотачивались на уровнях концентрации в отсеке для пассажиров на случай утечки и на уровне взрывной энергии на случай неисправности элемента.

Данное исследование анализирует некоторые аспекты безопасности, относящиеся к использованию CO_2 в больших системах, в качестве практического примера выбран супермаркет. Для выбранного практического примера рассчитаны уровни концентрации в торговой зоне супермаркета и машинного отделения, которые имеют место в результате разных случаев аварии. Требования вентиляции в супермаркете учитываются при обычных условиях и во время утечки. Швеция взята в качестве учебного примера по причине большого количества установок, работающих на CO_2 , особенно в супермаркетах.

Для выбранного случая анализ результатов расчетов показал, что CO_2 не представляет исключительных рисков для здоровья потребителей и рабочих в торговой зоне, тогда как в машинном отделении необходимо определить требования по безопасности, а именно эффективной вентиляцией и соответствующей системой аварийной сигнализации.

Особенности безопасности CO_2

Распространенным предметом спора для систем CO_2 в супермаркетах является высокое давление при остановке. Если установка будет остановлена на техническое обслуживание, по причине неисправности элемента, отключения электричества или любой другой причине, то хладагент внутри установки начнет получать тепло извне, а давление внутри установки будет постепенно расти. Компоненты косвенной системы и низкотемпературный уровень каскада и транскритических систем не выдержат высокого давления, так как они обычно проектируются на максимальное давление в 40 бар.

Наиболее распространенной и самой легкой защитной технологией является выпуск небольшой части заправки CO_2 из установки, когда давление достигнет определенного предварительно установленного значения, следовательно, давление и температура CO_2 в установке будут понижаться. Если установка продолжает простаивать, то процесс будет повторяться и следовательно установку нужно вновь заправлять для компенсации потери заправки CO_2 . Тот факт что CO_2 является

недорогим, говорит в пользу данного решения по сравнению с другими более дорогими решениями, такими как дополнительный узел охлаждения или контейнер для аккумулялирования тепла. Положение предохранительного клапана следует выбрать тщательно, чтобы жидкий CO_2 не проходил через него, в противном случае будет формироваться твердый CO_2 (сухой лёд), который может заблокировать клапан. Сухой лёд будет образовываться, когда давление упадет ниже давления тройной точки, 5,2 бар, согласно классификации на Схеме 1. Инструкцию по отбору и позиционированию перепускных клапанов можно найти в EN 378: 2007 часть 2.

С другой стороны, образование сухого льда можно рассматривать как благоприятное при утечке в других частях системы, за исключением предохранительных клапанов. Увеличение коэффициента концентрации во время утечки будет ниже, чем в случае с утечкой пара в результате того, что образованный сухой лёд будет сдерживать смешивание между CO_2 и воздухом, ко времени, которое потребуется для сублимирования сухого льда. Более того, формирование сухого льда в месте утечки может заблокировать или ограничить поток.

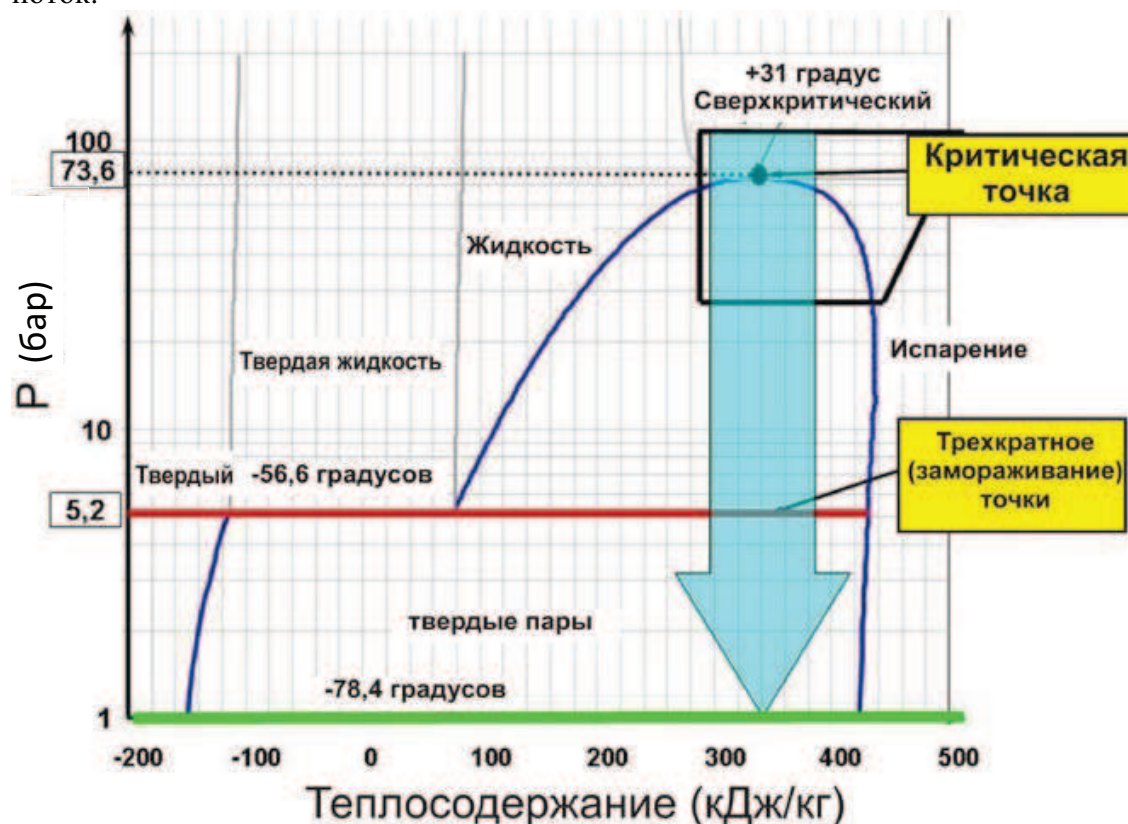


Схема 1: Диаграмма CO_2 P-h

Охлаждение супермаркета является относительно крупномасштабным применением, которое требует длинных распределительных линий и накопительный бак для растворов при использовании насоса. Это приводит к большому системному объёму и следовательно существенной заправке хладагентом. В случае неожиданной утечки уровни концентрации хладагента могут быть высокими, а количество человек в торговой зоне, которые могли подвергнуться воздействию, очень большим. Таким образом, вопрос безопасности является основным фактором при выборе типа системы и хладагента.

Углекислый газ (CO_2) является относительно безопасным хладагентом на фоне природных и искусственных рабочих жидкостей. Он входит в группу A1, согласно Руководству - Основные Принципы ASHRAE (Американское Общество Инженеров по Теплу, Охлаждению и Кондиционированию воздуха) (ASHRAE 2005). Это - группа, которая содержит хладагенты, которые менее опасные и без идентифицированной токсичности при концентрациях ниже 400 промилей. В действительности, CO_2 существует в атмосфере при концентрациях примерно 350 промилей, а для концентраций между 300 и 600 промилей люди обычно не замечают разницы. Углекислый газ (CO_2) имеет идентичную классификацию согласно ISO 817: 2005, который является международным стандартом для классификации безопасности хладагента. Он входит в группу A1, куда входят хладагенты с низкой токсичностью и невоспламеняемые хладагенты.

Согласно ASHRAE (ASHRAE 1989), для создания комфорта внутри помещения рекомендуемый лимит концентрации углекислого газа (CO_2) составляет 1000 промилей, так как в системе вентиляции CO_2 необходимо подавать свежий воздух для того, чтобы уровень концентрации CO_2 не превышал данного значения. Это - случай применения, когда в результате различной деятельности человека ожидается малая частота генерации CO_2 . Однако, в случае высокой интенсивности утечки, которая может произойти в супермаркете или машинном отделении, необходимо учитывать последствия серьезных рисков для здоровья, таких как удушье.

Следующая таблица является перечнем отобранных уровней концентрации CO_2 и предполагаемые воздействия на здоровье человека.

Промиль	Воздействия на здоровье	Ссылка
350	Нормальное значение в атмосфере	(Бирг 1993)
1,000	Превышение не рекомендуется для здоровья человека	(ASHRAE 1989)
5,000 ¹	Предельно допустимая концентрация - Средневзвешенная во времени концентрация) (ПДК-СВК) ²	(Райберер 1998)
20,000	Может воздействовать на дыхательную функцию и вызвать возбуждение, за которым последует подавление центральной нервной системы. 50% увеличение частоты дыхания	(Бергманз и Дупрез 1999)
30,000 ³	100% увеличение частоты дыхания после кратковременного воздействия	(Амин, Динхарт и др. 1999)
50,000 (40,000) ⁴	Значение ЭРЖЗ ⁵	(Райберер 1998)
100,000	Самая низкая смертельная концентрация	(Бергманз и Дупрез 1999)
	Несколько минут воздействия приводят к потере сознания	(Хантер 1975)
200,000	Зафиксированы случаи со смертельным исходом	(Бергманз и Дупрез 1999)
300,000	Быстрые воздействия, выраженные потерей сознания и конвульсиях	(Бергманз и Дупрез 1999)

Таблица 3: Различные концентрации CO₂ и предполагаемые последствия для здоровья

Углекислый газ имеет основной недостаток, который заключается в том, что он сам не сигнализирует об отсутствии отличительного запаха или цвета. Это означает, что оборудование, где может произойти утечка CO₂, должно быть оснащено датчиками, которые приводят в действие сигнал тревоги, когда уровень концентрации превысит 5000 промилей, выше которого концентрация CO₂ может повлиять на здоровье. Углекислый газ тяжелее воздуха и, таким образом, при утечке будет собираться близко к полу; поэтому датчики и вентиляторы на территории, где может произойти утечка, следует размещать близко к полу.

-
- ¹ Управление охраны труда (OSHA) пересмотрела Допустимый Предел Воздействия (ДПВ): Средневзвешенная во Времени Концентрация (СВК), которую нельзя превышать в течение 8 часов в день 40 часов в неделю.
 - ² Предельно допустимая концентрация (ПДК): Средневзвешенная во Времени Концентрация, которая может повторно воздействовать в течение 8 часов в день 40 часов в неделю без отрицательного результата.
 - ³ Предел Кратковременного Воздействия (ПКВ): 15-минутное воздействие Средневзвешенной во Времени Концентрации (СВК), которую вообще нельзя превышать в течение рабочего дня
 - ⁴ Национальный Институт Охраны Труда и Здоровья (NIOSH) пересмотрел значение Экстренного Риска для Жизни и Здоровья (ЭРЖЗ)
 - ⁵ ЭРЖЗ: максимальный уровень, при котором можно спастись в течение 30 минут без каких-либо симптомов, причиняющих вред здоровью, или любых необратимых воздействий на здоровье.

Являясь недорогим и относительно безопасным, он позволяет использовать большие заправки хладагента и обеспечивает гибкость в дизайне системы. Следовательно, переполненные испарители, которые требуют больших заправок хладагентом, можно использовать для промежуточных и низкотемпературных уровней. Тем не менее, предположительно заправка CO_2 не будет очень высокой по сравнению с другими хладагентами благодаря тому, что компактный размер отсеков CO_2 и линии подачи будут способствовать уменьшению заправки. Учитывая опыт работы на некоторых установках, расчет количества заправки CO_2 в супермаркетах можно найти в Хайнбок (Хайнбокел 2001); около 5.25 и 1.7 кг/кВт для вторичных и каскадных систем, соответственно. Конечно, это следует рассматривать как приблизительный расчет, потому что он будет отличаться в каждом конкретном случае.

В случае разрыва элемента тот факт, что CO_2 имеет относительно высокое рабочее давление по сравнению с другими хладагентами, поднимает вопросы, касающиеся рисков воздействий взрыва, ударных волн и разлетающихся фрагментов. Согласно описанию и исследованию, проведенному Петтерсеном и другими (Петтерсен, Армин и др. 2004), степень потенциального ущерба можно охарактеризовать сначала как взрывную энергию, которую можно рассчитать как энергию, выпущенную при расширении хладагента, содержащегося в компоненте или системе. Во-вторых, как вероятное распространение Взрыва Расширяющихся Паров Кипящей Жидкости (ВРПКЖ), который может создать более серьезное воздействие взрыва по сравнению с обычным расширением хладагента. ВРПКЖ может иметь место, когда емкость с содержанием нагнетаемой предельной жидкости быстро сбрасывает давление, например, в результате трещины или начинающегося разрыва. Неожиданная разгерметизация ведет к взрывоопасному испарению и кратковременному пику избыточного давления, которые могут разорвать емкость.

В отчете Петтерсена и др. (Петтерсен, Армин и др. 2004), взрывоопасная энергия на кг CO_2 - высокая по сравнению с R22. Однако, когда беспроточную систему кондиционирования воздуха в жилых помещениях с равноценными мощностями охлаждения или обогрева и идентичной эффективностью сравнивают с более маленьким объемом и заправкой системы хладагентом CO_2 реальная взрывная энергия имеет тот же радиус действия.

В системе супермаркета предполагаемая взрывная энергия может быть выше, чем в случаях с традиционными системами. Это происходит в результате присутствия накопительного бака в большинстве систем CO_2 , что увеличивает заправку и объем системы. Однако, взрывная энергия является большей проблемой в системах, где люди находятся близко к компонентам системы, таким как мобильное кондиционирование и кондиционирование жилых помещений. В системах супермаркета компоненты высокого давления находятся в машинном отделении и линии распределения обычно находятся на расстоянии от потребителей.

Что касается возможного ВРПКЖ в контейнерах с CO_2 , Петтерсен (Петтерсен 2004) подтверждает, что наблюдались максимальные перепады давления при проведении испытаний, превышающих начальное давление только в несколько бар. Таким образом, было сделано заключение о том, что нет причины для ВРПКЖ в аккумуляторах или ресиверах системы CO_2 .

Для оценки рисков, имеющих отношение к случаям с утечкой в супермаркете, были рассчитаны возможные уровни концентрации на торговой территории супермаркета и в машинном отделении, которые получены при разных авариях, для

изучения практического примера. Теоретический анализ покажет ограничения для самых высоких уровней концентрации, которые не могут быть получены в супермаркете.

Учебный пример

В качестве основы для расчета был взят пример супермаркета в категории маленький-средний (имеющий отношение к установкам CO₂ в Швеции). Размеры торговой зоны составляют примерно 40x30x5 м, а размеры машинного отделения 10x10x3 м. Мощность установки составляет около 30 кВт при низком уровне температуры и 75 кВт при среднем уровне температуры. Углекислый газ используется в качестве вторичного хладагента при низкотемпературном уровне в косвенной системе, на данной установке допускается 100 кг заправки CO₂. Данные параметры почти идентичны параметрам супермаркета на территории Хедемора, расположенного около 200 км к северо-западу от Стокгольма.

Концентрация CO₂ рассчитана по разным сценариям аварии, которые отличаются в зависимости от двух основных параметров: местонахождение утечки и расход утечки CO₂.

Основными двумя местами в супермаркете, где могла произойти утечка, являются машинное отделение и торговая зона. Анализ риска проведен для двух таких точек. Хладагент может протечь с разными расходами, которые начинаются с гипотетического случая, когда хладагент выходит из установки моментально и полностью, приводя к самой высокой возможной концентрации. Самый низкий расход, используемый при расчетах, базировался на двухчасовой утечке.

При расчетах допускается, что происходит хорошее смешивание и что хладагент течет с постоянной интенсивностью до тех пор, пока из установки не выйдет вся заправка. Значение концентрации CO₂ 365 PPM использовалось при подаче свежего воздуха и как начальное значение в помещении.

Анализ риска в торговой зоне

На основе размеров выбранного супермаркета, если предполагается, что CO₂ полностью выйдет в пределах торговой зоны за очень короткий промежуток времени, то максимальная концентрация CO₂ составит примерно 9,270 промилей. Данный уровень концентрации намного превосходит допустимые уровни для находящихся в непромышленных зданиях, значение 1000 промилей в Таблица 3. До 1989 года Администрация по охране труда и здоровья (OSHA) установила значение концентрации 10,000 промилей как Допустимый Предел Воздействия (ДПВ). Большинство Агентств, Национальный Институт Охраны Труда и Здоровья (NIOSH), Американская Конференция Правительственных Промышленных Гигиенистов (ACGIH), и комиссия МАК в Германии, которые установили стандарты по охране труда, использовали ПДК-СВК 5000. Значение ПДК-СВК обычно сочетается со значением Предела Кратковременного Воздействия (ПКВ) 30,000 промилей, которое намного превышает самую высокую концентрацию возможную в торговой зоне (9,270 промилей). Соответственно, предполагается, что

авария, связанная с утечкой в пределах торговой зоны, не представляет риска для здоровья людей, находящихся внутри.

Когда принимается во внимание подача свежего воздуха, концентрация CO_2 на территории упадет после часа вентиляции согласно уравнению, приведенному ниже (Петерсон 1986), которое представлено кривой на Схеме 2.

C_{1h} - концентрация через час (промилль), C_{max} максимальная начальная концентрация (промилль), а N - скорость воздухообмена (1/h).

$$\frac{C_{1h}}{C_{max}} = \exp^{(-N)} \quad 1$$

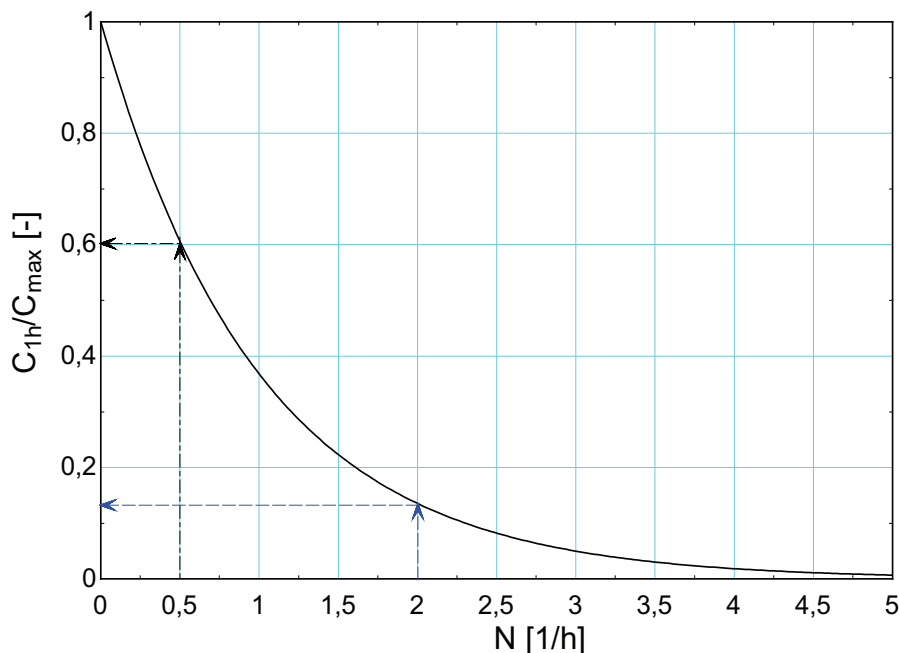


Схема 2: Влияние кратности воздухообмена на концентрацию

Что касается торговой зоны, стандарт ASHRAE 62 (1989) рекомендует около 0.5 воздухообменов в час (ВОЧ), что дает приблизительно 40% снижения начальной концентрации CO_2 после часа вентиляции, что можно увидеть на вышеприведенной схеме.

Если допускается, что заправка CO_2 улетучится при постоянной интенсивности подачи, то концентрация кг/м^3 рассчитывается как функция времени согласно нижеприведенному уравнению (Петерсен 1986), а результаты, выраженные в промилль, для торговой зоны представлены на Схеме 3. Предполагалось, что заправка CO_2 улетучивается при постоянной интенсивности подачи в течение разных промежутков времени 15 минут, 30 минут, 1 часа, и 2 часов. Генерация CO_2 от находящихся внутри людей не принималась во внимание при расчетах.

$$C_{(kg/m^3)} = \frac{\dot{m}_{CO2}}{N \times V} + C_{air} - \left\{ \frac{\dot{m}_{CO2}}{N \times V} + C_{air} - C_0 \right\} \cdot \exp^{(-N \cdot t)} \quad 2$$

Где \dot{m}_{CO_2} удельный массовый расход CO_2 (кг/ч), V - объем территории (m^3), C_{air} - концентрация CO_2 в свежем воздухе (кг/ m^3), C_0 - начальная концентрация (кг/ m^3), а t время в часах.

При регулируемой концентрации CO_2 кратность воздухообмена в торговой зоне должна увеличиться, когда концентрация достигнет значение близкое к 1000 промилей для того, чтобы довести концентрацию CO_2 до обычного уровня. В данных расчетах допускалось, что данная вентиляционная система имеет постоянное значение 0.5 ВОЧ, несмотря на уровень концентрации CO_2 .

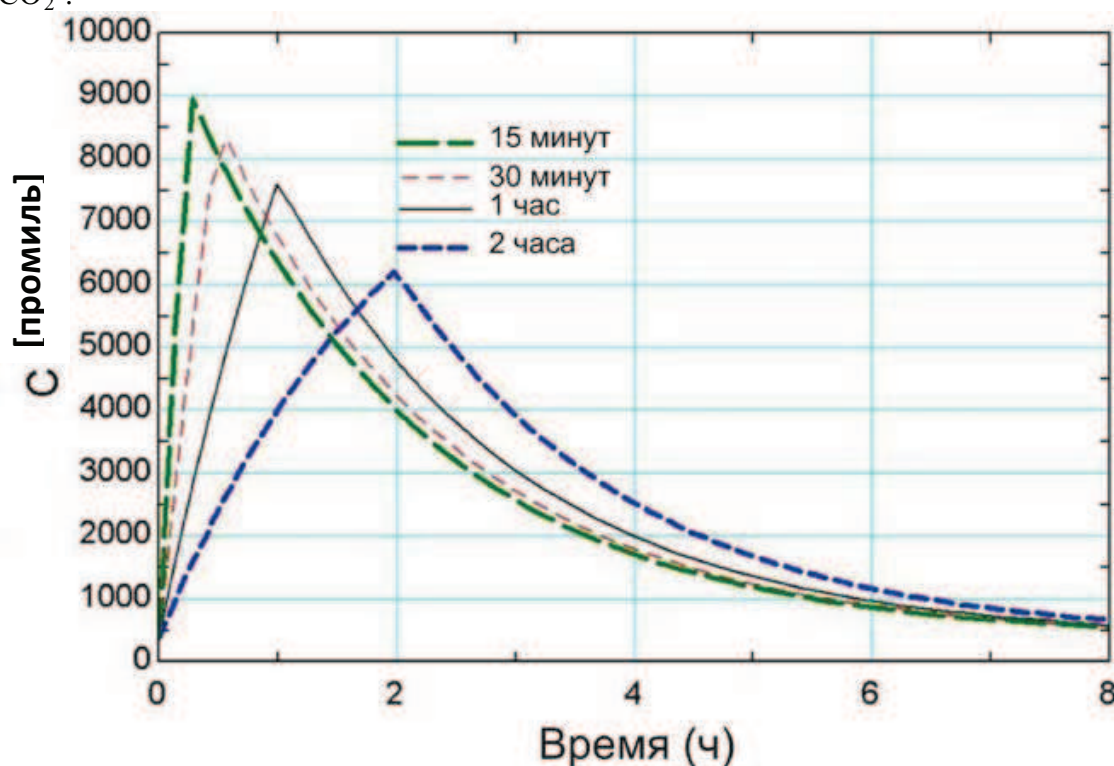


Схема 3: Концентрация CO_2 по отношению ко времени в торговой зоне в течение 15-минутной, 30-минутной, 1- часовой и 2-часовой утечки.

Результаты на Схеме 3 показывают, что концентрация CO_2 резко возрастает в течение предполагаемых периодов утечки. Это происходит в результате того, что интенсивность утечки CO_2 намного превышает интенсивность замены воздуха, загрязненного CO_2 , на свежий воздух, поступающий в результате вентиляции. В конце периода утечки (спустя 15, 30, 60, и 120 минут) концентрация CO_2 достигнет пика, потому что в данный момент заправка CO_2 полностью улетучилась из установки в торговую зону. Впоследствии концентрация CO_2 понижается показательным образом в результате эффективности вентиляции, которая заменяет воздух, загрязненный CO_2 , на свежий воздух.

Рассматривая сценарий аварии с самым высоким пиком концентрации, почти 9000 промилей в течение 15-минутной утечки, очевидно, что уровень концентрации CO_2 в торговой зоне не представляет риска для здоровья клиентов и рабочих супермаркета. Однако, сигнализация необходима для того, чтобы предупредить о проблеме утечки, поэтому находящиеся внутри должны соблюдать

соответствующие процедуры безопасности, и необходимо проводить должное техническое обслуживание.

Анализ риска в машинном отделении

Если в машинном отделении применяется тот же сценарий, когда заправка полностью и мгновенно улетучивается, то концентрация составит около 185,300 промилей. Это - очень высокая концентрация по сравнению со значением в 200,000 промилей, указанным в Таблице 1, при котором отмечались случаи со смертельным исходом. Таким образом, необходимо реализовать защитные меры соответствующей аварийной системы на базе детекторов CO₂ и эффективных вентиляционных систем с регулированием CO₂.

Согласно Техническим Условиям Проектирования Швеции (СвенскКилНорм 2000), в машинном отделении рекомендуется минимальная норма вентиляции 2 ВОЧ. Данное значение приводит к 86% падению первоначальной концентрации CO₂ спустя час после подачи свежего воздуха, подтвержденному в Схеме 2. Согласно стандарту EN 378, если машинное отделение занято в течение длительных периодов, например, используется как рабочее место для материально-технического обеспечения строительства, то норма вентиляции должна составлять по крайней мере 4 ВОЧ.

Вентиляционная система в машинном отделении должна регулировать CO₂; а согласно Техническим Условиям Проектирования Швеции, когда уровень концентрации в машинном отделении достигнет ПДК в 5000 промилей, интенсивность подачи свежего воздуха (м³/ч) должна возрасти согласно формуле:

$$\dot{V} = 50\sqrt[3]{M^2} \quad (3)$$

Где M - заправка хладагента (кг). Увеличение нормы вентиляции сопровождается низким сигналом тревоги, визуальным и акустическим сигналом аварийной системы в машинном отделении и на обозримой территории за пределами отделения. Когда уровень концентрации достигает 50,000 промилей (значение ЭРЖЗ), приводится в действие аварийная система с максимальным сигналом тревоги, и рабочие должны немедленно покинуть машинное отделение (СвенскКилНорм 2000).

Это также согласуется с Европейским Стандартом EN 378, который гласит, что системы обнаружения хладагента будут устанавливаться в машинных отделениях, если заправка системы составляет выше 25 кг. Системы обнаружения хладагента будут устанавливаться для задействования сигналов тревоги и инициировать вентиляцию, если уровни повысятся до 50% предела кратковременного токсического воздействия (ПКТВ), который составляет около 20000 промилей (2 % от объема). Система срочной вентиляции не будет производить более 15 ВОЧ.

Схема 5 показывает, что при утечке продолжительностью 2 часа отсутствуют последствия для здоровья рабочих, так как значение ЭРЖЗ не достигнуто (максимальное значение составляет примерно 26,150 промилей). Кривая концентрации выравнивается до значения 25,000 промилей в результате того, что коэффициент выделения CO₂ почти равен интенсивности утечки. В случае 1-часовой утечки, самое высокое значение составляет примерно 50,500 промилей, а аварийный сигнал будет громко срабатывать в течение только 4 минут, когда будет превышено значение ЭРЖЗ.

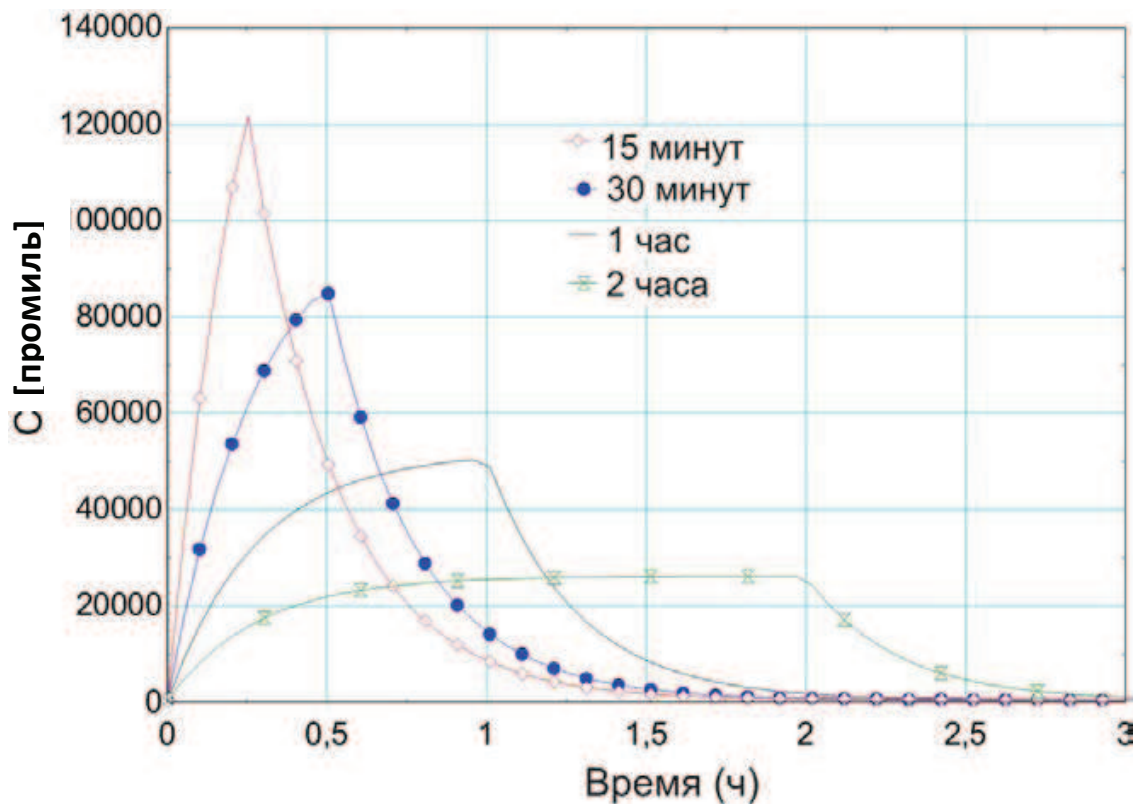


Схема 4: Концентрация CO₂ по отношению ко времени в машинном отделении в течении 15-минутной, 30-минутной, 1- часовой и 2-часовой утечки.

Проблема будет достаточно серьезной в случае кратковременной утечки всей заправки CO₂, в течение 30-минутной утечки достигается значение 86,000 промилль. Согласно установочным параметрам сигнальной системы, установленной в машинном отделении, низкий сигнал тревоги будет срабатывать спустя менее одной минуты с момента начала утечки, и будет продолжаться почти 12 минут до тех пор пока не сработает сильный сигнал тревоги. Это означает, что у рабочих есть, по крайней мере, 12 минут, чтобы покинуть место до того, как будут достигнуты критические уровни концентрации CO₂.

В случае 15-минутной утечки, низкий сигнал тревоги будет активирован, по крайней мере, 5 минут до того, как сработает сильный сигнал тревоги. Это дает время для того, чтобы быстрее покинуть машинное отделение, но будет также отмечено, что период, в котором будет превышено значение ЭРЖЗ, составляет 25 минут, означая, что время воздействия для уровней высокой концентрации CO₂ также короткое.

Высокие концентрации, полученные в машинном отделении, подразумевают необходимую реализацию специальных процедур безопасности. Тот факт, что CO₂ является бесцветным газом без запаха, означает, что для определения увеличения концентрации газа необходимо установить соответствующую систему обнаружения.

Схема 6 уточняет средства защиты, которые необходимо установить в машинном отделении. На схеме указано, что акустические и мигающие сигнальные устройства необходимо установить на месте, видимом как изнутри, так и снаружи помещения.

Схема также демонстрирует, что детекторы и выхлопные вентиляторы установлены на низком уровне близко к полу.

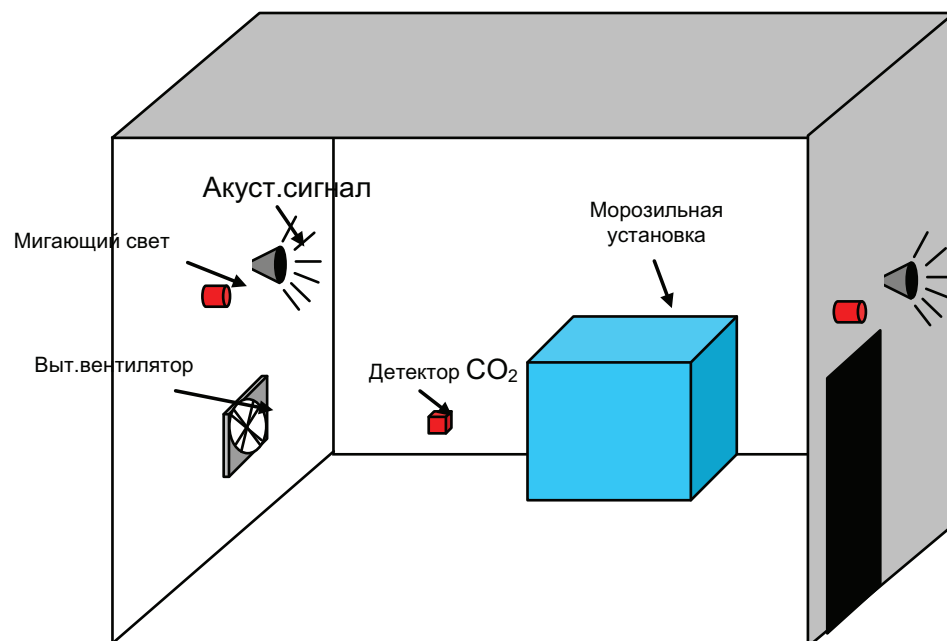


Схема 2: Упрощенный рисунок машинного отделения и необходимое оборудование/устройства для обеспечения безопасности

Обсуждение предположений и результатов

Результаты, представленные в данной главе, основаны на упрощенных предположениях и предназначены для описания ситуации на конкретном примере. Предполагалось, что хладагент вытекает с постоянной интенсивностью, что на практике совсем не встречается, где скорость потока будет вероятно выше на первых этапах утечки, а затем будет ослабевать в результате снижения давления в системе.

Предполагалось, что хладагент полностью улетучится из системы, необходимо учитывать, что когда давление в системе падает до 5.2 бар, внутри системы будет образовываться и медленно сублимироваться сухой лед. То же самое происходит и с жидким CO_2 , вытекающим из системы в окружающую среду. Более того, образование сухого льда в месте утечки может уменьшить интенсивность утечки и заблокировать место утечки. Когда давление внутри системы упадет до давления окружающей среды, часть хладагента останется в системных компонентах и распределительных линиях.

Самое длинное время утечки продолжительностью два часа, которое используется в расчетах, считается очень коротким. На практике полная утечка происходит редко, а, если это случается, это происходит в течение нескольких часов. Следовательно, это будет способствовать задержке увеличения концентрации.

В связи с тем, что CO_2 в 1.5 раза тяжелее воздуха, он будет иметь тенденцию скопления; таким образом, распределение концентрации CO_2 в воздухе не будет однородным, как принято в данных расчетах. Значения концентрации, приведенные в данном материале, не обязательно представляют, что человек будет этому

подвержен, потому что концентрация на средней высоте роста человека может быть выше или ниже расчетного значения, если допустить хорошее смешивание. Тот факт, что датчик будет установлен на уровне близком к полу, означает, что он будет замерять более высокую концентрацию, чем на средней высоте роста человека. Это будет ранним предупреждением и более длительным временем утечки, чем конечные значения, полученные в результате предположения однородной концентрации.

В соответствии с вышеизложенным, можно сделать вывод, что данная модель прогнозирует среднюю концентрацию CO_2 в машинном отделении и торговой зоне. Она также предполагает, что коэффициент увеличения концентрации и времени утечки будет намного больше по сравнению с расчетами.

Более того, анализ, сделанный в данной главе, не учитывает особые случаи прямого и закрытого контакта с вытекающим потоком CO_2 , которые могут произойти с техническим персоналом в машинном отделении. Это означает, что человек будет подвержен очень высокой концентрации за короткое время, что может привести к потере сознания. Кожные ожоги возможно не произойдут благодаря тому, что CO_2 не испаряется при атмосферном давлении (Петерсен, Армин и др. 2004). Требования по безопасности в машинном отделении в больших холодильных системах будут идентичны обсуждаемому случаю в данном исследовании. Однако, уровни концентрации в машинном отделении и общественных местах будут зависеть от заданных параметров каждого конкретного случая. К тому же анализ данного исследования можно использовать в качестве инструкций для оценки, и он может указать на возможные риски.

Выводы

В результате анализа результатов расчетов ясно, что использование углекислого газа в охлаждении супермаркетов не затрагивает исключительных рисков для здоровья клиентов и рабочих в торговой зоне. К тому же, в торговой зоне, особенно в местах, где возможна утечка и предполагаются высокие локальные концентрации в случае утечки, необходимо установить датчики обнаружения CO_2 . Следует отметить, что даже если заправка CO_2 и размер торговой зоны супермаркета и машинного отделения идентичны рассматриваемому примеру, случай каждого супермаркета должен рассматриваться отдельно с учетом геометрических вариантов и местонахождений распределительных линий.

Очевидно, что в машинном отделении необходимо соблюдать требования безопасности такие как соответствующая вентиляция и аварийная система.

Дж.Амин, Б.Дайнхарт и др. (1999). Аспекты безопасности в системе кондиционирования с углекислым газом в качестве хладагента. АИА Симпозиум по Автомобильным Системам с Альтернативным Хладагентом, Скоттсдейл, Аризона, США.

ASHRAE (1989). ASHRAE Стандарт 62, Вентиляция для Допустимого Качества Внутри помещений.

ASHRAE (2005). ASHRAE Справочник, Основы. Американское Общество Инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха, Инк., США, Атланта.

Д.В.Бирг (1993). Качество воздуха внутри помещений и системы ОВКВ, Издательство Левис.

Дж.Бергманз и Х.Дупрез (1999). Аспекты безопасности тепловых насосов CO₂. 6-я Международная Конференция МЭА Международное Энергетическое Агентство по тепловым насосам, Берлин, Германия.

EN 378: 2007 Системы охлаждения и тепловые насосы – Требования безопасности и экологии.

Б. Хайнбокель, (2001). "CO₂ используемый в качестве вторичного и первичного хладагента при НТ охлаждении супермаркета." Kl Luft-und Kältetechnik (Вентиляция и охлаждение)(10).

Д.Хантер. (1975). Заболевания находящихся в помещении. Лондон, Англия, Ходдер и Стоттон.

ISO 817: 2005 Хладагенты – Система маркировки

Ф.Петерсон. (1986). Требования вентиляции. Стокгольм, Факультет Отопления и Вентиляции, Королевский Технологический Институт.

Дж. Петерсон. (2004). Экспериментальное исследование Расширения Кипящей Жидкости в Емкости с содержанием CO₂. Приложение 27: Рассматриваемые вопросы по CO₂ в системах сжатия, Заключительный отчет, МЭА Центр Тепловых Насосов.

Дж.Петерсен, Х.Армин и др. (2004). Некоторые аспекты безопасности паровых систем сжатия CO₂. Приложение 27: Рассматриваемые вопросы по CO₂ в системах сжатия, Заключительный отчет, МЭА Центр Тепловых Насосов.

Р.Райберер. (1998). CO₂ в качестве рабочего флюида для тепловых насосов. Технологический Университет, Грац, Австрия.

СвенскКилнорм (2000). Kylbranschens Samarbetsstiftelse, Свенск Килнорм. Стокгольм, Швеция

Безопасность приборов, работающих на углеводородных хладагентах

Даниэль Колбурн, Компания Ре-фридж, СК

Введение

Безопасность заслуживает внимания при использовании любого хладагента касательно рисков, связанных с токсичностью, асфиксией, взрывами под давлением, механическим повреждением и т.д. Использование углеводородных (УВ) хладагентов подразумевает дополнительный риск, это - воспламеняемость. Предварительными способами управления данным риском являются согласованность с соответствующими законными требованиями (такими как национальные или региональные положения), правила техники безопасности такие как EN 378, и промышленные нормы и правила (такие как НиП МОИО для хладагентов группы A2/A3). Данные стандарты предписывают параметры дизайна и конструирования, включая, например:

- Максимальные и допустимые объема заправки хладагентом и ограничения размера помещений
- Использование неискрящих или герметичных электрических компонентов
- Применение предохранительных клапанов и регулирование давления
- Использование детекторов охлаждения и механической вентиляции

Однако, соответствие данным требованиям не гарантирует низкую степень риска, и в действительности существенные понижения рисков, связанные с использованием воспламеняемых хладагентов, в дополнение к уже доступным только путем применения соответствующих стандартов, можно получить путем продуманного и детального анализа оборудования на основании предполагаемого использования в течение срока службы. Таким образом, в данной статье дается разбивка факторов, которые содействуют риску, связанному с использованием воспламеняемых хладагентов, сразу после появления их на рынке. (Это включает работу, сервисное обслуживание и вывод из эксплуатации, но не производственные и заводские меры предосторожности.)

Схема 7 является схематической иллюстрацией последствий событий, которые ведут к нежелательным последствием. Сначала необходимо выполнить два условия: утечка хладагента и присутствие потенциального источника воспламенения. После утечки хладагент смешивается с окружающим воздухом в пропорциях, которые приводят его в состояние воспламеняемости, это происходит в том же месте в пространстве и во времени, когда активизируется потенциальный источник воспламенения; это может привести к воспламенению смеси. Случай воспламенения может привести к одному или более «первичным» последствиям, которые зависят от местных условий: пароструйное пламя, вспыхивающее пламя, и/или взрыв (который характеризуется развитием достаточного сверхдавления в результате расширения газов). Взаимодействие данных первичных последствий с

окружением ведет к вероятным «вторичным» последствиям: тепловое повреждение от излучаемого тепла, вторичное пламя возможно из-за наброса факела или достаточного сверхдавления, что вызывает нанесение вреда имуществу или человеку.

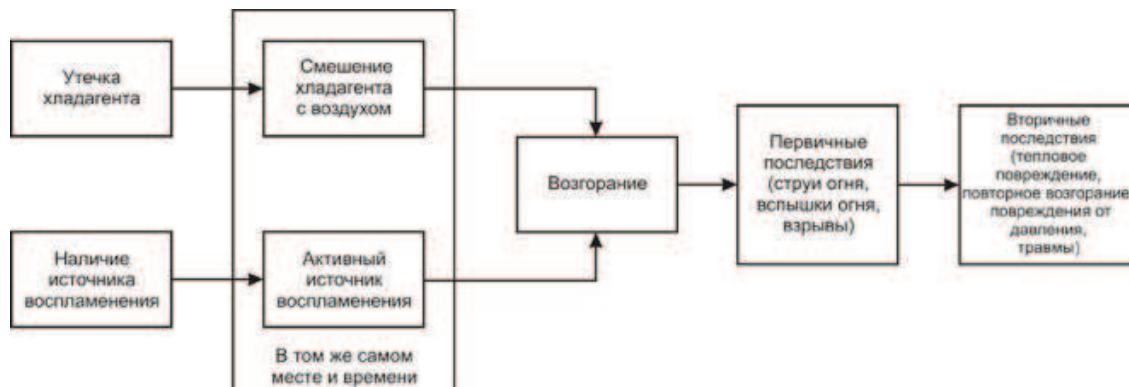


Схема 1: Основное последствие событий, вызванное воспламеняемыми хладагентами

Здравым подходом является разбор каждого этапа и связи между ними, как показано на Схеме 1, с тем чтобы можно было использовать особенности конструкции и трудовые навыки для снижения риска. Подобная стратегия, конечно, свойственна соответствующим правилам техники безопасности, но причины по которым указаны определенные требования, редко являются очевидными, поэтому более фундаментальное понимание предмета позволяет во время производства, монтажа, обслуживания и других процессов тщательно адаптировать такие требования для соответствия характеристикам специального оборудования.

Анализ сценария аварии

Принимая во внимание последовательность событий на Схеме 7, становится очевидным, что лучше избежать воспламенения, чем вкладывать огромные средства для сведения к минимуму тяжести последствий. Таким образом, во-первых, важно получить оценку компонентов, которые ведут к воспламенению, а это относится к возможности совершения определенных событий. Вероятность воспламенения (P_{ign}) является функцией трех основных факторов:

- Вероятность утечки, P_{leak}
- Вероятность скопления хладагента для образования воспламеняемой концентрации, P_{flam}
- Вероятность наличия активных источников воспламенения, P_{soi}

Таким образом, вероятность воспламенения может быть равна продукту данных трех факторов (уравнение 1).

$$P_{ign} \cong P_{leak} \times P_{flam} \times P_{soi} \quad (1)$$

Хотя следует признать, что устранить риск полностью невозможно (т.е. $P_{ign} = 0$), так как вероятность утечки будет существовать всегда, а если утечка имеет место, должна быть по крайней мере бесконечно малая воспламеняемая территория, а шанс источника воспламенения, который каким-либо образом проник на участок, есть всегда. Тем не менее, это соответственно наталкивает на вывод о способствующих факторах, общих принципах сведения риска воспламеняемости к минимуму:

- Уменьшить вероятность утечки
- Уменьшить возможность аккумуляирования вытекшего хладагента
- Уменьшить наличие источников воспламенения

Этого можно достичь разными путями в зависимости от рассматриваемой ситуации, и дальнейшие разделы дают общее представление о том, как добиться этого. Однако, при этом необходимо проанализировать риск путем дискретизирования проблемы согласно физической локализации и типу выполняемой деятельности, так как соответственно меняются причины аварии, воспламенения и возможностей ослабления.

Пример данного подхода приведен на Схеме 2, где анализируемые ситуации разбиты следующим образом с учетом наличия газа и потенциальных источников воспламенения:

- В пределах помещения, во время обычной операции
- Связано с оборудованием, во время обычной операции
- В пределах помещения, в период сервисного или технического обслуживания
- Связано с оборудованием, в период сервисного или технического обслуживания

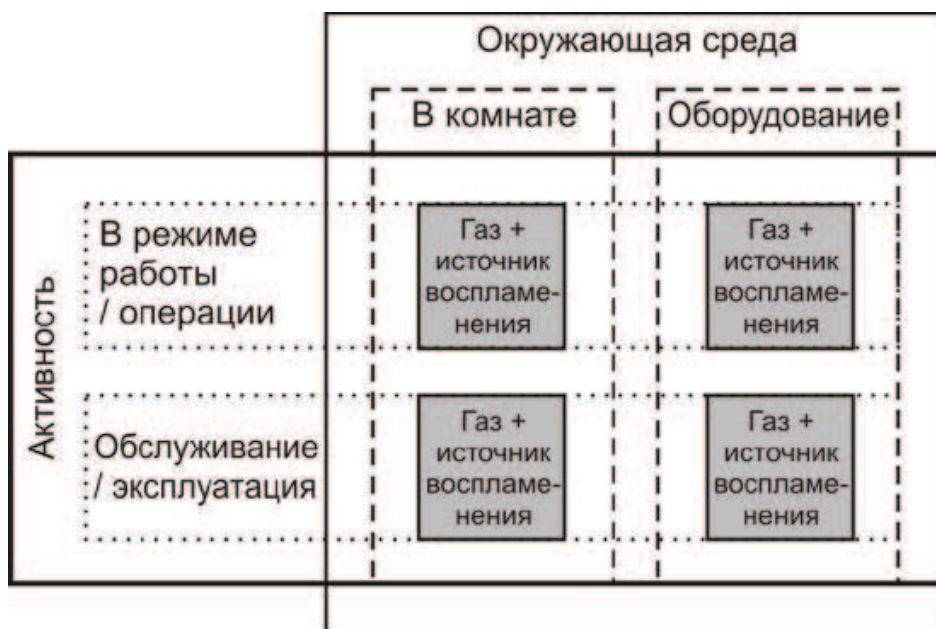


Схема 2: Идентификация рассматриваемых ситуаций

Для иллюстрации при проведении сервисных и технических работ предполагается использовать оборудование, которое может иметь источники воспламенения, обычно не присутствующие при обычной операции (такие как регенерирующие

установки и паяльные лампы), и/или электротехнические устройства на оборудовании, которые могут подвергнуться воздействию во время сервисного обслуживания. Аккумулирование вытекшего хладагента в пределах оборудования также следует рассматривать и регулировать по-разному, по сравнению с вариантом его дальнейшего вытекания или выхода в окружающее пространство.

Утечка хладагента

Утечка хладагента может произойти из любой части системы, содержащей хладагент, и из сервисного оборудования, который также временно используют для переноса хладагента. Утечка может произойти во время обычной операции или в период сервисного обслуживания, и может явиться результатом одной или более причин. Если данные причины можно будет идентифицировать, а технологии адаптировать к их уменьшению, то ссылаясь на уравнение (1), риск воспламенения можно уменьшить. Таблица 1 перечисляет ряд механизмов, которые могут вызвать утечку, а также ряд методов ее уменьшения. В общем, на этапе проектирования необходимо учесть сочетание исторической информации (замечания и предложения о прежде установленном или в настоящее время установленном оборудовании), правила, перечисленные в стандартах, тестирование продукта и обучение технического персонала (с тем, чтобы физическая конструкция была сделана согласно предполагаемому дизайну). Более того, во время сервисного или технического обслуживания, если схема нарушена, важно переделать соединение, чтобы оно было по меньшей мере того же качества.

Активность	Механизм	Примеры уменьшения
В употреблении/ действии	Внешнее механическое воздействие Усталостное/механическое упрочнение Механический износ Коррозия Коррозионное растрескивание Сдвиговое деформирование в результате гармоник цепи Соединения в результате плохой конструкции Компоненты низкого качества	Соблюдение стандартов на материалы Соблюдение соединительных стандартов Лабораторное тестирование Эксплуатационные испытания/исторические данные Правильный дизайн схемы Обучение рабочего
Обслуживание/ Техническое обслуживание	Внешнее механическое воздействие Механическое воздействие во время обслуживания Намеренное вторжение техника в схему Случайное вторжение техника в схему Отсоединение и повторное подключение загрузочных шлангов	Проектирование надежного корпуса Соответствующая маркировка и уведомления Обучение технических специалистов

Таблица 1: Примеры механизмов отключения и уменьшения утечек

При оценке риска, представленного выбросом хладагента, полезно получить оценку природы обычных утечек. Схема 3 является некоторым исходным материалом примера утечки, который произошел от испарителя, установленного в

холодильной камере, в которой концентрация хладагента контролируется датчиком в течение установленных интервалов времени. Видно, что утечка инициируется в одно и то же время, что и цикл размораживания, и хотя с этого момента продолжается скачкообразная утечка, она всегда усугубляется циклом размораживания. Это происходит в результате более высокой температуры, вызванной отопительными приборами, которые расширяют конструкционные материалы, таким образом, форсируя открытие отверстий для утечки. Схема 4 показывает другую ситуацию, где утечка происходит из относительно малого отверстия размером с булавку, до катастрофической утечки примерно через 15 дней. Причина данного явления не ясна, но вероятно это сочетание вибрации вдоль трубы, и колебания температуры и давления.

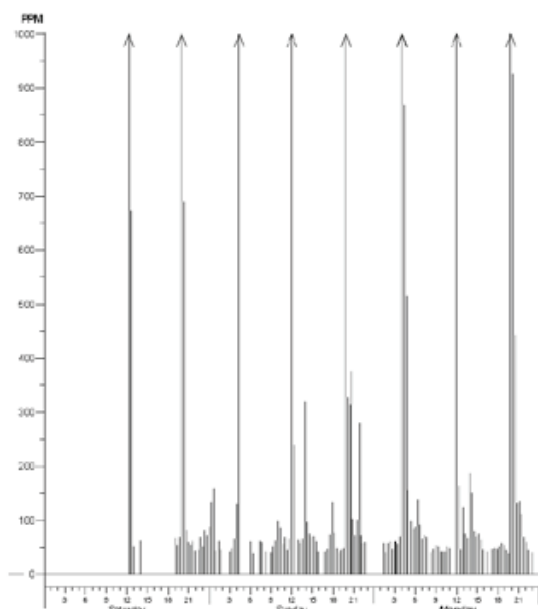


Схема 3: Обычная утечка из испарителя, которая усугубляется циклом размораживания (3 в течение дня) (Айэрз, 2000)

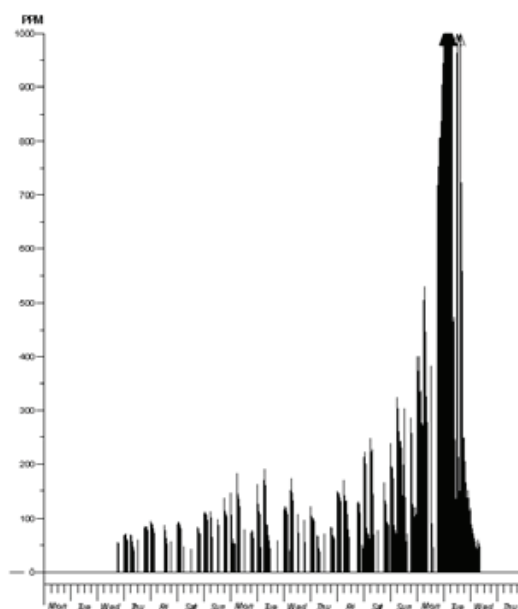


Схема 4: Эволюция «катастрофической утечки» от трубного соединения в течение 15 дней (Айэрз, 2000)

Вышеприведенные примеры являются типичными для большинства утечек, за исключением внешнего механического воздействия или намеренного вскрытия. Таким образом, следует признать, что мгновенного выброса всей заправки хладагента вероятно не произойдет, вместо постепенного развития утечки, которое может достичь наивысшей точки в основном выбросе оставшейся заправки. Такие характеристики утечки хладагента могут также представляться в переводе на вероятность утечки конкретного размера.

Схема 5 представляет возможность утечки разных размеров, например, утечка в левом дальнем углу является «катастрофической», где вся заправка может выйти в течение четырех минут, тогда как в правом дальнем углу утечка размером с булавку, из которой заправка системы может выйти более чем за один день.

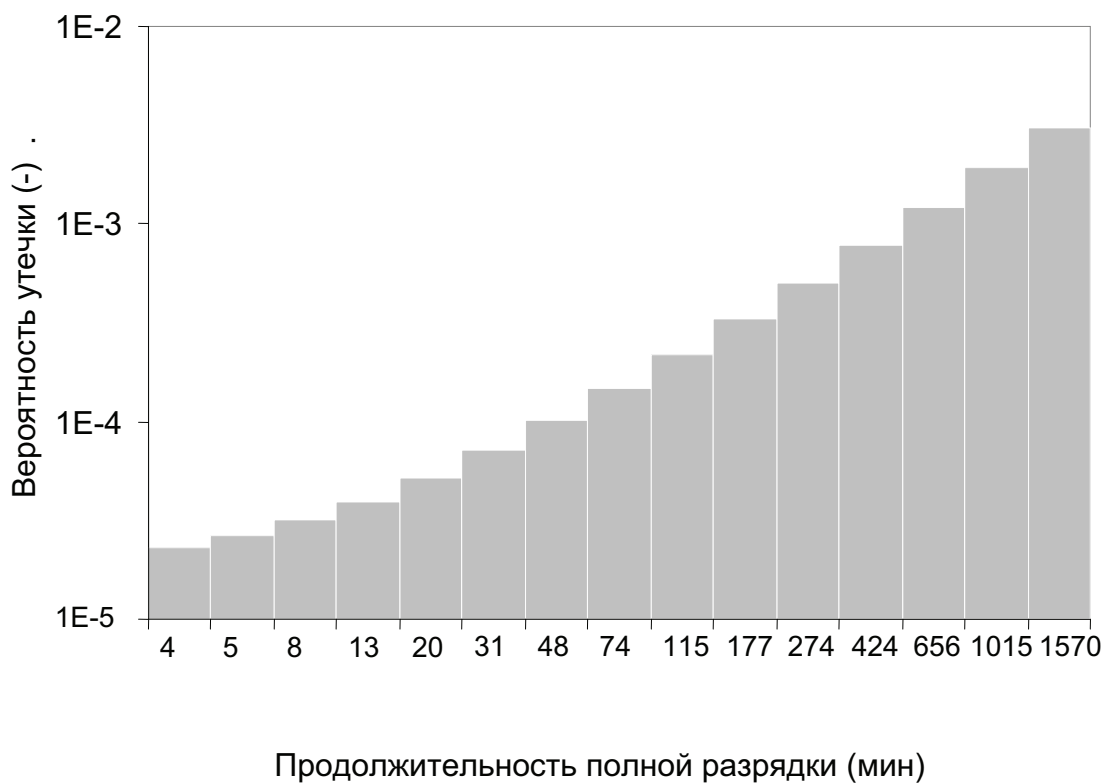


Схема 5: Распределение вероятности для разных размеров полной утечки хладагента из систем среднего размера

Дисперсность хладагента

Как только произойдет утечка, риск становится функцией поведения газа по отношению к окружающей среде. В частности, выброс может быть вызван хладагентом с внешней стороны замкнутого пространства холодильного оборудования или внутри корпуса. Если утечка происходит внутри корпуса, то она может быстро выйти за пределы оборудования, или аккумулироваться внутри. Например, если условия таковы, что хладагент, выходящий из отверстия, моментально смешивается с окружающим воздухом на очень большом расстоянии, то количество воспламеняющегося материала будет незначительным и вероятно не вступит в контакт с источником воспламенения, то есть малым P_{flam} . И наоборот, если утечка хладагента занимает относительно малое пространство при минимальном движении воздуха, то в результате его плотности, которая выше плотности воздуха, он может собираться и существовать в течение более длительного периода времени в пределах лимитов воспламенения. Чем больше данное «облако» и чем дольше оно существует, тем больше вероятность того, что оно вступит в контакт с активным источником воспламенения, в результате приводя к большому P_{flam} .

Схема 6 иллюстрирует данную концепцию формирования воспламеняемой зоны; это - объем смеси газ/воздух, которая представляет собой концентрацию между

нижним пределом возгорания (НПВ) и верхним пределом возгорания (ВПВ). Для углеводородов, НПВ и ВПВ составляют приблизительно от 2% до 10% объема в воздухе. Продолжительность существования данной воспламеняемой зоны может называться временем воспламенения. Таким образом, продукт воспламеняемого объема \times время воспламенения могут рассматриваться пропорциональными риску; использование методики его снижения приводит к снижению риска.

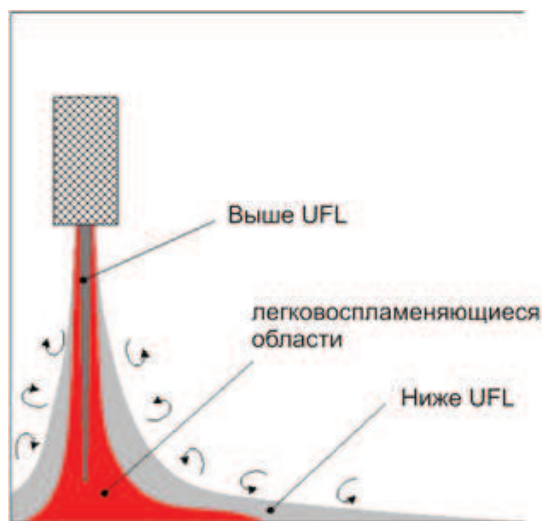


Схема 6: Иллюстрация воспламеняемой зоны после утечки хладагента из испарителя в помещение



Схема 7: Иллюстрация воспламеняемой зоны после утечки хладагента внутри корпуса оборудования и постепенного выхода смеси

Обычно размер и продолжительность воспламеняемой зоны относятся к концентрациям, которые развиваются после утечки хладагента. Данные концентрации меняются согласно большому количеству переменных величин, некоторые из которых можно регулировать, а некоторые нет. Как указано выше, утечка в окружающую среду с большим объемом движения воздуха приведет к низким концентрациям, тогда как высокие концентрации будут иметь место в окружающей среде при условиях равновесия.

Немного отличается ситуация, которая проиллюстрирована на Схеме 7, где утечка происходит в пределах корпуса холодильного оборудования. С учетом уровня локализации, только относительно маленькое количество хладагента может выйти из корпуса, и происходит быстрое развитие воспламеняемой концентрации, и таковой она остается в течение длительного времени. Малый объем корпуса содействует однородному смешиванию хладагента и воздуха в большой концентрации, следовательно, с продолжающимся проникновением воздуха, вероятно, что воспламеняемая концентрация всегда может присутствовать. При данной ситуации важно гарантировать прохождение как можно большего потока воздуха через корпус, что, конечно, потребует механической вентиляции.

Таблица 2 перечисляет количество параметров, которые влияют на концентрацию и, таким образом, на легковоспламеняющийся объем - выход хладагента. В левой колонке указаны параметры, которые можно учесть при проектировании оборудования, тогда как в правой колонке указаны параметры, которые нельзя

регулировать при проектировании оборудования. Например, для сведения к минимуму вероятности высоких концентраций, происходящих вслед за утечкой, оборудование можно спроектировать с минимальной заправкой хладагентом, воздушным потоком испарителя (или холодильника) для выброса с более высокой скоростью, и возможно установкой как можно большего количества частей, содержащих хладагент.

Можно регулировать с помощью проектирования	Нельзя регулировать с помощью проектирования
Заправка хладагента в меньшем объеме	Более маленький размер помещения на массу единицы хладагента
Большая скорость воздуха в пределах помещения	Высокий коэффициент инфильтрации помещения или плохая герметичность помещения
Выпуск воздуха на низлежащем уровне	Более высокая тепловая мощность от источников тепла для увеличения внутренней конверсии
Выпуск воздуха вниз	
Более длительный период вентиляции	Фаза выхода жидкости (вместо пара)
Выход хладагента на высоколежащем уровне	Высокая скорость выхода хладагента
Выход хладагента близко к выходу вентиляции или наоборот	Выход хладагента вверх
	Более длительный период выхода хладагента

Таблица 2: Параметры, которые приводят к более низким концентрациям и меньшим зонам воспламеняемости

Иллюстрация того, как определенные параметры влияют на максимальную концентрацию на уровне пола в пределах помещения после выхода R-290 приведена на Схеме 8 (Колбурн и Суэн, 2003). Рассматриваемая ситуация представляет полный «катастрофический» выход 0.5 кг заправки в течение 3½, 7 и 14 минут, в зависимости от диапазона интенсивности воздушного потока. (Размер канала воздушного потока является стационарным, поэтому более высокий процент воздушного потока приводит к более высокой средней скорости воздуха в пределах помещения.). Оборудование (части, содержащие хладагент, и выходное отверстие канала воздушного потока) устанавливается примерно на уровне 1 м выше уровня пола. В данной ситуации можно видеть, что концентрация на уровне пола намного выше при низких воздушных потоках, но по мере возрастания скорости воздуха, это происходит при смешивании утечки, и, таким образом, при более высоких воздушных потоках наложение в пределах помещения почти исключено. К тому же по мере возрастания времени утечки (выравнивание до более низкого процента массового расхода) улучшается также смешивание выброса, а при экстраполяции можно увидеть, что любая утечка, происходящая в течение более длительного периода, также полностью исключит стратификацию.

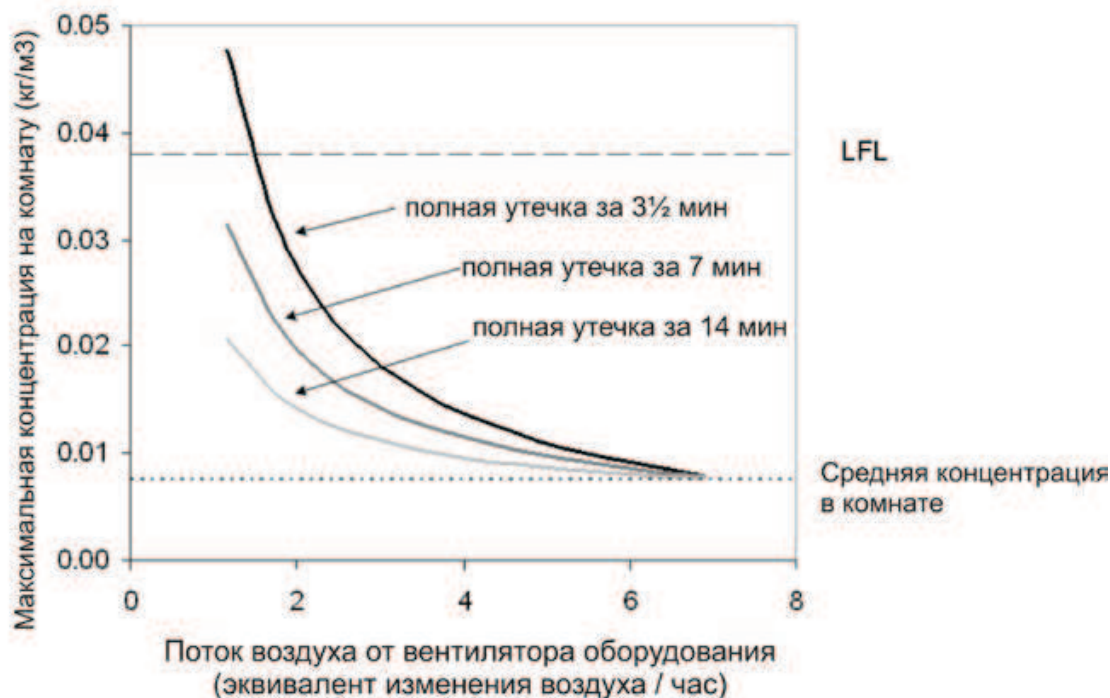


Схема 8:Примеры максимальной концентрации на уровне пола с изменениями воздушного потока и продолжительности утечки в помещении

На базе идентичных условий вышеупомянутого примера, Схема 9 и Схема 10 демонстрируют как данные параметры влияют на размер и время действия воспламеняемой зоны (Колбурн и Суэн, 2004). На примере, приведенном на Схеме 9, видно, что существует показательное снижение воспламеняемого объемо-времени, так как увеличивается продолжительность утечки всей заправки хладагента. Более драматичным является просто понижение воспламеняемого объемо-времени путем незначительного увеличения скорости воздуха в пределах помещения (Схема 10).

Полезным методом исследования и впоследствии сведения к минимуму P_{flam} является моделирование легковоспламеняемого объемо-времени и экспериментального определения концентраций, образуемых при утечках из разных мест и при разных обстоятельствах. Возможности, такие как использование механического воздушного потока в пределах оборудования и помещения, могут вводиться или модифицироваться для того, чтобы помочь рассеять потенциальный выброс хладагента до безопасных концентраций.

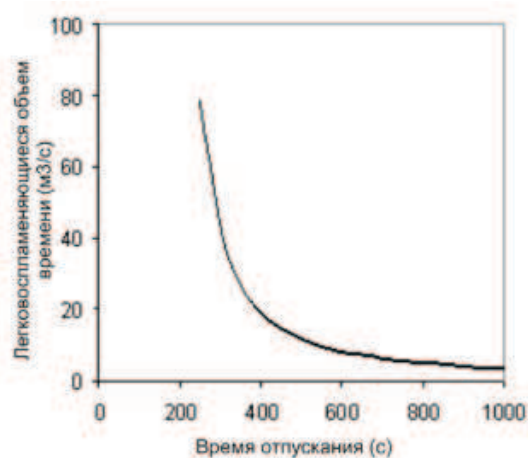


Схема 9: Влияние времени утечки хладагента на легковоспламеняемую зону

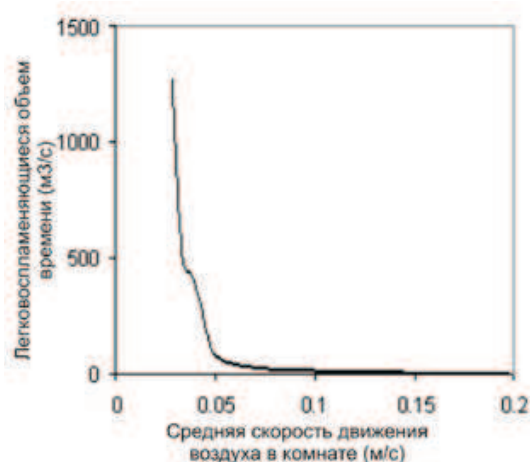


Схема 10: Влияние скорости воздуха в помещении на быстровоспламеняемую зону

Источники воспламенения

Потенциальными источниками воспламенения в первую очередь являются переключатели (ручные, мембранные, термостатические, синхронные, реле, контакторы, переключатели, срабатывающие при перегрузке и т.д.). Это относится к использованию компонентов, которые герметичны, закрыты, в твердом состоянии или специально расположенные (согласно тестированию имитации утечки), как описано в соответствующих стандартах по технике безопасности, таких как EN 378. Однако, в зависимости от метода, используемого во избежание источников воспламенения, следует учитывать его целостность в течение срока эксплуатации. В частности:

- Герметичные или закрытые компоненты. Поврежденный компонент можно заменить на компонент недостаточной герметичности, или после проведения ремонта компонента на месте, герметизация может быть случайно повреждена. Более того, общий износ компонента, например в связи с погодными условиями или коррозией, может также сделать его небезопасным согласно требованиям стандартов по технике безопасности.
- Компоненты твердого состояния. Так как такие устройства обычно не производят искр, в случае перегрузки или производственных дефектов, может возникнуть излишняя температура, образование дуги или даже открытое пламя.
- Специально расположенные компоненты. Рекомендуется использование метода, при котором проводится тестирование для идентификации местонахождения потенциальных источников воспламенения в местах, которые не будут подвергаться воспламеняемым концентрациям в случае утечки, так как это устраняет потенциальные осложнения, детально изложенные выше. Однако, важно, во-первых, гарантировать, что испытания тщательно проводятся и анализируются, так как легко допустить ошибку при выполнении данного метода (Гиджил, 2004), и во-вторых нельзя повторно позиционировать тот же или идентичный компонент.

В дополнение к вышеизложенному, стоит оценить потенциал частей, которые обычно не принимаются во внимание, но могут послужить источниками воспламенения в случае поломки. Сюда могут входить электрические соединения и терминалы, которые могут ослабеть, или предохранители, которые могут перегореть.

Последствия

Хотя сведение возможных последствий воспламенения к минимуму намного сложнее, чем учет данного фактора при разработке, полезно понять их и рассмотреть возможные варианты. Как было упомянуто выше, существуют три основные формы первоначального последствия:

- Струйный огонь, который обычно возникает при мгновенном воспламенении утечки хладагента
- Вспыхивающий огонь, который возникнет после воспламенения неограниченного запаса хладагента или воздушной смеси
- Чрезмерное давление, которое предположительно будет иметь место, когда объем смеси хладагента и воздуха воспламенится в замкнутом пространстве, что приведет к расширению горючего газа.

Струйный огонь менее вероятен, так как скорость вытекающего хладагента и близлежащей границы газ/воздух, как правило, является достаточно высокой для поддержания пламени. Более того, при струйном пожаре должны существовать специальные условия или внешний пожар.

Вспыхивающий огонь возможен, если утечка хладагента разрешена для сбора в том месте, где присутствует потенциальный источник воспламенения, или в случае облака воспламеняемого материала, проходящего вдоль пола. Вспыхивающий огонь в целом является мгновенным, и естественно с количеством воспламеняемого материала, используемого в качестве хладагента, интенсивность произошедшего теплового излучения вероятно не будет достаточной для возникновения вторичного пожара. Однако, люди, которые работают в непосредственной близости, могут получить ожоги.

Избыточное давление довольно высокого значения ведет к взрыву, и в большей степени это объясняется замкнутым пространством, в пределах которого происходит воспламенение. Как правило, очень большой вспыхивающий огонь в пределах помещения приведет к взрыву, если количество воспламеняемого материала достаточно высокое, и если помещение достаточно изолировано и в нем нет окон для свободного выхода давления. Однако, ситуация осложняется, когда воспламенение происходит внутри корпуса, где большая часть замкнутого пространства разрушает стены обшивки и вызывает ударную взрывную волну, которая может привести к телесному повреждению и порче имущества.

Пример такой ситуации, когда чрезмерное давление вызвано различными особенностями конструкции корпуса оборудования, приведен на Схеме 11

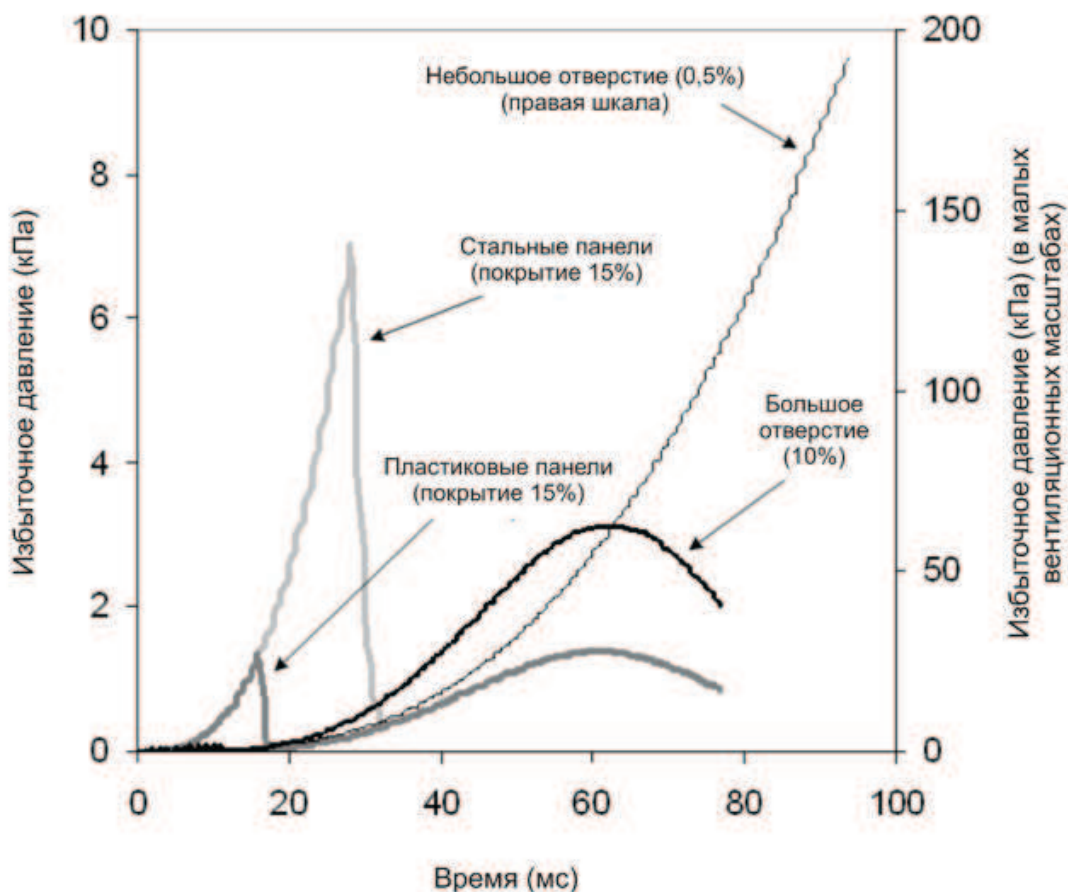


Схема 11: Развитие избыточного давления по времени, вызванное воспламенением в корпусе и различных вентиляционных отверстиях и панелях

Предполагается, что хладагент вытек в жесткий металлический корпус, который наполовину заполнен стехиометрической смесью газ/воздух. Представлены имитации четырех ситуаций:

- Корпус с 0.5% открытой частью стенки корпуса
- Корпус с 10 % открытой частью стенки корпуса
- Корпус со стальной панелью, покрывающей 15% части стены
- Корпус с пластиковой панелью, покрывающей 15% части стены

Можно увидеть, что при очень малом отверстии результатом воспламенения может быть чрезмерное давление (около 200 кПа), с возможностью ударной взрывной волны, вызывающей значительное повреждение имущества. Однако, если отверстие намного больше (скажем 10% поверхности корпуса, в данном случае), то возрастающее давление быстро вентилируется, а полученное избыточное давление в несколько сотен раз ниже, чем в предыдущем случае. Использование съемных панелей имеет тот же эффект, хотя там появляется первоначальный пик, который представляет кратковременный выпуск газа из фитингов. Тем не менее, полученное избыточное давление существенно снижается по сравнению с малым вентиляционным отверстием, и оно вполне вероятно не приведет к вторичному

повреждению. Данный пример подчеркивает важность соответствующего дизайна корпуса оборудования.

Сервис/техническое обслуживание и обучение технического персонала

Использование компетентного и квалифицированного технического персонала, а также лаконичных рабочих процедур имеют немаловажное значения для гарантии того, что безопасность оборудования поддерживается сразу после установки изделия.

Известно, что поведение человека оказывает огромное влияние на риск воспламенения (Колбурн и Суэн, 2004). Ссылаясь на уравнение (1), известно, что потенциал утечки при работе на системе в 10 раз выше, чем при обычной операции (например, из-за разбивки на циклы), и вероятность наличия ‘активных’ источников воспламенения также выше (например, присутствие дополнительного оборудования, высокотемпературной пайки, соединительного электрооборудования и т.д.). Таким образом, в период сервисного и технического обслуживания риск воспламенения на один или более порядков выше. Для компенсации данных факторов, необходимо учитывать предварительные проверки зоны и оборудования, соответствующие трудовые навыки, использование соответствующего оборудования и гарантию хорошего состояния оборудования до того, как оно покинет площадку.

Важны не только обучение в соответствии с согласованной программой и соответствующий уровень экспертизы, но и регулярные сессии по обновлению и напоминаниям, чтобы помочь избежать развитие индифферентного поведения в случае, если техники расслабятся, работая с легковоспламеняемыми хладагентами. Обучение по вопросам техники безопасности должно охватывать по меньшей мере следующие темы:

- Свойства воспламеняемости
- Иллюстрация последствий воспламенения
- Требования к соответствующему дизайну оборудования
- Маркировка оборудования, идентификационный комплект общего предостережения
- Проверки ограниченной территории, сервисного оборудования и холодильного оборудования
- Соответствующие методики для входа в систему, извлечение, опорожнение, заправка и т.д.
- Соответствующее сервисное оборудование и инструменты
- Обнаружение хладагента и способы вентиляции
- Уход за и хранение цилиндра
- Заключительные проверки и гарантия того, что оборудование оставлено в должном состоянии

Желательны как письменные, так и практические оценки.

В идеальном плане всегда предпочтительно отнести прибор для сервисного обслуживания в мастерскую, где проводится специализированное обслуживание, а не ремонтировать на месте. Это может относиться исключительно к деятельности, которая требует вскрытия схемы хладагента.

К моменту когда технический специалист приступит к ремонту оборудования, необходимо соблюдать следующие процедуры для гарантии того, что риск воспламенения сведен к минимуму:

- **Соответствующие инструменты.** Оценка сервисного оборудования и умение обращаться с хладагентом является важным аспектом, так как некоторые инструменты и оборудование, используемые для невоспламеняемых хладагентов, могут не подойти. Примеры включают машины по извлечению хладагента, вакуумные насосы и ручные детекторы для обнаружения хладагента.
- **Ознакомление.** Как и с любым другим оборудованием, техники должны ознакомиться с конструкцией и работой оборудования, а особенно для систем, использующих легковоспламеняемые хладагенты, со специальными аспектами техники безопасности. Такая информация должна быть изложена в инструкциях. Более того, техник должен прочитать журналы учета сервиса и состояния оборудования по предыдущим визитам.
- **Проверка территории.** До начала работы на оборудовании важно знать условия участка, например, присутствие других людей, потенциальных источников воспламенения, наличия естественной или механической вентиляции, и т.д. Если вопросы идентифицированы, их следует рассмотреть до начала работы с хладагентом, например, создать рабочую зону с идентификационным комплектом (“осторожно – легковоспламеняющийся газ”), использовать детекторы хладагента и обеспечить наличие огнетушителя.
- **Подготовка оборудования.** Несмотря на тип работы (то есть операции с хладагентом или другие), оборудование, на котором будете работать, должно быть безопасным. Это подразумевает изоляцию электросистемы, когда это необходимо, выполнение текущего осмотра электрических компонентов, чтобы убедиться, что изоляция и корпус безопасны, и что все неисправности уже идентифицированы.
- **Пайка твердым припоем.** В случае соединения труб и компонентов, существуют такие варианты как способы механического соединения вместо пайки твердым припоем. Однако, данные альтернативы обычно приводят к более частым случаям утечки, поэтому часто используют пайку твердым припоем и, таким образом, важно обеспечение таких процедур как предварительная проверка на присутствие хладагента и промывку системы азотом, которые проводятся регулярно.
- **Завершение работы.** После работы на оборудовании важно обеспечить его целостность до уровня соответствующего определенным стандартам техники безопасности. Особенно необходимо проверить, что заправка хладагентом не превышена, что она герметична, гарантируя правильную работу вентиляции, без

каких-либо препятствий, и что все маркировочные и предупреждающие знаки размещены на видном месте. Особенно важно постоянное заполнение журналов регистрации, гарантируя, что любая выполненная работа будет четко отражена в журнале.

Обзор имевших место инцидентов, особенно связанных с использованием легкооспламеняющихся хладагентов, важен во избежание ошибок в будущем. Информация подобрана для предоставления некоторых базовых деталей инцидентов, имевших место по всему миру при работе с УВ оборудованием (Колбурн и др., 2003). В целом, рассмотрено восемь примеров, шесть из которых нанесли незначительный ущерб и два привели только к струйным пожарам. Сделано важное наблюдение о том, что большинство из них произошли из-за плохого обслуживания, и все удалось ликвидировать благодаря хорошему обучению. Три идентичных случая произошли из-за дизайна плохого качества, что вызвало проникновение в предположительно герметичный корпус с содержанием источника воспламенения. Кроме того, ни один не был связан с размером заправки хладагентом или стратификацией утечки в пределах помещения.

Заключительные замечания

Из-за воспламеняемости, использование УВ хладагентов вводит дополнительный вопрос безопасности к дизайну и использованию холодильного оборудования. В общих словах, это решается при соответствии стандартам и положениям. Однако, можно добиться дальнейшего улучшения уровня безопасности, учитывая и анализируя причины воспламенения и потенциальные последствия. Результаты подобного анализа можно использовать для усовершенствования дизайна, конструкции, сервиса и технического обслуживания рассматриваемого оборудования. Вообще, основами по сведению риска воспламеняемости к минимуму являются:

- Снижение вероятности утечки
- Снижение возможности аккумуляции вытекшего хладагента
- Уменьшение источников воспламенения

В настоящее время используется более 200 миллионов бытового холодильного оборудования, некоторое используется более 10 лет. В течение данного периода на рынке размещено большое количество других типов холодильного и кондиционерного оборудования. Тот факт, что имело место незначительное количество инцидентов, связанных с воспламеняемостью, говорит о том, что с данным оборудованием обращались должным образом.

Для того, чтобы понять важность риска, связанного с оборудованием, работающим на УВ хладагентах, стоит сравнить его с риском пожара, который имел место с другими типами приборов. Схема 12 приводит количество пожаров, вызванных различными приборами на базе статистики СК за последние несколько лет. Обычно в 1 из 10,000 и в 1 из 100,000 приборов в год происходит пожар, обычно из-за короткого замыкания в электрической цепи и выходом (топочного) газа. (Следует отметить, что цифры по бытовым холодильникам не приводились до введения R-600a.). Указаны также значения по “недопустимому” и “незначительному”

смертельному риску для человека, согласно данным Инспектора по вопросам Здравоохранения и Охране Труда СК (ИЗОТ) (Колбурн и Суэн, 2004).

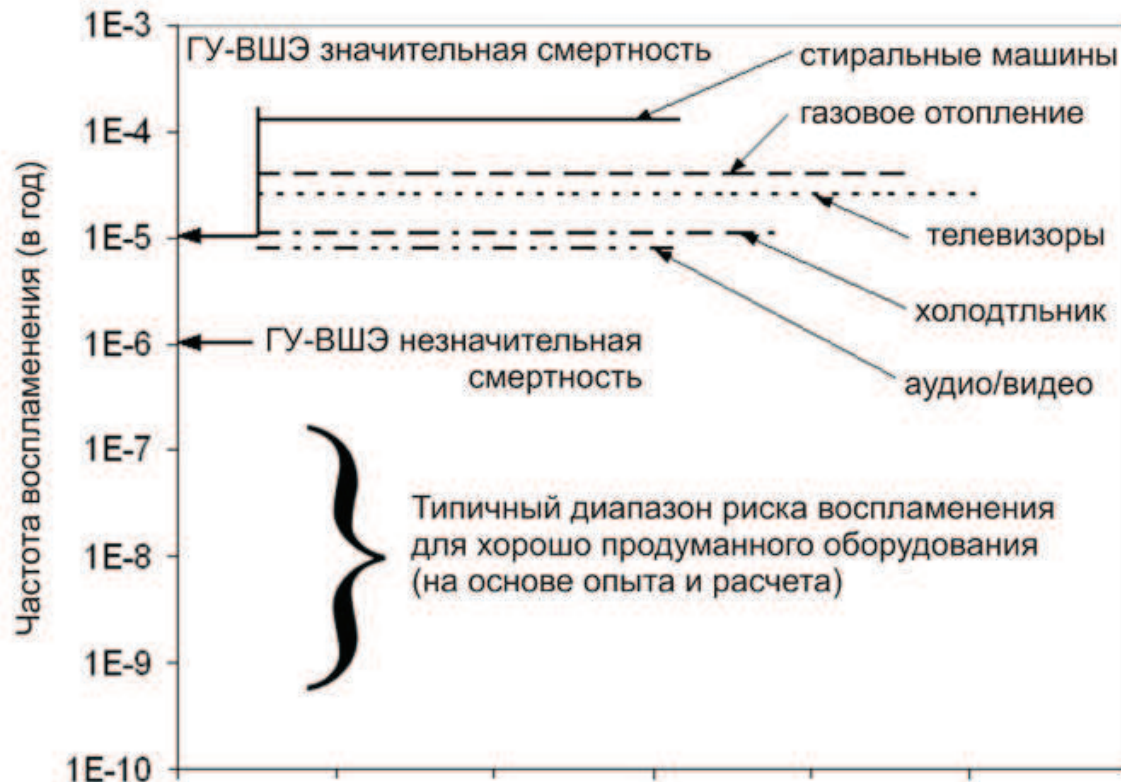


Схема 12: Сравнение риска воспламенения холодильного оборудования с использованием легковоспламеняющихся хладагентов с правительственными допусками и бытовых приборов

Для сравнения, риск воспламенения только для оборудования, использующего легковоспламеняющиеся хладагенты, основанный как на расчетных статистических данных (допуская, что было доложено о 10% случаев), так и на моделировании риска, намного меньше других представленных значений.

Тем не менее, производители, поставщики, сервисные компании и компании, занимающиеся техническим обслуживанием оборудования, должны серьезно отнестись к вопросу воспламеняемости, и уделить внимание идентификации и преодолению неисправностей и ошибок, предусмотренных при эксплуатации оборудования, начиная от производственного процесса до технологических процедур по утилизации в конце срока эксплуатации. Необходимо осуществить системы, отвечающие техническим требованиям, которые будут включать следующие аспекты:

- Обучение и переобучение заводского персонала
- Использование качественных систем контроля (ISO 9001)
- Мониторинг и отчетность по используемому оборудованию
- Контроль надежности поставщиков/компонентов
- Утверждение процедур для подрядчиков и производителей

– Разработка тестового режима для компонентов и блоков

– Инспекции третьей стороны

Принятие таких систем может обеспечить постоянные усовершенствования безопасности оборудования.

Примечания/Ссылки

Дж.Айерз, Парасознательное изучение утечек хладагента. Парасенс Энвайроментал Продактс Лтд, Глостер, СК. Ноябрь 2000.

Д.Колбурн, К.О. Суэн, Оценка рисков воспламеняемости углеводородных хладагентов с использованием качественной модели оценки риска. Часть II: Оценка и анализ модели. Инт. Дж. Рефридж., стр. 784 – 793, Том 27. 2004.

Д.Колбурн, К.О. Суэн, Дизайн оборудования и возможности установки для рассеивания выбросов хладагента в помещениях. Часть II: Определение процедур. Инт. Дж. Рефридж., №. 6, Том 26. 2003.

Д.Колбурн, К.О. Суэн, Т.Дж.Риттер. Модель оценки риска для углеводородных хладагентов. Прос. Инст. Рефридж., Лондон, 2003.

EN 378: 2007. Системы охлаждения и тепловые насосы – Требования безопасности и охраны окружающей среды.

А. Гиджил. Исследование вопроса безопасности бытовых холодильников с использованием легковоспламеняющихся хладагентов. Инт. Дж. Рефридж., Том 27, Выпуск 6, стр. 621-628, 2004.

Институт искусственного охлаждения (ИИО). Свод правил для проектирования холодильных систем с использованием хладагентов А2 и А3. Институт искусственного охлаждения, СК, 2008.

Безопасные помещения для больших углеводородных камер охлаждения

А. Тадрос, Коннэлл Вагнер ПиТиВай Лтд, Австралия
И.Л. Маклэйн-Кросс и Э.Леонарди, Школа технологии и машиностроения, UNSW, Австралия

Вступление

Необходимость перевода существующих и вновь выпущенных холодильников на углеводородные хладагенты возросла в связи с экологическим воздействием фторуглеродных хладагентов на глобальное потепление и разрушение озона. Экологические воздействия и законодательство во многих юрисдикциях требуют прекратить использование фторуглеродных хладагентов в водяных охладителях. Углеводороды, аммиак, углекислый газ, воздух и вода являются природными рабочими жидкостями с минимальным воздействием на окружающую среду.

Углеводороды и углеводородные смеси в настоящее время широко используются с лучшими эксплуатационными качествами в ряде применений, включая тепловые насосы, кондиционеры, холодильники, морозильные камеры и мобильные кондиционерные системы. Углеводородные хладагенты пропан, бутан, изобутан, пентан, изопетнат, гексан и пропилен и их смеси являются вероятными заменителями в холодильниках. Углеводороды стоят дешевле, оказывают меньшее воздействие на окружающую среду и предсказывают, что они более эффективно используют энергию в холодильниках для испарителей с распылением жидкости и затопленных испарителей. Однако, углеводородные хладагенты еще не используются в холодильных камерах с затопленными испарителями и для кондиционирования.

Данный документ представляет ценное ознакомление с мерами обеспечения безопасности и срочными процедурами для охлаждения и кондиционирования помещений. Это может помочь не допустить увечье или повреждение в результате утечки углеводорода, смешивания с воздухом и воспламенения.

Были пересмотрены, исправлены ошибки и выявлены упущения в теории отвода жидкости взрывом в австралийских стандартах.

Соблюдайте основные новые рекомендации. Огнестойкие и паростойкие стены разделят холодильную камеру от всех других компонентов помещения установки. Воздух из данного отсека будет вентилироваться в атмосферу через напольно-потолочные прорези расчетная площадь которых обычно превышает территорию боковой стенки на 62%. Была проведена компьютерная гидрогазодинамика (ГГД) с целью подтверждения точности вновь предложенного аналитического выражения расчета необходимого вентиляционного отверстия. Если минимальная проектная температура окружающей среды меньше чем на 5 К выше точки кипения хладагента, пол отсека должен представлять собой резервуар для удержания двойного объема жидкости хладагента.

Воздействие на окружающую среду

Большие чиллеры использовались с затопленными испарителями и могли иметь заправку, превышающую 1000 кг. Таблица 1 приводит три основных наиболее популярных холодильных хладагента и некоторые замены, иллюстрирующие озоноразрушающий потенциал и потенциал глобального потепления. Большинство стран снижают выбросы в результате производства электроэнергии и, таким образом, снижают воздействие выбросов, связанных с косвенным производством электроэнергии.

Название химиката	Хладагент	ОРП	ПГП	Мол. масса	Станд. точка кипения	v_f
		R11	100лет	г/моль	$^{\circ}\text{C}$	M.c
трихлорфторметан	ХФУ-11	1.00	4600	137.4	23.8	0
хлордифторметан	ГХФУ-22	0.055	1700	86.5	-40.7	0
1,1-дихлор-2,2,2-трифторэтан	ГХФУ-123	0.02	93	152.9	27.8	0
1,1,1,2-тетрафторэтан	ГФУ-134a	0.00	1300	102.0	-26.2	0
1,1,2,2,3-пентафторпропан	ГФУ-245ca	0.00	640	134.1	25.2	> 0
2-дифторметокси -1, 1,1-трифторэтан	ГФЭ-245fa2	0.00	570	150.1	29.2	> 0
дифторметан	ГФУ-32	0.00	550	52.0	-51.8	0.067
1,1-дифторэтан	ГФУ-152a	0.00	140	66.0	-25.0	0.23
пропилен	УВ-1270	0.00	6.1	42.1	-47.7	0.512
этан	УВ-170	0.00	4.3	30.1	-88.8	0.476
изопентан	УВ-601a	0.00	3.0	72.2	27.8	0.399
Стандартный пентан	УВ-601	0.00	3.0	72.2	36.1	0.43
изобутан	УВ-600a	0.00	2.7	58.1	-11.7	0.37
Стандартный бутан	УВ-600	0.00	2.7	58.1	-0.5	0.449
пропан	УВ-290	0.00	1.1	44.1	-42.1	0.464
аммиак	Х-717	0.00	0.0	17.0	-33.3	0.077
Углекислый газ	Х-744	0.00	1.0	44.0	-78.4	0
вода	Х-718	0.00	0.0	18.0	100	0

Таблица 1: Воздействие на окружающую среду, молекулярная масса, стандартная точка кипения и максимальные ламинарные скорости горения в воздухе некоторых хладагентов для кондиционирования с помощью больших водяных охладителей

Потенциалы Глобального Потепления в Таблице 1 приведены из или согласуются с МГЭИК (2001) и Джонсоном и Девентом (1996). Таблица 1 также включает молекулярную массу, потому что низкая молекулярная масса улучшает теплообмен. Хладагенты с идентичными точками кипения и молекулярной массой могут заменять друг друга в существующем оборудовании иногда без внесения модификаций. Диапазон углеводородов в точке кипения составляет от -88.8 до 36.1 $^{\circ}\text{C}$, поэтому они или их смеси могут заменить любой из фторуглеродов. Использование смесей в качестве заменителей дает лучшее соответствие. Прогнозировалась замена фторуглеродов на углеводороды в некоторых больших

центробежных холодильных установках для снижения потребления электроэнергии на 5% в основном благодаря улучшенному теплообмену (Маклэйн-кросс 2002, Тадрос и др. 2006а, Тадрос и др. 2006b).

Воспламеняемость

Маклэйн-кросс (2004) демонстрирует использование и риск углеводородных хладагентов в легковых автомобилях. Несмотря на воспламеняемость углеводородных хладагентов и даже без технадзора и, в некоторых случаях, без строгого соблюдения рациональных норм и правил, инциденты с утечкой хладагента и возгоранием до 2004 не наблюдалось (Маклэйн-кросс 2004). Возможно, количество хладагентов, используемых в холодильной камере, могло находиться в диапазоне от нескольких килограмм до 1000 кг по сравнению с 200 гр в случае с автомобильным кондиционированием. Данное сравнение существенно объясняет причину почему нельзя игнорировать риск воспламеняемости в холодильных установках. Несмотря на воспламеняемость углеводорода, он использовался в помещениях установки в качестве топлива более века и приняты стандарты по их использованию в больших количествах в котлах, устанавливаемых в заводских помещениях. Более того, он десятилетиями успешно применялся в химических отраслях промышленности. Если бы использование углеводорода в качестве хладагента увеличило риск на площадке, химическая промышленность отклонила бы его, но в нашем случае это не так.

Работа с хладагентом, воспламеняемым или невоспламеняемым, в холодильных камерах происходит в центральной установке (помещении, где установлено оборудование). Центробежные холодильные установки включают вторичную схему охлаждения (вода или рапа). Расположение помещения установки не зависит от кондиционируемого пространства; например, помещение установки может находиться за пределами здания. Более того, в кондиционируемых помещениях требуется меньшее техобслуживание.

Стандарт НИС США (Национальный Институт Стандартизации США)/Американское Общество Инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха -34 (2001), стандарт ISO-817 (2007), стандарт EN-378 (2007) и австралийские стандарты AS-1677.1 (1998) систематизировали хладагенты согласно их воспламеняемости и токсичности. Хотя большинство хладагентов являются воспламеняемыми при определенных условиях, некоторые более воспламеняемы чем другие (Таблица 1). Более того, токсичность не дает четкого представления о том, какое вещество приводит к летальному исходу. Например, аммиак классифицируется как токсичный хладагент, однако, его специфический запах заранее предупредит Вас, поэтому он не будет летальным. С другой стороны, хотя R -22 рассматривается как безопасный хладагент, многие получили удушье в результате того, что у него отсутствует запах. Другим примером является то, что продукты возгорания нетоксичного хладагента могут быть высокотоксичными. Скорости сгорания v_f в Таблице 1 - максимальные для воздушных смесей при 25°C и 101.2 кПа (Глассмэн 1987, Джаббур 2004).

Для здания с общим размещением по стандарту AS/NZS 1677.2:1998 неограниченная заправка углеводородом при условии, что первичная система охлаждения происходит в целом на открытом воздухе или машинном отделении в

соответствии с Разделом 4. Статья 4.7.2(с) требует отсутствия связи с атмосферой между данным машинным отделением и пространством общего размещения. Авторы верят, что такие стандарты не содержат достаточных мер по ограничению последствий воспламенений в результате утечки при заправке хладагентом свыше 5 кг.

Цель данного документа описать дополнительные меры по ограничению последствий воспламенения углеводородного хладагента. Меры, упомянутые в Разделах 4 и 5 ограничивают выбросы в атмосферу. Меры, упомянутые в Разделе 6, гарантируют, что утечки быстро растворяются ниже нижнего предела взрываемости, а в Разделе 7 сокращают возможность воспламенения. Если воспламенение не происходит, Раздел 8 гарантирует, что избыточное давление не причиняет ущерб зданию или оборудованию и не наносит увечье людям. Раздел 10 рекомендует чрезвычайные процедуры, которыми часто пренебрегают.

Обращение с хладагентом

Транспортно-загрузочное оборудование должно проектироваться для используемых контейнеров с хладагентом. Ни в коем случае помещение холодильной установки не должно использоваться как складское помещение. Хранение хладагента на площадке за пределами помещения, где установлена холодильная установка, должно соответствовать стандарту AS 1596:2002 или AS 1940:1993. Естественная вентиляция гарантирует, что помещение с установкой будет располагаться близко к окружающему пространству. Когда минимальная проектная температура окружающей среды меньше чем на 5 К выше точки кипения хладагента (Таблица 1), может произойти основной выброс, а немного хладагента остается в виде жидкости в течение длительного времени. Хладагентная жидкость может не вытекать из помещения с установкой и не стекать по водосточным каналам.

Для хладагентов с такими точками кипения пол в помещении с холодильной установкой следует проектировать как водосборный колодец, в котором может содержаться более двойной заправки хладагента как жидкости (Схема 1). Стандартная глубина составляет 100 мм. Пол должен иметь уклон в сторону точки отбора пара, где взрывобезопасный насос может сначала удалить воду, а затем хладагентную жидкость в контейнеры за пределами помещения с установкой.

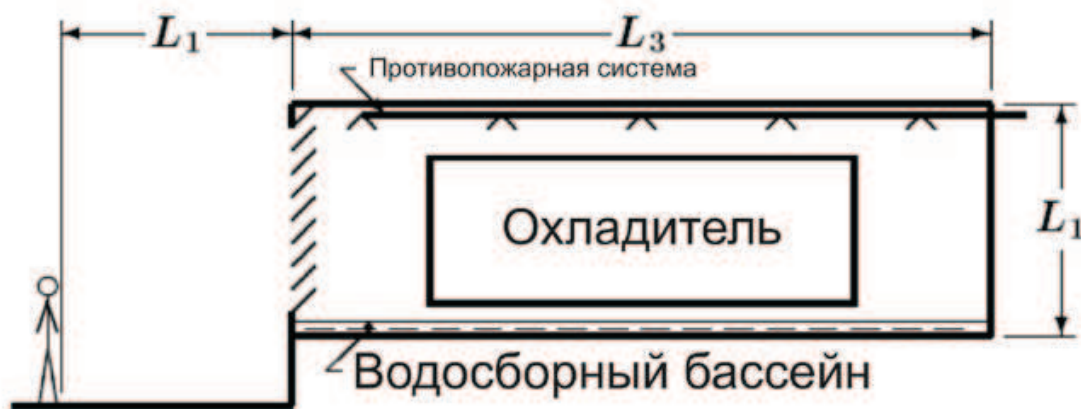


Схема 1: Схематический уровень помещения установки с водосборным бассейном.

Снижение утечки

Заправка или регенерация хладагента - наиболее вероятное время для основного выброса. Специалист по заправке должен контролировать массу добавленного хладагента, давление испарителя и конденсатора, держа руку на подзарядном стопорном клапане. Все углеводородные хладагенты в Таблице 1 с точки зрения молекулярной массы тяжелее воздуха (за исключением этана). Следует использовать, по крайней мере, два детектора воспламеняемого газа (AS 61779.1:2000, AS 61779.4:2000) на одно помещение с установкой и которые следует располагать подальше от вентиляционного отверстия и друг от друга (AS 61779.6:2000) и инициировать при 20% нижнего предела воспламеняемости. Обычно они фиксируются к стене на расстоянии более 300 мм над уровнем пола для защиты от случайного повреждения и менее 600 мм для гарантии определения испарения хладагента. При работе холодильной камеры компрессор может значительно увеличить интенсивность утечки, а водяные насосы могут вывести хладагент за пределы помещения, в котором находится холодильная камера. Любой датчик воспламеняемого газа отключит холодильную камеру, затем электрически изолирует все отсеки оборудования, за исключением аварийного освещения. Пожарная дверь в помещение, где установлена холодильная камера, должна открываться в сторону территории, свободной от воспламеняемых материалов, с ограниченным доступом специалистов. Дверь должна свободно открываться наружу, но ее фиксатор должен проектироваться для избыточного давления выше 2 кПа.

Растворение смеси

Что касается вышеупомянутых помещений, в которых находятся установки, естественная вентиляция имеет место даже если выброс хладагента совпадает с отключением электричества. Экранированные жалюзи в Разделе 8 будут раздвигаться между верхней и нижней частью внешней стены или простираются от

пола до потолка для максимального отличия высоты с целью естественной конвекции. Что касается нижеупомянутых помещений, в которых находятся установки, рекомендуем ограничить заправку до менее 1 кг в связи с отсутствием отказоустойчивого растворения смеси.

В случае утечки основного хладагента шлейф из-под жалюзи может быть воспламеняемым. Не следует препятствовать смешиванию шлейфа с воздухом за пределами помещения установки. Источники наружного движения и воспламенения не должны находиться к жалюзям ближе чем пол помещения с установкой к высоте потолка. Клапана сброса давления хладагента на камере охлаждения необходимо подсоединить к стальным трубам, которые производят слив за пределы здания в верхнем направлении и на расстоянии 3 м от источников воспламенения, людей или имущества.

Предотвращение воспламенения

Электрическая система помещения с холодильной установкой должна соответствовать для взрывоопасной атмосферы, создаваемой в связи с выбросом хладагента (AS 2381:1999). В частности, вилки должны изыматься из электророзетки только если розетка изолирована. Все обозначения срочных процедур должны включать слова «Не курить».

Избыточное давление и проветривание

Волны сгорания могут быть как в форме дефлаграции (пламя), так и детонации. Детонации являются разрушительными, но для помещения установки, заполненного смесью воспламеняемого газа, требуется специальное воспламенение, такое как взрывчатое вещество (Бьеркетведт и др. 1997). «Взрыв газа» - общее выражение, которое не имеет специального научного значения. Дэлбридж и др. (2003) в словаре Макквейера определили слово «взрыв» как «интенсивное расширение или взрыв с неприятным звуком, как черный порох или котел». Что касается выброса газа и возгорания с воздухом, более правильно и понятно использование газовых дефлаграций, так как конечные скорости будут инфразвуковыми. «Детонация газа» может использоваться только при наличии ультразвуковых волн (ударная взрывная волна). Детонационную волну не следует путать с детонационной внутри двигателя внутреннего сгорания. Вкратце, что касается случайного воспламенения углеводородной воздушной смеси, возможными являются вспыхивающий огонь или дефлаграция, что может привести к избыточному давлению. Аналитическое выражение для подсчета оптимальной вентиляционной площади внутри закрытого помещения, в котором находится установка, в своей заключительной форме можно представить следующим образом:

$$\frac{A_v}{A_{fm}} = (v_p/v_r - 1)v_r \sqrt{\frac{K_{tot}\rho_r}{2\Delta P_m}} \quad (1)$$

Аналитическое выражение может предсказать максимальное избыточное давление, если известна вентиляционная площадь. При реконфигурации Уравнения 1, максимальное избыточное давление можно рассчитать следующим образом:

$$\Delta P_m = \frac{K_{tot}\rho_r}{2} \left[\frac{A_{fm}}{A_v} (v_p/v_r - 1) v_r \right]^2 \quad (2)$$

Для пустых помещений с вентиляционными отверстиями, которые закрыты жалюзями, возможен $K_{tot}=5$ при хорошем дизайне (Тадрос и др. 2004). Выражение вентиляционной зоны будет проверяться в Разделе 9 на фоне более точных и более сложных исследований ВГД (вычислительной гидродинамики).

Значение A_{fm} зависит от препятствий, формы помещения и положения насадок, вентиляционных отверстий и источников воспламенения. Перегородка с проемом может создать пламя, увеличивая A_{fm} , но помеха, создаваемая стандартными камерами охлаждения и трубами, имеет лишь небольшое воздействие на значение A_{fm} . Рассмотрим прямоугольное помещение $L_1 \times L_2 \times L_3$ без вентиляторов, заслонок или перегородок $L_1 < L_2$ и вентиляционных отверстий вдоль только стены $L_1 \times L_2$ (Схема 1). Источник воспламенения на оси перпендикулярной вентиляционному отверстию, расположенному близко к противоположной стене, даст самое большое значение A_f и

$$A_{fm} \approx \pi L_1 L_3 \quad (3)$$

Ранз (1972) допускает единую радиальную скорость распространения пламени от точки воспламенения, дающей значение A_{fm} равное или меньшее по сравнению с Уравнением 3. Свифт и Эпстайн (1987) и Национальная ассоциация по гидравлическим приводам (США) 68 (2002) используют площадь внутренней поверхности, которая всегда больше чем в Уравнении 3.

Повреждение зданий

Основным риском при избыточном давлении внутри здания является разлетающееся оконное стекло и разбитые большие куски наружной обшивки стен здания, которые могут также падать на улицу. Гаррис (1983) детально изложил некоторые стандартные разрушающие давления структурных элементов здания в результате избыточного давления от выброса пламени газа; данные значения описаны в Таблице 2. Он также перечислил диапазон разрушающего давления для некоторых структурных элементов, использованных в стандартных зданиях, или промышленных строениях, вызванного случайным воспламенением газа.

Структурный элемент	Разрушающее давление (Pa)
Оконные стекла	2000-7000
Двери помещений	2000-3000
Легкие перегородки стен	2000-5000
Стены шлакобетонного блока толщиной 50 мм	4000-5000
Подвижные кирпичные стены	7000-15000

Таблица 2: Разрушающее давление структурных элементов здания (Гаррис 1983).

Пример расчета вентиляционной площади

Рассмотрим холодильную камеру, которая содержит 1 Мг R1270 и занимает площадь 3.3 м x 8 м x 10 м помещения. Коэффициент надежности избыточного давления равен 2, а самый слабый элемент стены имеет максимальное номинальное значение избыточного давления в 2 кПа, а экранированные жалюзи имеют коэффициент падения давления $K_{tot}=5$.

AS/NZS 1677.2:1998 Статья 4.7.2(b) рекомендует проектную открытую вентиляционную площадь в 4.4 м². Для плотности реагента $\rho_r=1.2$ кг/м³ и скорости горения $v_r=0.512$ м/с (Таблица 1) Уравнение 1 дает:

$$\frac{A_v}{A_{fm}} = \left(\frac{v_p}{v_r} - 1\right) v_r \sqrt{\frac{K_{tot} \rho_r}{2 \Delta P_m}} = (8 - 1) \times 0.512 \times \sqrt{\frac{5 \times 1.2}{2 \times 2000/2}} = 0.1963$$

По Уравнению 3 проектная открытая вентиляционная площадь равна:

$$A_v = \pi L_1 L_3 \frac{A_v}{A_{fm}} = \pi \times 3.3 \times 10 \times 0.1963 = 20.3 \text{ м}^2$$

Это - 62% площади боковой стены.

Для ограждающей конструкции здания, способной выдержать избыточное давление равное 2 кПа, Национальная ассоциация по гидравлическим приводам (США) 68 (2002) рекомендует закрытую вентиляционную площадь равную A_v of 88.7 м². Площадь внешней стенки равна только $33 = 26.4 \text{ м}^2$, т.е. для соответствия значению Национальной ассоциации по гидравлическим приводам (США) 68 (2002) потребуется по крайней мере вентиляция трех стен.

Влияние препятствий на максимальное избыточное давление

Чтобы понять влияние препятствий на избыточное давление в результате дефлаграционной волны, рассмотрим два задействованных фактора; скорость распространения пламени и фронтальная площадь пламени. Амплитуда эффекта увеличения в результате турбулентности зависит от интенсивности и масштаба турбулентности. Более того, в то время как фронтальная часть пламени проходит через препятствия, она деформируется и возрастает её общая территория. К тому же эффект струйности, вызванный скоростью распространения пламени, увеличился в результате уменьшенной площади проходного сечения. В результате, максимальное избыточное давление возрастает посредством увеличения коэффициента блокировки, а также зависит от геометрии блокировки. (Примечание: для детального обзора литературы и исследований чувствительности по данному влиянию, смотрите, пожалуйста, докторскую диссертацию первого автора (Тадрос 2008))

Сравнение с существующими стандартами и исследованиями ВГД

Таблица 3 сравнивает вентиляционную площадь необходимую для безопасного вентилирования горячих газов. Результаты подсчитаны с использованием формулы, рекомендованной Национальной ассоциацией по гидравлическим приводам (США) -68 (2002) и Австралийского стандарта (AS-1677.2 1998) на фоне результатов самой простой формы Уравнения 1. Сравнение в Таблице 3 иллюстрирует противоречие, которое существует в нынешних стандартах в отношении расчета минимальной вентиляционной площади. Она также демонстрирует возможность простого аналитического выражения вентиляционной площади для прогнозирования минимальной вентиляционной площади.

Источник	AS-1677.2 (1998)	Уравнение 1	Национальная ассоциация по гидравлическим приводам (США) -68 (2002)
Вентиляционная площадь	4.4 м ²	20.3 м ²	88.7 м ²

Таблица 3: Сравнение вентиляционной площади.

Сравнения между моделированием ВГД и выражением вентиляционной площади были прекрасно согласованы. Модель, использованная внутри ПОТОКА была показана как точная техника для прогноза всего предварительно смешанного возгорания. Максимальное избыточное давление, рассчитанное на базе исследования ВГД, было в пределах 14% расчетного значения аналитического выражения вентилируемой площади. Схема 2 приводит сравнения между прогнозируемым аналитическим и ВГД результатами для максимального избыточного давления внутри помещения с установкой. Данное соглашение является особенно важным, потому что не были использованы поправочные коэффициенты. Результаты, обсуждаемые в данном разделе, показали, что избыточное давление может быть маленьким и вряд ли вызовет большое повреждение помещения с установкой или здания.

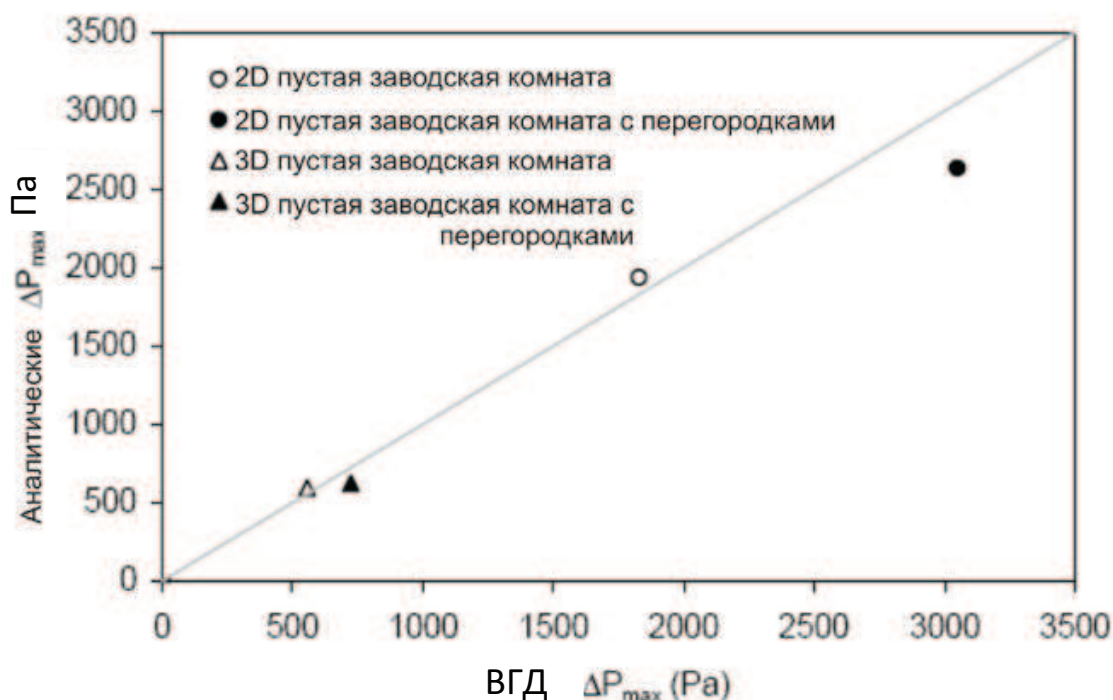


Схема 2: Сравнение между проектным максимальным избыточным давлением по аналитической модели на фоне результатов ВГД.

Порядок действия в аварийной обстановке

У людей начинается паника в аварийной ситуации. Необходимо разместить символы четкого порядка действий в аварийной ситуации внутри помещения, в котором установлена холодильная камера, и снаружи.

Если основной выброс происходит в момент заправки, техник должен закрыть все загрузочные клапана и покинуть помещение. Если воспламенение продолжается, техник должен немедленно покинуть помещение. Водяные разбрызгиватели для тушения пожара необходимо установить в помещении, где установлена холодильная камера.

Заключительные замечания

Данный документ показывает, что помещения для холодильных камер с большими заправками хладагентом могут надежно проектироваться и использоваться при правильном обращении с хладагентом, снижении утечки, растворении смеси, предотвращении воспламенения и отводу избыточного давления. Это снижает последствия любого выброса или воспламенения. Были сделаны основные новые рекомендации, такие как: противопожарная и паронепроницаемая стена для разделения холодильной камеры или камер и теплообменных аппаратов от других компонентов помещения с установкой, и, если минимальная проектная

температура окружающей среды менее чем на 5 К выше точки кипения хладагента, пол отсека должен иметь резервуар с содержанием двойного объема жидкости хладагента (Раздел 5).

Были пересмотрены теории отвода избыточного давления и различные стандарты (AS-1677.2 1998, Национальная ассоциация по гидравлическим приводам (США)-68 2002), приняты решения по несоответствию и идентифицированы недостатки и ограничения. Выражение площади отвода также является эффективным методом для прогнозирования максимального избыточного давления, что подтверждено в Таблице 3. Максимальное избыточное давление, рассчитанное на базе исследования ВГД, составляло 14% расчетного значения выражения площади отвода (Схема 2). Все вышеупомянутые меры, в сочетании с процедурами действий в аварийной обстановке гарантируют безопасное помещение, в котором установлена камера с углеводородным хладагентом.

Благодарность

Первый автор хотел бы выразить благодарность следующим лицам за оказанную помощь: Д-ру Родни Бойду за рецензирование данного документа и г-же Кэрол Тадрос за его корректуру.

Номенклатура

A_f площадь фронта горения (m^2)

A_v проектная площадь отвода (m^2)

K_{tot} коэффициент падения статического давления отвода (величина)

L размер помещения холодильной камеры $L_1 < L_2$ (м)

v скорости потока газов относительно фронта горения (м/с)

ρ плотность газа (kg/m^3)

ΔP пиковое избыточное давление (Па)

Обозначения

m максимум

p продукция

g реагенты

Стандарт-34, 2001 НИС США (Национальный Институт Стандартизации США)/ Американское общество инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха, Обозначение и классификация безопасности хладагентов, Американское Общество инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха, Атланта.

Стандарт-15, 2001 НИС США (Национальный Институт Стандартизации США)/ Американское общество инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха (ASHRAE), Стандарт безопасности для холодильных установок, Американское Общество инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха, Атланта.

AS 1596:2002, Хранение и обращение с Сжиженным Нефтяным Газом , Стандарты Австралия, Сидней, 150 стр.

AS 1677.2:1998, Холодильные установки, Часть 2: Требования безопасности для стационарных систем, Стандарты Австралия, Сидней, 60 стр.

AS 1940:1993, Хранение и обращение согнеопасными и воспламеняемыми жидкостями, Стандарты Австралия, Сидней, 109 стр.

AS 2381:1999, Электрооборудование для взрывоопасных атмосфер - выбор, монтаж и техническое обслуживание, Стандарты Австралия, Сидней, 89 стр.

AS 61779:2000, Электроаппаратура по обнаружению и измерению огнеопасных газов, Части 1,4 и 6, Стандарты Австралия, Сидней, 50 стр.

Д.Бьеркетведт, Дж.Р.Бакк и К. ван Уингерден, 1997, Руководство по взрыву газа, Журнал опасных материалов, том 52, стр. 1-150.

И.Глассман, 1987, Возгорание, 2-е изд., Академическая Пресса, Орландо, 501 стр.

Р.Дж.Гаррис, 1983, Исследование и контроль взрывов газа в зданиях и отопительных установках, Британская Газовая Корпорация, E & FN Spon, Лондон, 194 стр.

МГЭИК, 2001, Изменение климата 2001: Научная основа, ред. Дж.Т. Хьютон и др., Кэмбридж Университет Пресс, 944 стр.

ISO 817:2005, Хладагенты — Определение и классификация безопасности, НИС США (Национальный Институт Стандартизации США), Нью-Йорк.

Т.Джаббур, 2004, Классификация воспламеняемости хладагента на основе скорости горения, Основные положения Докторской Диссертации, Ecoles de Mines de Paris, 30 стр.

С.Э.Джонсон и Р.Г.Дервент, 1996, Относительные радиационные последствия нагнетания общих выбросов углеводородов, угарного газа и NO_x в результате деятельности человека, рассчитанные с помощью среднезональной двухмерной модели, Изменение климата, том 34, стр. 439-462.

Л.Л.Маклайн-кросс, 2002, Замена хладагентов для центробежных холодильных установок, Конференция по природным хладагентам АИОКО, Мельбурн, Австралия, 18 апреля, 8 стр.

Л.Л.Маклайн-кросс, 2004, Использование и риск углеводородных хладагентов в легковых автомобилях для Австралии и Соединенных Штатов, Международный Журнал по вопросам искусственного охлаждения, том 27, стр. 339–345.

Национальная Ассоциация по гидравлическим приводам США 68, 2002, Руководство по отводу дефлаграций, Национальная Ассоциация Противопожарной Защиты, Куинси Массачусетс, 63 стр.

Э. Ранз, 1972, Вентиляция при взрыве, Журнал Предотвращение Потерь, том 6, стр. 63-67.

И.Свифт и М.Эпштайн, 1987, Работа взрывных клапанов низкого давления, Установка/Ход работ, том 6, № 2, апрель, стр. 98-105.

А.Тадрос, Дж.У.Кларк, Э.Леонарди и И.Л.Маклайн-кросс, 2004, Меры предосторожности и Процедуры для помещений с холодильными камерами, работающими на углеводороде, МИО Научные и Технологические Протоколы по вопросам охлаждения, 6-я Конференция Густава Лоренца МИО, Глазго СК, 29 августа-1 сентября, 7 стр.

А.Тадрос, Дж.У.Кларк, И.Л.Маклайн-кросс и Э.Леонарди, 2006а, Замена фторуглеродов на углеводородные смеси в центробежных водяных охладителях, МИО Научные и Технологические Протоколы по вопросам охлаждения, 7-я Конференция Густава Лоренца МИО по природным рабочим флюидам, Тронхейм, Норвегия, 28–31 мая, 8 стр.

А.Тадрос, Э.Леонарди, И.Л.Маклайн-кросс и Дж.У.Кларк, 2006b, Коэффициенты теплообмена углеводородных хладагентов в центробежных водяных охладителях, 13-я Международная Конференция по теплообмену, Сидней - Австралия, 13-18 августа.

А.Тадрос, 2008, Работа и безопасность центробежных охладителей, использующих углеводороды, Проект докторской диссертации, Школа машиностроения, Университет Нового Южного Уэльса, Сидней.

III. Оценка природных хладагентов в различных областях применения

Возможности применения природных хладагентов

Даниэль Колбурн, Компания Ре-Фридж, СК

Введение

Термин “природные хладагенты” можно рассматривать как слегка эмоциональный, но тем не менее это - широко используемый термин. Например, он используется как название одной из наиболее успешных проходящих в настоящее время научных конференций Международного Института Охлаждения, «Конференция имени Густава Лоренцена по Природным Рабочим Веществам». К тому же термин «природный» также подразумевает происхождение самих веществ, т.е. они появляются в природе в результате геологических и/или биологических процессов, в отличие фторированных хладагентов, которые являются синтезированными химикатами. Специалисты по проблемам окружающей среды высказываются в пользу данных природных веществ благодаря их хорошо известному и обычно нейтральному взаимодействию с окружающей средой, в противовес новым синтетическим молекулам, чье воздействие на экологию является нежелательным, или вообще неизвестным. Благодаря своему появлению, природные хладагенты были использованы в середине 1800-х при компрессии пара и сорбционном охлаждении, то есть у нас есть достаточно знаний и опыта работы с ними.

Данная статья разбирает ситуации, в которых может использоваться конкретный природный хладагент. Хладагенты, о которых идет речь, ограничиваются следующим:

- Аммиак (NH_3 , R-717)
- Углекислый газ (CO_2 , R-744)
- Углеводороды; например, изобутан (C_4H_{12} , R-600a), пропан (C_3H_8 , R-290), пропилен (C_3H_6 , R-1270), и их смеси

Несмотря на то, что существует ряд других жизнеспособных природных хладагентов, таких как вода, воздух, гелий, азот и т.д. и разнообразие систем, в которых они могут использоваться (сорбция, газовые циклы, Стерлинг машины и т.д.), в данной статье будут рассмотрены только три основных вида хладагента и их использование в компрессионных системах. Данные хладагенты можно использовать в одноступенчатых и многоступенчатых циклах сжатия пара, в каскадных циклах (где две или более отдельных систем соединены посредством обмена тепла между одними, являющимися испарителем и другими, являющимися конденсатором), или во вторичной или косвенной системе, которая использует переносимую средой нагнетаемого тепла.

Предпосылки выбора хладагента

Выбор хладагента является обычной функцией ряда факторов, некоторые из которых базируются на характеристиках, а на некоторые влияют рыночные аспекты.

Факторы, основанные на характеристиках, включают:

- Потенциал глобального потепления
- Озоноразрушающий потенциал
- Воспламеняемость
- Токсичность
- Химическая реактивность и совместимость материалов
- Потенциальная эффективность (термо-физические свойства)

Рыночные вопросы включают:

- Стоимость хладагента (за кг или за заправку системы)
- Стоимость компонентов
- Доступ к хладагенту
- Наличие соответствующих компонентов, масел, сервисного оборудования
- Адекватная экспертиза и обучение

Основные характеристики ряда хладагентов качественно сопоставимые со фторуглеродами приведены в Таблице 1. Предпосылки различных характеристик коротко изложены ниже.

ПГП

Потенциал Глобального Потепления является радиационной силой рассматриваемых парниковых газов, относительно углекислого газа, и в этом случае прогнозируемый на 100 лет. Значения приведены из данных, опубликованных в Четвертом Оценочном Отчете Межправительственной Комиссии по Изменению Климата (МКИК ОО4), который был опубликован в 2007 году. Что касается смеси хладагентов, ПГП был рассчитан согласно составу их массы. С точки зрения экологической перспективы, желательно использовать хладагент с возможно более низким ПГП.

Воспламеняемость

Воспламеняемость устанавливается согласно классификации безопасности хладагента по ISO 817: 2005 ¹. Если используется воспламеняемый хладагент, необходимо соблюдать специальные нормы техники безопасности для гарантии исключения пожара и взрыва.

Токсичность

Токсичность устанавливается согласно классификации безопасности хладагента по ISO 817: 2005. Если используется хладагент с более высокой токсичностью, обычно

¹ ISO 817: 2005 Хладагенты – Система маркировки

требуются дополнительные параметры техники безопасности, которые указаны в соответствующих стандартах по технике безопасности.

Нормальная температура кипения

Нормальная температура кипения - это температура, при которой хладагент закипает при стандартном атмосферном давлении (1.01 бар). Для большинства систем желательно отобрать хладагент, который будет испаряться при температуре выше его нормальной температуры кипения для того, чтобы система работала при положительном давлении. Хладагенты, которые имеют два номера являются смесями хладагента, где плавное изменение температуры происходит в течение изобарического испарения и конденсации равномерного потока. Обычно более высокое температурное изменение подразумевает более сложное обращение с хладагентом и более низкую эффективность.

Критическая температура

Температура в критической точке является состоянием, при котором жидкость более не может характеризоваться как пар. Обычно лучше работать с системой, имеющей температуру конденсации по меньшей мере на 10 – 20 К ниже критической температуры. Таким образом, для более теплого климата, предпочтительнее более высокая критическая температура. Исключение составляет использование R-744, который имеет низкую критическую температуру, для преодоления этого были разработаны альтернативные дизайны схемы для поддержания хорошей эффективности.

Потенциальная эффективность

Гарантирован приблизительный диапазон «потенциальной эффективности», предполагаемый при использовании R-22. Относительная эффективность различных хладагентов является сложным вопросом и подчиняется большому количеству влияющих параметров. Приведенные значения представляют предполагаемый диапазон на основе термо-физических свойств различных хладагентов, моделировании упражнений при условии идентичных дизайнов системы и экспериментальных результатов, отраженных в литературе.

Стоимость системы

Приведена приблизительная стоимость системы с использованием R-22. Что касается эффективности системы, это также переменная величина и функция многих разных факторов. В частности, если для хладагента требуется, например, косвенная система, дополнительная стоимость вероятно будет существенной. Более общие факторы могут включать более дорогой хладагент, специальные компоненты схемы и характеристики защитных устройств.

Тип	Хладагент	ППП	Воспламеняемость	Токсичность	Обычная точка кипения	Критическая температура	Потенциальная эффективность (отн. R-22)	Стоимость системы (отн. R-22)
ГХФУ	R-22 *	1810	Нет	Низкая	-41°C	96°C	100%	100%
ГФУ	R-407C	1770	Нет	Низкая	-44/-37°C	86°C	75 – 90%	100 – 110%
	R-404A	3920	Нет	Низкая	-44°C	72°C	85 – 100%	100 – 105%
	R-410A	2140	Нет	Низкая	-52°C	71°C	90 – 105%	100 – 110%
Вставка на основе ГФУ	R-417A	2350	Нет	Низкая	-38/-33°C	87°C	90 – 105%	100 – 105%
	R-427A	2140	Нет	Низкая	-43/-36°C	85°C	85 – 105%	100 – 105%
	R-434A	3280	Нет	Низкая	-45/-42°C	76°C	90 – 105%	100 – 105%
Природный хладагент	R-717 (аммиак)	0	Низкая	Высокая	-33°C	132°C	100 – 125%	110 – 140%
	R-744 (углекислый газ)	1	Нет	Низкая	-78°C	31°C	85 – 110%	100 – 130%
	R-290 (пропан)	< 3	Высокая	Низкая	-42°C	97°C	95 – 115%	100 – 115%
	R-290/R-600a смесь	< 3	Высокая	Низкая	~ -30°C	~ 115°C	90 – 105%	100 – 110%
	R-1270 (пропилен)	< 3	высокая	Низкая	-48°C	91°C	95 – 120%	100 – 115%

* R-22 является единственным хладагентом с Озоно-Разрушающим Потенциалом (ОРП)

Таблица 1. Общие характеристики одобренных хладагентов

Преграды для применения природных хладагентов

Существует три основных фактора, которые влияют на применение любого хладагента: это - цена, безопасность и технологический статус. В принципе, практически любой хладагент можно использовать в любом случае; главное заключается в гарантии приемлемого бюджета и отсутствии существенных рисков для рабочих или других людей. Обычно трудности в утверждении R-717 и УВ относятся к вопросам техники безопасности, тогда как в отношении R-744 они связаны с давлением. Как правило, такие вопросы решаются при соблюдении правил техники безопасности, таких как Европейский Стандарт по нормам экологии и техники безопасности для систем охлаждения (EN 378 ¹) или эквивалентные национальные или международные стандарты.

Принимая во внимание экономические факторы, связанные с принятием альтернативных технологий, важно признать, что стоимость систем, использующих технологию, которая отклоняется от стандартных серийно выпускаемых продуктов, практически требует более высоких первоначальных затрат. Часто это происходит в результате градации экономик, например, «покупательной способности» конкретных организаций. Вполне очевидно также, что многие компании, которые разрабатывают больше продуктов благоприятных для окружающей среды, подключают «зеленую премию», таким образом, искусственно раздувая отпускную цену на свои товары. Другие реальные затраты включают собственную разработку дизайнов новой системы (хотя это обычно приемлемая цена несмотря на тип хладагента), и обучение как для производственного персонала, так и для специалистов по обслуживанию на месте эксплуатации, сервиса и технического обслуживания. Тем не менее, полезным примером является случай с переводом бытовых холодильников с R-12 и R-134a на УВ; R-600a (изобутан). В настоящее время на рынке имеется более 200 миллионов бытовых холодильников без прилагаемой к ним премии, при сравнении с единицами, работающим на R-134a, несмотря на первоначальные вопросы увеличения производственных затрат.

R-717 (аммиак; NH₃)

Основным вопросом использования R-717 является его безопасность, так как он «более токсичен» и «менее воспламеняем» в соответствии с классификацией ISO 817 Группа В2. Классификация В2 для R-717 означает, что он практически запрещен к применению внутри жилых помещений (за исключением малых сорбционных машин), но его можно размещать в нежилых помещениях или снаружи. Таким образом, R-717 можно использовать там, где экономно могут применяться косвенные (или вторичные) системы. Более того, следует учесть требования вентиляции и последствия выпуска, где он может контактировать с людьми. К тому же, из-за химического состава не рекомендуется применение медных труб и системных компонентов с R-717, и, таким образом, нужно

¹ EN 378: 2000 Системы охлаждения и тепловые насосы – Нормы техники безопасности и экологии

использовать сталь, которая часто может быть невыгодна в плане цены для систем с меньшей мощностью.

Углеводороды (УВ)

R-600a (изобутан), R-290 (пропан), R-1270 (пропилен), и их смеси отличаются «меньшей токсичностью» и «большей воспламеняемостью», подпадая под классификацию Группы A3 в ISO 817. Это вводит более строгие нормы техники безопасности в отношении объемов, разрешенных в определенных местах – особенно такие стандарты по технике безопасности как EN 378 имеют тенденцию ограничивать количества до 1 – 2½ кг в пределах жилых помещений. В результате подобных ограничений объемов заправки для систем в жилых помещениях, выгодно сконструировать систему для поддержания малой заправки хладагентом (для удельной емкости), т.е. низкую удельную заправку в пересчете кг/кВт. Однако, возможно будет непрактично использовать определенные системы при конкретных обстоятельствах, где заправка хладагентом превышает установленные ограничения, и в данных случаях можно применять косвенные или вторичные системы, которые, для меньших емкостей могут увеличить капитальные затраты. Что касается системы охлаждения, применение УВ по существу идентично использованию R-22. Например, можно использовать тот же рабочий объем цилиндров компрессора, размеры труб, размеры теплообменников и выбор масла (хотя как и с любыми жидкостями, чьи термодинамические свойства отличаются, следует использовать возможности оптимизации). Единственным важным отличием в дизайне оборудования является исключение потенциальных источников воспламенения оборудования, например, переключатели, термостаты и т.д., которые способны произвести искровой разряд.

R-744 (Углекислый газ, CO₂)

С учетом принципиальных параметров безопасности, R-744 отличается «меньшей токсичностью» и «невоспламеняемостью», подпадая под классификацию Группы A1 в ISO 817. Это означает, что его применение разрешено почти в любой ситуации, без ограничения размера заправки хладагентом. Однако, тот факт, что R-744 имеет очень высокое рабочее давление, это создает некоторые технические проблемы. В частности, имеется 5-10 кратное увеличение номинального значения давления компонентов и блоков по сравнению с традиционными хладагентами. В результате, необходимо учитывать выбор правильных материалов, толщину компонентов, способы соединения и механическую работу определенных компонентов (таких как компрессоры). Современные разработки решили многие из данных вопросов для широкого выбора секторов оборудования, хотя ценовые включения, затрагивающие данные аспекты высокого давления, означают, что в некоторых случаях затраты на утверждение R-744 в настоящее время непомерно высоки. В частности, это относится к оборудованию, которое имеет большой внутренний объем. Другим параметром R-744, который представляет технологический вызов, является низкая критическая точка, которая требует внедрения варианта условного цикла сжатия пара в ХКО.

Благодаря свойствам данных природных хладагентов, вариант использования одного из них или всех не всегда идеален для конкретного оборудования или случаев применения. Однако, полезно идентифицировать наиболее жизнеспособное оборудование и случаи применения, в которых могут использоваться различные природные хладагенты. Таким образом, Таблица 2 и Таблица 3 дают общее представление о том, какие природные хладагенты можно применять в соответствии с существующей ситуацией. Информация подразделяется на следующие категории.

Применение

Идентифицированы наиболее традиционные случаи применения, которые до сих пор используют ГХФУ. Существует ряд других категорий таких как промышленное охлаждение, промышленные тепловые насосы, и мобильные системы кондиционирования и т.д., которые являются или сделанными на заказ системами и таким образом существенно отличаются, или просто не использующими ГХФУ в качестве основных хладагентов. Для данных систем их следует рассматривать на основе каждого конкретного случая.

Тип оборудования

Тип оборудования идентифицирует конкретный тип механизма, который можно использовать для установленного применения.

Тип системы

Типы системы относятся к местонахождению хладагента, который в основном диктует, когда можно использовать определенные хладагенты. Определены следующие типы:

- Интегральный – где вся система интегрирована в единый блок, подходящий для УВ и R-744
- Дистанционный – где часть системы, обычно конденсатор и компрессор, расположена снаружи блока; подходит для R-744 и малой заправки УВ
- Распределенный – где центральная система закачивает хладагент в несколько разных испарителей; в основном подходит для R-744, или использует УВ или R-717 в пределах косвенной системы
- Косвенный – где хладоноситель/вторичный хладагент закачивается в один или несколько блоков от центрального охлаждающего аппарата; подходит для R-744, УВ или R717

Типичный фторуглерод

Это указывает на наиболее традиционные ГХФУ или ГФУ, используемые в данном типе оборудования.

Жизнеспособные природные хладагенты

Перечислены наиболее подходящие варианты природных хладагентов. Жизнеспособность оценивается на основании дискуссии в предыдущих разделах, т.е. в основном согласно вопросам техники безопасности и затратам. Выбор

природного хладагента в дальнейшем разбивается на подкатегории в зависимости от ситуации:

- Новый хладагент (переоборудование/дозаправка); только там, где существующий хладагент удален и заменен на новый, внося ограниченные изменения в оборудование
- Новая система (схема и компоненты); где старая схема и компоненты охлаждения удалены, а новые с новым хладагентом поставлены на место; например, замена холодильника
- Новая установка (схема, компоненты и расположение); где старая система и все взаимодействующее оборудование, такое как водопроводные трубы, каналы и т.д., удалено; например, замена системы супермаркета непосредственного расширения на косвенную систему

Хладагенты, которые можно использовать для конкретного случая, но которые требуют изменения системы, перечислены в квадратных скобках, например, где использование УВ или R-717 требует замены системы непосредственного расширения на косвенную (вторичную) систему.

Применение	Тип оборудования	Тип системы	Обычный фторуглерод	Жизнеспособные природные хладагенты		
				Новый хладагент (ретрофит/ретрофилл)	Новая система (схема и компоненты)	Новая установка (схема, компоненты и местонахождение)
Розничное охлаждение	Водоохладитель	Интегральный	R134a, R12	Смесь UB	R600a, R290	R600a, R290
	Холодильные витрины	Интегральный	R134a, R404A, R502	Смесь UB, R290	R600a, R290, R744	R600a, R290, R744
	Холодильные витрины	Дистанционный	R22, R404A, R502		R290, R744	R290, R744
	Холодильные витрины	Распределенный	R22, R404A, R502			R744, [R290, R1270, R717]*
	Холодильные витрины	Косвенный	R22, R404A	R290, R1270	R290, R1270, R717	R290, R1270, R744, R717
	Морозильные камеры	Интегральный	R22, R404A, R502	R290, R1270	R290, R1270	R290, R1270
	Морозильные витрины	Дистанционный	R22, R404A, R502		R290, R744	R290, R744
	Морозильные витрины	Распределенный	R22, R404A, R502			R744, [R290, R1270, R717]*
	Морозильные витрины	Косвенный	R22, R404A	R290, R1270	R290, R1270, R717	R290, R1270, R744, R717
	Шкафы с выдвижными ящиками для хранения	Интегральный	R22, R404A, R502	R290, R1270	R290, R1270, R744	R290, R1270, R744
Холодильное хозяйство и производство пищевых продуктов	Холодильные камеры	Дистанционный	R22, R404A, R502		R290, R1270, R744	R290, R1270, R744
	Холодильные камеры	Распределенный	R22, R404A, R502			R744, [R290, R1270, R717]*
	Холодильные камеры	Косвенный	R22, R404A	R290, R1270	R290, R1270	R290, R1270, R744, R717
	Охлаждение/замораживание по ходу технологического процесса	Дистанционный	R22, R404A, R502		R290, R1270, R744	R290, R1270, R744, R717
		Распределенный	R22, R404A, R502		R290, R1270, R744	R290, R1270, R744, R717
		Косвенный	R22, R404A	R290, R1270	R290, R1270	R744, [R290, R1270, R717]*
Транспортное охлаждение	Грузовики автодорожного транспорта	Интегральный	R22, R404A, R502	R290, R1270	R290, R1270, R744	R290, R1270, R744
	Вагоны рефрижераторы	Интегральный	R22, R404A, R502		R744	R744
	Охлаждение на борту морского судна	Интегральный	R22, R404A, R502		R744	R744
	* Использование UB и R-717 требует заменить систему прямого расширения на косвенную (вторичную) систему					
Таблица2: Зоны применения для природных хладагентов – Охлаждение						

Применение	Тип оборудования	Тип системы	Обычный фторуглерод	Жизнеспособные природные хладагенты		
				Новый хладагент (ретрофит/ретрофилл)	Новая система (схема и компоненты)	Новая установка (схема, компоненты и местонахождение)
Бытовые кондиционеры, влагопоглотители и тепловые насосы	Портативные блоки	Интегральный	R22, R407C, R410A	R290, R1270	R290, R1270	R290, R1270
	Оконные блоки	Интегральный	R22, R407C, R410A	R290, R1270	R290, R1270	R290, R1270
	Сквозные стеновые блоки	Интегральный	R22, R407C, R410A	R290, R1270	R290, R1270	R290, R1270
	Сплит блоки	Дистанционный	R22, R407C, R410A	R290, R1270	R290, R1270, R744	R290, R1270, R744
	Отопление горячей водой	Интегральный	R22, R407C, R410A	R290, R1270	R290, R1270, R744	R290, R1270, R744
	Центральное отопление	Интегральный /косвенный	R22, R407C, R410A	R290, R1270	R290, R1270, R744	R290, R1270, R744
	Сплит блоки	Дистанционный	R22, R407C, R410A	R290, R1270	R290, R1270, R744	R290, R1270, R744
	Мульти-сплит/VRV	Распределенный	R22, R407C, R410A			R744, [R290, R1270, R717]*
Коммерческое кондиционирование и тепловые насосы	Компактный канализованный	Дистанционный	R22, R407C, R410A			R744
	Центральный блок	Дистанционный	R22, R407C, R410A			R744
	Позитивные дисплетные камеры охлаждения	Интегральный /Косвенный	R134a, R22, R407C	R290, R1270	R290, R1270, R717	R290, R1270, R717
	Центробежные камеры охлаждения	Интегральный /косвенный	R123, R134a		R290, R1270, R717	[R290, R1270, R717]*
	Отопление горячей водой	Интегральный	R22, R407C, R410A	R290, R1270	R290, R1270, R744	R290, R1270, R744
	Центральное отопление	Интегральный /косвенный	R22, R407C, R410A	R290, R1270	R290, R1270, R744	R290, R1270, R744
	* Использование UV и R-717 требует заменить систему прямого расширения на косвенную (вторичную) систему					
	Таблица3: Зоны применения для природных хладагентов – Кондиционирование и тепловые насосы					

Применение систем тепловых насосов, работающих на аммиаке, для отопления и охлаждения нежилых помещений

Проф. Джорн Стин, СИНТЕФ Энерджи Рисёрч, Норвегия

Введение

Аммиак (NH_3 , R717) является наиболее известной альтернативой среди природных рабочих жидкостей, так как он широко используется в промышленных холодильных установках более ста лет. Однако, аммиак является токсичной жидкостью, а строгие стандарты и положения по созданию и эксплуатации холодильных систем и тепловых насосов, работающих на аммиаке, затруднили его использование во многих странах. В Норвегии, аммиак широко используется в качестве рабочей жидкости для средне- и крупномасштабных систем тепловых насосов (>200 кВт) благодаря благоприятным экологическим и термодинамическим свойствам жидкости.

Характеристики систем теплового насоса, работающих на аммиаке

Так как водный аммиак разъедает медь и цинк, конструкционная сталь и алюминий являются наиболее используемыми материалами в системах тепловых насосов, работающих на аммиаке. Аммиак обладает очень высокой удельной энтальпией (теплосодержание) испарения [кДж/кг] по сравнению с R407C и R134a, которые широко используются в качестве рабочих жидкостей в Норвежских системах тепловых насосов, используемых в нежилых помещениях. Это приводит к расходу малой массы, которая снижает необходимые размеры трубопроводов и клапанов обычно на 30- 50% при условии того же падения температуры насыщения. Другим преимуществом, несмотря на низкую плотность испарения аммиака, является то, что объемная способность нагрева [кДж/м³] - относительно высокая. При -5°C/50°C температуре испарения/сжатия, необходимый объем компрессора для систем тепловых насосов, работающих на R407C и R134a, будет грубо на 30% и 90% соответственно превышать систему, работающую на аммиаке. Тепловые насосы, работающие на аммиаке, достигают более высокой эффективности использования энергии, чем системы R407C и R134a при тех же рабочих условиях. Для теоретического однофазового цикла теплового насоса, работающего при температуре испарения/конденсации -5°C/50°C, изэнтропическом/адиабатическом сжатии и без перегрева или переохлаждения при всасывании, издержки производства на цикл аммиака составляют на примерно 7% и 11% больше, чем в циклах R134a и R407C. Разница будет больше в реальных системах в результате благоприятных термодинамических свойств аммиака. Это

включает более высокую температуру кривой насыщения, превосходные свойства теплообмена и высокую эффективность компрессора. При коэффициентах низкого давления аммиачные компрессоры намного лучше ГФУ компрессоров, тогда как относительно идентичные коэффициенты полезного действия компрессоров достигаются при коэффициентах высокого давления [1].

Температура аммиака при выходе газа намного выше температуры ГФУ. Для обеспечения надежной и энергоэкономичной работы компрессора, интерес представляют различные меры, включая низкотемпературную систему распределения тепла, высокотемпературный источник тепла, больше поверхностей для испарителя и конденсатора, работа затопленного испарителя, короткие и хорошо изолированные приемные линии, крышки цилиндра с водяным охлаждением для поршневых компрессоров, двухступенчатое сжатие установки при коэффициенте выше 5 - 6, и теплообменник для производства горячей воды.

Другим недостатком аммиачных насосов является температура воды ограниченной подачи, составляющая приблизительно 48°C от конденсатора при использовании стандартного 25-барного оборудования [3]. Если тепловой насос подает тепло в высокотемпературную теплораспределительную гидроническую систему (например, 80/60°C или 70/50°C при (РТНВ -Расчетная Температура Наружного Воздуха), температура в обратном трубопроводе в течение более длительных периодов может быть даже выше максимальной температуры питания от конденсатора. Это снизит ежегодную подачу тепла от теплового насоса и вместе с тем SPF системы (Seasonal Performance Factor) – сезонный коэффициент энергоэффективности, или сезонный коэффициент преобразования. Если для обогрева и охлаждения зданий необходимо использовать 25-барные аммиачные насосы, очень важно, чтобы гидроническое распределение тепла было спроектировано для относительно низкой температуры в обратном трубопроводе. Это достигается путем серийного соединения радиаторов и отопительных батарей в вентиляционной системе в сочетании с регулированием объемного расхода первичной схемы воды.

При использовании двухступенчатого сжатия с 40-барным компрессором и конденсатором на втором этапе максимальная температура подачи воды возрастает до примерно 68°C. Двухступенчатая операция повысит КП (коэффициент производительности) почти на 20 - 40%, но затраты на 80 - 100% будут выше чем в одноступенчатых системах. Дополнительные затраты на одноступенчатую 40-барную систему составляют около 15 - 25% [3].

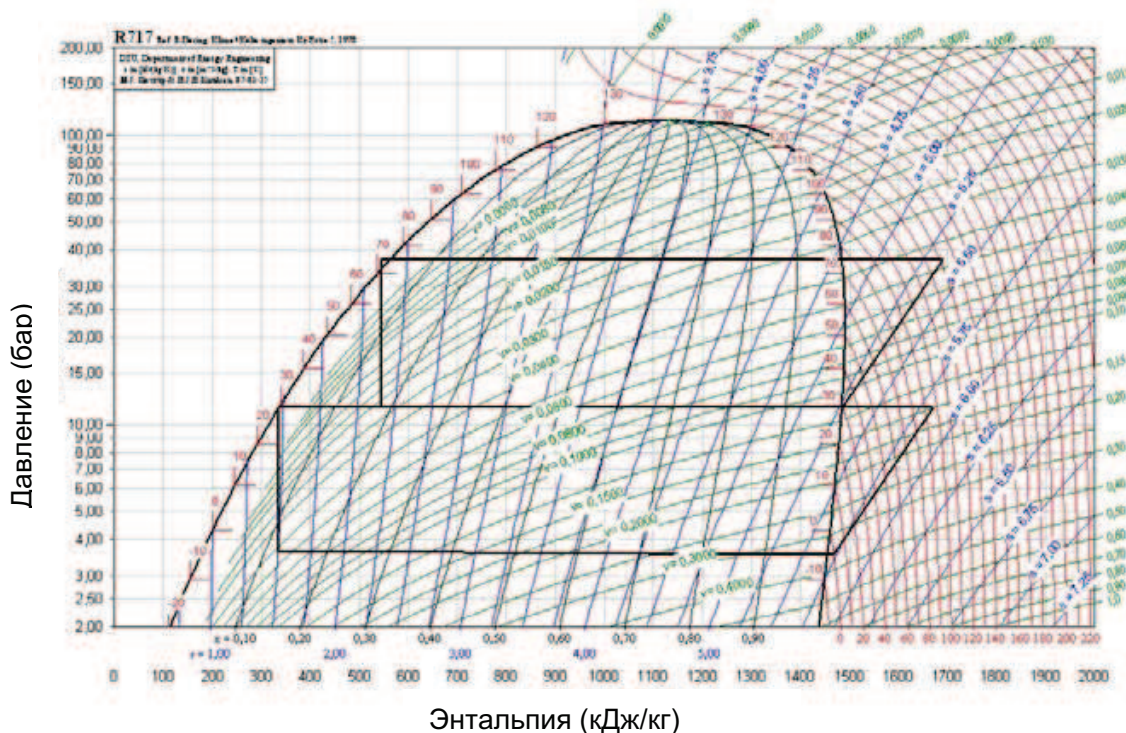


Рисунок 1. Пример энергоэффективности двухступенчатого цикла аммиачного теплового насоса при температуре испарения и конденсации -5°C и 75°C соответственно. Эффективность изэнтропического компрессора составляет 0.75 [5].

В результате существенных вариантов в отопительных/охлаждающих нагрузках и температурных требований в системе распределения тепла в зданиях, системы аммиачных тепловых насосов необходимо конструировать для высокой энергоэффективности при работе с неполной нагрузкой и переменными температурами сжатия. Это подразумевает применение нескольких тепловых насосных установок, оснащенных поршневыми компрессорами или винтовыми компрессорами, регулируемые с помощью инвертера с переменным коэффициентом объема. Стандартные винтовые компрессоры не подходят в результате низкой эффективности использования энергии при операции с неполной нагрузкой и переменным подъемом температуры. Центробежные компрессоры не представляют интерес в аммиачных системах так как низкая молярная масса (17.03) потребует многоступенчатой компрессии, примерно в 6 раз больше чем для R134a.



Рисунок 2. Примеры открытых поршневых и винтовых компрессоров для аммиака.

Токсичная жидкость – Техника безопасности

Основными аргументами против установки аммиачных тепловых насосов в густонаселенных районах являются последствия возможных неконтролируемых выбросов аммиака. Аммиак является токсичной жидкостью с резким запахом. Резкий запах может вызвать панику, но он также облегчает обнаружение утечки. Значение Экстремального Риска для Жизни и Здоровья (ЭРЖЗ) для аммиака составляет 500 промилей, а самая низкая известная летальная концентрация составляет 5,000 промилей [1]. Так как Нижний Предел Взрываемости (НПВ) и температура воспламенения составляют 15% от объема и 651 С, соответственно, аммиак классифицируется как токсичный, но умеренно воспламеняемый в большинстве стандартов охлаждения. Для гарантии максимальной безопасности тепловых насосных установок, работающих на аммиаке, должны/могут быть реализованы обязательные/факультативные меры по технике безопасности:

- Аммиачные блоки с низкой заправкой
- Газо-непроницаемое и огнеупорное машинное отделение с автоматическими дверями, расположенное внутри здания или в контейнере на крыше здания
- Индикаторы утечки, активизирующие визуальные/звуковые аварийные сигналы и т.д.
- Безопасная аварийная система вентиляции – постоянное пониженное давление вокруг аммиачных блоков
- Промыватель аммиака для эффективной абсорбции паров аммиака в вытяжной вентиляции

Рынок – Примеры установки

Несколько сотен аммиачных тепловых насосов установлено в Норвегии с начала 90-х. Большинство из них установлено в более крупных зданиях (от 200 кВт до 2 МВт) и районных отопительных системах и системах охлаждения (от 700 кВт до 8 МВт). Существует также большое количество аммиачных тепловых насосов в системах катков, промышленности (установки с наивысшей производительностью, сушильные установки) и установки в рыбной отрасли. Около 25 из аммиачных тепловых насосов являются двухступенчатыми 40-барными системами. Дирекция Коммунального Строительства и Собственности в Норвегии (Страсбург) предпочитает устанавливать аммиачные тепловые насосы, так как аммиак является рабочей жидкостью благоприятной для экологии с отличными термодинамическими свойствами.

Аммиачный тепловой насос в Исследовательском Центре (1994)

900 кВт аммиачная система теплового насоса для отопления, охлаждения пространства и отопления с помощью горячей воды была установлена в 1994 году в Исследовательском Центре Статоил в Тронхейме. Требования к отоплению и охлаждению при проектных условиях для здания площадью 28,000 м² составляют 1.5 и 1.35 МВт, соответственно. В качестве источника тепла используется морская вода с 60-м глубины.

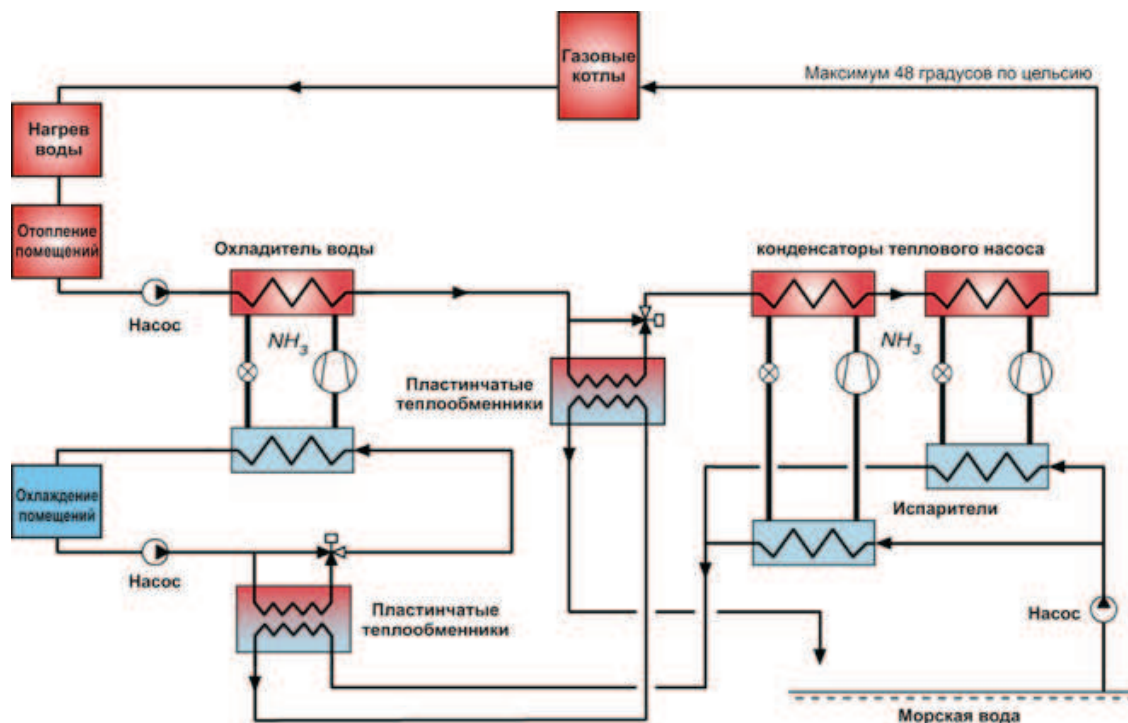


Рисунок 3. Принципиальная схема 900 кВт аммиачной системы теплового насоса в Исследовательском Центре Статоил

Тепловой насос состоит из двух идентичных одноступенчатых тепловых насосов, оснащенных двумя 25-барными шестицилиндровыми поршневыми компрессорами, титанового пластинчатого теплообменника, в качестве испарителя, и двухходового кожухотрубного конденсатора. Заправка аммиаком составляет около 0.2 кг на кВт тепломощности. Дополнительный обогрев и техническое обеспечение гарантировано газовыми котлами. Так как машинное отделение находится внутри здания на первом этаже, помещение является газонепроницаемым с автоматическими дверями, а двухступенчатая вентиляционная система поддерживает постоянное пониженное давление около установок. Другие меры техники безопасности включают индикаторы утечки, систему аварийной сигнализации и газопромыватель аммиака специального назначения. Газопромыватель устанавливается в вентиляционном канале и снижает концентрацию аммиака в отработанном воздухе до максимум 50 промилей в случае значительной утечки.

Хотя КП тепловых насосных установок составляет около 4.5 при расчетных условиях, SPF двухконтурной отопительной системы меньше 2.5. Основной причиной плохой работы является то, что бойлеры с газовым подогревом покрывают всю отопительную нагрузку при низких температурах окружающей среды, так как температура в обратном трубопроводе в системе распределения тепла при данных рабочих условиях выше максимальной температуры подачи на 48°C от тепловых насосных установок. В результате, система теплового насоса охватывает более 80% общей годовой отопительной нагрузки здания. Данная проблема могла быть решена путем применения двухступенчатой 40-барной системы теплового насоса – или даже лучше, путем разработки гидронической отопительной системы для пониженной температуры в обратном трубопроводе.

Аммиачный тепловой насос в районной системе отопления и охлаждения (1998)

Самая крупная в Норвегии аммиачная система охлаждения и теплового насоса (СОТН) была установлена в аэропорту Гардермон в Осло в 1998 [2]. Максимальная отопительная и охлаждающая способность СОТН составляет 7.5 МВт и 6.0 МВт, соответственно, и система использует обширный слой грунтовых вод на территории в качестве хранилища термальной энергии (ХТЭВС). Система ХТЭВС состоит из 9 холодных скважин и 9 теплых скважин. При зимнем режиме подземная вода из теплых скважин используется в качестве источника тепла для СОТН, а возвратная вода подается на холодные скважины. При летнем режиме подземная вода из холодных скважин используется для предварительного охлаждения до ее возврата в теплые скважины.

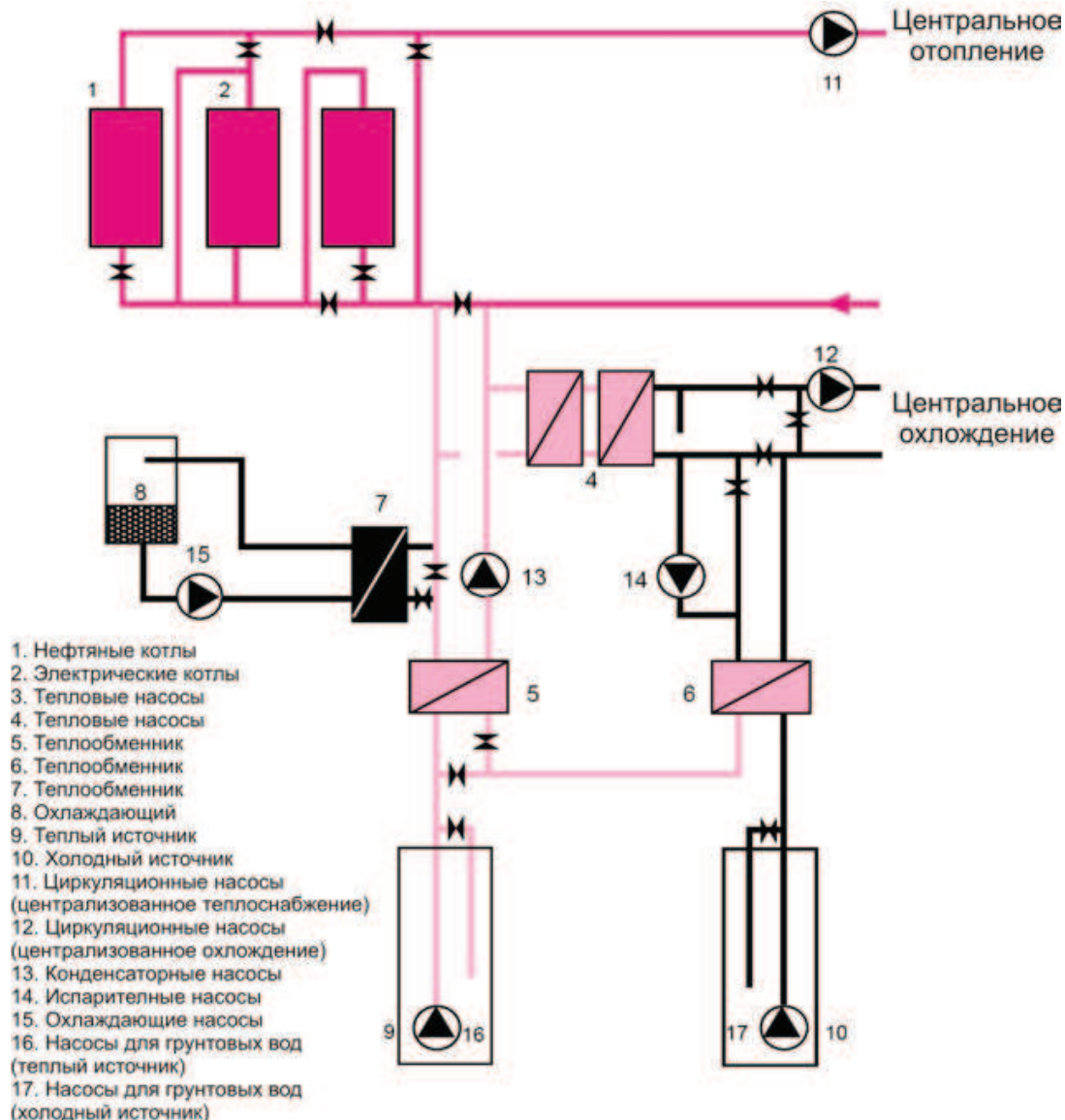


Рисунок 4. Принципиальная схема 7.5 МВт аммиачной системы теплового насоса в аэропорту Осло, Гардермон

Двухступенчатые аммиачные насосные установки оснащены кожухотрубным испарителем и конденсатором, хотя пластинчатый теплообменник может иметь в

значительной степени уменьшенную заправку аммиаком. Семь 8- и 16-цилиндровые поршневые компрессоры используются для достижения высокой эффективности при работе с неполной нагрузкой. Замеренное общее SPF для COTH в режиме обогрева и охлаждения составляет около 5.5. Общая заправка аммиаком системы теплового насоса составляет 2,500 кг. Из-за токсичности жидкости и большой заправки газобезопасная энергоцентрала располагается на расстоянии примерно 1 км от здания терминала и оснащена индикаторами утечки, безопасной аварийной вентиляционной системой и спринклерной системой.

Аммиачная система теплового насоса в больнице (2008)

В настоящее время строится новая районная больница общего типа в Акершусе (SiA). Общая площадь помещений здания будет составлять около 160.000 м², а больница начнет работать с октября 2008 года. Комбинированная аммиачная система холодильной установки и теплового насоса (COTH) будет подавать тепло и охлаждение в здания, и система будет подключена к крупнейшему подземному хранилищу тепловой энергии (ПХТЭ) в Европе, состоящему из 350 скважин глубиной двести метров в скальном основании [4]. COTH компании Йорк Рефриджирейшн будет состоять из трех одноступенчатых винтовых компрессорных установок с регулированием золотникового клапана и переменным коэффициентом объема, одного одноступенчатого блока с двумя большими поршневыми компрессорами. Каждая установка имеет максимальную охлаждающую способность примерно 2 МВт. COTH разработана согласно максимальной нагрузке охлаждения в примерно 7.7 МВт. Нагревательная способность COTH при расчетной температуре наружного воздуха (РТНВ) составляет около 5 МВт. Установки будут подавать конденсаторное тепло на низкотемпературную схему при максимальной температуре питания 52 С (отопление помещений, отопление плавательных бассейнов и т.д.), и охлаждение после перегрева на высокотемпературную схему при максимальной температуре питания в 75°С (обогрев горячей водой). Тепловой насос покрывает около 80% общей годовой тепловой нагрузки больницы, а мазутные котлы будут использоваться в качестве пиковой нагрузки.

Ссылки

- [1] Дж.Стин, 1998: МЭА Приложение 22: Заключительный Отчет – Инструкции по проектированию и эксплуатации систем компрессионных тепловых насосов, кондиционирования воздуха и охлаждения, работающих на природных рабочих жидкостях. МЭА ПТН Отчет №. HPP-AN22-4. ISBN 90-73741-31-9.
- [2] Г.Игген, Г.Вангснес, 2005 Тепловой насос для районного охлаждения и отопления в Осло, Аэропорт Гардермон Проц. 8-й Конференции МЭА по тепловым насосам, май 2005. Лас Вегас, США.
- [3] Информация компании Йорк Рефриджирейшн, Норвегия
- [4] Информация компании Свеко Гронер АС, Норвегия
- [5] CoolPack, 2000. Программа моделирования для тепловых насосов и холодильных установок, разработанная в Техническом Университете Дании (свободно распространяемое ПО). <http://www.et.web.mek.dtu.dk/Coolpack/UK/>

Обзор и перспектива применения CO₂ в тепловых насосах

Рене Райберер, Технологический Университет Граз, Институт
Теплового Машиностроения, Австрия

Джорн Стин, Петтер Некса, СИНТЕФ Энерджи Рисёрч, Норвегия

Введение

До недавнего времени R-22 являлся стандартным хладагентом используемым в тепловых насосах. Это происходит благодаря его термодинамическим свойствам высокого качества, которые предлагали высокую эффективность в режиме обогрева для поддержания компактности оборудования. Постепенное выведение из обращения ГХФУ форсировала исследования по альтернативным хладагентам для тепловых насосов. Кандидатами являются ГФУ (R407C, R410A, и т.д.) с высоким Потенциалом Глобального Потепления (ПГП) и «природные» рабочие жидкости такие как аммиак (R717), пропан (R290) и CO₂ (R744). Преимущество углекислого газа заключается в том, что он является безопасным хладагентом с незначительным (без) ПГП.

Благодаря низкой критической температуре CO₂ (31.1°C), отвод тепла в тепловом насосе, работающем на CO₂, обычно происходит при сверхкритическом давлении. Докритическая операция, подтвержденная стандартными системами тепловых насосов, возможна только, если уровень температуры радиатора-теплосъемника - очень низкий (около 25°C или ниже). Более высокие температуры радиатора-теплосъемника приводят к транскритической операции, где CO₂ охлаждается в период отвода тепла в газоохладителе. Транскритический процесс теплового насоса, работающего на CO₂, хорошо подходит для применения с большим скольжением температуры со стороны радиатора-теплосъемника, благодаря хорошему температурному соответствию между CO₂ с высоким давлением и радиатором-теплосъемником.

Схема 1 демонстрирует упрощенные докритические и транскритические циклы тепловых насосов, работающих на CO₂ . на диаграммах температура/энтальпия. Радиаторы-теплосъемники находятся в противотоке по отношению к хладагенту (CO₂); температурные профили указаны пунктирными линиями.

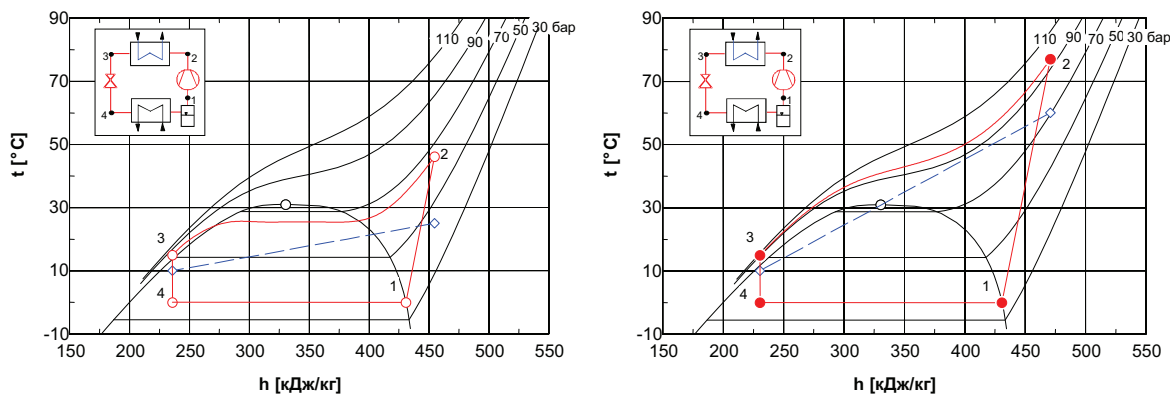


Схема 3: Примеры докритического (слева) и транскритического цикла теплового насоса, работающего на CO_2 (справа)

Коэффициент полезного действия (КП) теплового насоса, работающего на CO_2 , сильно зависит от сверхкритического (сторона высокого давления) давления и температуры CO_2 после отвода тепла. КП теплового насоса определяется как соотношение энергоёмкости, представленной в основном разностью энтальпий в период отвода тепла, к потребляемой мощности компрессора, в основном представленной разностью энтальпий в период сжатия. Для конкретной теплоемкости самый высокий КП очевидно происходит при самом низком возможном потреблении энергии.

Потребление энергии компрессора увеличивается более или менее линейно с помощью давления на стороне нагнетания. Если у радиатора-теплосъемника большое температурное скольжение, получаемая разница энтальпий в период отвода тепла падает при низких давлениях со стороны нагнетания в результате температурного пинча (ΔT_{\min}) внутри газоохладителя (Схема 2, слева). Это приводит к пониженному КП по сравнению с работой при оптимальном давлении со стороны нагнетания (Схема 2, справа). Однако, при давлении выше оптимального КП вновь падает, потому что температура CO_2 после отвода тепла и разницы энтальпий в период отвода тепла, соответственно, ограничивается температурой на входе в радиатор-теплосъемник, тогда как увеличение давления на стороне нагнетания ведет в любом случае к возросшему потреблению энергии компрессора. При использовании внутреннего теплообменника, влияние давления на стороне нагнетания на работу может существенно снизиться (сравните Райберер, 1998).

Практически КП теплового насоса, работающего на CO_2 определяется температурой на выходе CO_2 после отвода тепла, и, таким образом, КП понижается в результате увеличения температуры на входе в радиатор-теплосъемник. Данное обстоятельство является новым для тепловых насосов, потому что в стандартных – докритически работающих – тепловых насосах КП в принципе ограничено температурой на выходе радиатора-теплосъемника.

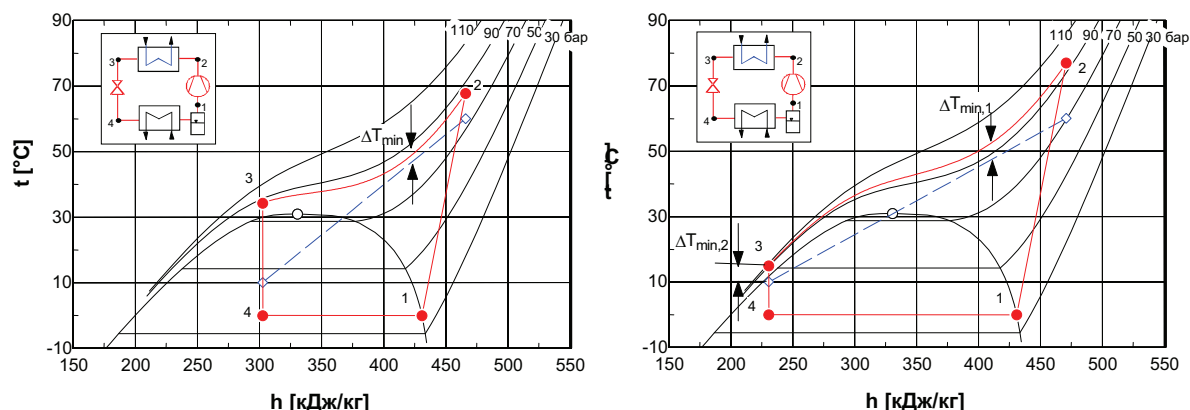


Схема 4: Влияние давления на стороне нагнетания на полученную разницу энтальпий в период отвода тепла в транскритическом цикле CO_2 (слева: давление близкое к оптимальному, справа: оптимальное давление)

Применения

В данной главе обсуждаются следующие случаи применения тепловых насосов:

- Водяной обогрев
- Обогрев помещений - гидронические системы распределения тепла
- Смешанный обогрев помещений и обогрев горячей водой
- Обезвоживание
- Кондиционирование жилых помещений

В заключении обсуждаются будущий потенциал и применения тепловых насосов, работающих на CO_2 .

Водяной обогрев

Одно из наиболее обещающих применений CO_2 - водонагреватели тепловых насосов (ВНТН) (ВНТН). Это происходит в результате хорошей адаптации процесса к применению, вызванной большим температурным скольжением со стороны радиатора-теплосъемника в сочетании с низкой температурой на входе в радиатор-теплосъемник в случае однократной системы подачи горячей воды. Некса и др. (1999) предоставили замеренные значения КП для 50-кВт прототипной системы CO_2 . Схема 3 демонстрирует КП как функцию температуры испарения. Заданная температура для горячей воды составляла 60 и 70°C, а температура на входе муниципальной воды составляла 8°C. Цифры КП при 60°C температуре горячей воды - очень благоприятны, меняясь от приблизительно 3.0 при температуре испарения от -20°C до 5.0 при +10°C. При 70°C температуре горячей воды КП менялось приблизительно между 2.8 - 4.4.

Дальнейшие эксперименты показали, что КП упало приблизительно от 4.3 до 3.9, когда температура на входе воды увеличилась от 8 до 20°C, с учетом 60°C температуры горячей воды и 0°C испарения. Как правило, КП водонагревателей тепловых насосов, работающих на CO_2 , падает грубо от 1 до 1.5% на каждый градус увеличения температуры воды на входе (Стин, 2004). Чтобы достичь низкой температуры воды на входе в газоохладитель и высокого КП для теплового насоса, работающего на CO_2 , очень важно использовать нестандартные системы баков с горячей водой, где смешивание горячей и холодной воды, а также кондуктивный

теплообмен внутри бака в период отвода и заправки снижаются до очень низкого уровня (Стин, 2004).

Высокий КП системы отражает хорошую адаптацию процесса к применению, благоприятные характеристики теплообмена для эффективной компрессии CO_2 . Изэнтропический и объемный КП при расчетных условиях (давление на стороне нагнетания 90 бар и давление на стороне всасывания 35 бар) составили приблизительно 0.84 и 0.86, соответственно. Схема 4 демонстрирует замеренные КП как функцию температуры горячей воды. Температура горячей воды на входе - около 10°C , а температура испарения постоянно поддерживалась на уровне 0°C и -10°C . Даже при высоких температурах горячей воды КП системы был относительно высоким, около 3.7 при температуре испарения 80°C и 0°C и 3.0 при температуре испарения -10°C .

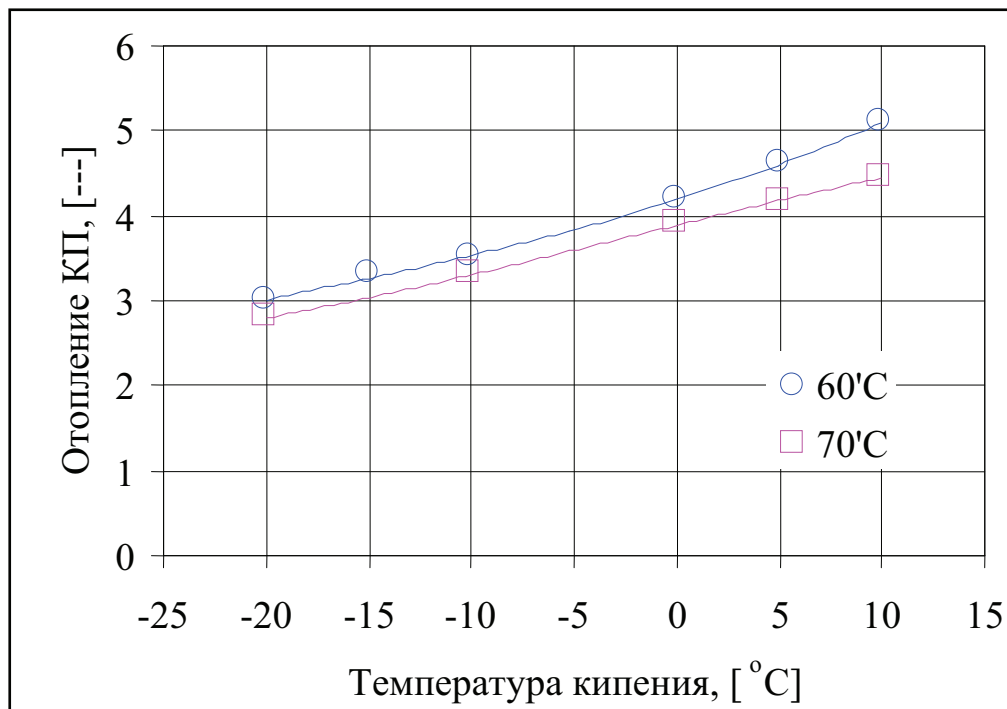


Схема 5: CO_2 – ВНТН – КП при изменении температуры испарения для температур на выходе 60 и 70°C (температура воды на входе: 8°C ; механическая эффективность компрессора 0.9) (Некса и др., 1999)

Велик рыночный потенциал для водонагревателей тепловых насосов. Приблизительно 20% энергии, используемой в жилых и торговых зданиях, расходуется на водяной обогрев (МЭА-ТНО, 1993). Более того, водонагреватель теплового насоса, работающего на CO_2 , может производить горячую воду с температурами до 90°C без операционных проблем и лишь с небольшой потерей эффективности. Следовательно, область применения намного больше чем для стандартных систем тепловых насосов, часто ограниченная температурами горячей воды ниже 55°C . Более того, промышленность очень нуждается в водяном обогреве, где часто обогрев водопроводной воды можно комбинировать с

охлаждением и/или замораживанием путем использования холодной стороны системы.

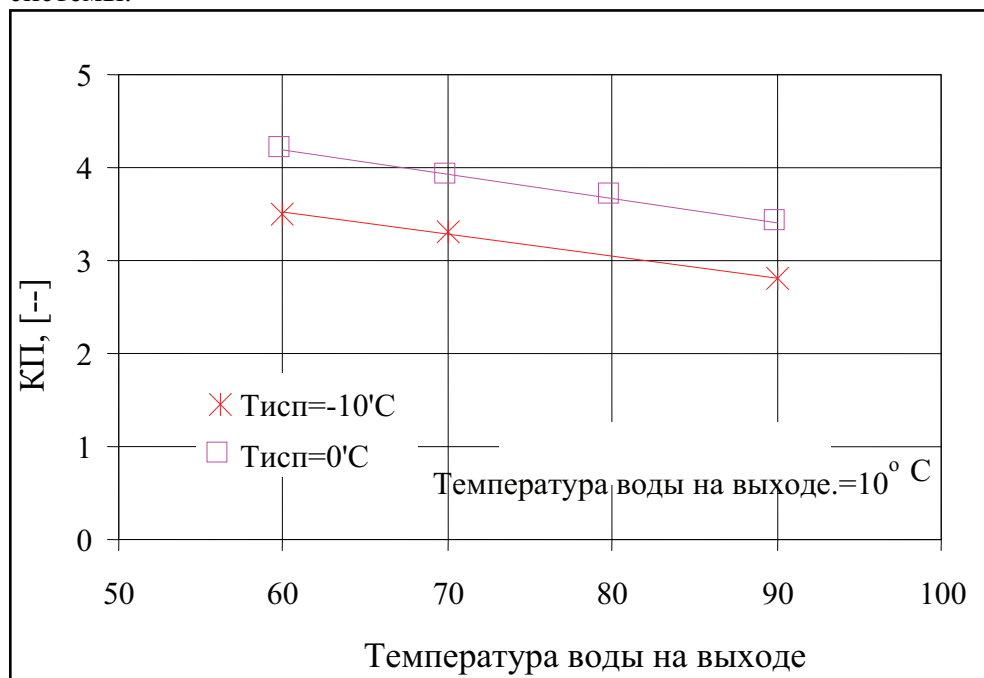


Схема 6: CO₂-ВНТН – КП для изменяющихся температур горячей воды на выходе (Некса и др., 1999)

В Японии первая система водонагревателя теплового насоса, работающего на CO₂ была продана в 2001 году. До настоящего времени система не была широко представлена на Европейском рынке, но можно встретить единичные установки, например, в Норвегии и Швеции (сравните Бюллетень МЭА Тепловой Насос №.2/2005 и www.kcc.se).

Так как все компании-производители электроэнергии в Японии получили разрешение на использование "EcoCute" (зарегистрированная торговая марка Kansai Electric) в качестве названия для водогревателей тепловых насосов, использующих природный хладагент CO₂, оно стало широко известным общественности, в совокупности с резервом гласности энергетических компаний и системой субсидий правительства. На базовой странице JARN («Новости Японии в области кондиционирования воздуха, обогрева и охлаждения», <http://www.jarn.co.jp>) можно найти информацию о рынке для "Eco Cute" в Японии. Хашимото (2006) представил также количество отгрузок в Японии (Схема 5), и упомянул заданное значение в 5.2 миллиона установок "EcoCute" к 2010 году.



Схема 7: Ситуация на японском рынке для водонагревателей тепловых насосов, работающих на CO₂ (Хашимото, 2006)

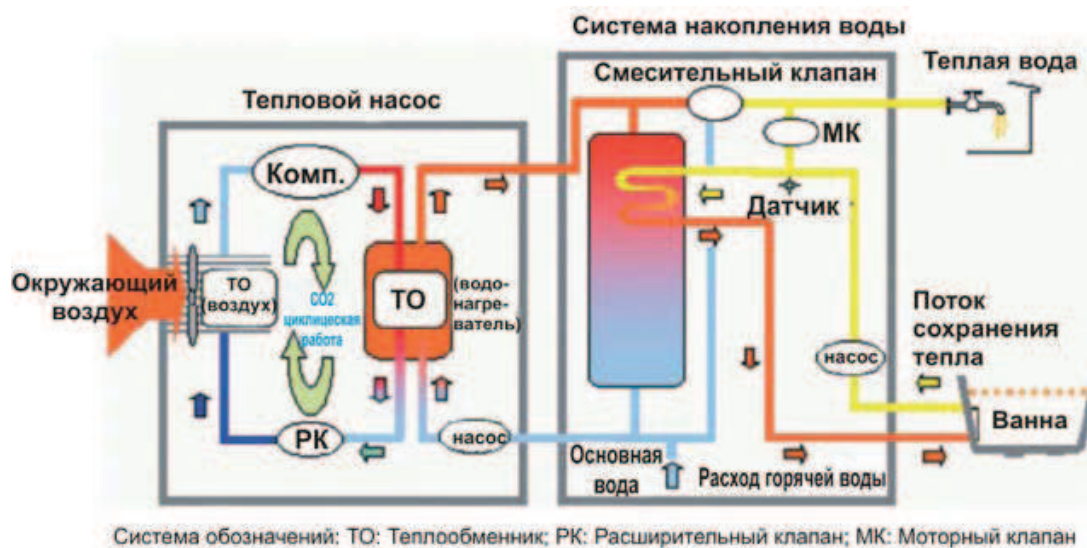


Схема 8: Стандартная система водонагревателя теплового насоса, работающего на CO₂ в Японии (http://www.jarn.co.jp/News/2004_Q2/40629_Growing_CO2.htm)

Хирсохи (2003) описывает основные функции водонагревателя теплового насоса, работающего на CO₂, проданного в Японии (сравните Схема 6). Системы используют окружающий воздух в качестве источника тепла и оснащены складским резервуаром, а горячая вода вырабатывается и хранится в резервуаре в ночное время, когда электричество - дешевое. Температура воды в резервуаре 85°C в зимнее время, температура воды из городского водопровода - низкая (5 - 9°C), 65°C в летнее время, когда она - относительно высокая (17 - 24 °C), и 75°C для промежуточного периода.

Японские установки обычно поставляют как горячую водопроводную воду, так и теплую воду для ванны. Полностью автоматизированные типы можно эксплуатировать с помощью дистанционного управления для заполнения ванны горячей водой и остановить на заданном уровне воды. Они автоматически поднимают температуру, когда вода в ванне остывает, и добавляют воду, когда уровень воды падает. Пульты дистанционного управления, установленные в кухне и ванной комнате, дают такую информацию как уровень резервуара, температура резервуара, температура воды, и температура ванны. Последние технологические разработки по водонагревателям тепловых насосов, работающих на CO_2 , позволяют им надежно гарантировать адекватное тепло в холодных климатических условиях при температурах окружающей среды до -20°C . В настоящее время тепловые насосы с воздухом в качестве источника, которые прежде не подходили для использования стандартных тепловых насосов, можно использовать в холодных климатических условиях. Хироши (2003) верит, что воздушно-водяные нагреватели, работающие на CO_2 , будут более широко использоваться благодаря конкурентоспособным эксплуатационным издержкам даже в холодном климате, по сравнению с водонагревателями, работающими на керосине, которые используют дешевое топливо.

В Европе продолжается разработка водонагревателей тепловых насосов, работающих на CO_2 , на основе отработанного воздуха в качестве источника тепла. Данная система может предложить интересное решение для производства горячей воды в зданиях с регулируемыми вентиляционными системами. Однако, на рынке система еще не появилась.

Отопление помещений – Жидкостные системы распределения тепла

Данный раздел демонстрирует результаты теоретического исследования тепловых насосов, работающих на CO_2 , используемых для жидкостных систем отопления с температурой поставки/температурой в обратном трубопроводе, составляющими $90/70^\circ\text{C}$, $55/45^\circ\text{C}$ и $35/30^\circ\text{C}$ при расчетной температуре -12°C (Райберер, 1998). Расчетные температуры поставки/обратки различных систем отопления, в зависимости от температуры окружающей среды, показаны на Схеме 7. Данная цифра основана на внутренних источниках тепла, соответствующая увеличению температуры в K , т.е. тепловая нагрузка становится нулевой при температуре окружающей среды 15°C .

Для определения КП теплового насоса, работающего на CO_2 , сделаны следующие допуски: температура испарения 0°C (т.е. грунтовая вода или земля в качестве источника тепла), без перегрева, КП компрессора $\eta_{is} = 0.8$ и $\eta_{mech} = 0.9$, внутренний теплообменник, и газоохладитель встречного потока и конденсатор, соответственно. Результаты расчетов цикла показаны на Схеме 8.

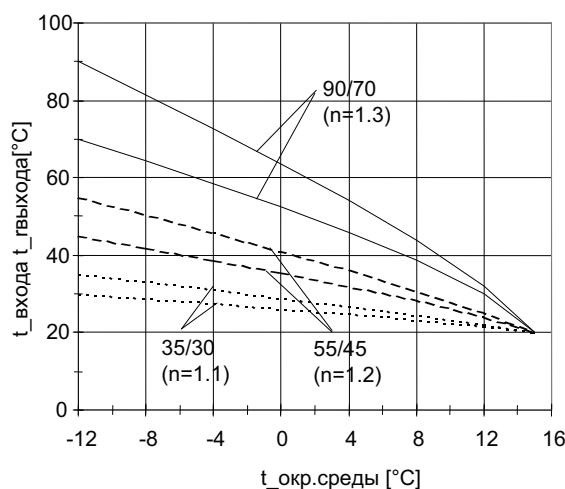


Схема 9: Температура на входе и выходе гидронических систем (Райберер, 1998)

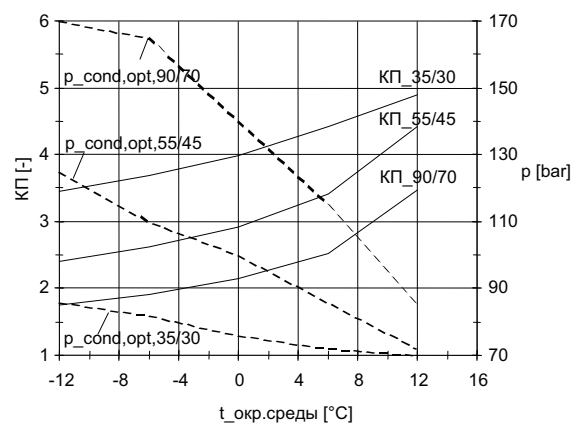


Схема 10: Смоделированный КП и оптимальное давление на стороне нагнетания ($p_{\text{cond,opt}}$) (Райберер, 1998)

Как видно на Схеме 8, соответствующее оптимальное давление на стороне нагнетания существенно зависит от температуры окружающей среды, но влияние давления на КП становится намного меньшим при высоких температурах на входе в радиатор-теплосъемник. Таким образом, влияние отклонений от оптимального значения - маленькое для данных систем. Однако, КП - не высоки как и для теплообменника теплового насоса, работающего на CO_2 , с низкой температурой воды городского трубопровода, допуская низкую температуру на выходе CO_2 из газоохладителя. Брандес (1999) предложил высокотемпературный тепловой насос, работающий на CO_2 , с атмосферным воздухом в качестве источника тепла при температурах питания/в обратном трубопроводе 93/40 $^{\circ}\text{C}$ (вместо 70/50 $^{\circ}\text{C}$) при расчетной температуре -15 $^{\circ}\text{C}$ (сравните со Схемой 9). Данный уровень температуры, реализованный с помощью сниженного расхода воды в отопительной системе, может обладать большим рыночным потенциалом в качестве отопительной системы для переоснащения бойлеров на органическом топливе в сочетании с гидроническими системами распределения тепла.

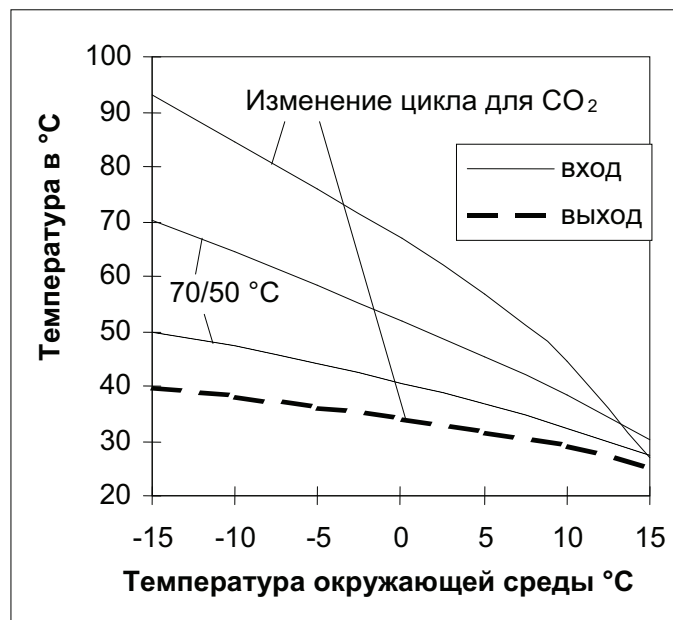


Схема 11: Температуры на входе и выходы для различных гидронических систем распределения тепла, включая системы 93/40°C, применяемые вместе с тепловыми насосами, работающими на CO₂ (Брандес, 1999)

Комбинированное отопление помещений и отопление горячей водой

У Стина (2004) дается детальное теоретическое и экспериментальное изучение системы теплового насоса, работающей на CO₂, для жилых помещений для комбинированного отопления помещений и бытового горячего водоснабжения (БГВ). Схема 10 показывает принципиальную компоновку системы. Противоточный газоохладитель, состоящий из 3-х частей, работающий на CO₂, гарантирует:

- Предварительный подогрев БГВ (А)
- Низкотемпературное отопление помещений (В)
- Повторный нагрев БГВ (С)

Интегрированная система теплового насоса, работающего на CO₂, имеет три операционных режима: только отопление нежилых помещений (режим ОНП), только отопление БГВ (режим БГВ), и одновременное отопление нежилых помещений и отопление БГВ (комбинированный режим). На диаграмме температура/энтальпия (теплосодержание) Схемы 11 проиллюстрирован процесс отвода тепла в период работы в комбинированном режиме.

КП в комбинированном режиме - выше чем в режиме БГВ благодаря более низкому давлению на стороне нагнетания и идентичному температурному подходу (ΔT_A).

КП в режиме ОНП намного ниже, чем в комбинированном режиме и режиме БГВ из-за плохого температурного соответствия между CO₂ и водой в газоохладителе, и потому что температура на выходе CO₂ из газоохладителя, состоящего из трех частей, ограничена температурой в обратном трубопроводе в системе отопления нежилых помещений.

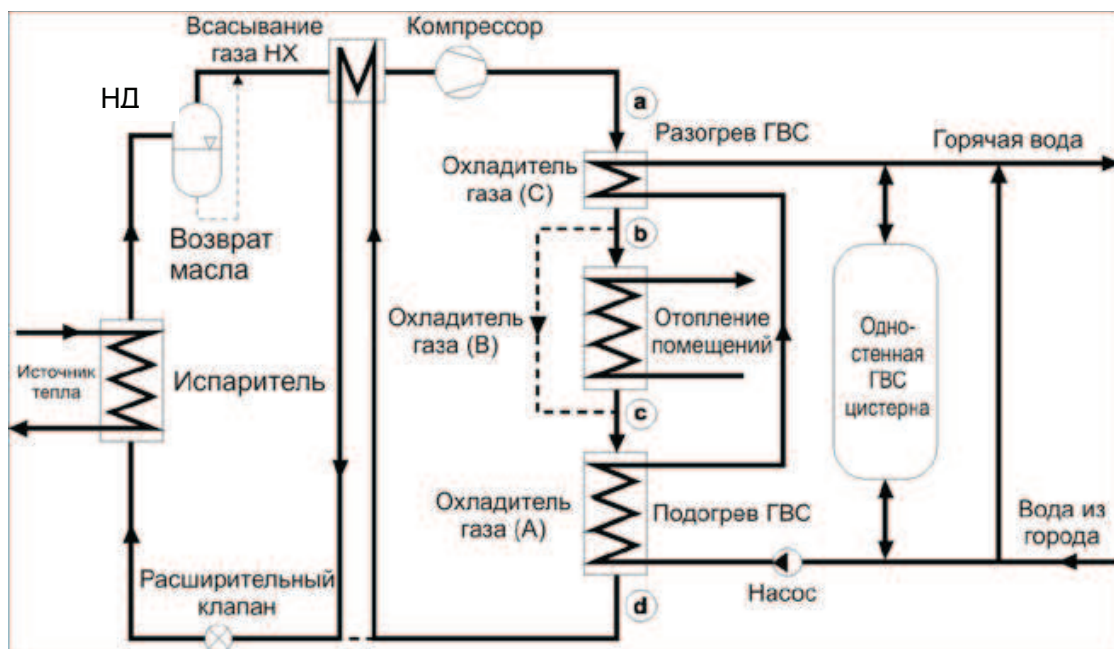


Схема 12: Принцип интегрированной системы теплового насоса для жилых помещений, работающего на CO_2 (Стин, 2004)

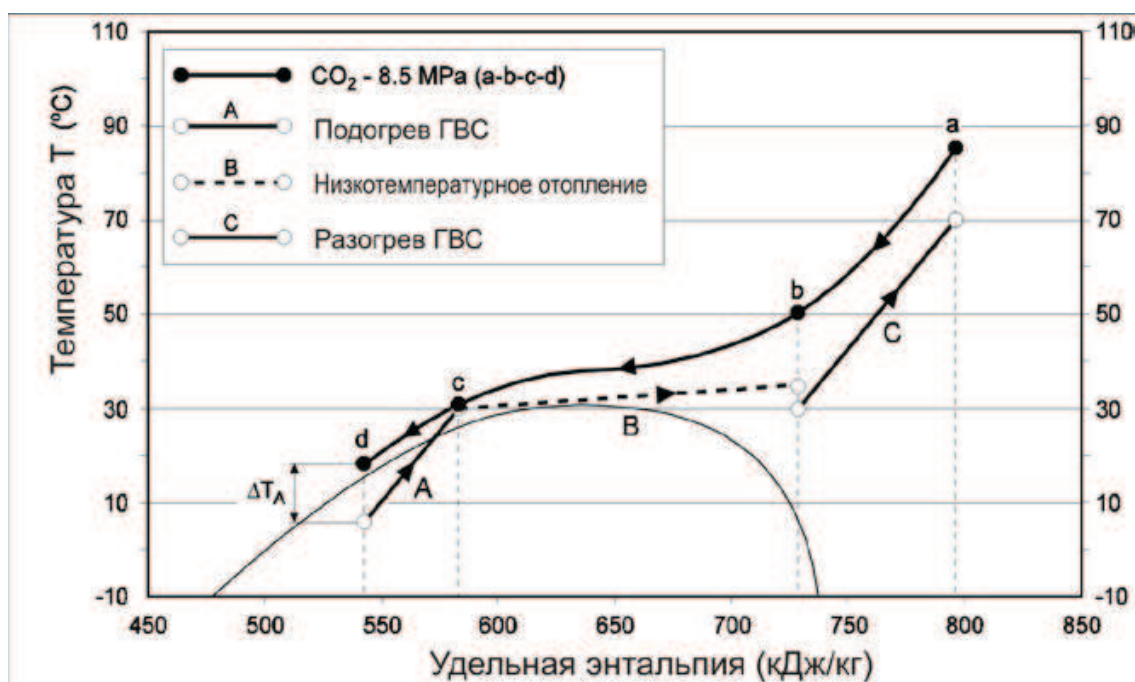


Схема 13: Иллюстрация процесса отвода тепла в комбинированном режиме (Стин, 2004)

6.5 кВт прототип теплового насоса рапа-вода, работающий на CO_2 , был протестирован в лаборатории NTNU-SINTEF (Норвегия). Температура испарения варьируется от -10 до 0°C , температуры питания/обратного трубопровода в системе

отопления нежилых помещений составляли 33/28, 35/30 or 40/35°C, а температура БГВ достигала 60, 70 или 80 C. Результаты теста продемонстрировали, что интегрированная система теплового насоса, работающего на CO₂ может достичь того же или более высокого сезонного коэффициента полезного действия (СКП) чем КП высокоэффективной энергетической системы теплового насоса рассола-вода, имеющегося на рынке. Однако, это предполагает, что коэффициент ежегодного тепла, поставляемого для производства БГВ, и общее ежегодное тепло, поставляемое от установки теплового насоса, составляет минимум 25 - 30%, температура в обратном трубопроводе в системе отопления нежилых помещений - низкая (приблизительно < 30 C), температура воды из городского трубопровода - относительно низкая (приблизительно < 10 C), и термодинамические потери в резервуаре БГВ - маленькие. Последний требует проектирования специального резервуара для сокращения смешивания и кондуктивного теплообмена между горячей и холодной водой в периоды выпуска и заправки.

В настоящее время в Японии имеется тепловой насос EcoCute для жилых помещений, работающий на CO₂, в качестве многофункциональной системы теплового насоса для отопления горячей водой, отопления нежилых помещений (отопление посредством змеевиков, заделанных под полом), отопления/сушки для ванных комнат (фанкойл), и повторного нагрева воды в ванне. *Схема 12* демонстрирует принципиальный набросок многофункциональной системы теплового насоса, работающего на CO₂ (Хихара, 2004).

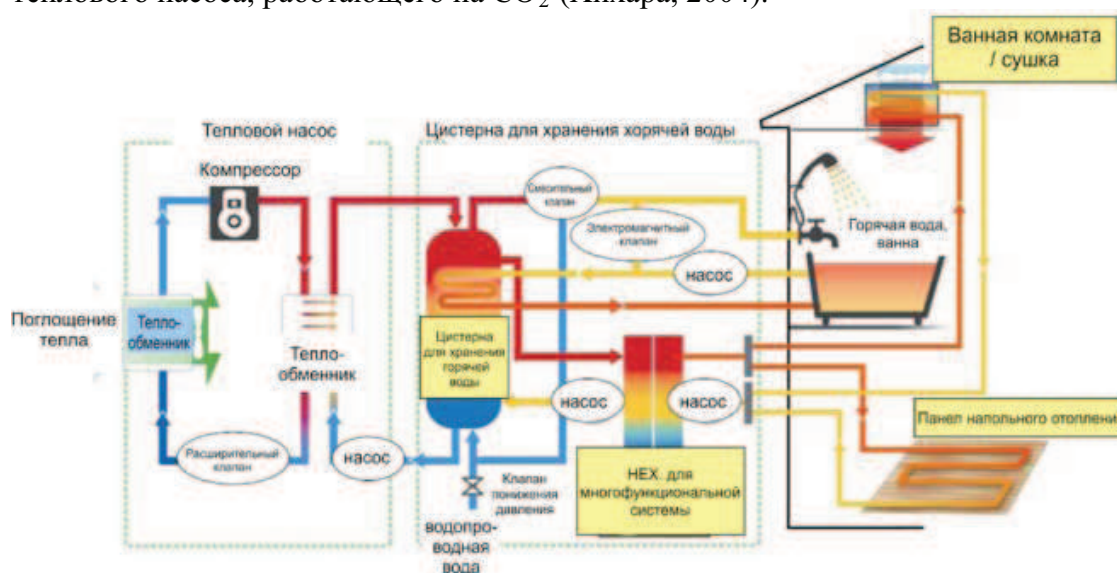


Схема 14: Принципиальное расположение многофункционального теплового насоса EcoCute воздух-вода, работающего на CO₂, для обогрева горячей водой, обогрева нежилых помещений и обогрева/сушки ванных комнат (Хихара, 2004)

Сушильная камера теплового насоса

Сушильная камера для прачечной

В Университете Эссена была детально исследована сушильная камера для прачечной на основе теплового насоса, работающего на CO_2 (сравните Схема 13). Клокер и др. (2001) сделали заключение о том, что использование CO_2 в качестве рабочей жидкости имеет преимущество улучшенных рабочих характеристик и безопасной эксплуатации. Благодаря свойствам благоприятным для окружающей среды и соответствующему термодинамическому поведению CO_2 , его применение в качестве рабочей жидкости в сушильных процессах теплового насоса можно рассматривать как выгодное. Бессальниковые компрессоры – имеющиеся в настоящее время – дают возможность использовать данную технологию сушильных камер коммерческих размеров, в то время как разработка маленьких герметичных компрессоров для бытовых сушильных камер для прачечных, работающих в настоящее время на ГФУ R134a в качестве рабочей жидкости, еще в перспективе.

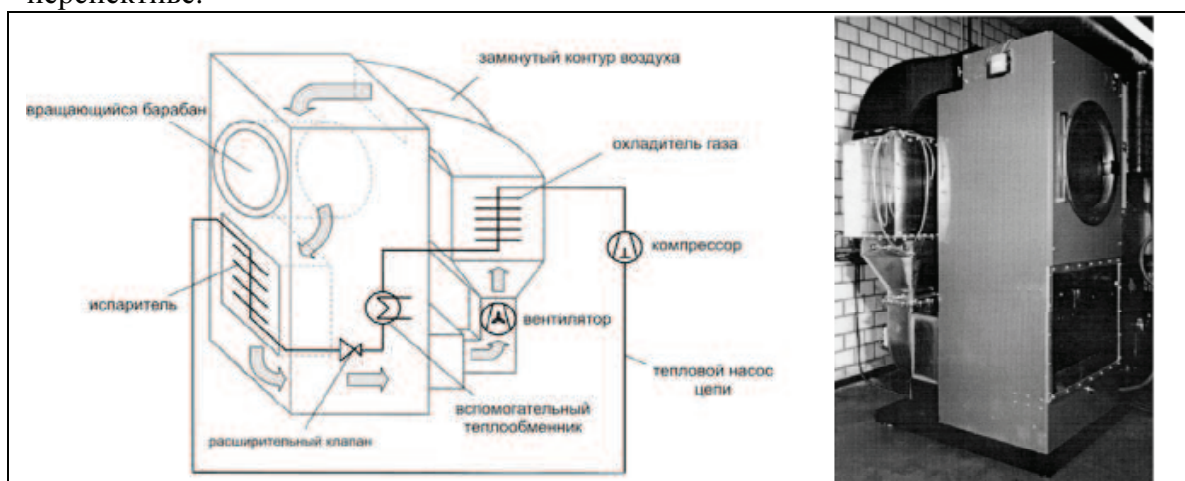


Схема 15: Сушильная камера теплового насоса прачечной (Клокер и др., 2001)

Сушильный аппарат для продуктов (Т.Эйкевик, NTNU, Тронхейм)

Сушильные аппараты для продуктов на базе тепловых насосов могут снизить потребление энергии на 70 - 80% по сравнению со стандартными сушильными камерами, дать производителям сушеных продуктов больше возможностей для оптимизации качественных характеристик продуктов с целью соответствия рыночным требованиям, и более или менее ликвидировать выбросы из сушильных камер благодаря замкнутому сушильному циклу. Условия высушивания, т.е. температура и относительная влажность, в сушильной камере могут легко контролироваться изменением рабочей нагрузки воздухоохладителя и калорифера (сравните Схема 14). Это позволяет производить высушивание при условиях как ниже, так и выше температуры замерзания продукта. При температурах ниже температуры замерзания продукта, процесс высушивания придаст продукту качественные характеристики идентичные вакуумным сублимированным продуктам.

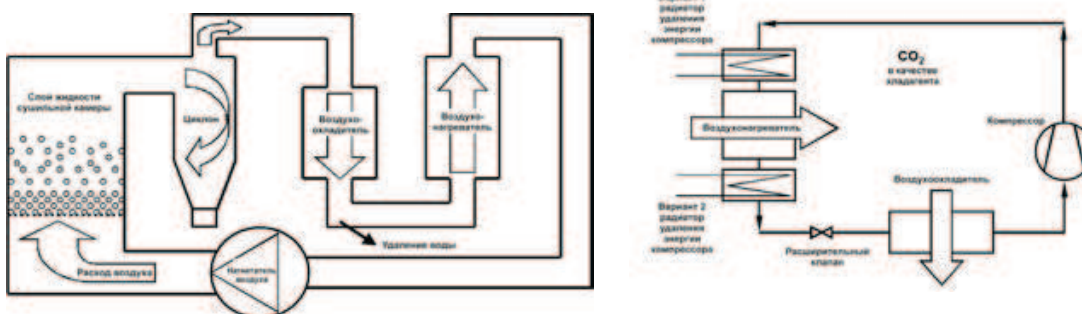


Схема 16: Расположение сушильной камеры с псевдоожиженным слоем (слева) и теплового насоса, работающего на CO₂ (справа)

В лаборатории Обезвоживания ИиР в NTNU-СИНТЕФ (Норвегия), построен прототип теплового насоса, работающий на CO₂, с сушильной камерой с псевдоожиженным слоем (Схема 15). Тепловой насос спроектирован для работы при температуре воздуха на входе -20°C до +100°C для сушильной камеры. При температурах воздуха на входе ниже +15°C, значения СКИВ (Специальный Коэффициент Извлечения Влага, $\text{кг}_{\text{вода}}/\text{кВт}\cdot\text{ч}_{\text{сл}}$) теплового насоса, работающего на CO₂, будут несколько лучше значений сушильных камер теплового насоса, использующих R134a, пропан, R407C, R410A или аммиак в качестве рабочих жидкостей. При диапазоне температур между +30°C и +50°C, СКИВ для сушильной камеры теплового насоса, работающего на CO₂, будет на 30 - 40% выше чем у сушильных камер стандартных тепловых насосов. Подробную информацию можно найти у Эйкевика и др. (2003).

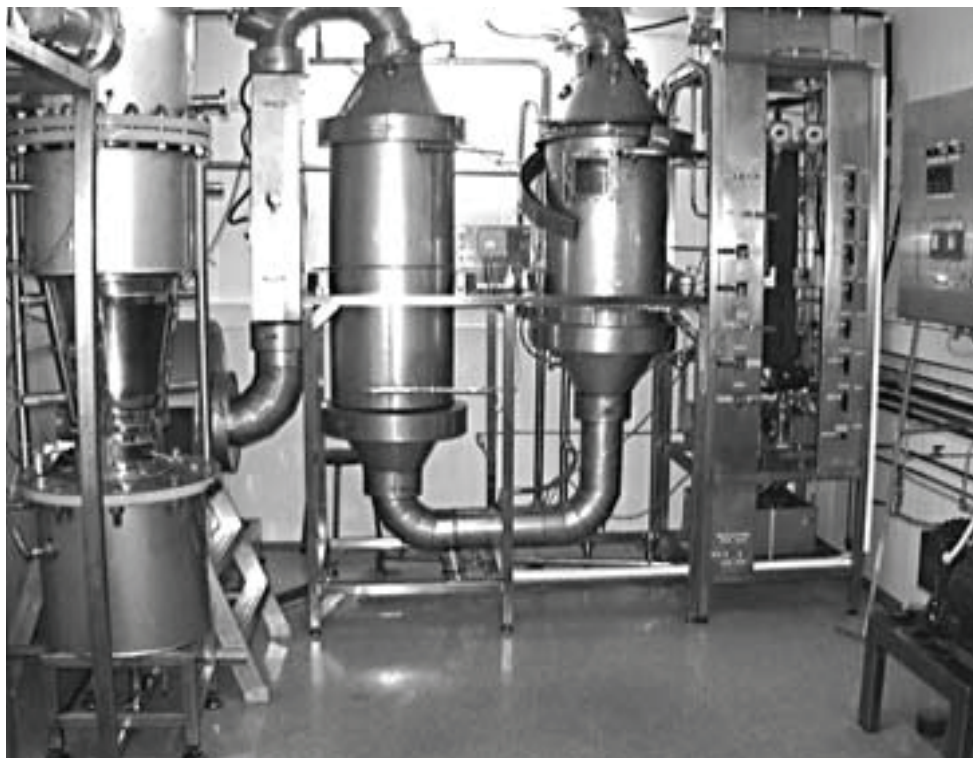


Схема 17: Сушильная камера теплового насоса, работающего на CO₂, с псевдоожиженным слоем в лаборатории NTNU-СИНТЕФ



Схема 18: Принцип опытной установки КЖП, работающей на CO_2 (Сплошная линия: операция кондиционирования, Штриховая линия: работа ТН, Пунктирная линия: Двухступенчатая операция) (Якобсен и др., 2004)

Кондиционирование жилых помещений (А. Якобсен, СИНТЕФ Исследование в области Энергетики, Тронхейм)

Ежегодный мировой рынок установок по кондиционированию жилых помещений (КЖП типа сплит) составляет около 40 миллионов единиц (Новаки, 2002), и ожидается дальнейший рост рынка. На сегодняшний день ГФУ являются доминирующими рабочими жидкостями в установках КЖП. За последние годы технология CO_2 выпускается серийно в водонагревателях тепловых насосов, и ожидается, что она будет внедрена в ряд других установок в ближайшем будущем. Если будет осуществлено промышленное внедрение систем КЖП, работающих на CO_2 , будут зафиксированы равнозначные или лучшие сезонные коэффициенты полезного действия (СКП) по сравнению с базовыми ГФУ системами.

Опытный образец установки КЖП, работающий на CO_2 , был установлен в двух калометрических испытательных камерах в лаборатории NTNU-СИНТЕФ в Норвегии, и проведены первые эксперименты (Якобсен и др., 2004). Проводилось также реальное моделирование с помощью собственной современной программы моделирования CSIM, с использованием входных данных для компонентов опытного образца. Моделирования и экспериментальные результаты сравнивались с измерительной характеристикой современной сплит-системы КЖП R410A, имеющей нагревательную способность 4 кВт при температуре окружающей среды 5°C . Схема 16 демонстрирует принцип работы установки.

В режиме теплового насоса опытный образец может работать как в качестве стандартной одноступенчатой схемы или как двухступенчатая система с переохладителем. В режиме кондиционирования между первой и второй ступенью можно использовать промежуточный охладитель.

Результаты моделирования для установок КЖП, работающих на CO_2 , показывают, что она имеет потенциал существенно улучшенной работы в режиме теплового насоса по сравнению с базовой технологией R410A, несмотря на то, что работа

более или менее идентична в режиме охлаждения. Начальные результаты эксперимента в режиме охлаждения показывают КП несколько ниже смоделированного, оба с и без промежуточного охлаждения (Схема 17). Заключение на данном этапе сводится к тому, что начальные результаты тестирования выглядят обещающими, и что системы КЖП, работающие на CO_2 , вероятно составят конкуренцию базовым системам ГФУ в отношении сезонного коэффициента полезного действия (СКП).

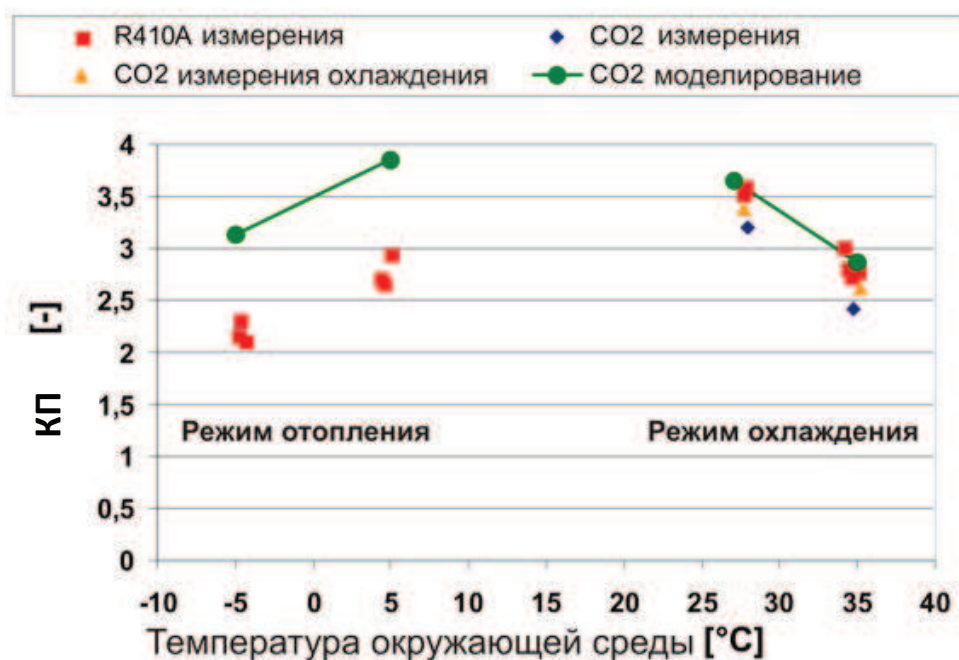


Схема 19: Моделирование и начальные результаты эксперимента для опытного образца установки КЖП, работающей на CO_2 в сравнении с измерительной характеристикой базовой установки КЖП R410A (Якобсен и др., 2004)

Дальнейшие применения

Покойный профессор Густав Лоренцен опубликовал несколько работ о возможностях использования CO_2 в качестве рабочей жидкости в тепловых насосах и системах охлаждения. Лоренцен (1994) описывает дизайн систем больших тепловых насосов для районного отопления. Это - применение высокой мощности, где можно рентабельно использовать турборасширители. Приводится также информация о возможности сочетания охлаждения/замораживания и обогрева водопроводной водой, что дает очень большую эффективность использования всей системы.

Дальнейшим принципиальным применением является осушение воздуха, например, в закрытых плавательных бассейнах. В данном случае воздух охлаждается ниже температуры конденсации в испарителе (= удаление избытка влаги) и повторно нагревается в конденсаторе теплового насоса перед новым выпуском в помещение. Из-за высокого температурного скольжения воздуха в период отвода тепла в газоохладителе, CO_2 хорошо подходит для данного применения. Более того, аспект безопасности CO_2 является большим преимуществом. Тепловой насос, работающий на CO_2 , можно также использовать

в "воздухонагревателе", который поднимает температуру воздуха от примерно 20°C до 25...50°C.

Кондиционирование помещений как существующих, так и новых коммерческих зданий также рассматривается как интересное применение систем теплового насоса, работающих на CO₂ (Андерсен и Стин, 2004). При серийном соединении тепловых нагрузок с различными температурными требованиями, например, радиаторами для обогрева помещений и батареями с целью повторного обогрева вентиляционного воздуха, температура на выходе CO₂ из газоохладителя может стать относительно низкой. Отопительная нагрузка для повторного нагрева вентилируемого воздуха против отопительной нагрузки помещений, а также время работы вентиляционной системы являются основными параметрами в отношении доступного сезонного коэффициента полезного действия (СКП) для системы CO₂.

Наконец, следует упомянуть об извлечении тепла из земли, основанном на термосифонном принципе при использовании CO₂ в качестве рабочей жидкости. Данную естественно-циркулируемую систему можно использовать как систему источника тепла для спаренных тепловых насосов. Детальную информацию по данному вопросу можно найти у Райберере и др. (2004).

Заключение и перспективы

Существует несколько применений тепловых насосов, работающих на CO₂. Водонагреватели тепловых насосов представляют особый интерес в связи с оптимальной адаптацией процесса CO₂ к водонагревательному процессу. Это приводит к высокой эффективности и позволяет нагревать воду до 90°C без каких-либо операционных проблем.

В Японии водонагреватели тепловых насосов, работающих на CO₂, появились на рынке в 2001 году в отличие от Европы, где до сегодняшнего дня было реализовано лишь несколько установок. Однако, некоторые компании уже заявили о масштабном введении на рынок.

Большинство других применений, упомянутых в данном документе, находятся в пост-научном, но предкоммерческом статусе, в основном из-за недостающих компонентов на Европейском рынке. Термодинамическим препятствием CO₂ является то, что эффективность тепловых насосов падает, если увеличивается температура на входе в радиатор-теплосъемник. Данный факт должен быть учтен при проектировании всей системы, включая аккумулялирование теплоты и систему распределения.

Разработка установок с рентабельным расширением может помочь сохранить эффективность теплового насоса на высоком уровне по сравнению с тепловыми насосами, работающими на ГФУ – даже при высоких температурах на входе. Научно-исследовательские институты по всему миру изучают такие установки. Рентабельной и трудоемкой альтернативой является замена дроссельного клапана на струйный вакуумный насос. Новый многофункциональный тепловой насос EcoCute, работающий на CO₂, из Японии оснащен таким струйным вакуумным насосом, который увеличивает КП от 10 до 20% (Озаки и др., 2004).

Т.Андресен, Дж.Стин (2004). «Тепловые насосы CO₂ для отопления и охлаждения офисных помещений», Отчет СИНТЕФ TR A5952, Исследование в области энергетики СИНТЕФ, Норвегия. ISBN 82-594-2639-0.

Х.Брандес (1999): «Энергосберегающая и благоприятная для окружения система теплового насоса с использованием CO₂ в качестве рабочей жидкости в существующих зданиях», МЭА/IZWe.V./Симпозиум МИО: «Технология CO₂ в системах охлаждения, теплового насоса и кондиционирования воздуха», Майнц, Германия.

Т.М. Эйкевик, О.Алвес-Филхо, И.Строммен (2003): «Сушильная камера теплового насоса на углекислом газе и измерения коэффициента полезного действия и специального коэффициента извлечения влаги», 2-я Скандинавская Конференция по вопросам обезвоживания, Копенгаген Дания ISBN 82-594-2550-5.

К.Хашимото (2006): «Технология и развитие рынка водонагревателей тепловых насосов, работающих на CO₂ (ECO CUTE) в Японии», Бюллетень МЭА Тепловой Насос, Том 24, № 3/2006, стр. 12 - 16.

Э.Хихара (2004): «Моделирование ежегодной производительности теплового насоса, работающего на углекислом газе с отоплением посредством змеевиков, заделанных под полом, и горячим водоснабжением». Университет Токио. Презентация Приложения 28 на рабочем заседании в Йокахама, Япония, 2-3 июня 2004.

М.Хироши (2003): «Оценка разработки и эксплуатационных характеристик водонагревателя теплового насоса, работающего на CO₂ для холодных климатических условий», Бюллетень Центра Теплового Насоса МЭА Том 21 - № 4/2003.

МЭА-ЦТН (1993): «Бытовые тепловые водогрейные насосы в жилых и коммерческих помещениях», Исследовательский Отчет Центра Теплового Насоса МЭА ЦТН-AR2.

А.Якобсен, Г. Скауген, Т.Скипл, П.Некса, Т.Андерсен (2004): Разработка и оценка системы кондиционирования жилых помещений в сравнении с современной установкой R410A, 6-я Конференция МИО имени Густава Лоренца по естественным рабочим жидкостям, Глазгоу.

К.Клокер, Э.Л. Шмидт, Ф.Стаймл (2001): «Углекислый газ в качестве рабочей жидкости в обезвоженных тепловых насосах», Международный Журнал Искусственное Охлаждение 24 (2001), стр. 100 – 107.

Г.Лоренцен. (1994): «Возрождение углекислого газа в качестве хладагента», Международный Журнал Искусственное Охлаждение, Том. 17, № 5, стр. 292-301.

П.Некса, Х.Рэкстад, Г.Закери, П.А.Шифлоу, М.Свенссон (1999): «Водонагреватели тепловых насосов с CO₂ в качестве рабочей жидкости», 6-я Международная Конференция Энергетического Агентства по Тепловым насосам, «Тепловые насосы – преимущество для окружающей среды». Берлин, Германия, 31 мая - 2 июня 1999 года.

Дж.Э.Новаки, 2002: Однокомнатные тепловые насосы для холодных климатических условий. Исследовательский Отчет ЦТН AR14, Программа Теплового Насоса МЭА. ISBN 90-73741-46-7.

Й.Озаки, Х.Такеучи, Т.Хирата (2004): «Регенерация энергии расширения с помощью струйного вакуумного насоса в цикле CO₂», 6-я Конференция МИО имени Густава Лоренцена по естественным природным жидкостям, Глазгоу, Великобритания.

Р.Райберер. (1998): «CO₂ в качестве рабочей жидкости для тепловых насосов», Кандидатская Диссертация, Институт Термального Машиностроения, Технологический Университет Грац, Австрия.

Р.Райберер, К.Миттермэйер, Х.Халозан. (2004): „CO₂-Erdsonde als Wärmeträgersystem für Wärmepumpen“, Deutsche Kälte-Klima-Tagung, 17. – 19 ноября 2004 года, Бремен, Германия.

Дж.Стин. (2004): «Система тепловых насосов, работающих на CO₂, в жилых помещениях для комбинированного обогрева помещений и водяного обогрева», Докторская Диссертация в Норвежском Технологическом и Научном Университете (НТНУ), ISBN 82-471-6316-0 (отпечатанная версия), ISBN 82-471-6315-2 (электронная версия).

Дж.Стин. (2005): «Тепловые насосы CO₂ для жилых помещений для комбинированного обогрева помещений и водяного обогрева – Системный Дизайн, Процедуры Тестирования и Расчет КП». Отчет СИНТЕФ TR A 6102. Исследования СИНТЕФ в области энергетики, Норвегия. ISBN 82-594-2806-7.

Направления и перспективы охлаждения супермаркетов

Майкл Коффелд, Университет Прикладных Наук Карлсрухе, Германия

Введение

Искусственное охлаждение развивается вполне естественно: Наши предки просто использовали натуральный лёд для охлаждения продуктов. С середины 19 столетия для производства льда, необходимого для охлаждения продуктов питания, использовалось механическое оборудование. Вскоре охлаждение проводилось непосредственно на продукте без промежуточного вышеупомянутого льда. До 1930-х годов все хладагенты, используемые в системах искусственного охлаждения, являлись природными веществами такими как аммиак, углекислый газ, пропан и сернистый газ. В связи с вопросами безопасности данных жидкостей искусственное охлаждение, в основном, ограничивалось большими установками. Благодаря преимуществам так называемых «безопасных хладагентов» ХФУ, использование которых началось в 1930-х, системы искусственного охлаждения стали очень популярными. Охлаждение супермаркетов было очень упрощенным, благодаря данным газам. Большинство центральных систем работали на R22 или на R12 для средних температур. Блоки со штепсельным подсоединением и многие конденсаторные установки работали на R12. Благодаря своему озоноразрушающему потенциалу, в настоящее время данные хладагенты заменяются на новый класс синтетических веществ: ГФУ. Для коммерческих систем искусственного охлаждения наиболее популярными ГФУ являются R134a и R404A. И хотя они являются безопасными для локальной окружающей среды (невоспламеняющиеся и нетоксичные), они имеют один очень большой недостаток: Они обладают потенциалами глобального потепления (ПГП), которые в несколько тысяч раз превышают ПГП углекислого газа, и, таким образом, они включены в Киотский Протокол, и именно их выбросы необходимо уменьшить по мере возможности.

На сегодняшний день искусственное глобальное потепление является большой проблемой для нашего общества. Системы искусственного охлаждения обычно воздействуют двумя путями:

- Непосредственные выбросы сильнодействующих парниковых газов, таких как ХФУ, ГХФУ и ГФУ;
- Косвенные выбросы в результате потребления энергии.

Следовательно, вклад коммерческого искусственного охлаждения в глобальное потепление можно снизить следующим образом:

- Путем снижения непосредственных выбросов парниковых газов; этого можно достичь с помощью

- Довольно герметичных систем охлаждения
- Снижением заправки хладагентом
- Хладагентов без или с очень низким ПГП
- Снижением потребления энергии
- Использования возобновляемых источников энергии

Данный документ демонстрирует разные пути реализации данных мер.

Снижение непосредственных выбросов парниковых газов

Довольно герметичные системы охлаждения

Типичные системы охлаждения супермаркетов Германии имеют коэффициенты утечки 5 и 10 %, т.е. 5 - 10 % общей заправки системы ежегодно выбрасывается в атмосферу. Более 30 % всех утечек имеет место на механических стыках. Таким образом, одним из способов снижения коэффициентов утечки является исключение по возможности механических стыков и использование сварки или пайки твердым припоем, особенно в скрытых или недоступных трубах. Другим основным источником утечки являются поломки труб в результате вибрации. Таким образом, развязка компрессоров от другой части установки - очень важна.

Многие крупные утечки начинаются с очень маленьких, которые со временем увеличиваются. Следовательно, регулярное техническое обслуживание с тестированием на предмет утечки - очень важно для герметичных систем. Европейское Положение (ЕС) №. 842/2006 по определенным Ф-газам (например, ГФУ) требует проведения регулярной проверки стационарных систем охлаждения и кондиционирования, в зависимости от количества хладагента в системе:

- Не менее одного раза в год для применений с объемом Ф-газов 3 кг и более (за исключением герметичного оборудования, объем доходит до 6 кг)
- Не менее одного раза в течение шести месяцев для применений с объемом Ф-газов 30 кг или более
- Не менее одного раза каждые три месяца для применений с объемом Ф-газов 300 кг или более
- Системы обнаружения утечки необходимо устанавливать в случаях с объемом Ф-газов 300 кг или более, и когда они установлены, требования проверки уменьшаются наполовину.
- Если утечка обнаружена и ликвидирована, следующую проверку необходимо выполнить в течение месяца, чтобы убедиться, что ремонт сделан качественно

Время покажет повлияет ли данное Положение о Ф-газах на утечку в стационарных системах охлаждения.

Правительства Дании и Норвегии используют другой подход: они облагают все хладагенты высоким налогом на парниковый газ. Данный налог для R404A в Дании составляет примерно 50 Евро/кг, а в Норвегии приблизительно 80 Евро/кг! Поэтому высокие цены стимулируют каждого пользователя на поддержание герметичности своей системы, особенно если заправка составляет несколько сотен кг, как для мультиплексных систем в крупном супермаркете.

Уменьшенная заправка хладагентом

Во многих системах охлаждения, большая часть хладагента содержится в теплообменниках, особенно в конденсаторе. Большинство центральных мультиплексных систем охлаждения супермаркетов используют сферическую трубу и пластинчатый теплообменники, такие как испарители и конденсаторы. Обычный диаметр трубы составляет 15 мм. Заправку хладагентом внутри теплообменников можно уменьшить до 80 % путем использования миниканальных теплообменников, хорошо известных в автомобильной промышленности с кондиционированием воздуха. Автомобильная промышленность с кондиционированием воздуха развивалась от больших конденсаторов со сферической трубой (Ø 12 мм) в 1970 -х до маленьких круглых труб (7 мм) до многополюсных вытянутых (МПВ) теплообменников, полностью припаянных алюминем с четырехкратным увеличением коэффициента теплопередачи на полости со стороны холодильного агента наряду с огромным уменьшением заправки хладагентом. Данное усовершенствование все еще ждет своего применения в стационарном холодильном и кондиционерном оборудовании. Один из основных производителей кондиционерного оборудования Америки уже предлагает холодильные камеры с миниканальными конденсаторами с существенно уменьшенной заправкой хладагентом. Решение вопроса рынком коммерческого охлаждения - лишь вопрос времени.

Другая возможность по снижению заправки хладагентом заключается в применении косвенных систем охлаждения, которая довольно типична для Швеции, где заправка системы хладагентом ограничена до примерно 30 или 40 кг в течение многих лет. Обычно пропилен гликоль используется в качестве жидкого вторичного хладагента среднетемпературной (СТ) схемы. Гликоль становится очень вязким при низкотемпературном (НТ) цикле. Были предприняты попытки использовать разные растворы калиевого формиата и ацетата калия для НТ применений. Если при СТ вторичных системах цикла можно достичь эффективности использования энергии почти идентичной непосредственным системам испарения, при использовании жидкого вторичного газа в низкотемпературном применении энергопотребление обычно возрастает. Таким образом, системы разработаны с использованием углекислого газа в качестве быстроиспаряемого вторичного хладагента. Данные системы демонстрируют хорошую энергетическую работу. Недавно были сделаны попытки создать цикл углекислого газа как полностью интегрированной системы охлаждения, т.е. построить ее как каскад под СТ системой смотрите Схему 1. Хотя СТ система предварительного охлаждения ограничивается машинным отделением, НТ система использует стандартную технологию непосредственного испарения. В связи с потенциально высоким давлением цикла углекислого газа системы в период простоя, необходимо принять специальные меры предосторожности во избежание чрезвычайно высокого давления. В обычной системе супермаркета, которая работает круглосуточно, семь дней в неделю, CO₂ просто выдувается в атмосферу, если давление превосходит максимально допустимое давление в период простоя.

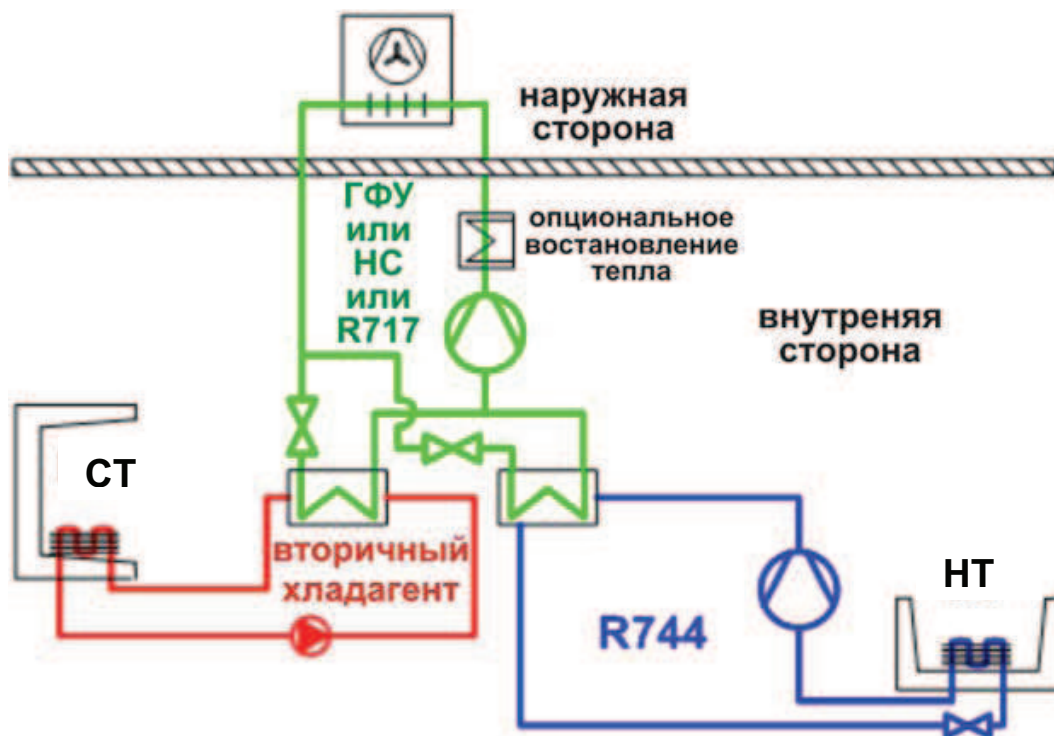


Схема 1: СТ система охлаждения вторичного цикла, названная также косвенной системой охлаждения. Низкотемпературный цикл создается как каскадная система для СТ системы.

Использование системы пропилен гликоля для СТ охлаждения имеет ряд преимуществ по сравнению с непосредственными системами расширения: Во-первых, уменьшена начальная заправка хладагентом; возможны снижения от 80 до 90 %.

- Заводская сборка первичной системы охлаждения более высокого качества и с более низким риском утечки.
- Снижение заправки маслом системы предварительного охлаждения с намного меньшим внутренним объемом.
- Возможность использования легковоспламеняемых или токсичных хладагентов в качестве первичного хладагента в пределах машинного отделения. Воздушные конденсаторы для установки на крыше реальны с юридической точки зрения в некоторых странах, например, Дании даже с легковоспламеняемыми или токсичными хладагентами.
- Легкое использование восстановления теплоты в цепи водяного охлаждения для конденсатора, что часто наблюдается в Дании или Швеции для максимального снижения первичной заправки хладагентом.
- Более стабильная температура воздуха и влажность воздуха в шкафах-витринах в результате пониженной температуры цепи гликоля и повышенных температур поверхности теплообменников внутри шкафов. Повышенная влажность воздуха приводит к меньшей потере массы продуктов.
- Меньше циклов размораживания.
- Возможность создания вторичной цепи в пластмассовом трубопроводе и деталях, которые могут быть дешевле по сравнению с медными трубами, традиционно используемыми с системами непосредственного испарения.

Использование распределительных систем, особенно в США, приобретает всё большую популярность на рынке, смотрите Схему 2. В 2006 году 15 % всех систем охлаждения новых супермаркетов в США были распределительного типа [Гарри 2007]. Потери во всасывающих трубопроводах могут быть существенно снижены, благодаря компактному дизайну отдельных компрессорных стоек, которые заделаны в шумоподавляющие короба и расположены внутри склада. Таким образом, опыт Американских супермаркетов демонстрирует от 5 до 8 % снижения энергопотребления [Уокер1999] и около 30 - 50 % понижения заправки хладагентом [Бакстер 2007] по сравнению с непосредственными системами испарения R404A.

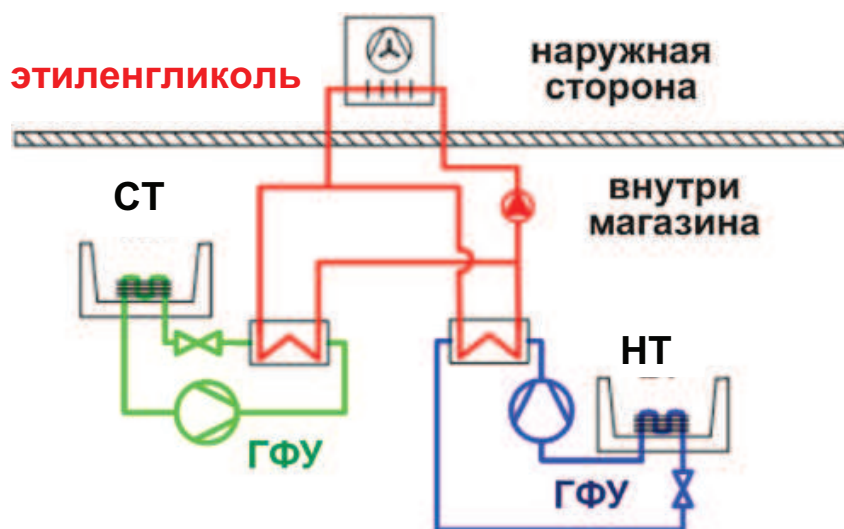


Схема 2: Распределительная система – приборы компактного компрессора со сложной структурой размещены в шумопоглощающих коробах и установлены близко к холодильному шкафу внутри склада. Тепло конденсатора отводится в водяную петлю, которая вновь выводит тепло через охладитель наружу, если не используется для отопления здания.

Некоторые страны стремятся форсировать снижение заправки в системах охлаждения. В Дании запрещено использовать ГФУ в количествах, превышающих 10 кг в автономной системе с 1 января 2007 года. В Швеции существует более длительный период запрета ГФУ в больших количествах. В результате большая часть систем охлаждения шведских супермаркетов тяготеет к косвенным системам.

Хладагенты без или с очень низким ПГП

Другим возможным путем снижения непосредственных выбросов парниковых газов является использование хладагентов с незначительным ПГП. Но ПГП является не единственным критерием при выборе соответствующего хладагента.

Среди других представляют интерес и нижеприведенные аспекты:

- Нулевой ОРП
- Хорошие термодинамические свойства, помимо других
- Хороший теплообмен
- Коэффициент низкого давления
- Большая объемная холодопроизводительность
- Некоррозийный
- Совместим с маслом
- Стабильный
- Нетоксичный
- Невоспламеняемый
- Имеется в наличии
- Дешевый

Таблица 1 демонстрирует свойства нескольких кандидатов-хладагентов, подходящих для коммерческих систем охлаждения.

	ПГП	Воспламеняемость	Токсичность	Стоимость хладагента	Стоимость системы	Теоретическая эффективность системы
ГФУ	высокий	Нет	Нет	Приемлемая	низкая	Хорошая
Углеводороды	низкий	Да	Нет	низкая	От низкой до средней	Хорошая
Углекислый газ	низкий	Нет	Только при высоких концентрациях.	низкая	средняя	Средняя
Аммиак	низкий	Может воспламениться	да	низкая	От средней до высокой	Хорошая

Таблица 1: Свойства различных хладагентов для коммерческих систем охлаждения.

С технической точки зрения кривая давления пара является существенно важной характеристикой. Схема 3 показывает кривые давления пара для некоторых хладагентов для коммерческих систем охлаждения. Легко увидеть, что один хладагент очень отличается от всех других: R744 – углекислый газ. Давления в системе намного выше с R744, чем с любым другим указанным хладагентом. Более того, критическая температура R744 составляет только 31 °C. Таким образом, система охлаждения воздуха с помощью R744 в период жарких летних дней не сможет конденсировать хладагент в конденсаторе. КП такой системы без системных модификаций будет ниже, чем КП стандартной системы с постоянной конденсацией.

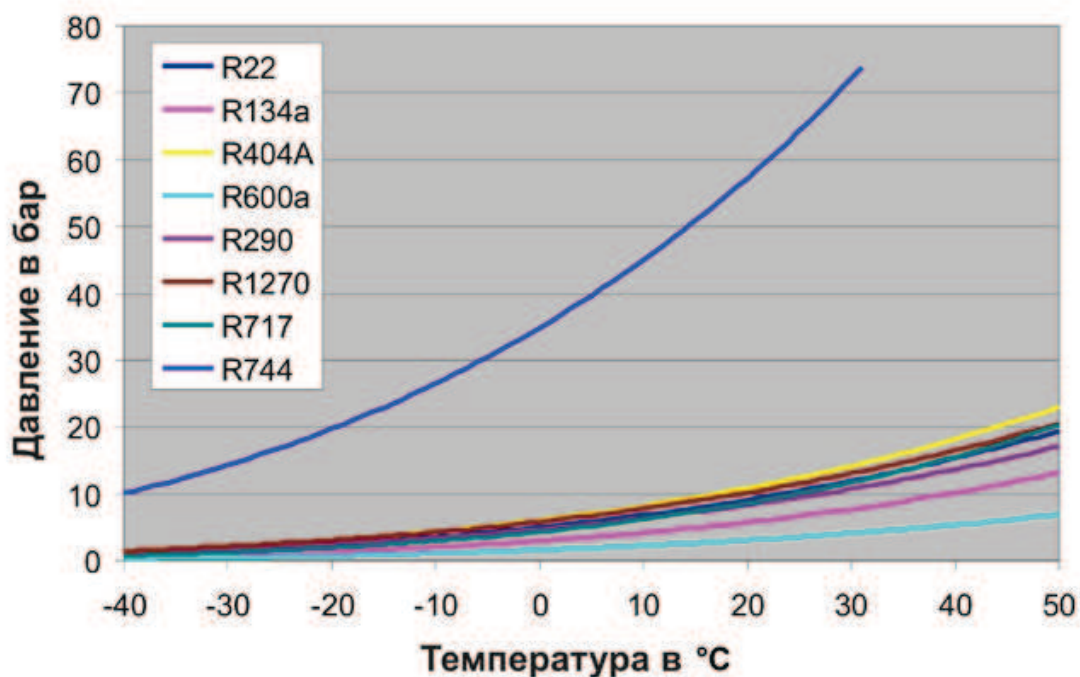


Схема 3: Кривая давления пара некоторых обычных коммерческих хладагентов. Диаграмма показывает соответствующее давление пара для любой заданной температуры, например, R744 (углекислый газ) закипает (испаряется) при -20°C при давлении в 20 бар или конденсируется при давлении в 60 бар при температуре в 22°C .

Возможностью использования углекислого газа для гарантии того, что он всегда хорошо работает ниже своей критической температуры, является его применение в каскадной системе, как описано выше. Максимальное рабочее давление таких систем обычно ограничивается 40 бар. В течение последних двух лет разработаны многие компоненты, которые подходят для данного диапазона давлений, например, расширительные клапана, регулирующие клапана, фильтры/сушильные камеры, теплообменники и компрессоры. В настоящее время такие каскадные системы, использующие R744, видятся как соответствующие уровню науки многими Европейскими производителями оборудования для охлаждения супермаркетов [Синел 2007].

Но и системы конденсирующие CO_2 при температурах окружающей среды очень популярны в Европе и становятся популярными повсюду. Обычная система непосредственного расширения для СТ и НТ применений использует двухступенчатую компрессию для НТ стороны, как показано на Схеме 4. Давление внутри склада обычно ограничивается 40 бар и сохраняется в машинном отделении при повышенных давлениях (до 120 бар в течение летнего времени) и за пределами теплообменника. До настоящего времени некоторые компании построили в Европе более 70 таких складов. Эффективность потребления энергии обычно лучше чем у системы R404A при внешних температурах ниже примерно 12°C , равно R404A между 12 и 26°C и чуть ниже при повышенных температурах окружающей среды [Синел 2007].

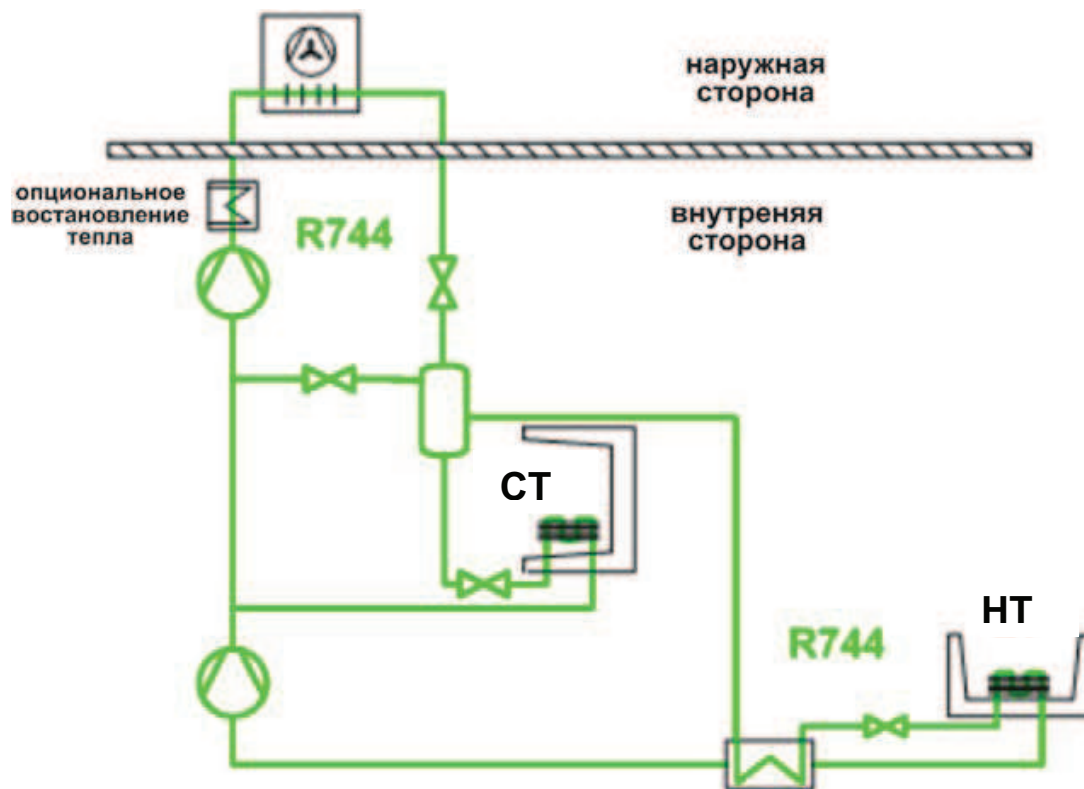


Схема 4: Центральная мультиплексная система, использующая углекислый газ в качестве хладагента.

Воспламеняемые (углеводороды) и токсичные (аммиак) хладагенты можно использовать в качестве первичного хладагента в косвенных системах – смотрите выше. Но углеводороды можно также применять непосредственно на складе, если будут предприняты соответствующие меры безопасности. Обычным стандартом является МЭК 60335-2-89, который требует максимальной заправки воспламеняемым хладагентом в 150 гр. С учетом внутреннего объема систем и продукта сжатия для герметичного компрессора, создаются герметичные системы охлаждения с холодопроизводительностью до примерно 1 кВт с использованием пропана (R290). Такие системы характерны пониженным потреблением электроэнергии приблизительно от 10 до 15 % по сравнению с ГФУ-продуктами [Юргенсен 2004]. Новые разработки также включают компрессоры с переменной скоростью для данных съемных блоков, которые экономят дополнительные 10 - 15 % [Юргенсен 2004]

Снижение потребления электроэнергии

Около 40 - 60 % потребления электроэнергии обычного супермаркета относится к холодильному оборудованию.

В период фазы проектирования и строительства холодильной системы супермаркета можно сделать следующее, чтобы снизить потребление электроэнергии:

- Стеклопанная дверь или крышка вместо открытых шкафов
- Улучшенная изоляция путем увеличения толщины или повышенной термостойкости
- Вентиляторный электродвигатель за пределами шкафа во избежание тепловой нагрузки от энергии электродвигателя
- Усовершенствованный вентилятор испарителя и/или вентиляторный электродвигатель, например, лопасти вентилятора или электродвигатель с максимальным КПД
- Улучшенный поток воздуха в открытых многоярусах такой, что потеря воздуха в торговых залах сведена к минимуму, как и инфильтрация из торговых залов
- Инфракрасные отражающие экраны или навесы для предотвращения тепловой нагрузки от освещения магазина и/или солнечного света
- Улучшенный контроль антиподных обогревателей /точки росы с целью работы при самой низкой возможной температуре
- Сифон или устройство для спуска талой воды, а не прямые линии предрасположенные к фильтрации воздуха
- Оттаивание горячими парами холодильного агента вместо электрообогрева
- Регулирование скорости компрессоров, насосов и вентиляторов вместо операции включить/выключить
- Усовершенствованные расширительные клапана, например, электронные расширительные клапана
- Машина для охлаждения газа путем его расширения, например, турбина, которая восстанавливает работу расширения и переводит её на компрессор
- Усовершенствованный испаритель, например, увеличенная воздушная зона или полость со стороны холодильного агента или миниканалы — повышенная температура испарения на градус по Цельсию снижает потребление электроэнергии приблизительно на 3 %
- Затопленный испаритель вместо использования 20 и 30 % поверхности со стороны холодильного агента для перегрева
- Размораживание по запросу, путем, например, регулирования тока вентилятора и начала разморозки при увеличении силы тока вентилятора
- Улучшенное освещение, например, светодиодные индикаторы или высокоэффективные неоновые трубки в сочетании с датчиками, которые отключают освещение при отсутствии клиентов
- Уменьшенная температура конденсации — уменьшение на один градус температуры конденсации экономит приблизительно 3 % электроэнергии
 - Регулировка температуры конденсации в соответствии с наружной температурой воздуха
 - Охлаждение конденсатора испарением
 - Отвод тепла от холодильника в грунт
- Естественное охлаждение — когда наружная температура ниже средней температуры в супермаркете, т.е. +5 °C, в течение определенного времени года и/или дня во многих странах
- Восстановление теплоты и использование «сброного» тепла с целью обогрева
- Холодильное хозяйство, т.е. охлаждение резервуара в течение ночного времени, тогда когда наружная температура - низкая, и, таким образом, температура

конденсации может тоже быть низкой и энергопотребление уменьшено; средой холодильного аккумулятора может служить отдельная емкость с охлажденной водой, емкость для хранения льда или просто с замороженными продуктами в супермаркете

Следующие действия можно выполнить в период работы холодильной системы супермаркета:

- Правильная загрузка продуктов для того, чтобы не нарушить воздушный поток в камере
- Влажность воздуха в торговой зоне должна быть на более низком уровне диапазона комфортных условий, т.е. приблизительно 40 % относительной влажности
- Регулярная чистка испарителя и конденсатора

Схема 5 демонстрирует потенциал некоторых из данных мероприятий. Многие из них могут сочетаться с целью улучшения эффективности использования энергии более 50 % по сравнению с существующими конструкциями.

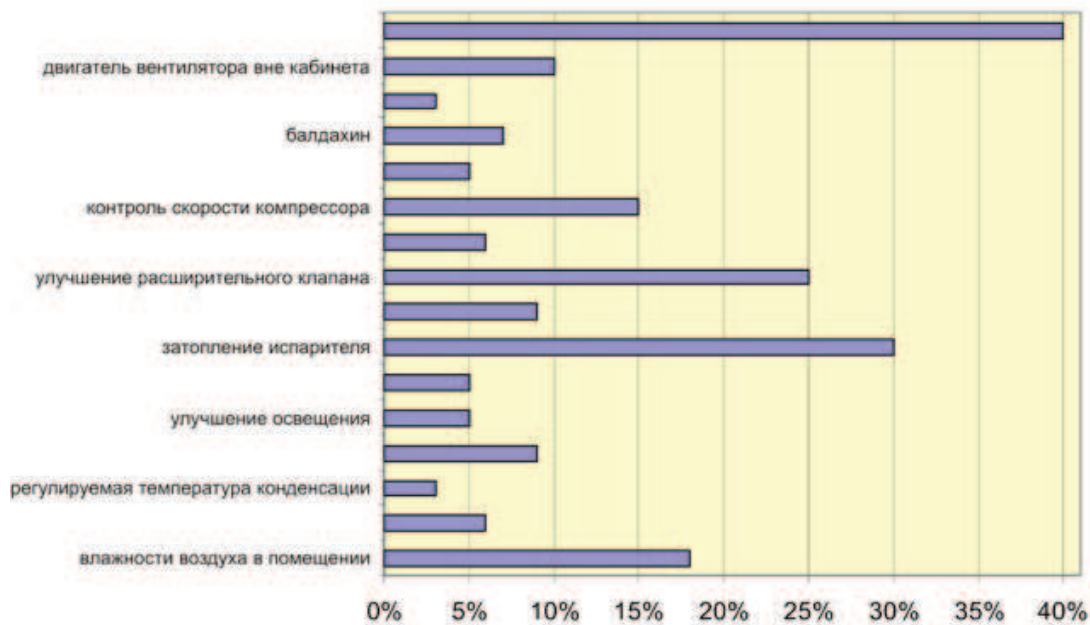


Схема 5: Экономия электроэнергии с помощью различных мероприятий. Многие из данных мероприятий могут сочетаться. Итоговые сбережения электроэнергии можно рассчитать, умножая индивидуальные значения – НЕ прибавляя их! Например, если контроль скорости компрессоров дает 15 %, а вентиляторный электродвигатель за пределами камеры дает 10 %, итог будет составлять 0.9×0.85 равно 0.765 или 23.5 % общего снижения энергопотребления.

Снижение потребления электроэнергии важно, потому что это:

- **Снижает вклад в глобальное потепление** через косвенные выбросы в зависимости от хладагента, коэффициента утечки и системы охлаждения, вклад в глобальное потепление, имеющий отношение к энергии, меняется от 50 % для R404A мультиплексной системы с 300 кг заправки хладагентом, 10 % интенсивности утечки и почти 100 % для R290 холодильника со штепсельным соединением или центральной системой, работающей на R744.
- Снижает эксплуатационные расходы и таким образом **увеличивает прибыль** охлаждения от 40 до 60 % энергопотребления супермаркетов; цены на энергоносители иногда также важны как и прибыль (от 1 до 2 % оборота).

Использование возобновляемой энергии

Супермаркеты имеют довольно большие площади на крыше. Таким образом, очень легко установить фотогальванические системы на крыше супермаркета. Это делают розничные магазины ряда супермаркетов. Некоторые устанавливают несколько экспериментальных складов, а также ветровых турбин и/или используют тепло почвы. Другая возможность для сети супермаркета - подключиться к поставщику возобновляемой энергии, как это сделали некоторые розничные магазины супермаркетов в Германии и Соединенном Королевстве. Использование дневного света окнами, смотрящими на север, - простой путь снижения потребности в электрическом освещении.

Обсуждение

С технической и экономической точки зрения реально построить и управлять системами охлаждения супермаркетов с уменьшенным воздействием на климат. Этого можно достичь разными методами, как описано выше. Выбор зависит от личных предпочтений, наличия компонентов и навыков, а также желания на начальном этапе любым путем оплатить несколько завышенную стоимость системы. Во многих случаях повышенные инвестиции могут окупиться более низкими операционными и/или техническими затратами улучшенных систем.

Заключение

- ГФУ можно заменить или значительно снизить их заправку за приемлемую цену во всех случаях применения
- Эффективность использования энергии альтернативных систем охлаждения супермаркетов по крайней мере также хороша как и современная технология ГФУ
- Системы охлаждения супермаркетов обладают потенциалом энергосбережения до 50 % и более при умеренных затратах
- В странах с адекватными законами, например, Дании, Норвегии и Швеции многие системы без ГФУ или с уменьшенным использованием ГФУ построены с хорошей эффективностью использования энергии

- Некоторые сети супермаркетов имеют экологическую защиту, например, свои стратегии, и построили супермаркеты с низким выбросом углерода
- Имеются в наличии установки мощностью приблизительно до 1 кВт без ГФУ со штепсельным подсоединением и улучшенной эффективностью энергии, использующие углеводородные хладагенты

Подтверждение

Представленная работа является результатом проекта, финансируемого Федеральным Агентством по Экологии Германии, FKZ 206 44 300. Автор высоко признателен за данное финансирование.

Номенклатура

CO ₂	Углекислый газ – хладагент, который также называют R744
КП	Коэффициент производительности
ПГП	Потенциал Глобального Потепления
УВ	Углеводород
ГФУ	Гидрофторуглерод
СИД	Светоизлучающий диод
НТ	Низкая температура, т.е. охлаждение замороженных продуктов обычно при температуре продукта около – 18 °С
СТ	Средняя температура, т.е. охлаждение молока, мяса и овощей обычно при температурах продукта около +5 °С
NH ₃	Аммиак – хладагент, также называемый R717
ОРП	Озоноразрушающий потенциал

Ссылки

В.Д.Бакстер: Усовершенствования в системах охлаждения супермаркетов. МЭА Приложение 26 Резюме. ORNL 2006

М.Гарри: Сплит охлаждение. Новости супермаркетов, июль 2007, стр. 43 – 48

[Х.Юргенсен, О.К.Нилсен, Т.Тайдеманн: Проектирование связанное с применением герметичных пропановых компрессоров для маленьких систем охлаждения. Проз. Конференции МИО по компрессорам 2004, Castá Papiernicka, 29.9. – 1.10.2004

Т.Синел; О.Финкх: Системы CO₂-DX для средне- и низкотемпературного охлаждения в супермаркетах. МИО 22-й Международный Конгресс по искусственному охлаждению, 21. – 26 августа 2007 года, Пекин, Китай

Д.Уокер.: Развитие и демонстрация улучшенного охлаждения супермаркета/система нагрева, вентиляции и кондиционирования воздуха. Национальная Лаборатория Оук Ридж, ОРЛ-SX363C-FM-97163-1231, Март 1999 года

Оценка переоборудования супермаркетов, использующих косвенные системы, для стран, подпадающих под статью 5

Даниэль Колбурн, *Ре-фридж, СК*

Введение

Большинство супермаркетов в странах, действующих в рамках Статьи 5, принимают одну из, или в сочетании двух из следующих концепций искусственного охлаждения:

- Интегральные (автономные, разъемные) камеры охлаждения и замораживания пищевых продуктов
- Установки дистанционной конденсации, индивидуально или в паре подсоединенные к камерам охлаждения или замораживания продуктов питания и холодильных складов
- Системы типа центральный «пакет» непосредственного расширения, подающие хладагент в камеры охлаждения или замораживания пищевых продуктов и холодильных складов

В интегральных камерах имеется ряд хладагентов; обычно R-12 в старых системах, и смесь R-22, R-134a, R-404A и различных смесей ГХФУ и ГФУ в новых системах. В дистанционных и центральных системах непосредственного расширения, доминирующим хладагентом является R-22. Банк хладагента для R-22 во всех коммерческих системах составляет около 200 килотонн – предполагается, что данная цифра увеличится втрое к 2015 году (ЮНЕП, 2007). Средний коэффициент утечки составляет примерно 35% системной заправки в год, хотя он снизится для интегральных систем и увеличится для дистанционных или центральных систем (ЮНЕП, 2006). Однако, в некоторых системах конкретных стран применяется R404A (или R507A), но их стоимость значительно выше чем R-22. Однако, для систем супермаркетов можно рассматривать другие типы систем, такие как косвенные вторичные системы.

Целью данного исследования в первую очередь является идентификация снижения выбросов потенциального парникового газа (ПГ) путем принятия концепций альтернативной системы для охлаждения супермаркета, вместо систем, использующих установки дистанционной конденсации или центральные системы непосредственного испарения. Важным аспектом является также влияние затрат, связанных с созданием и эксплуатацией альтернативной системы.

Работа в данном исследовании выполнялась следующими этапами:

- Идентификация наиболее соответствующей альтернативной системы
- Сбор данных и методика расчета потребления энергии и выбросов
- Сбор данных и методика оценки затрат
- Расчет выбросов и затрат для ряда стран
- Выводы стран с наилучшей эффективностью затрат по выбросам и рекомендации

Расчетные значения предоставлены в цифрах, которые указывают на долю интереса: снижение абсолютных выбросов, затраты на оборудование /монтаж и ежегодные эксплуатационные затраты.

Концепции системы

Существует ряд форм как прямого расширения, так и косвенных систем. Ниже описаны концепции, которые используются или по крайней мере подвергались исследованию.

Конденсаторные установки прямого испарения

Ряд предусмотрительных однокомпрессорных/конденсаторных установок, расположенных за пределами или в машинном отделении, которые подают хладагент на один или два шкафа-витрины или холодильные камеры. Данный тип системы обычно используется для ночных магазинов и маленьких продовольственных магазинов.

Централизованное непосредственное испарение

Обычно два или более независимых мультикомпрессорных блока (каждый для среднетемпературных и низкотемпературных уровней) подают хладагент во все камеры и холодильные склады от общего коллектора. Это - стандартный дизайн системы для большинства крупных супермаркетов в развитых странах.

Распределенное непосредственное испарение

Ряд маленьких мультикомпрессорных установок, распределенных вокруг торговой зоны, подают хладагент в близкорасположенные камеры и холодильные склады, но отводят тепло через обычные конденсаторы, расположенные снаружи. Данная концепция утверждена одним крупным подрядчиком и изредка используется рядом супермаркетов.

Непрямой распределенный компрессорно-конденсаторный агрегат

Камеры и холодильные склады используют интегральный или локализованный водяной конденсатор, отводящий тепло к общей водной схеме, которая затем может отвести тепло в атмосферу через сухой теплообменник, или может охлаждаться с помощью аппарата, расположенного снаружи или в машинном отделении. Был установлен ряд экспериментальных систем и проведена их оценка.

Косвенная (однофазовая)

Обычно устанавливаются две автономные камеры охлаждения (одна для среднетемпературного и одна для низкотемпературного уровней), подающие жидкость однофазового теплообмена (ЖТО) во все камеры и холодильные склады от общей схемы.

Косвенная (фазовая)

В качестве косвенной (однофазовой), она использует фазовую ЖТО, такую как CO₂ (а иногда замороженную глинистую суспензию). Установлено большое количество систем.

Частично косвенная (однофазовая)

Камера охлаждения подает однофазовую ЖТО на среднетемпературные камеры и холодильные склады, компрессорно-конденсаторные агрегаты с водяным охлаждением, которые в свою очередь подают хладагент в низкотемпературные камеры непосредственного испарения и холодильные склады. Данная схема была одобрена в Скандинавии, в частности, до разработки ЖТО, соответствующих низкотемпературному применению.

Частичная косвенная (фазовая)

Частичная косвенная (однофазовая), но она использует фазовую ЖТО такую как CO₂ (а иногда замороженную глинистую суспензию). Было установлено большое количество систем, которые, как правило, также используют CO₂ в качестве хладагента в низкотемпературных конденсаторных агрегатах.

Каждая из данных систем имеет разные результаты касательно стоимости, эффективности, надежности, утечки и приемки, которые отражены в Таблице 1.

Наименование	Результаты				
	Эффектив-ность	Утечка	Капиталь-ные расходы	Частота использо-вания	Легкость
Конденсаторные агрегаты	Средняя	Высокая	Низкая	Высокая	Высокая
Централизованное непосредственное испарение	Средняя-высокая	Высокая	Средняя	Высокая	Низкая
Распределенное непосредственное испарение	Средняя-высокая	Средняя-высокая	Средняя	Низкая	Низкая
Косвенные распределенные конд.агрегаты	Средняя	Средняя	Средняя-высокая	Низкая	Средняя
Косвенные (однофазовые)	Средняя-высокая	Низкая	Средняя-высокая	Средняя	Высокая
Косвенные (фазовые)	Высокая	Низкая	Высокая	Средняя	Средняя-низкая
Частично косвенные (однофазовые)	Средняя-высокая	Средняя-низкая	Средняя	Средняя	Средняя
Частично косвенные (фазовые)	Высокая	Средняя-низкая	Высокая	Низкая	Средняя-низкая

Таблица 4: Обзор разных систем супермаркета

Результаты эффективности и утечки не требуют объяснений. Капитальные затраты являются отражением сложности системы и масштаба наличия соответствующих компонентов. Частота использования является показателем соответствующего количества установок, например, в пределах Европы, а также указывает на совместный опыт, который имеют подрядчики по определенной концепции системы. Простота дизайна системы и установки представляют потенциальную трудность, связанную с разработкой, монтажом и эксплуатацией такой системы. Для достижения низких выбросов заявленная система должна быть высокоэффективной и иметь небольшую утечку. Более того, в частности, это касается развивающихся стран, важно иметь малые капитальные затраты, а дизайн и монтаж должны быть простыми, с учетом опыта, который пригодится. При рассмотрении данных различных предпосылок, косвенная (однофазовая) концепция считается наиболее соответствующей для принятия в развивающихся странах. Известно, что она эффективна (при условии должного проектирования) и имеет очень низкую интенсивность утечки. Затраты на типовое оборудование обычно немного выше чем на стандартные системы непосредственного расширения, она относительно распространена в северной Европе, и в целом это возможно самая простая концепция, которая использует имеющееся оборудование и компоненты. Концепция косвенной распределительной конденсаторной установки также будет представлять выгодный вариант, если существующие установки не будут ограничены малым количеством испытательных площадок. Косвенные (фазовые) и частичные косвенные (фазовые) системы (при использовании CO₂ в качестве ЖТО или первичного хладагента низкого уровня) также являются потенциально привлекательными вариантами. Однако, дизайны считаются относительно сложными, а опыт ограничен несколькими специализированными компаниями; соответственно затраты будут чрезмерно высокими для некоторых стран.

Оценки

Оценка альтернативной системы на основе инсталляции в различных странах выполнялась с использованием разных моделей, основанных на моделировании и замерах системы, и данных о стране, таких как климатические и экономические характеристики. Были исследованы модели потребления энергии, выбросов и затрат для четырех различных вариантов системы на примере разных стран. Результаты помогают выявить потенциальное снижение выбросов и снижение себестоимости, связанные с заменой стандартных систем непосредственного расширения.

Для проведения анализа базовая непосредственная система расширения сравнивалась с тремя разными косвенными системами: системой идентичной эффективности прямой системы, системой улучшенного дизайна с улучшением эффективности на 7,5%, и системой, которая использует углеводородный (УВ) хладагент или аммиак (R-717), который позволяет увеличить эффективность до 15%. Увеличение капитальных расходов на оборудование на 10% принято для всех косвенных систем, плюс дополнительные 5 – 10% на оборудование, использующее УВ или R-717 для расчета дополнительных признаков безопасности. (Вероятно, что затраты, связанные с внедрением R-717, будут слегка выше, чем при использовании УВ, но вполне очевидно, что это приведет к дополнительному

усовершенствованию эффективности.) Допускается также, что все косвенные системы используют метод размораживания с помощью теплой жидкости, который по-существу является энергетически нейтральным, а трубопровод - типа АБС (Акрилонитрил Бутадиен Стирол). Анализ также использовал ряд других фиксированных условий:

- Расчетная тепловая нагрузка в 100 кВт для среднетемпературного и 20 кВт для низкотемпературного уровня
- Срок эксплуатации системы 8 лет
- Получасовое электроразмораживание, четыре раза в день для низкотемпературных, и два раза в день для высокотемпературных (в случае применения) систем непосредственного испарения

Использовался метод расчета потребления энергии каждого типа системы, который основан на изменении охлаждающей способности системы и потреблении энергии при ежемесячной средней температуре окружающей среды – каждая для средне- и низкотемпературных уровней. КП системы рассчитывалось с учетом вентиляторов испарителя и конденсатора, и насосов ЖТО в случае косвенной системы. К тому же электроразмораживание было добавлено только к системе непосредственного испарения. Потребление электричества от других компонентов, таких как осветительное оборудование и средства управления, не принималось во внимание, так как они напрямую не связаны с охлаждающей способностью системы и предположительно идентичны для каждой, несмотря на тип системы.

Существует ряд отличий в работе прямой и косвенной систем – в частности, в условиях переходных процессов – что может привести к отмеченным отклонениям в энергопотреблении. В связи с тем, что данных различий много и они сложные по характеру, моделирование на данном этапе считается нецелесообразным. Вместо этого, были сделаны возрастающие допуски по полной вариации энергопотребления между двумя системами, основанные на исследовании литературы. Хотя всестороннее комплексное изучение скудное и в литературе есть только несколько подробных отчетов, было найдено три соответствующего качества.

- Ю (2001) измерил мощность и температуру стандартной прямой и косвенной систем, которые использовали размораживание с помощью теплой жидкости; обе установки имели идентичные требования охлаждения и модели шкафа-витрины, и использовали тот же первичный хладагент (R404A). При оценке общего ежегодного потребления энергии – после нормализации мощности охлаждения – было установлено, что косвенная система предлагала энергопотребление на 17% ниже, хотя здесь не учитывается “стационарное” применение, такое как от камерного освещения и балансировочных нагревателей.
- Фарамарзи и Уолкер (2004) использовали идентичный подход при проведении исследования в США, где стандартная непосредственная и косвенная системы были установлены в каждом из двух одинаковых супермаркетах. Базовое сравнение показало 5%-ное снижение ежегодного потребления энергии для косвенной системы, когда испарительные конденсаторы использовали в обоих случаях. При использовании стандартных (сухих) конденсаторов для обеих

систем косвенная система показала 15%-ное снижение потребления энергии. Был проведен дальнейший анализ и предполагалось, что при использовании ряда параллельных насосов во вторичной цепи, можно получить плюс 13% экономии электроэнергии, а дополнительные 7% использовались при размораживании тепловой рапой. В результате измерения показали, что средний коэффициент полезного действия (КП) превысил косвенную низкотемпературную схему на 7% и среднетемпературную схему в диапазоне 2% ниже и 5% выше для среднетемпературной схемы. Фактически, КП низкотемпературной системы улучшился в два раза при понижении температуры окружающей среды примерно на 10°C по сравнению с 25°C.

- Другое исследование было проведено с использованием измерений на непосредственной системе R22, с последующими измерениями, проведенными после того, как она была переоборудована в косвенную систему с использованием R717 (аммиак) в качестве первичного хладагента в камерах охлаждения (Джеспер и Сорен, 1996). После нормализации охлаждающей мощности для колебаний температуры окружающей среды и тепловых нагрузок камер охлаждения было обнаружено, что косвенная система обеспечила 14% понижение потребления энергии.

Существует много факторов, которые определяют разницу эффективности между двумя системами, но источники данных экономических эффектов можно идентифицировать, разбивая общее потребление энергии на составляющие.

Сравнение выбросов

Для расчета количества выброшенного эквивалента CO₂ использовалась модель выбросов, с тем чтобы можно было сравнить стандартное непосредственное испарение и косвенную систему. Такие системы несут ответственность за выбросы как CO₂ (от электростанций), так и утечку хладагента, поэтому воздействия глобального потепления каждого источника суммируется для оценки общего воздействия всей системы. Данный метод экологической оценки был усовершенствован в метод, известный под названием «Суммарное Эквивалентное Воздействие Потепления» (СЭВП), хотя имели место незначительные модификации метода в других фазах, «Воздействие Потепления на Жизненный Цикл» (ВПЖЦ) и «Воздействие Климата на Жизненный Цикл» (ВКЖЦ). По существу, все данные методы одинаковы, и основная форма расчета может быть выражена как уравнение (1).

$$M_{CO2eq} = \sum_i (M_{r,i} GWP_i) + M_{CO2} \quad (4)$$

где M представляет массу выпущенного вещества; M_{CO2eq} - общая сумма выбросов в эквиваленте CO₂, M_r - количество вытекшего хладагента, ПГП - потенциал глобального потепления хладагента, а M_{CO2} - общая масса выпущенного CO₂, обычно благодаря потреблению энергии системы согласно условиям соответствующим выбранной стране; то есть национальному показателю выбросов (в кгCO₂/кВт.ч) (МГЭИК/ГТОЭО, 2005).

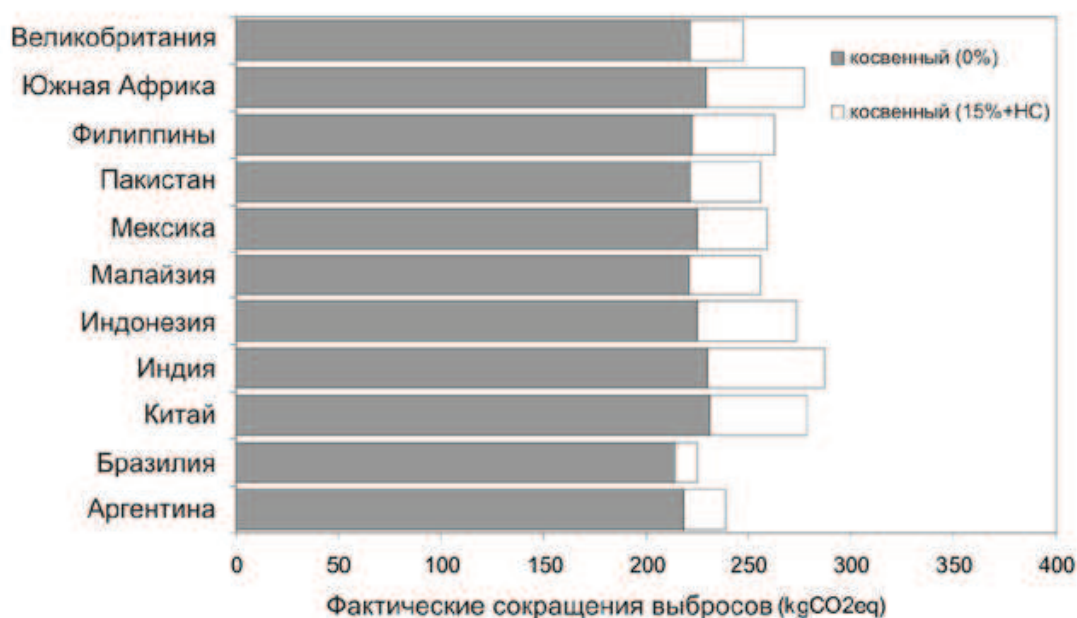


Схема 20: Реальный потенциал снижения выбросов с помощью косвенной системы по сравнению с непосредственной системой с применением R-404A

Схема 1 демонстрирует снижение потенциальных выбросов, когда используется косвенная система с применением R-404A, и также приведено дополнительное снижение, связанное с использованием более эффективного УВ или хладагента R-717 – в сравнении с непосредственной системой, использующей R-404A. Общее снижение выбросов аналогично независимо от страны, и это происходит благодаря тому, что около 90% снижения связано с утечкой хладагента, которая предположительно такая же несмотря на местонахождение. Бразилия и Аргентина характерны самым малым снижением, тогда как Индия, Китай и Южная Африка продемонстрировали предельные выгоды по сравнению с другими, а также добились многого после принятия системы УВ или R-717. (Обратите внимание, что потенциал снижения для Соединенного Королевства (СК) завышен, так как средний коэффициент утечки в Северной Европе ближе к 15% чем к 30%, которые использованы в модели.). Дополнительное снижение, наблюдаемое для системы УВ или R-717, является сочетанием более высокой эффективности и более низкого ПГП хладагента.

Схема 2 представляет те же данные, но в виде процентного отношения общих выбросов непосредственной системы. В разных странах наблюдается существенное изменение в относительном снижении выбросов; для стран с наибольшим преимуществом (Бразилия и Аргентина), это происходит в результате низкого коэффициента национальных выбросов для выработки электроэнергии, таким образом, способствуя меньшей утечке хладагента. По сравнению с непосредственной системой, минимальный доход был получен в Индии, Индонезии и Южной Африке. Аналогичным образом, приуменьшено дополнительное преимущество системы УВ или R-717 в данных странах, потому что более эффективная система имеет малое влияние.

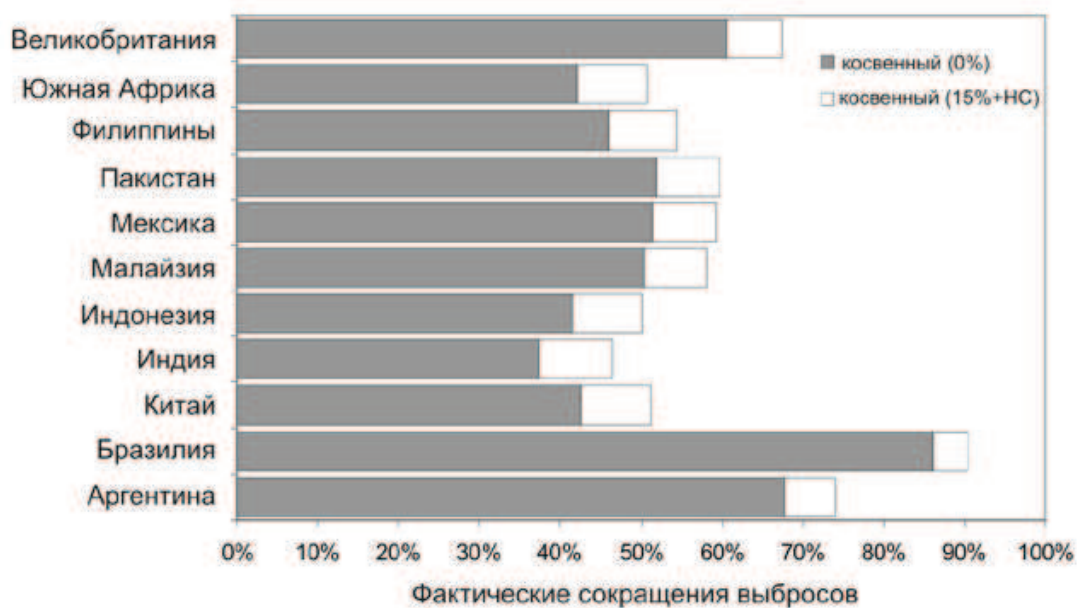


Схема 21: Потенциал снижения выбросов косвенных систем в процентном отношении к непосредственной системе, использующей R-404A

Сравнение затрат

Различные затраты стационарных и используемых фаз для каждого типа системы рассчитаны для конкретных стран. Поэтому потребовалась методика для расчета соответствующих затрат в течение жизненного цикла, связанных с системами. Было идентифицировано пять основных компонентов, которые составляют поставку оборудования, и текущие операционные затраты, которые перечислены в Таблица 2. Были указаны также основные параметры, используемые для определения каждого расхода, и повлияет ли на них региональное расположение супермаркета. Приведен также пример типичного распределения затрат в течение жизненного цикла системы на примере ситуации в Соединенном Королевстве.

Компонент стоимости	Квантификация	Региональное воздействие	Типичное распределение (СК)
Холодильное оборудование	Мощность, тип системы	Фиксированное	15 – 20%
Затраты на установку	Мощность системы, материалы	Непостоянное	5 – 10%
Операционное электричество	Энергопотребление системы	Непостоянное	40 – 50%
Техническое обслуживание	Мощность системы	Непостоянное	20 – 25%
Сервис и ремонт	Мощность системы, материалы	Непостоянное	5%

Таблица 5: Особенности затрат в течение жизненного цикла

Определение параметров различных затрат основано на дискуссиях и данных, предоставленных разными компаниями, расположенными в СК, Скандинавии и США. Отмечено, что цены на оборудование, монтаж, техническое обслуживание и сервис существенно отличались: это включает соотношение стоимости на единицу охлаждающей мощности, или в целом на идентичное применение. Например, котировки различных компаний на поставку, монтаж и пуск в эксплуатацию указанной системы охлаждения супермаркета отличаются до $\pm 20\%$. Это - результат ряда факторов, включая внутренние предпринимательские расходы, соглашения с поставщиками о закупке оборудования и конфиденциальность размера прибыли. Так как невозможно точно установить объем затрат, был составлен приблизительный предел рыночных цен.

Итог определения ценовых параметров приведен ниже. Отмечено, что данные значения применяются к системе искусственного охлаждения и взаимодействующим материалам, включая электрооборудование, и не включают затраты на фактические шкафы-витрины и холодильные камеры, так как считается, что тип системы на них не влияет.

– **Холодильное оборудование.** На основании котировок на ряд различных систем непосредственного испарения супермаркета установлена стоимость приблизительно в €500 – 700 за кВт для среднетемпературного и €800 – 1000 за кВт для низкотемпературного уровня. При косвенных системах среди данных компаний существует общий консенсус по поводу увеличенной стоимости. В Соединенном Королевстве и других странах это - частично результат отсутствия опыта работы с такими системами, который требует применения «коэффициента безопасности» в котировке для гарантии амортизирования в случае непредвиденных проблем. В связи с меньшим количеством установок, экономия от масштаба также играет роль, благодаря поставке нетипичного оборудования. Для косвенной системы эквивалентные цены составляют €550 – 750 и €850 – 1100 за средне- и низкотемпературные уровни, соответственно. Принимая во внимание, что холодильное оборудование поставляется по всему миру, предполагается, что затраты на оборудование в любой развивающейся стране - такие же, как и в СК.

– **Затраты на установку.** Используя приведенные выше данные, была установлена средняя стоимость €300 – 400 за кВт как для непосредственных, так и косвенных типов систем, и это без учета уровня температуры. Так как та же стоимость применяется к косвенным системам, она реальна только для тех, которые используют стандартную медную трубу; сейчас многие системы используют систему труб ABS, которая соединяется с предварительной изоляцией и требует только клеевое соединение, в данном случае монтаж системы труб происходит быстрее и затраты на установку могут быть уменьшены до €200 – 300 за кВт. В развивающихся странах, где рабочая сила - дешевле чем в северной Европе, затраты на установку будут еще меньше.

– **Операционная энергия.** Расходы на электричество подсчитаны как продукт расчетных требований операционной энергии системы, расположенной в данной стране, и свидетельствующей о национальной стоимости на электричество. Стоимость на электричество существенно меняется в каждой стране; например, в

Европе стоимость на электричество меняется от €25 за МВтч в Норвегии до более €100 за МВтч в Австрии. Цены также существенно меняются среди различных компаний, благодаря вариантам в контрактах на приобретение. Расходы применяются также согласно максимальным мгновенным значениям потребления мощности, но предположительно она - одинаковая как для непосредственных, так и косвенных систем.

- **Техническое обслуживание.** Супермаркеты, в основном, заключают контракты на техническое обслуживание, и технические специалисты регулярно посещают площадку для выполнения определенной работы такой как чистка конденсатора, проверка на утечку, замена компрессорного масла и т.д. В общем, график технического обслуживания прост как для непосредственных так и косвенных систем, так как с обеими системами проводится та же работа. Контракты по искусственному охлаждению, в основном, являются контрактами на техническое обслуживание с учетом мощности компрессора, и для обычного супермаркета это составляет примерно €100 – 150 за кВт охлаждающей способности. Учитывая, что техническое обслуживание, в основном, включает деятельность человека, расчет стоимости отрегулирован для экономики каждой страны.
- **Сервис и ремонт.** Сервисные затраты обычно одноразовые и вызваны повреждением системы или компонента, и могут включать простую замену компонента, ликвидацию утечки и последующую дозаправку хладагентом, или остановку работы системы и некоторую реконструкцию в случае внутренней проектной недоработки. Сервисные затраты для любой системы супермаркета существенно отличаются, так как надежность системы является показателем качества дизайна и монтажа, а также компонентов системы, частоты регламентного обслуживания и внешних условий. Хорошим показателем ежегодных сервисных затрат является гарантия, которую подрядчик системы искусственного охлаждения использует с котировкой на проведенный монтаж, подтверждая его предыдущий опыт. Стоимость меняется от 1 до 3% оригинальной стоимости всего оборудования (включая камеры, холодильные склады и т.д.). Учитывая, что это обычно применяется к новым системам, возможно занижаются затраты на более старые системы, которые подвержены старению, что приводит к более частым поломкам. Допуская, что это компенсирует начальное упущение камер и холодильных складов, ежегодные затраты составляют около €25 – 30 за кВт. Принимая во внимание, что половина данной суммы зафиксирована как стоимость оборудования, оставшаяся половина, относящаяся к работе, откорректирована с учетом страны. Обсуждение с подрядными организациями, которые занимаются как непосредственными, так и косвенными системами, выявило, что сумма сервиса, связанного с косвенными системами, значительно ниже по сравнению со стандартными непосредственными системами. В основном, это вызвано уменьшением количества труб охлаждения, что приводит к меньшим утечкам и последующим сокращением проблем, возникающих в связи с утечкой, отсутствием термостатических расширительных клапанов и менее сложными системами контроля. Окончательные сервисные затраты должны составить примерно €10 – 20 за кВт.

Различные перечисленные выше затраты основаны на данных для систем, рассчитанных на примерно от 200 кВт до 600 кВт, и предположительно стоимость

за кВт охлаждающей способности возрастает для меньших мощностей. Принимая во внимание изменение затрат на основе работы в СК, значения для данных стран были откорректированы пропорционально соотношению ВВП данных стран и СК на человека. И, наконец, не применялась дисконтная ставка к ежегодным эксплуатационным расходам.

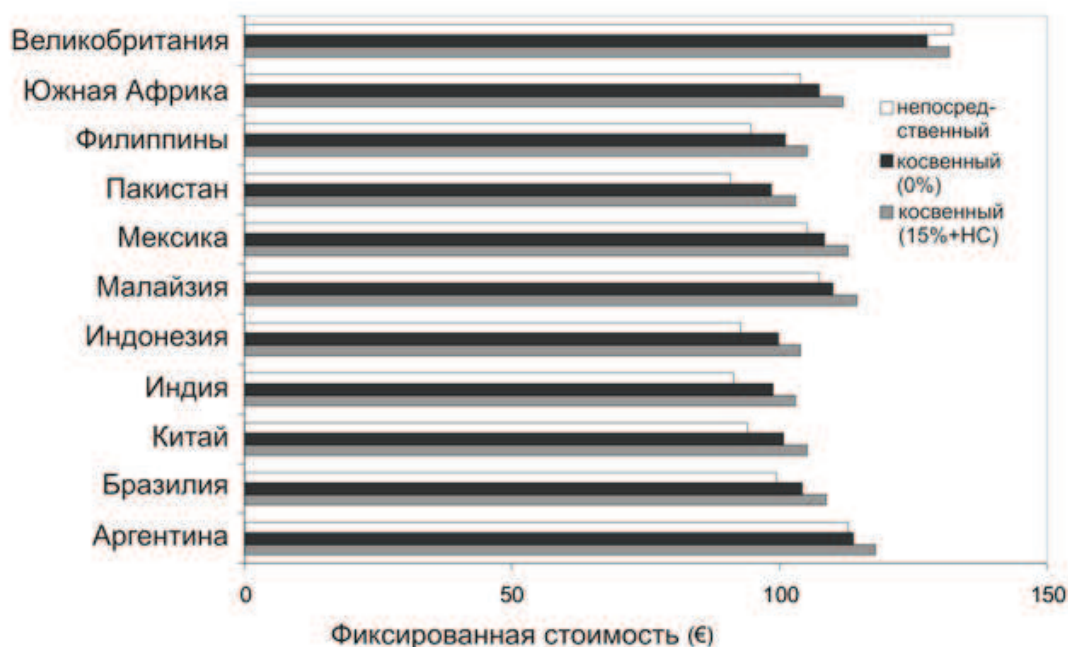


Схема 22: Фиксированные затраты на непосредственную, косвенную и косвенную с УВ или R-717 системами

Первоначально в Схеме 3 представлены фиксированные затраты, т.е. оборудование и монтаж. В Индонезии, Индии и Китае - самые низкие цены, а в Аргентине, Малайзии и Южной Африке - самые высокие. В любом случае, они относительно идентичны среди стран (за исключением СК) в среднем на $\pm 20\%$. В основном, это объясняется идентичными затратами на оборудование, несмотря на местонахождение, когда они принимают во внимание большую часть контрибуции. В случаях с разными типами систем, непосредственная система - самая дешевая в большинстве случаев, но примерно на 5%. Косвенная система с УВ или R-717 - самая дорогая, но опять только примерно на 10% по сравнению с непосредственной системой. В странах, где рабочая сила дорогая, разница между системами уменьшается; это объясняется быстрым монтажом с применением труб ABS.

Существенная разница наблюдается в ежегодных эксплуатационных расходах, которые включают потребление электроэнергии, техническое обслуживание и сервис. Страны с самыми низкими ежегодными затратами - Пакистан, Индия и Китай, а с самыми высокими Малайзия и Аргентина. Разница между странами зависит от местного климата, который влияет на использование энергии, но в основном из-за цен на электричество и затрат на рабочую силу, которые диктуются ВВП на душу населения. Эксплуатационные расходы среди стран отличаются в среднем на $\pm 50\%$. Учитывая влияние типа системы, непосредственная система всегда испытывает самые высокие эксплуатационные затраты, а косвенная система

с УВ или R-717 - самые низкие. Это объясняется экономией в потреблении электроэнергии, так как это существенно влияет на итог. Соразмерно этому и основная косвенная система на 7% в среднем ниже непосредственной системы, и на 85 – 90% ниже затрат, связанных с косвенной системой, использующей УВ или R-717.

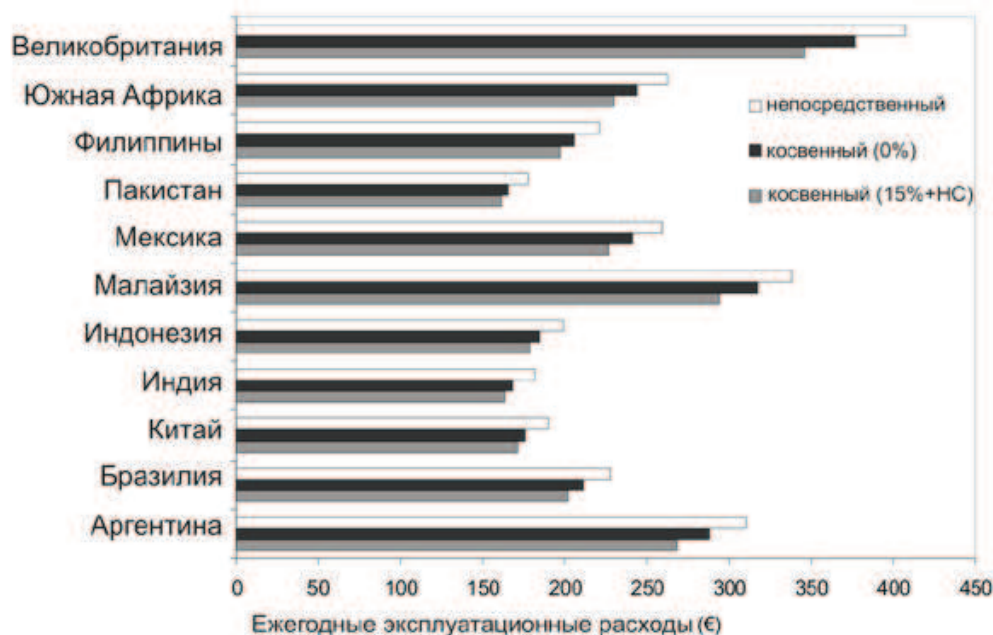


Схема 23: Ежегодные эксплуатационные расходы на непосредственные, косвенные и косвенные с УВ или R-717 системы

И наконец, общие затраты в течение жизненного цикла для различных типов системы показывают, что у непосредственной системы они немного выше по сравнению с другими, в среднем примерно на 5%. Каждая из трех косвенных систем имеет очень схожие затраты в течение жизненного цикла и только в странах, где цены на электричество высокие, косвенная система на УВ или R-717 предлагает заметные снижения. В целом, общие затраты в течение жизненного цикла самые высокие в Аргентине и Малайзии, а самые низкие в Индии, Индонезии, Пакистане и Китае.

Заключительные замечания

Для расчета энергопотребления, выбросов ПГ и затрат, связанных с косвенными системами искусственного охлаждения супермаркетов, были использованы методы расчета для ряда развивающихся стран, используя СК в качестве базисной линии. В общем, суммарные результаты указывают на то, что общие выбросы ПГ для косвенных систем значительно ниже по сравнению с непосредственными системами. На это указывают выбросы хладагента ($M_r \times GWP$) и выбросы при производстве электроэнергии (M_{CO2}), которые значительно ниже для предлагаемой косвенной системы. Данные наблюдения не противоречат

исследованиям Ю (2001), Фарамарзи и Уолкера (2004), и Джеспера и Сорена (1996), у которых все указывает на значительное снижение СЭВП для косвенных систем. Обсуждение работы косвенных систем выявило некоторые основные причины, почему косвенные системы приводят к более низким выбросам:

- Меньшая заправка хладагентом означает меньший потенциал утечки хладагента
- Фактор герметичной и протестированной компактной системы имеет меньший процент утечки
- Использование хладагента УВ или R-717 с низким ПГП означает меньшее воздействие от выбросов хладагента
- Более низкий процент утечки означает меньшую деградацию в КП компрессионной системы
- Предотвращение размораживания электрообогревом требует меньшего потребления электроэнергии
- Большая тепловая инерция вторичной жидкости снижает потери цикла и потребление электроэнергии

Результаты расчетов выявили ряд наблюдений на основе единого набора характерных особенностей

- Абсолютное снижение выбросов идентично во всех странах, и это объясняется основным аспектом, снижающим утечку хладагента. Для Бразилии и Аргентины характерно самое маленькое понижение, а дополнительное преимущество более эффективной системы УВ или R-717 использовалось незначительно. Индия, Китай и Южная Африка показали предельные преимущества над другими, а также получили доход от использования системы УВ или R-717.
- Затраты на поставку системы и тип системы между странами незначительные. Однако, эксплуатационные расходы, включая применение электричества, техническое обслуживание и ремонт существенно отличались в результате локальных цен на электричество и оплату труда. В целом, общие затраты в течение жизненного цикла - самые высокие для Аргентины и Малайзии, а самые низкие для Индии, Индонезии, Пакистана и Китая.

Некоторые важные условия необходимо учесть при рассмотрении данных результатов. Цены на оборудование, рабочую силу и электричество существенно меняются в пределах любой одной страны, означая, что в дальнейшем будет рассмотрен вопрос какими могут быть реальные цены. Более того, известно, что эффективность косвенных систем отличается по конкретным характеристикам дизайна, поэтому важно, чтобы любое применение подчинялось соответствующим оценкам дизайна для оптимизации эффективности. В любом случае многие используемые в расчетах допуски были консервативными, т.е. убеждали в пользу непосредственных систем.

Ссылки

Дж.Ариас. Использование электроэнергии в супермаркетах – моделирование и эксплуатационные измерения. Королевский Технологический Институт (КТИ), Стокгольм, Швеция. 2005.

Р.Т.Фарамарзи, Д.Х.Уолкер. Исследование систем охлаждения супермаркета вторичного контура. Фостер-Миллер Инк./Энергетическая Комиссия Калифорнии, США. Март 2004.

МГЭИК (Межправительственная Группа Экспертов по Изменению Климата)/ГТОЭО (Группа Экспертов по Техническому Обзору и Экономической Оценке). Специальный Отчет по защите озонового слоя и глобальной системе климата: Вопросы относящиеся к гидрофторуглеродам и перфторуглеродам. Кэмбридж Университет Пресс, Кэмбридж, СК. 2005.

Н.Джеспер, Л.Сорен. Косвенное охлаждение с помощью аммиака в супермаркетах. Прог. Конференции МИЗ/МИО, Орхус, Дания. 1996.

ЮНЕП. Отчет комитета по искусственному охлаждению, кондиционированию воздуха и тепловым насосам. Программа ООН по окружающей среде, Секретариат по Озону, Найроби, Кения, 2006.

Отчет Специальной Комиссии ЮНЕП по вопросам ГХФУ. Ответ на Решение XVIII/12 (с конкретным фокусированием на воздействие Механизма Чистого Развития) и преимущества снижения выбросов в результате раннего прекращения производства ГХФУ и другие практические меры. ГТОЭО ЮНЕП. Найроби, 2007.

Й.Ю. Исследование систем низкотемпературного искусственного охлаждения в супермаркетах. Королевский Технологический Институт (КТИ), Стокгольм, Швеция. Март 2001.

Использование углеводородов в качестве рабочих веществ в тепловых насосах и холодильном оборудовании

Хосе М. Корберан, Политехнический Институт Валенсии, Институт Инженерной Энергетики, Испания

Введение

В историческом плане углеводороды (УВ) были среди первых веществ, которые использовались в качестве хладагента, но из-за воспламеняемости их использование было приостановлено в пользу инертных веществ таких как хлорфторуглероды (ХФУ). Пропан (R-290) и некоторые другие УВ были внедрены в промышленность недавно, явно проявив себя в качестве альтернативных хладагентов для искусственного охлаждения, тепловых насосов и кондиционирования воздуха.

По сравнению с ХФУ, ГХФУ и ГФУ, УВ хладагенты предлагают нулевой ОРП и очень низкий ПГП и, с учетом их КПД, в целом предлагают: высокую эффективность, уменьшенные уровни заправки, и более низкие температуры нагнетания компрессора, таким образом, они прекрасно подходят для тепловых насосов. Более того, с технологической точки зрения, они предлагают хорошую смешиваемость с нефтепродуктами (синтетические смазочные материалы не требуются) и совместимость с материалами: металлы и эластомеры, которые традиционно используются в холодильном оборудовании.

Единственным реальным фактором против применения хладагентов УВ в холодильном и кондиционерном оборудовании является вопрос безопасности при работе с относительно большими объемами воспламеняющихся жидкостей. К счастью, уже почти готова серия изменений к международным стандартам в отношении холодильного оборудования и оборудования тепловых насосов, предусматривающая необходимые дополнительные меры безопасности по дизайну, ремонту и сервисному обслуживанию оборудования, использующего воспламеняющиеся хладагенты.

Совместимость с материалами

УВ совместимы с большинством материалов, традиционно используемых в холодильном оборудовании и тепловых насосах.

Совместимость с пластмассой

Фактически все обычные эластомерные и пластмассовые материалы искусственного охлаждения, используемые в качестве кольцевых прокладок, седел

клапанов, упругих уплотнений, прокладок и т.д., совместимы с хладагентами УВ. Включены Неопрены¹, Витоны, Нитрилы, Нейлон, HNBR (Гидрированный бутадиен- нитрильный каучук Hydrated Nitrile Rubbers) и ПТФЭ. Материалы, которые несовместимы с УВ, это - полиметилметакрилат (ПММА), каучук на основе сополимера этилена, пропилена и диенового мономера (ЭПДМ), природные каучуки и силиконовые каучуки.

Воздействие хладагентов на пластмассу необходимо тщательно проверить при определенных условиях использования. Совместимость отобранных хладагентов по данному исследованию можно увидеть в Таблице 1.

Материал		R-600	R-600a	R-290	R-1270	R-22
Акрилнитрил бутадиен стирол	ABS	A	A	S	S	NR
Ацетилцеллюлоза	CAB	*	*	A	S	*
Бутират	EP	E	E	E	S	S
Эпоксидная смола	ETFE	*	*	S	*	A
Этилтетрафторэтилен	PA	*	*	S	S	S
Полиамид	PC	NR	NR	A	S	S
Поликарбонат	PE	S	S	S	A	A
Полиэтилен	PETP	S	S	S	*	S
Полиэтилен терефталат	POM	S	S	S	S	A
Полиоксиметилен/ Ацеталь	PP	S	S	S	S	A
Полипропилен	PPO	A	A	NR	*	*
Полифенилоксид	PPS	S	S	S	A	A
Полифенилсульфид	PS	S	S	S	S	NR
Полистирол	PUR	S	S	A	S	*
Полиуретан	PVC	A	A	S	A	A
Поливинил хлорид	PVDF	S	S	S	S	A
Поливинилфторид	SUF	S	S	S	S	NR
Полисульфон	UP	*	*	S	*	S
Ненасыщенный Полиэстер	PTFE	S	S	S	S	A
Политетрафторэтилен	PCTFE	S	S	S	S	A,sw
Полихлоротрифторэтилен	NBR	S	S	NR	S	NR
Нитрил каучук	IRR	NR	S	NR	NR	A,sw
Бутил (изобутен-сопрен) каучук	CR	S	NR	NR	NR	A,sw
Хлоропрен	Q	NR	NR	NR	NR	NR
Силикон	ABS	A	A	S	S	NR

*S: удовлетворительно; NR: не рекомендуется; A: допустимо; sw: сильное вздутие; *: данные отсутствуют*

Таблица 1: Совместимость хладагентов: пластмасса

¹ Однако, неопрен/хлоропрен вовсе несовместим с пропиленом (R1270)

Совместимость со смазочными маслами

Чтобы убедиться в надежной работе компрессоров, необходима идентификация оптимальной смазки. Для теплового насоса и холодильного оборудования желательно иметь хорошую растворимость хладагента в смазочном материале, чтобы обеспечить эффективный коэффициент возврата масла и избежать деградации теплоотдачи. Кроме того, важно, чтобы вязкость смеси соответствовала гидродинамической смазке компрессорных подшипников. Смазочный материал, растворенный в жидком хладагенте, влияет на термодинамические свойства рабочей жидкости. Давление насыщенного пара растворов «хладагент-смазочный материал» при заданной температуре всегда ниже давления пара чистых хладагентов при такой температуре. Таким образом, смазочный материал, растворенный в испарителе, ведет к небольшому понижению давления всасывания. УВ являются неполярными веществами той же структуры, что и нефтепродукты (НП). Таким образом, УВ отличаются очень высокой растворимостью в нефтепродуктах. Данное свойство конечно желательно для коэффициента возврата масла. Однако, это может привести к уменьшению вязкости смазки в компрессоре, особенно при низких температурах и высоких давлениях масла. Именно поэтому рекомендуется использовать масло с немного большей вязкостью, чем для УВ. Хладагенты нового поколения, в некоторых случаях, более зависимы от правильного применения и типа хладагентного масла. Таким образом, особое внимание следует уделить гарантии того, что соблюдаются требования производителя по хладагенту-заменителю и компрессору и приняты процедуры конверсии (в случае необходимости), особенно для применений «дроп-ин». Смазки, применяемые в настоящее время и рассматриваемые для новых хладагентов, включают нефтепродукты (НП), алкилбензол (АБ), поли-альфа-олефин (ПАО), полиоэстер (ПОЭ), поливинилэфир (ПВЭ), полиалкенгликоль (ПАГ) и гидроочищенные нефтепродукты. Смазки, содержащие силикон и силикат (добавки, используемые в качестве антипенных веществ) могут быть несовместимы с хладагентами нового поколения. Совместимость смазочных материалов с хладагентами нового поколения приведена в Таблице 2.

Традиционные смазочные материалы	Углеводороды	Аммиак, CO ₂ и пропен	ГФУ	R22
Нефтепродукт (НП)	Хорошее соответствие ¹	Хорошее соответствие	Ограниченное применение	Хорошее соответствие
Алкилбензол (АБ)	Хорошее соответствие ¹	Ограниченное применение	Хорошее соответствие	?
Нефтепродукт (НП)+ Алкилбензол (АБ)	Хорошее соответствие ¹	Ограниченное применение	Ограниченное применение	?
Полиальфаолефин (ПАО)	Хорошее соответствие ¹	Ограниченное применение ³		?
Новые смазки				
Полиэстер (ПОЭ)	Хорошее соответствие ¹	Не соответствует	Хорошее соответствие	?
Поливинилэфир	Не соответствует	Не соответствует	Хорошее соответствие	?
Полиалкиленгликоль (ПАГ)	Ограниченное применение ²	Ограниченное применение ²	Хорошее соответствие	?
Гидроочищенный нефтепродукт	Не соответствует	Хорошее соответствие ¹		?

1 отмечена смазка, которая возможно требует корректировки базовой вязкости.

2 отмечена смазка, которая представляет особую угрозу при влажности.

3 Смазки ПАО не смешиваются с аммиаком, но аммиачные системы используют испарители затопленного типа, где несмешанные смазочные вещества могут вернуться в компрессор, путем дренажа в нижней части испарителя.

Таблица 2 Совместимость с хладагентом

В результате, УВ совместимы почти со всеми существующими смазочными и строительными материалами, используемыми в тепловых насосах. Они не образуют кислоты при контакте с влагой, присутствующей в системе охлаждения. Таким образом, пропан - очень подходящий «дроп-ин» заменитель R-22, так как он также может работать с нефтепродуктом. Однако, допуская, что растворимость пропана в маслах в общем выше, чем у R-22, с пропаном рекомендуется использовать масло более высокой вязкости для гарантии адекватной смазки компрессора. Более того, тот факт, что пропан может работать с тем же видом масла в отличие от R-22, исключает необходимость в процедуре очистки для устранения следов старого масла, что наоборот необходимо, когда тип масла меняется при переоборудовании системы R-22 на заменитель ГФУ.

Термодинамические свойства

Данный раздел представляет сравнение термодинамических свойств между R-22 и хладагентами УВ. Пропан (R-290), Бутан (R-600), Изобутан (R-600a) и Пропелен (R-1270) были отобраны для сравнения, так как они обладают лучшими свойствами в качестве хладагентов.

Таблица 3 показывает обычные температуры кипения, критические точки и плотность пара рассмотренных жидкостей.

Хладагент	R-290 Пропан	R-1270 Пропелен	R-600 Бутан	R-600a Изобутан	R-22
Обычная точка кипения ¹ (°C)	-42.1	-32.09	-0.90	-11.7	-40.8
Латентная теплота испарения ² (кДж/кг)	425.6	475.2	385.24	366.2	233.95
Критическая температура (°C)	96.8	124.8	152.0	135.0	96.2
Критическое давление (бар)	42.5	55.4	38.0	36.5	49.9
Плотность пара при температуре возврата 10 °C с 8K перегрева (кг/м ³)	10.57	12.55	2.87	4.40	21.74

Таблица 3. Обычные температуры кипения и критические точки

Обычная точка кипения

Она относится к температуре кипения при атмосферном давлении и указывает на высокое давление при высоких температурах, если агент имеет низкую обычную точку кипения и наоборот. С другой стороны, агент с высокой обычной точкой кипения может впоследствии привести к давлению внутри системы ниже атмосферного при температуре испарителя ниже обычной точки кипения³, склонной к вводу воздуха в систему, которая всегда создает нежелательную ситуацию, так как поступающий воздух и особенно сопровождающая его влажность приведут к операционным проблемам.

Обычные точки кипения R-290, R-1270 и R-22 очень идентичны, следовательно, как R-290, так и R-1270 являются прекрасными заменами R-22.

Критическая точка

Параметры критической точки: температура и давление, определите максимальную границу для работы цикла искусственного охлаждения с помощью конденсации. Температура и давление выше критической точки требуют транскритического цикла.

Как видно из Таблицы 3, как R-22 так и пропан имеют очень схожую критическую точку, вновь указывающую на то, что их рабочие термодинамические циклы очень похожи.

Давление насыщенного пара

Схема 1 показывает давление насыщенного пара – температурные кривые для рассматриваемых УВ и R-22. Бутан имеет самое низкое давление благодаря более высокой обычной точке кипения, за ним следуют Изобутан, пропан и R-22. Как видно на схеме, R-22 и пропан - очень похожи, за исключением случаев высокого давления, где они слегка отклоняются. Пропан потребует более низкого рабочего

¹ Атмосферное давление

¹⁸ Атмосферное давление

³ Это может быть случай для бутана или даже изобутана при низкотемпературных применениях.

давления, чем R-22 для тех же самых температурных источников. Данная разница может быть существенной при высоких температурах конденсации, означая, что R-290 более подходит для высоких температур, чем R-22. Более высокие рабочие давления приводят к повышенным механическим требованиям и более высоким коэффициентам утечки.

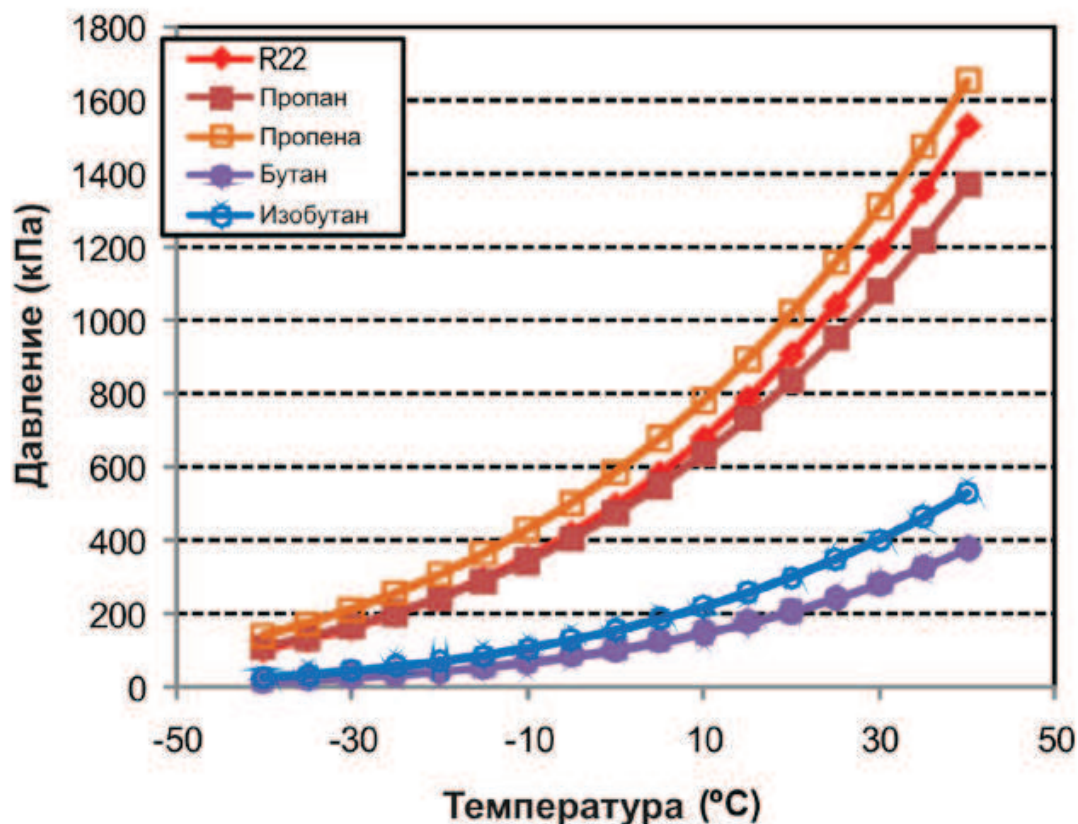


Схема 1 Давление насыщенного пара для R-22 и углеводородов

Латентная теплота испарения

Латентная теплота испарения является разницей в энтальпии между насыщенным паром и насыщенной жидкостью при заданном давлении. Данное значение определяет существующую теплоту конденсации или испарения на кг жидкости. Его можно использовать для расчета удельного массового расхода хладагента, который необходим для производства заданной мощности искусственного охлаждения (обогрева).

На Схеме 2 показана теплота испарения исследуемых жидкостей. Как видно на схеме, УВ имеют латентную теплоту, примерно в два раза превышающую латентную теплоту R-22. Это указывает на то, что удельный массовый расход, циркулирующий через систему искусственного охлаждения с УВ хладагентом, необходимый для обеспечения мощности обогрева/охлаждения, будет всегда составлять примерно половину того, который необходим для системы, работающей на R-22.

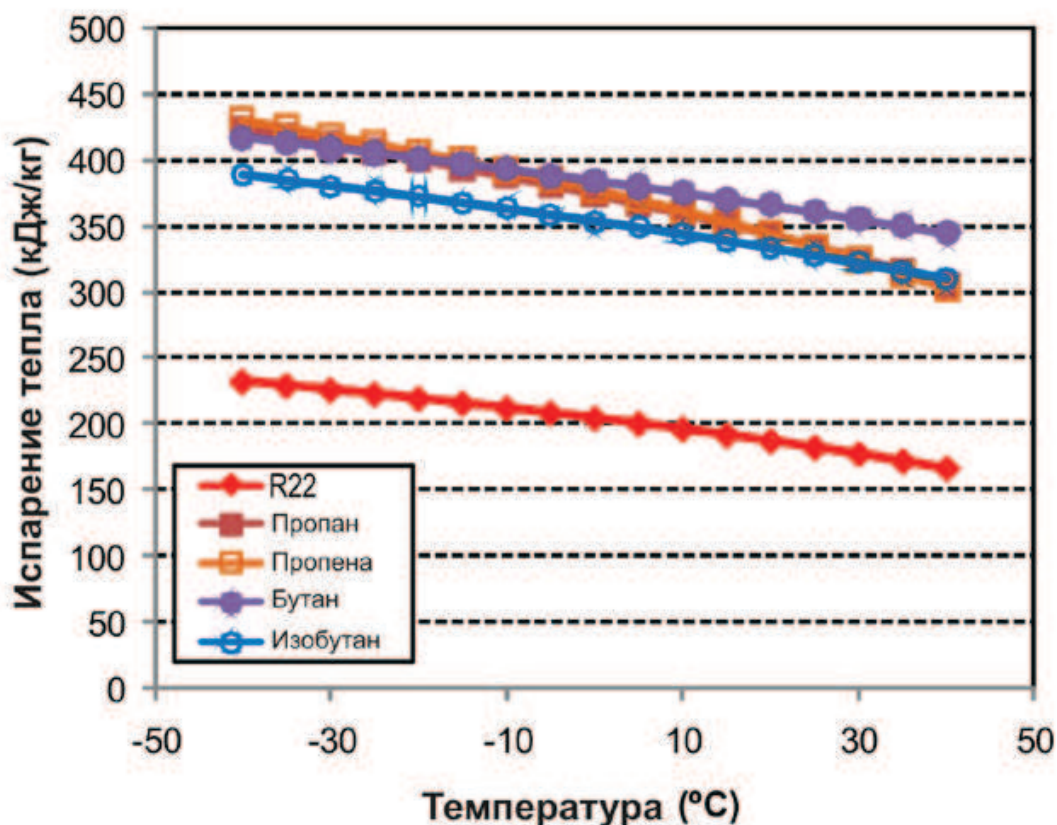


Схема 2 Теплота испарения R22 и углеводородов

Плотность

Схема 3 показывает плотность жидкости R-22 и исследуемых УВ. Как видно на данной схеме, плотность жидкости УВ грубо составляет примерно половину плотности R-22 (у пропана плотность на 41% ниже, чем у R-22). Это означает, что необходимая заправка УВ для системы будет составлять примерно около половины необходимой для R-22, так как большая часть заправки находится в жидком состоянии в оборудовании. Коэффициент между жидкой плотностью УВ и R-22 можно использовать как практический метод для расчета снижения заправки, когда система R-22 переоборудуется на хладагент УВ.

С другой стороны, Таблица 3 показывает значение плотности пара на входе компрессора при 10°C обратной температуре (всасывания) (данная температура типична, например, для холодильной установки, производящей 7°C воду для кондиционирования воздуха) для используемых жидкостей.

Удельный массовый расход хладагента, закачиваемый компрессором, зависит от скорости компрессора, рабочего объема, коэффициента заполнения и плотности пара на входе компрессора. Допуская, что коэффициент заполнения компрессора в некоторой степени зависит от хладагента, тогда удельный массовый расход, закачиваемый компрессором R-22 при переоборудовании на УВ, становится пропорциональным коэффициенту плотности пара. Например, в случае с пропаном удельный массовый расход, закачиваемый данным компрессором, имеет тенденцию к тому, чтобы быть фракцией (примерно 0,5) соответствующей R-22, из-за намного меньшей плотности, хотя это в какой-то степени компенсируется почти двойным значением энтальпии испарения характерным для УВ при сравнении с R-22.

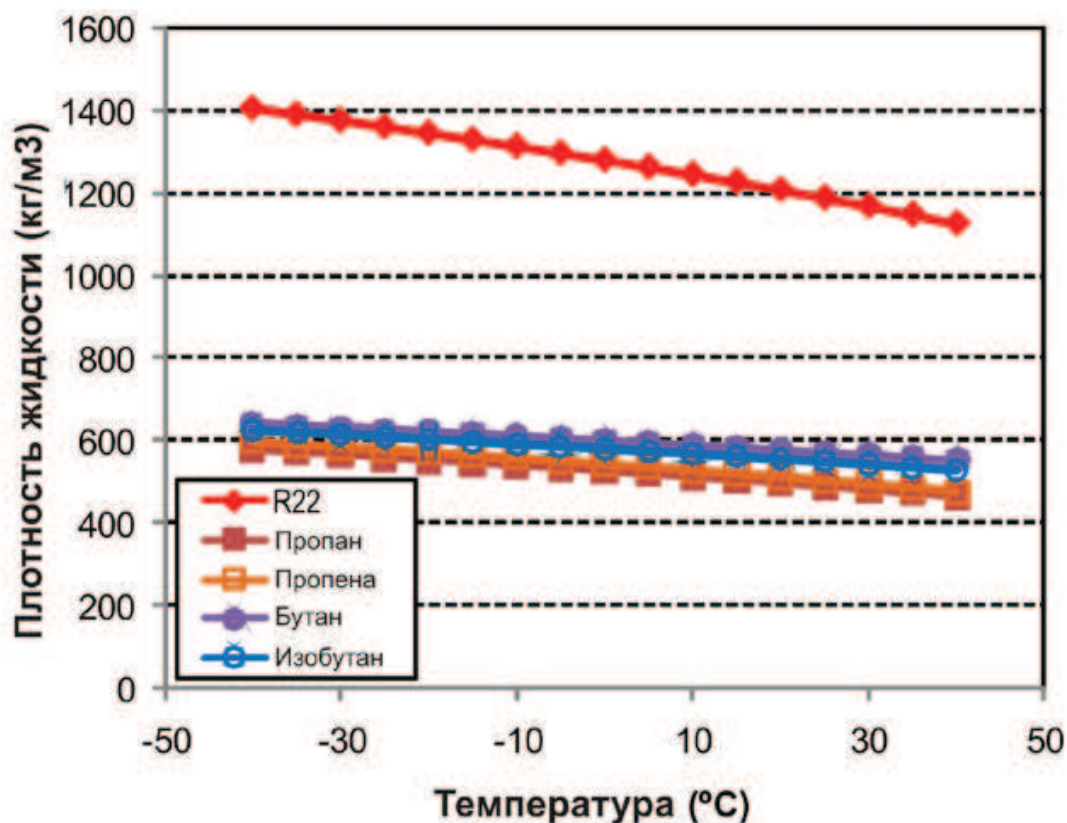


Схема 3. Плотность жидкости R22 и углеводородов

И наконец, это приводит к уменьшению мощности охлаждения только примерно на 15% при переоборудовании системы R-22 на УВ.

Более низкая плотность УВ также важна для других аспектов установки охлаждения, например, падение давления через теплообменники, трубы и клапана будет в целом пропорционально ниже. Это также важно при явлении двухфазовой теплоотдачи. В целом, низкая плотность - благоприятна.

Эксплуатационные качества цикла и компонента

Данный раздел представляет сравнение цикла искусственного охлаждения и эксплуатационных качеств R-22 с УВ хладагентами.

Коэффициент давления

Другим важным свойством является коэффициент между давлением конденсации и испарения. Коэффициент давления существенно влияет на эффективность компрессора (энергетические потребности) и его коэффициент заполнения. Чем ниже коэффициент давления, тем лучше эффективность. Схема 4 показывает коэффициенты давления УВ по отношению к коэффициенту давления R-22, на базе цикла с 40°C температурой конденсации.

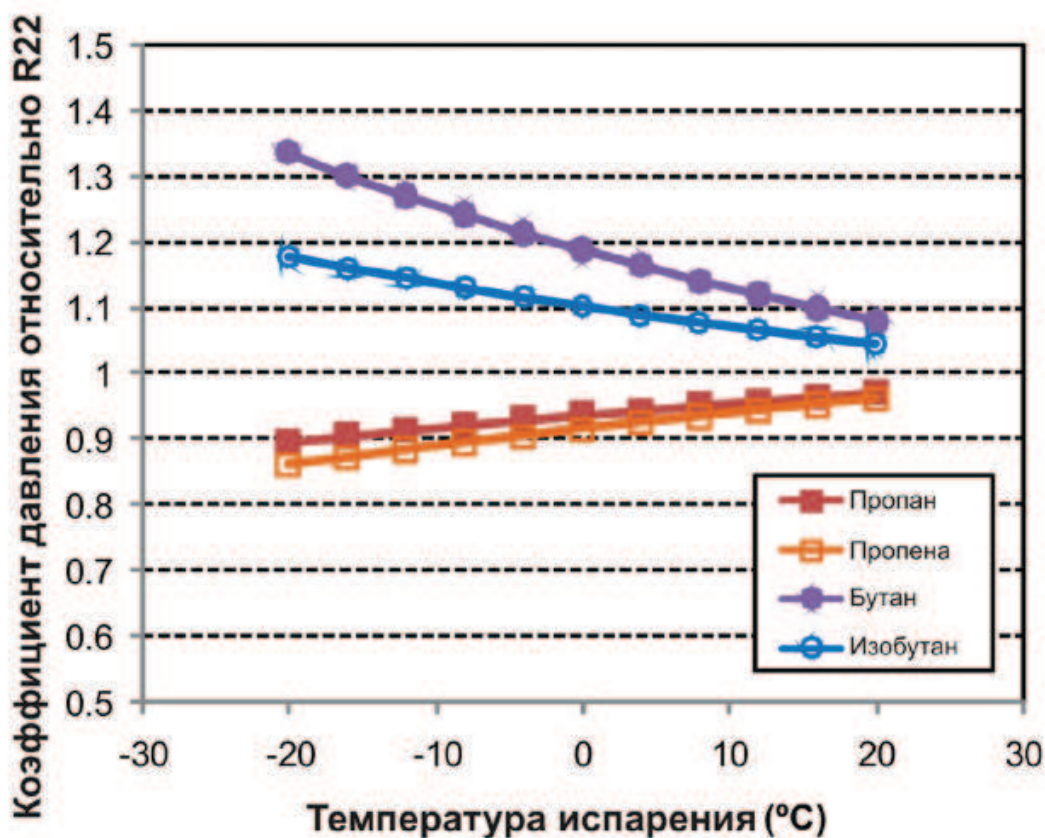


Схема 4 Коэффициент давления относительно R22 против температуры испарения при температуре конденсации 40°C против температуры испарения

Как видно на схеме, коэффициенты давления для R290 ниже для пропана, чем для R-22, а для других выше, чем для R-22.

Более того, как упомянуто выше, рабочее давление для пропана ниже, чем для R-22. Это означает, что пропан лучше заменит R-22 в применениях «дроп-ин» при охлаждении, кондиционировании и особенно для тепловых насосов, так как R-290 будет работать при более низких давлениях конденсации и более низком коэффициенте давления. Систему, первоначально спроектированную для R-22, можно использовать с пропаном и достичь температур конденсации, для которых R-22 больше не эффективен (выше 60°C). Это - очень положительная особенность для отопления помещений, а также кондиционирования при высоких температурах окружающей среды.

Объемная охлаждающая способность

Данный параметр является измерением охлаждающей способности на объем единицы хладагента, проходящего через компрессор. Он управляет предполагаемой охлаждающей способностью с помощью определенного рабочего объема цилиндров компрессора и объема камеры сгорания. Объемная охлаждающая способность является отличительной особенностью хладагента и операционной точки и может оцениваться по продукту плотности всасывания и разнице специальной энтальпии в испарителе. Данная особенность может определяться как располагаемая теплота на единицу объема хладагента.

Схема 5 показывает изменение объемной охлаждающей способности с помощью температуры испарения, при заданных условиях конденсации и 5K перегрева на входе в компрессор.

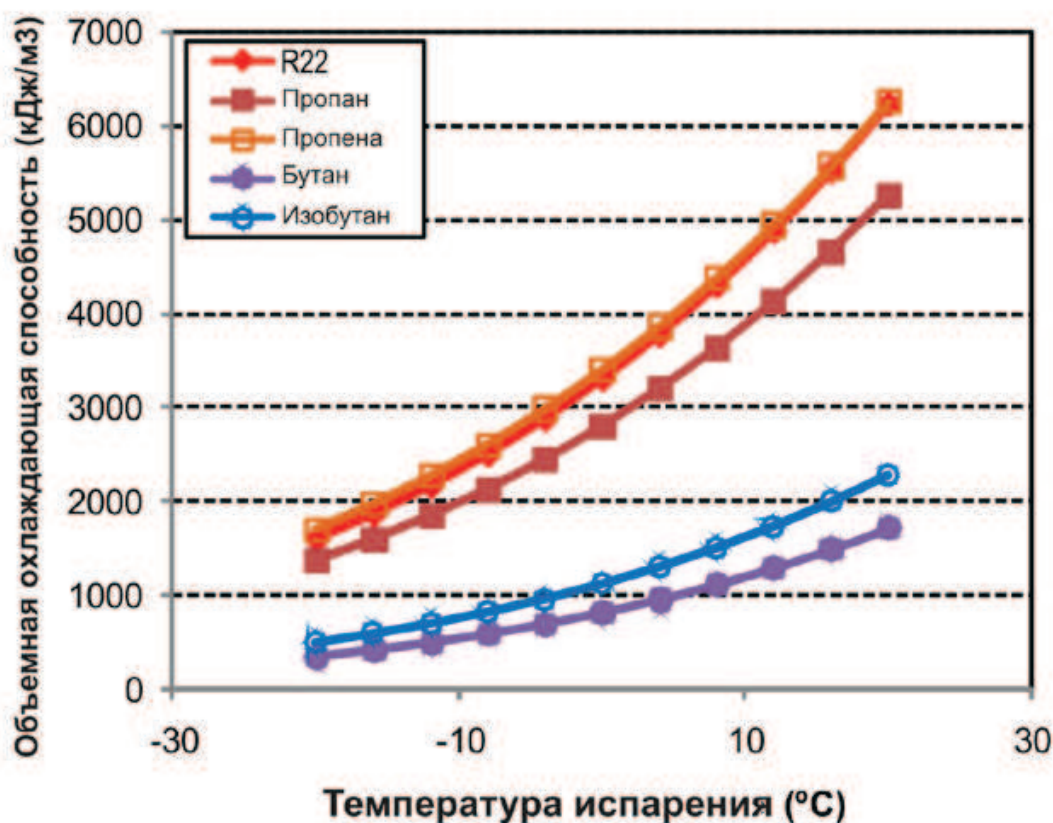


Схема 5 Объемная охлаждающая способность против температуры испарения, при 40°C температуре конденсации, 0 K переохлаждение и 5 K перегрев

Как видно, объемная охлаждающая способность быстро уменьшается, когда температура испарения падает, в основном благодаря понижению плотности насыщенного пара при самых низких температурах.

Данное свойство хладагента устанавливает определенный размер компрессоров. По Схеме 5 легко понять, почему размер компрессоров для низкотемпературных применений должен быть намного больше требуемых для высокой температуры.

Как можно увидеть, компрессоры необходимые для УВ, всегда будут больше чем для R-22, за исключением пропана; пропан почти идентичен R-22, имея немного меньшую емкость. Таким образом, системы R-22, непосредственно переоборудованные для пропана, будут всегда иметь немного меньшую охлаждающую или нагревательную способность.

Удельный расход энергии

Большой интерес представляет также сравнение (изэнтропической) энергии необходимой для компрессора на единицу объемного расхода всасывания в компрессор. Таким образом, объемный расход энергии является продуктом плотности пара при всасывании и изменением в специальной энтальпии для процесса сжатия. Схема 6 показывает значения данного параметра для изучаемого

УВ по отношению к R-22. Пропан требует немного большей компрессии на единицу расхода, но все другие УВ представляют более низкий объемный расход энергии. Пропан требует потребления энергии меньше на 10 - 20% чем R-22 на единицу расхода хладагента. Данный факт также предполагает, что при непосредственном переоборудовании системы R-22 на пропан электромотор будет работать при несколько меньшей нагрузке и, таким образом, мотор может быть немного негабаритным.

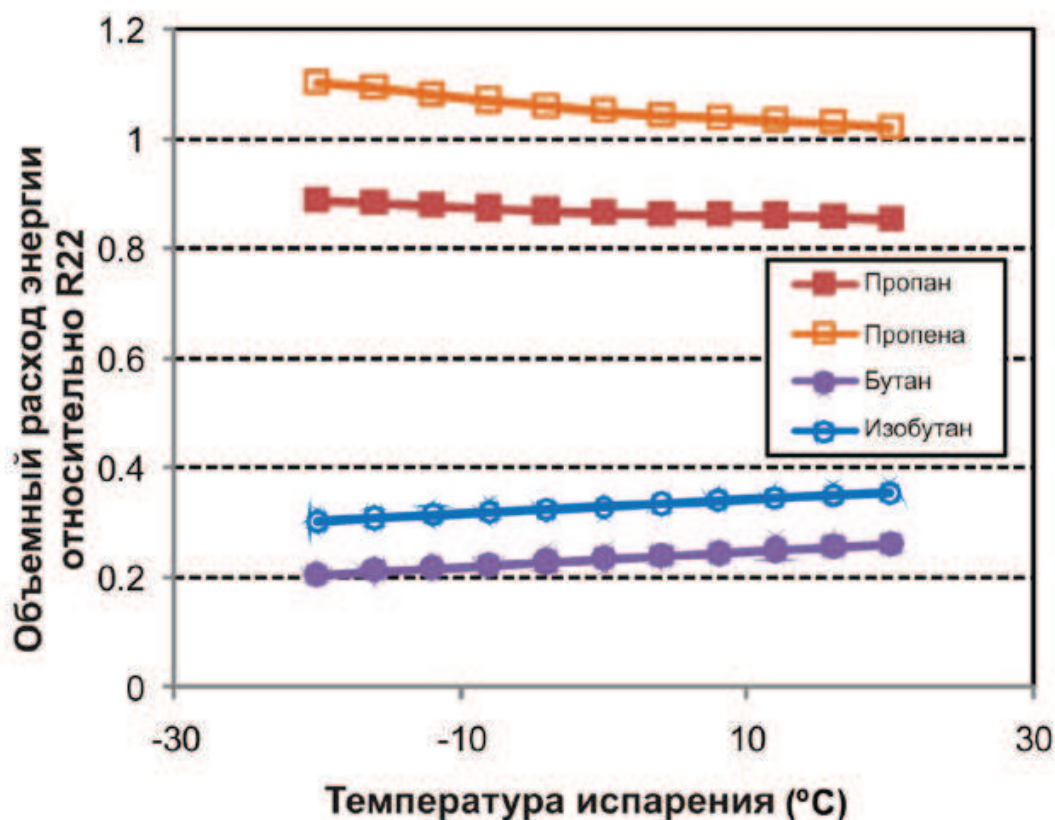


Схема 6. Объемный расход энергии относительно R22 против температуры испарения, при температуре конденсации 40°C, 0 K переохлаждение и 5 K перегрев

Удельная емкость и эффективность компрессора

Результаты эксперимента указывают на повышенную удельную емкость, максимум 5 %, для пропана по сравнению с R-22. Основной причиной данной разницы, возможно, является более низкое падение давления, характерное для пропана по отношению к R-22, уменьшая потери давления через компрессорные клапана. Данная тенденция может быть действительной также и для другого УВ.

Эффективность компрессора, которая включает все необратимые процессы компрессора, также предлагает значения немного выше для пропана, чем для R-22 при том же коэффициенте давления, около 2%. И опять, потеря более низкого давления через клапана может служить основным объяснением улучшения.

Более того, УВ обычно работают при более низких коэффициентах давления по сравнению с R-22 при тех же рабочих условиях, поэтому преимущество эффективности компрессора на практике выше упомянутого.

Переохлаждение

Определенная фракция массы хладагента превращается в пар в расширительном устройстве. Данная часть устанавливается по качеству (x) смеси, являющейся паром, который не сможет работать с охлаждающим действием. Оставшаяся жидкость ($1-x$) используется в испарителе. Можно всегда добиться улучшения цикла с помощью переохлаждения жидкости до входа в расширительный клапан.

Объемная холодопроизводительность несомненно возрастает при переохлаждении, так как энтальпия на входе в испаритель понижается. С другой стороны, это не влияет на объемный расход энергии. Таким образом, если переохлаждение возрастает, то КП всегда увеличивается. Схема 7 показывает влияние переохлаждения на КП. Как было сказано, влияние всегда позитивное. Кривая увеличения КП с помощью переохлаждения является отличительной особенностью хладагента. Как видно на Схеме 7, УВ имеет кривую выше, чем R-22, особенно пропан. Это означает, что пропан принесет больше пользы от увеличения при переохлаждении, чем R-22.

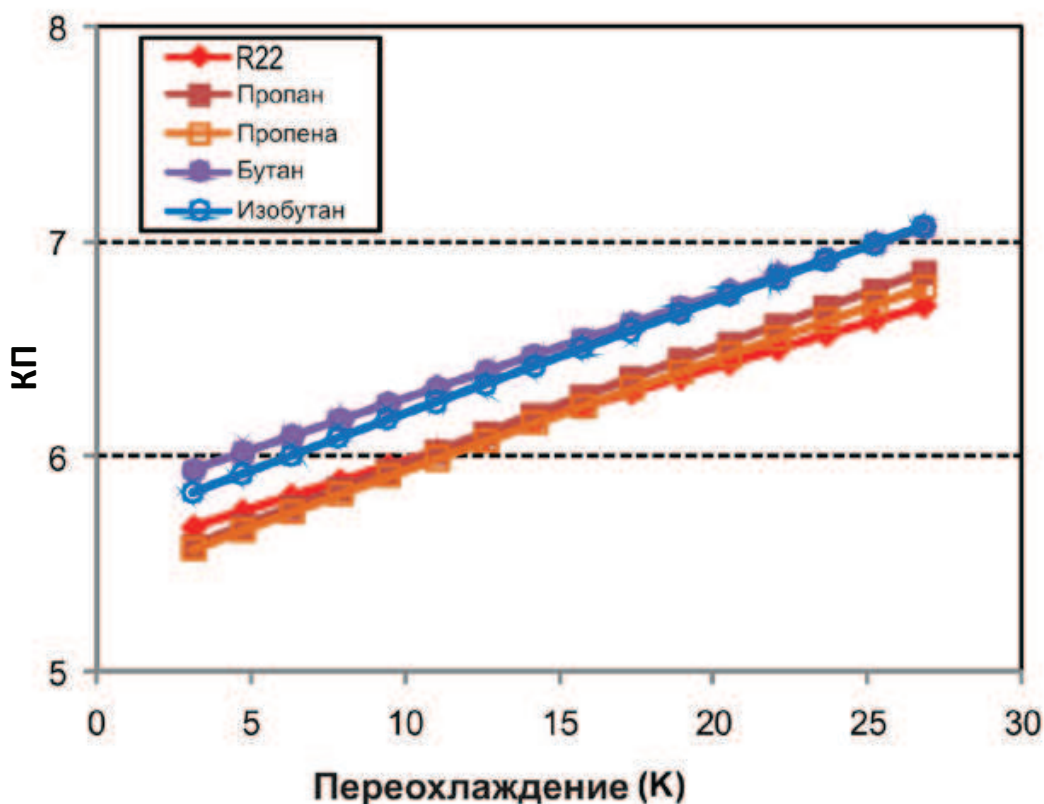


Схема 7 Влияние переохлаждения на КП, при 40°C температуре конденсации, 0 °C температуре испарения и 5 К перегреве

Перегрев

При реальном цикле необходимо, чтобы пар достиг компрессора с определенным перегревом, так чтобы жидкий хладагент никогда не смог дойти до цилиндра компрессора. С другой стороны, если используется термостатическое или электронное расширение, минимальный перегрев также необходим, чтобы почувствовать изменения температуры и адекватно замерить удельный массовый расход хладагента. Перегрев может произойти или внутри испарителя (*внутренний*

перегрев) или за пределами испарителя, на пути хладагента из выходного отверстия испарителя во входное отверстие компрессора (*внешний перегрев*).

Внутренний перегрев означает определенное увеличение в действии хладагента, а также увеличение удельного объема на входе компрессора, так что это влияет на емкость и объемный расход энергии.

Схема 8 показывает воздействие внутреннего перегрева на КП_{охлаждение} для исследуемых охлаждающих жидкостей.

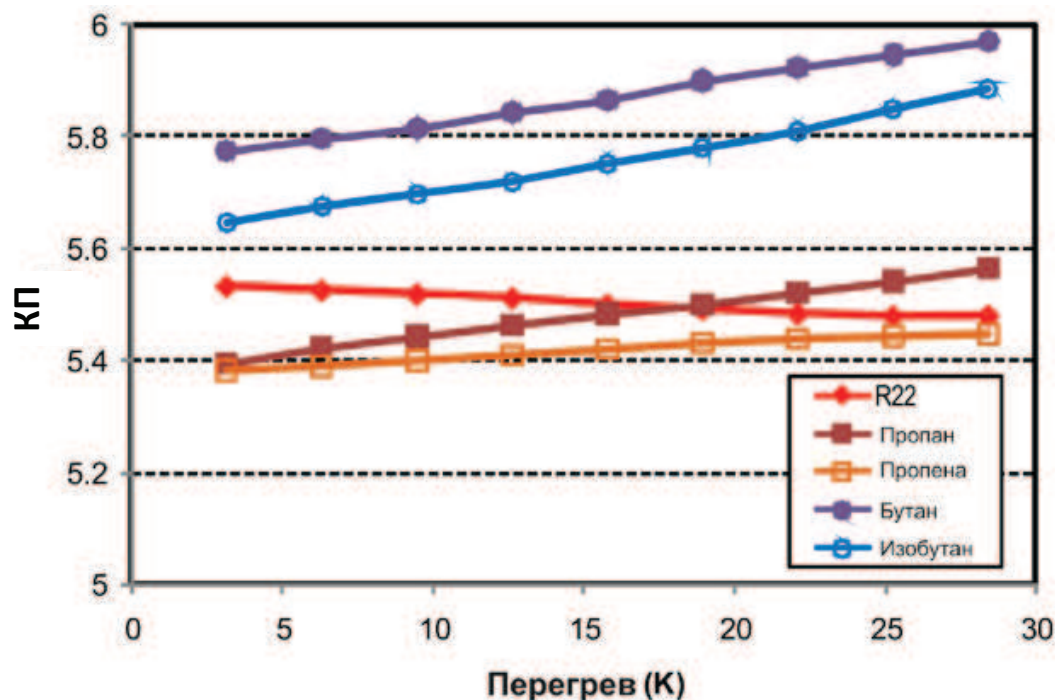


Схема 8 Влияние внутреннего перегрева на КП, при 40°C температуре конденсации, 0 °C температуре испарения и 0 К переохлаждения

Как видно из Схемы 8, УВ имеет положительный уклон, тогда как R-22 имеет негативный уклон, означая, что на УВ благотворно влияет увеличение внутреннего перегрева в отличие от R-22. На практике увеличение внутреннего перегрева внутри испарителя требует понижения температуры испарения (так как увеличение внутреннего перегрева требует большего пространства, а, следовательно, уменьшается пространство для испарения), и в результате увеличение внутреннего перегрева не может привести к увеличению КП. В любом случае Схема 8 показывает, что перегрев более отрицательно воздействует на R-22, чем на УВ.

С другой стороны, внешний перегрев при испарении всегда негативен и нежелателен для объемного охлаждающего действия и коэффициента полезного действия.

Принимая во внимание особенность УВ платить штраф в меньшем объеме в результате увеличения перегрева, рекомендуется использовать внутренний теплообменник между линиями всасывания и жидкости, что ведет как к увеличению мощности, так и увеличению КП. В любом случае использование данного типа устройства создает для всех хладагентов некоторые побочные негативные воздействия, как например, падение давления, которое на практике занижает преимущество улучшения КП, по сравнению с необходимым ростом

затрат. Тем не менее, основное заключение остается в силе и в тех случаях, когда использование жидкости для всасывания в теплообменник является благотворным, с УВ преимущество будет большим.

Температура нагнетания

Температура нагнетания является ограничивающим фактором, так как от нее зависит коэффициент давления, который можно получить в однофазовом цикле сжатия. Она может быть критической благодаря воздействию на стабильность хладагента, а также на масляные и другие материалы. Данный факт также влияет на средний ресурс компрессора, так как он может существенно уменьшить возможное нарушение нормальной работы смазки, что приводит к ухудшению работы компрессора и даже его поломке.

Схема 9 демонстрирует температуру нагнетания против температуры испарения. Как видно на схеме, пропан отличается намного низкими температурами нагнетания, чем R-22, следовательно, позволяя работать при более высоких температурах конденсации, так как в однофазовых системах поднимается более высокая температура. Благодаря благоприятному поведению температуры УВ, однофазовые компрессоры можно также использовать для довольно низких температур, как например -40°C температуры испарения. R-290 может также непосредственно использоваться как заменитель R-502 и некоторых смесей ГФУ, таких как R-404A.

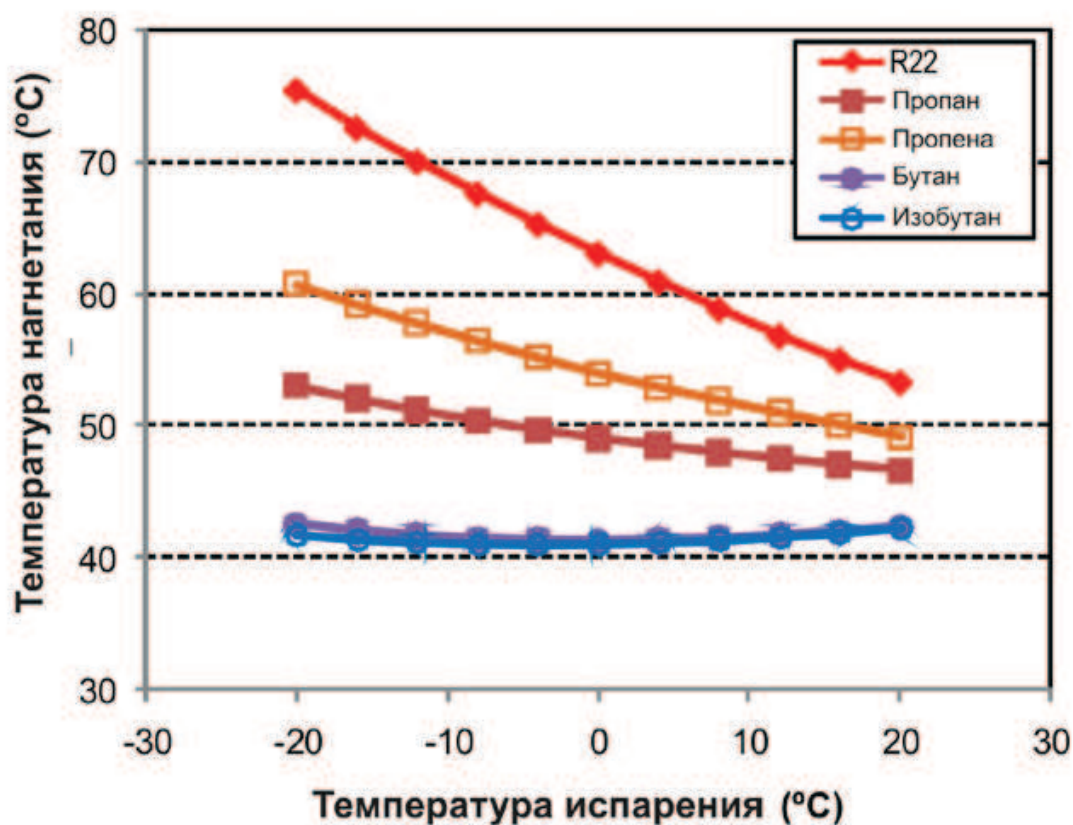


Схема 9 Температура нагнетания против температуры испарения, при 40°C температуре конденсации, 0 K переохлаждения и 5 K перегрева

Коэффициент теплопередачи

Существует общее мнение о том, что коэффициент теплопередачи пропана в испарителе выше, чем коэффициент R-22. Часто имеют место значения от 5 до 10% (даже 20%). Более того, что касается конденсатора, коэффициенты теплопередачи кажутся почти идентичными. Обе тенденции, немного ниже или чуть выше, отражены в отчете.

Необходимо принять во внимание, что данные заключения очень сильно зависят от конфигурации теплообменника, а также от условий, в которых делается сравнение. Большинство исследований (случаи «дроп-ин») используют тот же компрессор, то есть удельный массовый расход, температура насыщения и температурная разница со второстепенной жидкой средой, и, следовательно, удельный тепловой поток, отличаются. Другие исследования проводят сравнение при том же массовом расходе и температуре насыщения, но данные условия не происходят на практике, когда сравнивается идентичное оборудование с использованием пропана и R-22. Воздействие масла усложняет сравнение.

Падение давления

Что касается падения давления, у пропана и в общем у УВ давление падает в меньшей степени, как в испарителе, так и конденсаторе. Данная разница, конечно, более существенная в испарителе благодаря характерному для него более высокому падению давления.

Что касается системы труб, размеры труб R-22 кажется прекрасно подходят для пропана. В принципе немного меньшие диаметры, а следовательно можно использовать меньшие вспомогательные компоненты, которые не оказывают негативного эффекта на работу. Для бутана и изобутана могут потребоваться трубы большего диаметра в связи с необходимыми более высокими расходами.

Коэффициент производительности, КП

В цикле искусственного охлаждения работа осуществляется с целью достижения охлаждающего или теплового действия. Коэффициент охлаждающего или теплового действия, необходимый для работы компрессора, называется коэффициентом производительности, КП:

$$COP_{refrigeration} = \frac{Q_{evaporator}}{W} \quad \text{для цикла охлаждения, и}$$
$$COP_{heat pump} = \frac{Q_{condenser}}{W} \quad \text{для цикла теплового насоса.}$$

Не принимая во внимание тепло, передаваемое между компрессором и окружающей средой, которое обычно очень малое по объему, можно легко продемонстрировать, что $KП_{тепловой насос} = KП_{охлаждение} + 1$.

Существует также связь между $KП_{охлаждение}$ и двумя предварительно введенными параметрами: это - коэффициент емкости и объемного расхода энергии.

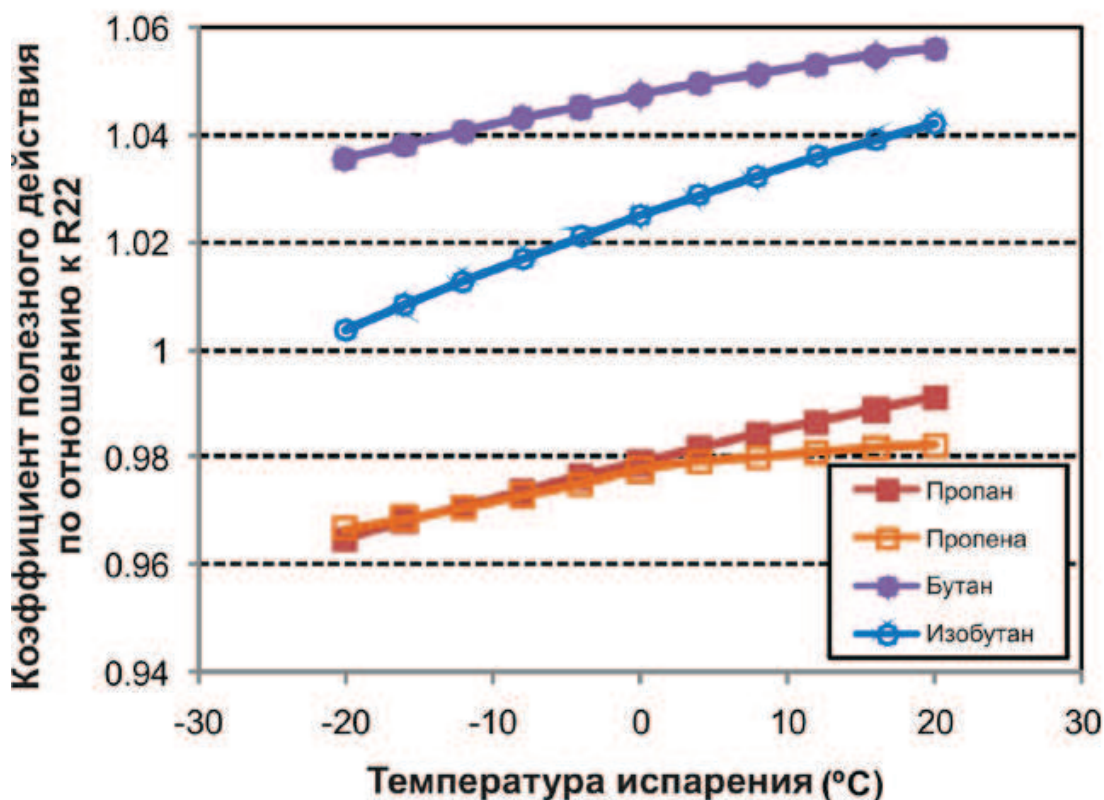


Схема 10 Коэффициент полезного действия по отношению к R22 против температуры испарения, при 40°C температуре конденсации, 0 К переохлаждения и 5 К перегрева

Как видно на схеме 10, Бутан и Изобутан показывают немного более высокие значения КПД чем R-22, тогда как Пропан и Пропен показывают значения немного ниже, в пределах от -2.5 % при низких температурах испарения до -1 % при более высоких. В любом случае, разницы - небольшие.

Однако, на практике существует мнение о том, что R-290 может гарантировать эффективность примерно на 5% выше чем базовые системы R-22 при трансформациях «дроп-ин».

Основными причинами данного улучшения являются более высокая эффективность компрессора в результате более низкого коэффициента рабочего давления и более высоких коэффициентов теплоотдачи, в основном в испарителе.

Можно добиться более высокой эффективности, если дизайн подходит для использования пропана (в отчете указаны значения около 10% и выше). Данное заключение идентично заключению по пропилену.

Охлаждающая/нагревательная способность

Намного меньшая плотность углеводородов при сравнении с R-22 убеждает в том, что удельный массовый расход хладагента имеет тенденцию быть намного ниже в случае с углеводородами. Пропан и пропилен склонны иметь удельный массовый расход примерно наполовину расхода R-22. В то же время они предлагают почти удвоенную теплоту парообразования на кг хладагента. Это подтверждает, что мощность углеводородных установок, использующих один и тот же компрессор, что и с ГХФУ или ГФУ, достигает аналогичных мощностей, может быть немного

ниже для пропана (10%). Плотность бутана и изобутана намного меньше, в то время как теплота испарения - не очень высокая, следовательно, им нужен намного больший рабочий объем цилиндров компрессора, чтобы достичь аналогичной мощности.

Расширительное устройство

Нерегулируемые расширительные устройства нужно модернизировать для УВ, так как свойства газа, а также коэффициент давления между давлением на стороне нагнетания и давлением на стороне всасывания, меняются, когда система используется с пропаном. Следовательно, роль измерения, которую должно сыграть расширительное устройство, говорит о необходимости его доработки. Это относится к коротким насадкам или капиллярным трубкам.

Регулируемые расширительные устройства, такие как термостатические или электронные клапана смогут регулировать перегрев на выходе из испарителя. Кривая давления насыщения пропана не очень отличается от кривой R-22. Это подтверждает, что оборудование, включая термостатический или электронный расширительный клапан, может работать с пропаном без какого-либо существенного изменения, необходимо только отрегулировать установку клапана. В любом случае при использовании специальных компонентов можно, конечно, провести лучшее измерение.

Электронные клапана могут загрузить любую кривую насыщения и в настоящее время производители таких устройств могут реализовать правильную кривую для УВ, так как они прекрасно подходят для использования с УВ.

Перевод различных систем ГХФУ-22 на углеводороды

Ариади Сувоно, Технологический Институт Бандунг,
Индонезия

Введение

Использование хладагента гидрохлорфторуглерода (ГХФУ) в будущем ограничено в связи с его Озоноразрушающим Потенциалом, а также относительно высоким Потенциалом Глобального Потепления. Углеводородный хладагент, такой как пропан, можно использовать в качестве альтернативного заменителя благодаря сходству давлений насыщения. В результате исследований, проведенных в нашей лаборатории [1-4], и учитывая опыт других исследователей [5-7], выявлено, что давление насыщения пропана очень близко к давлению насыщения ГХФУ-22, и благодаря его соответствию с большинством материалов, используемых в системе искусственного охлаждения, пропан может послужить непосредственным заменителем при модернизации хладагента лишь с небольшим изменением в компонентах систем искусственного охлаждения. Данные незначительные изменения должны соответствовать правилам техники безопасности в связи с воспламеняемым характером хладагентов УВ [8]. В данном документе приведены некоторые результаты оценки модернизации существующих систем ГХФУ-22 на хладагент пропана (R-290). Модернизированная система состоит из кондиционеров оконного типа, установки по охлаждению молока, сплит кондиционирования, и системы кондиционирования основной камеры охлаждения.

Целями оценки в основном являются:

- Понять работу системы охлаждения, прежде работающей на ГХФУ-22, после переоборудования на R-290,
- Выявить долгосрочные характеристики систем охлаждения после их переоборудования на R-290,
- Продемонстрировать применение углеводородных хладагентов в Индонезии.



Схема 1. Установка по охлаждению молока

Переоборудование систем охлаждения установок по охлаждению молока

Молоко собирается Кооперативом от маленьких фермеров дважды в день. Молоко необходимо охладить до примерно 4°C до его последующей транспортировки на перерабатывающий завод. Схема 1 показывает стандартную систему охлаждения, используемую в Кооперативе. Она состоит из резервуара для молока, охлаждаемого системой охлаждения компрессии пара, как схематически показано на Схеме 2.

После предварительно проведенной удачной модернизации ХФУ-12 на УВ были переоборудованы и некоторые другие установки по охлаждению молока, которые в основном использовали ГХФУ-22.

Таблица 1 показывает данные о рабочих характеристиках двух переоборудованных установок по охлаждению молока. Обе системы используют полугерметичные компрессорные холодильные камеры, расположенные в Кооперативе в Танджунгсари и Сикаджанг, Западная Джава. Можно увидеть, что электрический ток компрессора становится ниже после переоборудования системы на R-290, а охлаждающие способности улучшаются, что подтверждается более коротким рабочим временем.

При том же давлении всасывания (которое указывает на аналогичную температуру охлаждения) давление нагнетания ниже. R-290 потребляет энергии намного ниже, чем система ГХФУ-22.

После данной успешной модернизации на УВ, многие другие установки по охлаждению молока тоже были переведены на УВ. Таблица 3 демонстрирует результаты мониторинга трех других отобранных установок.

Данные	ТАНДЖУНГ САРИ		СИКАДЖАНГ	
Дата переоборудования	30 октября, 1997		20 ноября, 1997	
Сстема охлаждения	2°С Водяные охладители		2°С Водяные охладители	
Электрическое напряжение	3 фазовое, 380 V, 50 Hz		3 фазовое, 380 V, 50 Hz	
Хладагент	R-22 (ГХФУ)	R-290 (УВ)	R-22 (ГХФУ)	R-290 (УВ)
Электрический ток	2 × 18 А	2 × 15 А	2 × 25 А	2 × 18 А
Время работы	13 часов	10 часов	14 часов	12 чаов
Давление нагнетания	15.5 бар (г)	12.4 бар (г)	15.5 бар (г)	12.8 бар (г)
Давление всасывания	1.7 бар (г)	1.7 бар (г)	1.4 бар (г)	1.4 бар (г)
Ежедневное пот ребление энергии	440 кВт.ч/сутки	287 кВт.ч/сутки	Отс.	Отс.
Ежедневная производительность молока	12 тонн/сутки	12 тонн/сутки	19 тонн/сутки	19 тонн/сутки

Таблица 1. Сравнение работы установок по охлаждению молока перед и после модернизации на пропан.

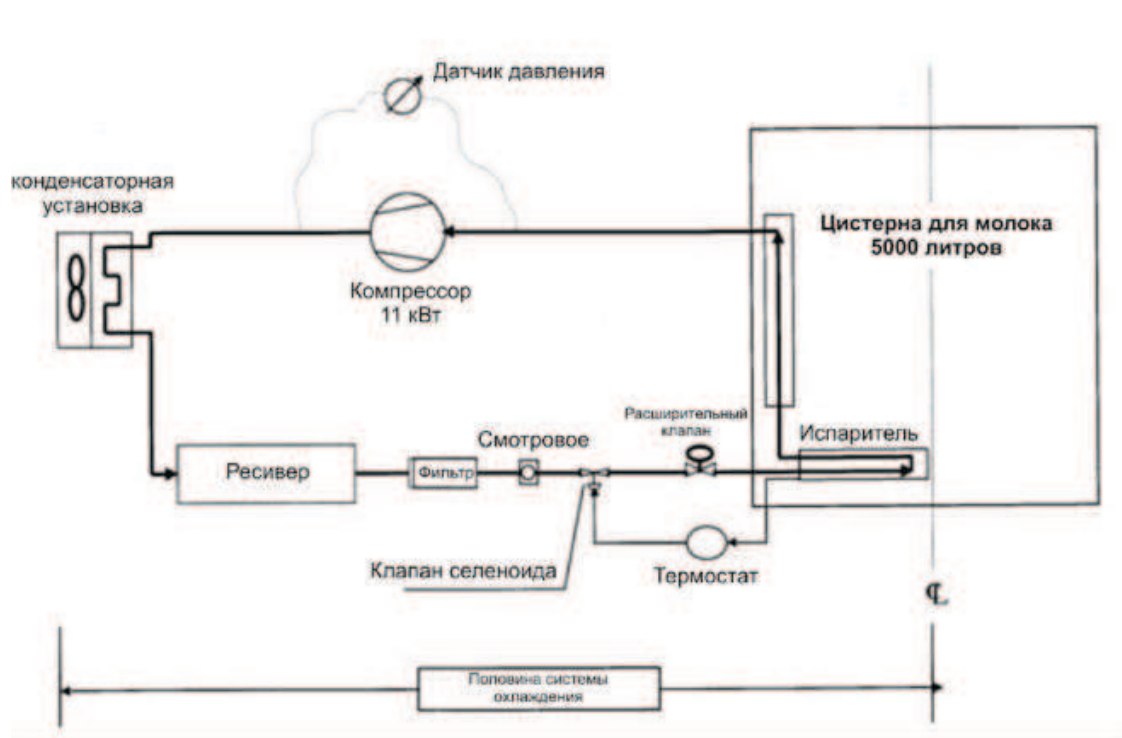


Схема 2. Система охлаждения УОМ

Кооператив		Пуспо	Сиджангел	Сукабуми
Параметры				
Номинальная электроэнергия		1 × 9 кВт	1 × 1.5 кВт	2 × 22 kW
Используемый хладагент	До	R22	R22	R12
	После	R290	R290	PNB
Заправка хладагентом, кг	До	15.1	5	50
	После	8.6	2	15
Высокое давление, бар	До	15.6	15.9	11.6
	После	13.7	13.3	11.7
Потребляемая энергия в кВт.ч	До	33.7	-	-
	После	28.9	-	-
Электрический ток, А	До	16	3.5	15
	После	13	2.2	13
КП	До	2.98	-	-
	После	3.47	-	-

Таблица 2. Результаты, полученные в результате полевых испытаний.

Модернизация маленьких и средних систем кондиционирования.

Все кондиционерные установки в административном здании Технологического Института Бандунга (ТИБ) были заполнены УВ (R-290, пропан), так как они начали работать в 1999. В это время руководство ТИБ обратилось с просьбой к поставщику кондиционерных установок использовать УВ для нового здания. Система кондиционирования состоит из примерно пятидесяти сплит систем кондиционирования и мультисплитных систем кондиционирования и нескольких комплексных систем. Измерения не проводились, однако, установки работали хорошо.

Аналогичная тенденция в отношении установок по охлаждению молока была продемонстрирована на основании технических данных переоборудованной системы кондиционирования в ПТ Мулиа Индустриндо (Таблица 3). Система герметичного поршневого компрессора мощностью 25 л.с. работала лучше после переоборудования на R-290. Компрессор потребляет меньше тока, но охлаждающая способность выше, что подтверждается более низкой температурой охлажденного воздуха. Давление нагнетания и всасывания немного ниже.

Данные	ПТ Мулиа Индустриндо, Сибитунг	
Дата переоборудования	22 мая, 2002	
Система охлаждения	25 л.с., система кондиционирования	
Электрическое напряжение	3 фазовое, 380 V, 50 Hz	
Хладагент	R-22 (ГХФУ)	R-290 (УВ)
Электрический ток	15 А	11 А
Время работы	24 часа	24 часа
Давление нагнетания	17.2 бар (г)	14.5 бар (г)
Давление всасывания	5.0 бар (г)	4.3 бар (г)
Температура конденсатора	41°C	40°C
Температура испарителя	Отс.	Отс.
Температура наружного воздуха	33°C	34°C
Температура воздуха на выходе	20°C	16°C
Комнатная температура	24°C	24°C

Таблица 3. ТХ кондиционерной установки в ПТ Мулиа Индустриндо, Сибитунг.

Переоборудование больших систем кондиционирования.

Переоборудование системы, работающей на хладагенте R-22 на хладагент R-290, тоже проводилось в холодильных камерах большой емкости. Таблица 4 показывает сравнение работы двух идентичных холодильных камер, работающих на разных хладагентах. Холодильные камеры использовались как установки охлаждения для системы кондиционирования в Отеле Гранд Мелиа в Джакарте. Одна холодильная камера осталась работать на хладагенте R-22, а другая была переоборудована на R-290. Каждая из холодильных установок использовала семь поршневых компрессоров и имела мощность охлаждения 420 кВт. Каждая холодильная камера оборудована ваттметром и датчиком почасовой работы. Таблица показывает, что в период наблюдения (34 дня), холодильная камера, использующая хладагент R-290, работала с большим количеством наработки в часах (5313.3 часов) по сравнению с холодильной камерой R-22 (4610.9 часов). Однако, коэффициент потребления электроэнергии холодильной камеры R-290 (161.82 кВт ниже, чем у холодильной камеры R-22 (194.40 кВт). Ежемесячная экономия потребления электроэнергии довольно существенная, и составляет 25182.33 кВт.ч или эквивалент в рупиях 11052489.3 (US\$ 1200) в месяц на холодильную камеру. Отель использовал 6 одинаковых холодильных камер, по крайней мере, 3 холодильные камеры работали бесперебойно. В настоящее время, все пять из шести холодильных камер переоборудованы на R-290. Одна оставшаяся холодильная камера, работающая на R-22, используется с целью сравнения.

Наблюдение за экономией электроэнергии в течение четырех последующих месяцев по данным холодильным камерам приведено в Таблице 5. Видно, что система сбережения потребления электроэнергии - устойчивая.

Холодильная камера	R-22	R-290
Дата наблюдения	25/12/2002 to 27/1/2003	
Дни	34 дня	
Счетчик кВт.ч	859.0	781.8
Таймер		
Компрессор 1	707.0	773.0
Компрессор 2	694.8	772.5
Компрессор 3	645.4	753.8
Компрессор 4	702.9	769.8
Компрессор 5	690.2	768.8
Компрессор 6	651.9	751.4
Компрессор 7	518.7	724.5
Σ наработка в часах	4610.9	5313.8
Среднее рабочее время	19.37	22.32
Рабочее время осн.компл., ч/сутки	20.79	22.73
Потребление электроэнергии, кВт	194.40	161.82
Разница тарифа на электроэнергию, кВт	32.58	
Сбережение электроэнергии, кВт.ч	25182.33	
Δ кВт.ч × Рупии/кВт.ч	11052489.3	
Сбережение электроэнергии в январе, рупии	11052489.3	

Таблица 4. Сравнение работы двух идентичных холодильных камер, работающих на разных хладагентах.

Переоборудование системы кондиционирования проводилось также в ряде отелей и офисных зданий Джакарты и Бандунга, таких как здание ВРРТ (Министерство научных исследований и технологий), здание Дойч Банка, отель Пермата и др. Как и ожидалось, все они работают хорошо до настоящего времени.

Данные	Месяц 2003					
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
кВт.ч	Хол.кам. R-22	801.6	1073.2	1518.0	2251.8	2879.1
	Хол.кам. R-290	875.6	1296.1	2213.6	2800.7	3530.6
Среднее время работы в сутки	Хол.кам. R-22	20.8	21.4	10.4	20.4	19.7
	Хол.кам. R-290	22.7	18.,8	17.4	12.4	18.5
Сбережение, кВт		32.58	46.25	38.07	52.94	41.18
Экономия, рупии		11,051,359	14,572,367	7,888,448	16,253,032	10,415,894

Таблица 5. Разница потребления электроэнергии между системами R-22 и R-290

Заключения

В ближайшем будущем планируется запретить ГХФУ, а кандидаты на замену до сих пор имеют такой же высокий ПГП. С другой стороны, было продемонстрировано, что хладагент УВ (пропан) может прекрасно заменить ГХФ-У22, и во всех случаях работал даже лучше до настоящего времени. Хладагент УВ может быть заменителем «дроп-ин» для существующей системы, хотя он требует небольших модификаций из-за воспламеняемости R-290, но это можно преодолеть при строгом соблюдении правил безопасности. В некоторых случаях смазочное масло также необходимо поменять на масло более высокой вязкости, особенно когда компрессор имеет низкотемпературную систему испарения.

Ссылки

А.Сувоно, Х.М.Самудро, Н.Тандиан и У. Ардиансях, 1995, Теоретическое и экспериментальное исследование применения смеси пропана/п-бутана в качестве хладагента, заменяющего R-12, 19 Международный Конгресс по процессам охлаждения, том IVa, стр. 552

А.Сувоно, А.Д.Пасек и Н.П.Тандиан, 1996, Усовершенствование применения смеси пропан/п-бутан в качестве заменителя хладагента ХФУ, Семинар по альтернативным хладагентам, Бандунг, (Индонезия)

А.Сувоно, Н.П.Тандиан, А.Д.Пасек, Т.Хардианто, Т.А.Ф.Созлайман, Н.Дамитри, П.Атмади, С.Созкарди, 1999, Модернизация и переоборудование холодильной камеры R22 на R290 и сравнение работы, Журнал Машиностроение, 14, 1, стр. 1-6, (Индонезия)

А.Д.Пасек, Н.П.Тандиан, А.Сувоно, Т.Хардианто, Т.А.Ф.Созлайман, 1999, Опыт Индонезии по переоборудованию некоторых систем охлаждения молока, Журнал Машиностроение, 14, 2, стр. 24-27, (Индонезия).

Э.Бодио, М.Чоровски и М.Вилчжек, 1995, Пропан-Бутан как обещающая альтернатива, Прог. 19-го Международного Конгресса МИО по искусственному охлаждению Том IVa.

Р.Н.Ричардсон и Т.Дж.Риттер, Работа углеводородных альтернатив R12 и R22, Дж.АЙРАХ, август, 1996.

Х.Холозен, Х.Т.Эбнер, Х.Лаватш, 1994, Пропан: Реальная альтернатива, Прог. Междунар. Конференции по новому применению природных рабочих флюидов в искусственном охлаждении и кондиционировании, МИО Комиссия B2, ХанOVER, Германия.

Национальный стандарт Индонезия, SNI 06-6500-2000, Хладагент: Pemakaian pada Instalasi Tetap, BSN, 2000

А.Д. Пасек, Р.Уфи, Р.Адриан и А.Сувоно, 2006, Тест на воспламеняемость и промышленные испытания смесей R290/R134a для замены ГХФУ 22. Проц. Конференции по природным хладагентам, МИО имени Густава Лоренца, 28-31 мая,

А.Д. Пасек, Н.П.Тандиан и А.Сувоно, 2003. Менее воспламеняемый хладагент УВ в качестве альтернативного хладагента для сохранения энергии в системе искусственного охлаждения, Проц. Международной Конференции по флюидам и сохранению тепловой энергии, Бали, 7 – 11 декабря.

Экспериментальная оценка УВ-290 в качестве заменителя ГХФУ-22 для оконного кондиционера

А. С. Падалкар, Машиностроительный Колледж Сингад, Индия
С. Девотта, Национальный Научно – Исследовательский
Институт Охраны окружающей среды, Индия

Введение

В связи с экологическими проблемами [Озоноразрушающий Потенциал (ОРП) и Потенциал Глобального Потепления (ПГП)] существующих хладагентов, промышленность и исследователи в данной области ищут долгосрочные решения. В результате огромной работы, проведенной по альтернативам хлорфторуглеродам (ХФУ) и гидрохлорфторуглеродам (ГХФУ), первоначально гидрофторуглероды (ГФУ) рассматривались как долгосрочные решения. Глобальное потепление, вызванное ГФУ, стало препятствием для принятия их в качестве долгосрочных решений. В настоящее время основное внимание уделяется использованию природных хладагентов. Исследуемыми природными хладагентами являются углеводороды (УВ), аммиак, углекислый газ и вода. Природные вещества имеют двойное преимущество очень низкого глобального потепления, равное почти нулю, и нулевого разрушения озона.

ГХФУ-22 является одним из важных хладагентов, используемых в кондиционировании по всему миру. Использование ГХФУ-22 регулируется Монреальским Протоколом. Постепенное выведение из обращения его планируется к 2030 году в развитых странах и 2040 в развивающихся странах. В 2002 году в Европе производство ГХФУ уже были постепенно сокращены в новом оборудовании (мощностью ниже 100 кВт), а общее снятие ГХФУ с производства запланировано на 2015 год. В Западной и Северной Европе УВ-290 используется в настоящее время в установках малой мощности.

УВ-290 имеет нулевой ОРП, практически нулевой ПГП и является природным газом. Он не оказывает другого воздействия на климат, хотя это рассматривается, как летучее органическое соединение. Он - дешевый и имеется в большом количестве. УВ-290 является чистым углеводородным соединением и он не выделяет токсичных разлагающихся агентов при сгорании. Он совместим с материалами и смазками, используемыми в промышленности искусственного охлаждения и кондиционирования воздуха. Благодаря лучшей смешиваемости с маслом, возврат масла в компрессор не представляет проблемы.

Согласно ASHRAE 34 и EN 378, УВ-290 классифицируется как высоко воспламеняемый хладагент (Класс 3). Лаборатория по технике безопасности США (UL) и Международная Электрохимическая Комиссия (МЭК) строго запрещают использование воспламеняющихся хладагентов. Управление по охране окружающей среды США все еще не утвердило использование УВ хладагентов, за исключением использования в промышленных процессах. Стандарт EN 378 и некоторые Европейские национальные стандарты содержат общие инструкции по безопасному использованию воспламеняемых и токсичных хладагентов. Лимиты по заправке воспламеняемым хладагентом обычно устанавливаются в размере 20% (для BS 4434) или 25% (для DIN 7003) от количества хладагента необходимого для лимита более низкой воспламеняемости при утечке в указанном объеме [9]. Существенные изменения в дизайне продукта могут помочь избежать рисков, связанных с использованием воспламеняющихся хладагентов [5]. Колбурн и Риттер [3] представили метод для оценки рисков, связанных с использованием воспламеняющихся хладагентов в комнатных кондиционерах. Большинство параметров, которые влияют на общий риск, это - более высокие концентрации хладагента на уровне пола и полочка компонентов, являющихся критическими с точки зрения безопасности.

В феврале 1992 года Институт Кондиционирования и Искусственного Охлаждения [1], рассматривающий необходимость замены ГХФУ-22, разработал Программу Оценки Альтернативных Хладагентов (ПОАХ). По ПОАХ были оценены многие хладагенты. Наиболее потенциальными идентифицированными альтернативными хладагентами, оказались R-410A, R-407C, ГФУ-134a и УВ-290. Тридуэлл [16] протестировал УВ-290 в единственной унитарной кондиционерной системе ГХФУ-22, сначала, с исходным компрессором, а затем со вторым, заменив 18% на более крупный компрессор объемного типа. Лоренцен [14] рекомендовал УВ-290 в качестве альтернативы ГХФУ-22, так как УВ-290 имеет прекрасные термодинамические и обменные свойства. Келлер и др. [12] подготовили отчет о теоретическом исследовании по оценке УВ-290 в кондиционере, установленном в жилом помещении, сравнивая сезонный коэффициент эффективности энергии и общее эквивалентное воздействие потепления. Пуркайаста и Бансал [15] исследовали УВ-290 на тестовом оборудовании теплового насоса/искусственного охлаждения лаборатории и установили, что КП теплового насоса, работающего на УВ-290, выше чем у ГХФУ-22 с небольшой потерей мощности конденсатора. Хамманд и Таравнах [6] представили результаты эксперимента для смесей пропана (УВ-290) и бутана (УВ-600) путем изменения их состава в сплит установке по кондиционированию жилого помещения. Гранрид [4] рассмотрел углеводородные хладагенты для различных применений. Автор сравнил пропан (УВ-290) и ГХФУ-22 и обнаружил, что пропан показал мощность меньше от 3 до 15% по сравнению с ГХФУ-22. Хванг и др. [8] привел сравнение работы УВ-290 с ГХФУ-22 в сплит системе теплового насоса жилого помещения в «дроп-ин» и мягкооптимизированных тестах. Недавно Ки-Юнг и др. [10, и 11] исследовали УВ-290 и смеси УВ-290 с пропиленом (R-1270) в кондиционере макетного типа и заявили, что КП УВ-190 и смесей - выше чем у ГХФУ-22. Однако, мощность - ниже чем у ГХФУ-22. Большинство данных исследований указывают, что УВ-290 имеет более высокий коэффициент полезного действия с потерей мощности до 15% по сравнению с ГХФУ-22.

Большинство из данных исследований указывают на то, что УВ-290 является потенциальным дроп-ин хладагентом для существующих систем ГХФУ-22.

Оконный кондиционер

Блок оконного кондиционера состоял из компрессора, змеевика конденсатора, змеевика выпарного аппарата, капиллярной трубки и внешней соединительной медной трубки. Помимо данных основных компонентов, были также предоставлены вентилятор, вентиляторный электродвигатель, обдуватель и средства управления.

Компрессор

Использовался компрессор герметичного поршневого типа. Его расчетный рабочий объем составлял 39.6 см^3 (2.416 дюйм^3). Расчетная охлаждающая способность компрессора составляла 5.42 кВт(19000 Бр.тепл.ед./час).

Испаритель

В кондиционерной установке использовался испаритель непосредственного расширения (DX). Он состоял из 48 труб уложенных в 3 ряда. Он состоял из двух схем охлаждения, т.е. поток хладагента проходит через отдельные две линии, а не через длинную трубу. Гладкие трубы составляли 422 мм в длину и имели 10-мм внешний диаметр и 9.44-мм внутренний диаметр. Расстояние между двумя последовательными трубами - 25.4 мм (1"). Ряды труб находятся на расстоянии 22 мм друг от друга (0.866"). Волнистые 13 ребер по 25.4 мм (1") подсоединялись к чанам испарителя толщиной 0.12 мм (0.0047"). Воздух помещения подавался на испаритель с помощью обдувателя.

Конденсатор

Конденсатор имел 50 труб, расположенных в 3 ряда с непрерывным змеевиком с одной цепью хладагента. Длина каждой трубки составляла 575 мм. Наружный диаметр гладкой трубы равен 9.44 мм, а внешний диаметр 10 мм. Расстояние между двумя соединительными трубками составляло 25.4 мм (1"). Ряды труб находились на расстоянии 22 мм (0.866"). Волнистые 13 ребер по 25.4 мм (1") подсоединялись к чанам испарителя толщиной 0.12 мм (0.0047"). Для подачи воздуха на конденсатор использовался вентилятор.

Другие части и средства управления

В цикле охлаждения оконного кондиционера использовались две капиллярные трубки с 1.4 мм (0.055") внутренним диаметром и длиной 762 мм (30"). Верхние концы обеих капиллярных трубок подсоединялись к одному распределителю с помощью жидкой линии, а нижние концы подсоединялись с помощью двух схем испарителя отдельно.

Использовался обдуватель центробежного типа с 72 пластинами, сделанными из пластика. Вокруг него располагался звукопоглощающий изоляционный материал для снижения шума. Вентилятор конденсатора был пропеллерного типа с 5 пластинами. Пластмассовый вентилятор располагался прямо перед змеевиком конденсатора. Вентилятор конденсатора и обдуватель монтировались на обычном вале электродвигателя. Использовался электродвигатель мощностью 124 ватт и 930 оборотов в минуту. Вентилятор охлаждал змеевик конденсатора.

Централизованное управление осуществлялось для запуска и остановки компрессора, а также вентиляторного электродвигателя. Термостатический

контроль использовался для корректировки температуры до более прохладных или теплых условий, по необходимости. Термостат располагался в обратном воздушном потоке около фильтра на стороне испарителя.

Условия испытаний

Оценка работы оконного кондиционера описана в Индийских Стандартах ИС 1391 Часть I [2]. Существует много тестов для оценки работы оконных кондиционеров. Важными испытаниями эффективности использования энергии являются испытание номинальных характеристик и испытание потребления электроэнергии. Проведено одно испытание номинальных характеристик для Индийского внутреннего рынка и два других испытания для экспортного рынка. Целью испытания номинальных характеристик является определение размера чистого общего эффекта охлаждения, чистого эффекта обезвоживания, чистой холодопроизводительности по осязательному теплу и чистой общей пропускной способности для охлаждения. Условия испытаний для теста потребления энергии - такие же как для теста номинальных характеристик. Условия воздуха в форме температуры шарика сухого термометра (ТСуТ) и температуры шарика смоченного термометра (ТСмТ), на обеих сторонах оконного кондиционера для испытаний номинальных характеристик приведены в Таблице 2.

Испытание	Условия внутри помещения		Условия за пределами помещения	
	ТСуТ (°C)	ТСмТ (°C)	ТСуТ (°C)	ТСмТ (°C)
Внутреннее Испытание (ВИ)	27	19	35	30
Экспортное Испытание А (ЭИА)	27	19	35	24
Экспортное Испытание Б (ЭИБ)	29	19	46	24

Таблица 2. Условия испытаний номинальных характеристик

Экспериментирование

Оконный кондиционер мощностью 5.13 кВт, разработанный для ГХФУ-22, был отобран для оценки работы УВ-290. Испытание проводилось согласно Индийскому Стандарту 1391 (1992) Часть I, для унитарных кондиционеров. Работа кондиционера, работающего на УВ-290, сравнивается с базовой работой ГХФУ-22.

Экспериментальное оборудование

Согласно ИС 1391, кондиционер тестировался в психрометрической камере, как показано на Схеме 1. Камера состоит из двух помещений одинакового размера, одно со стороны испарителя, другое со стороны конденсатора. Внешние условия обеих помещений поддерживались как описано в Таблице 2. Кондиционирование воздуха в обеих помещениях проводилось с помощью влагопоглотителей (кондиционер), калориферов и увлажнителей. В данном методе использовались измерения температур шарика сухого и смоченного термометров при доступе и выходе воздуха и взаимосвязанных расходов для расчета охлаждающей способности. С целью замера объемного расхода воздуха использовалось

устройство форсуночного типа для измерения воздушного потока . Температуры записывались с помощью градусников с точностью $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$. Электронная панель фиксировала энергию, потребляемую кондиционером, с точностью ± 10 ватт. Давления хладагента замерялись с помощью точных трубчатых манометров с точностью ± 13.7 kPa. Разница давления воздуха вдоль форсунки замерялась с помощью наклонного манометра.

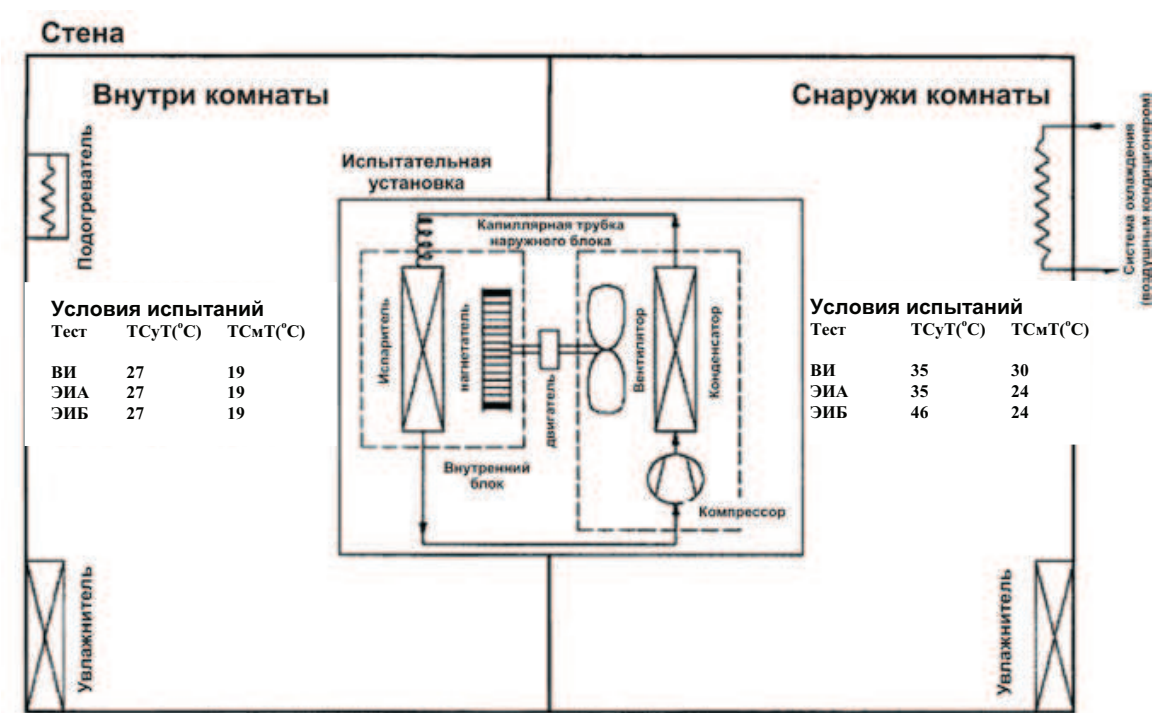


Схема 1. Схематическая диаграмма испытательного оборудования.

После подтверждения стабильного состояния в течение одного часа, температуры воздуха (сухой и смоченный шарик термометра) на входе и выходе в/из конденсатора и испарителя фиксировались в течение одного часа с интервалом в 10 минут. В качестве базовых линейных данных использовались данные рабочих характеристик ГХФУ-22/нефтепродукт (ISO VG 32). После завершения всех испытаний с ГХФУ-22, ГХФУ-22 был извлечен из кондиционера. Соблюдая стандартную процедуру заправки, кондиционер заправляли УВ-290 без замены масла в компрессоре. Заправка УВ-290 составляла примерно 48 – 50 процентов оригинальной заправки ГХФУ-22 [12, 20], на основании прошлого опыта исследователей и термодинамических расчетов.

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ

Тестирование оконного кондиционера с ГХФУ-22 и УВ-290 включало измерение температур, давлений, потребления энергии и разницы давления воздуха. Измеренные величины с их неопределенностью приведены в таблице 3.

Величина	Диапазон	Неопределенность
Давление	А) 0-2170 КПа (0-300 пси)	±13.78 КПа
	В) 0-3549 КПа (0-300 пси)	±13.78 КПа
Температура	0°c to 50°c	±0.1°c
Энергия	0-5000 Вт	±10 Вт
Разница давления воздуха	0-500 мм h ₂ o	±1 мм h ₂ o

Таблица 2 измеренные величины и их неопределенность

Свойства смеси воздух-вода взяты по стандарту еес 5.201 [13]. Неопределенность в охлаждающей способности и кпд были в пределах 3.72% - 3.76% и 4.15% - 4.31%, соответственно.

Вопросы безопасности при использовании ув-290 в оконном кондиционере

Что касается должным образом герметичной системы, пламя не может распространиться внутри системы, так как в системе не будет воздуха. Однако, утечка хладагента из системы, образование соответствующей части УВ-290/воздух, и наличие источника воспламенения могут привести к возгоранию. Таким образом, необходимо предпринять следующие меры предосторожности для гарантии безопасности кондиционера, работающего на УВ-290.

1. Все трубные стыки спаяны.
2. Заправка УВ-290 составляла примерно 500 г. Даже если весь УВ-290 протечет в испытательную камеру, концентрация (11.6 г/м³) будет намного ниже взрывной плотности УВ-290 (от 43.6 до 175 г/м³) [7].
3. Электрические компоненты такие как конденсатор, переключатель термостата, переключатель вкл./выкл. и т.д. были изолированы с помощью определенных средств.
4. Были предприняты специальные меры предосторожности для защиты труб от повреждения.
5. Каждый раз перед запуском системы помещение хорошо проветривали.
6. В помещении установили электронные УВ детекторы.

Результаты и дискуссия

Охлаждающая способность была рассчитана на компьютере как продукт разницы энтальпии воздуха, связанный с объемной скоростью потока воздуха и плотностью воздуха на выходе, с помощью Уравнения 1.

$$Q_c = (h_1 - h_2) \cdot V_m \cdot \rho \quad (1)$$

Где,

Q_c = охлаждающая способность (ватт)

h_1 = Энтальпия воздуха на входе с внутренней стороны (Дж/кг)

h_2 = воздуха на выходе с внутренней стороны (Дж/кг)

V_m = Объемная скорость потока воздуха (м³/с)

ρ_2 = Плотность воздуха на выходе с внутренней стороны (кг/м³)

Энтальпии, смесь воздух-вода на входе в и выходе из испарителя или плотность воздуха на выходе получены согласно стандарту EES 5.201 для соответствующих условий. Коэффициент полезного действия оценивался как отношение охлаждающей способности к потреблению энергии, с помощью Уравнения 2, где W является мощностью компрессора.

$$COP = \frac{Q_c}{W} \quad (2)$$

Охлаждающая способность (Q_c)

Схема 2 показывает изменение охлаждающей способности как для ГХФУ-22 так и УВ-290 в диапазоне рабочих условий. ГХФУ-22 дало охлаждающую способность в 5.085 кВт при рабочих условиях с более низкой температурой и 4.111 кВт для рабочих условий с более высокой температурой. Результаты испытания показывают, что у УВ-290 охлаждающая способность на 6.6% ниже для более низких рабочих условий, а у ГХФУ-22 на 9.8% ниже для более высоких рабочих условий. Снижение охлаждающей способности согласуется с результатами сплит теплового насоса, работающего на ГХФУ-22 (9 кВт), протестированного согласно условиям стандарта ASHRAE при условиях «дроп-ин» с использованием УВ-290 [8]. Способности обоих хладагентов были явно ниже для более высоких рабочих условий с теми же изменениями. Более низкая охлаждающая способность для УВ-290 наблюдалась в результате его более низкой емкости по сравнению с ГХФУ-22. Возможно существует некоторый потенциал по усовершенствованию работы при использовании УВ-290 с некоторой оптимизацией заправки хладагентом или длины капилляра.

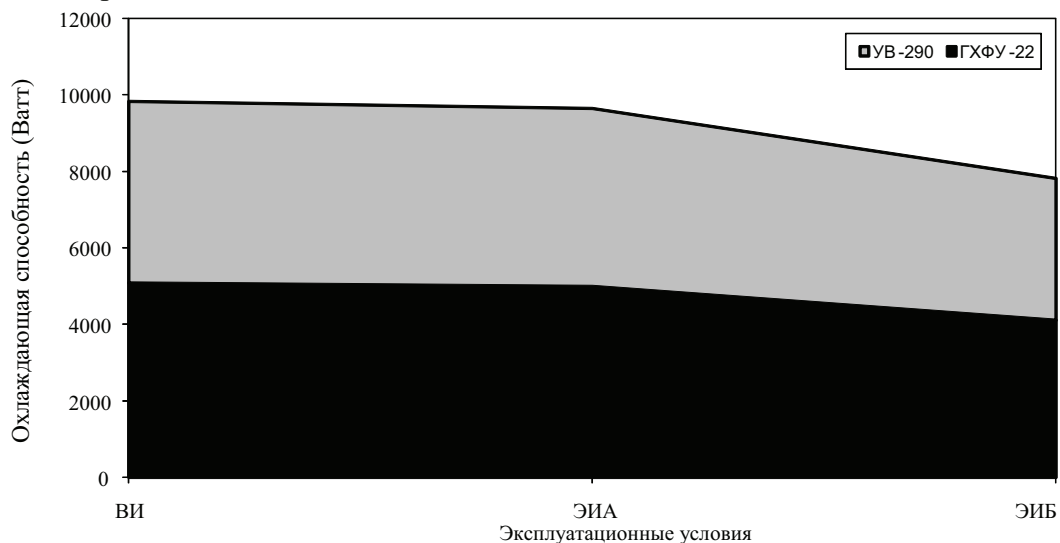


Схема 2. Охлаждающие способности ГХФУ-22 и УВ-290 для различных эксплуатационных условий

Потребление энергии (Ватт)

Схема 3 показывает, что энергия, потребляемая системой, работающей на УВ-290, была ниже для всех эксплуатационных условий по сравнению с ГХФУ-22. Энергия, потребляемая системой, работающей на ГХФУ-22, была в диапазоне 2111 - 2338 ватт. Энергия, потребляемая УВ-290, была ниже на 12.4% - 13.5%. Согласно ИС 1391(1992), потребление энергии должно быть ниже 2.2 кВт при номинальных условиях мощности для внутреннего испытания. Энергия, потребляемая системой, работающей на УВ-290, была намного ниже 371 ватт по сравнению с предписываемым лимитом. Из-за более низких коэффициентов давления для УВ-290 по сравнению с ГХФУ-22, компрессор с УВ-290 потребовал более низкой энергии.

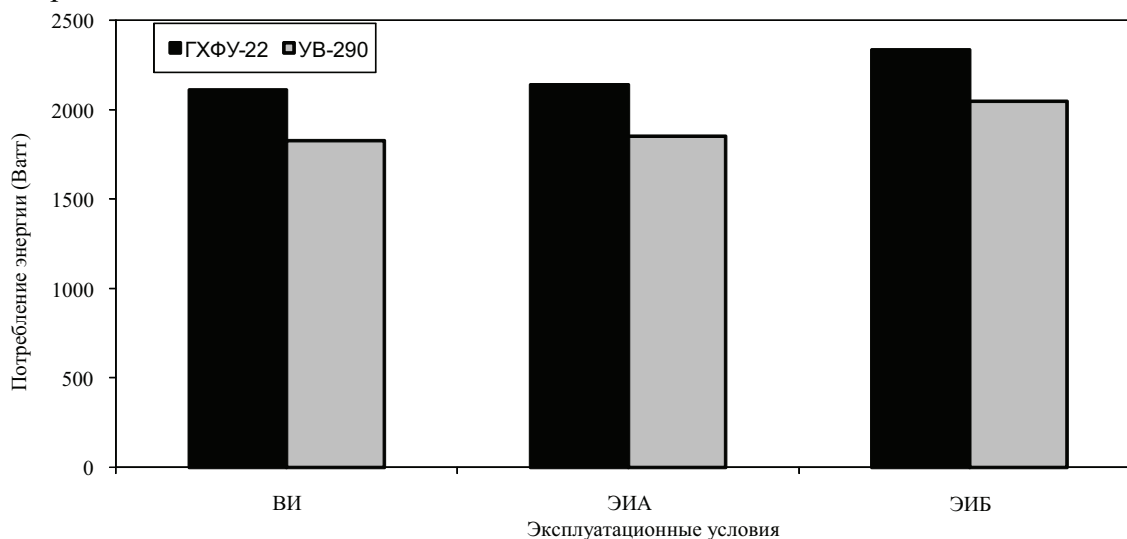


Схема. 3. Потребление электроэнергии для ГХФУ-22 и УВ-290 для различных эксплуатационных условий

Коэффициент производительности (КП)

Схема 4 показывает изменение КП как для ГХФУ-22 так и УВ-290 в диапазоне эксплуатационных условий. КП ГХФУ-22 составило 2.41 для более низких эксплуатационных условий и 1.76 для более высоких эксплуатационных условий. Для УВ-290 КП был на 7.9% выше для более низких эксплуатационных условий и на 2.8% выше для более высоких эксплуатационных условий. КП УВ-290 был выше во всех тестах в связи с более низким потреблением энергии компрессором. Снижение КП при более высоких эксплуатационных условиях происходит в результате уменьшения теплового потока при работе конденсатора и компрессора. Хванг и др. [8]) обнаружили, что КП охлаждения сплит теплового насоса, работающего на УВ-290, протестированного согласно условиям ASHRAE, был выше от 4 до 6% по сравнению с ГХФУ-22. Настоящее исследование согласуется с полученными ими результатами.

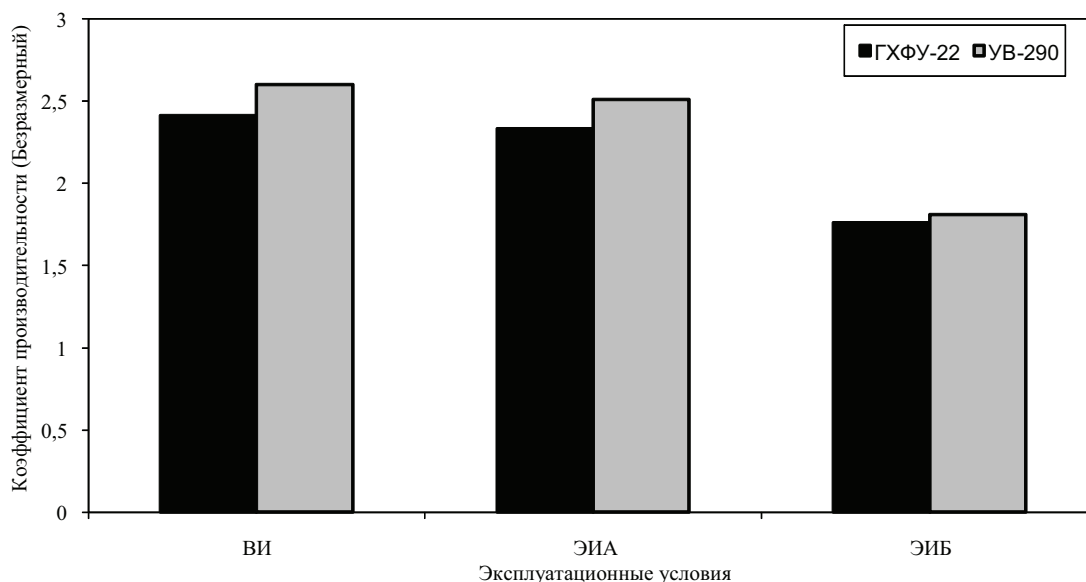


Схема. 4. КП ГХФУ-22 и УВ-290 для различных эксплуатационных условий

Давление нагнетания (P_d)

Схема 5 показывает давление нагнетания УВ-290 и ГХФУ-22 в рамках эксплуатационных условий. Давление нагнетания ГХФУ-22 составило 2514.45 kPa для более низких эксплуатационных условий и 3072.92 kPa для более высоких эксплуатационных условий. УВ-290 имел более низкие давления нагнетания по сравнению с ГХФУ-22. Давление нагнетания УВ-290 для всех эксплуатационных условий менялось на 13.7% - 18.2 % ниже чем давление нагнетания ГХФУ-22.

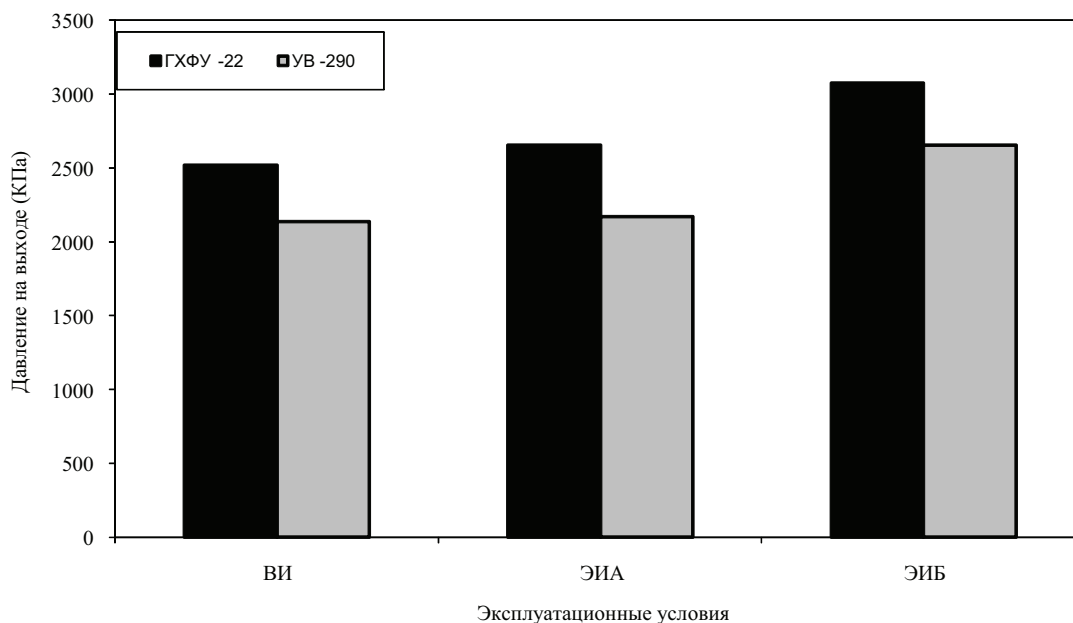


Схема 5. Давление на выходе ГХФУ-22 и УВ-290 для различных эксплуатационных условий

Температура нагнетания (T_d)

Схема 6 показывает температуру нагнетания УВ-290 и ГХФУ-22 в пределах эксплуатационных условий. Температура нагнетания ГХФУ-22 составила 61.7°C для более низких эксплуатационных условий и 77.4°C для более высоких эксплуатационных условий. Температура нагнетания УВ-290 для всех эксплуатационных условий менялась на 10.8°C - 14.5°C ниже по сравнению с температурой нагнетания ГХФУ-22.

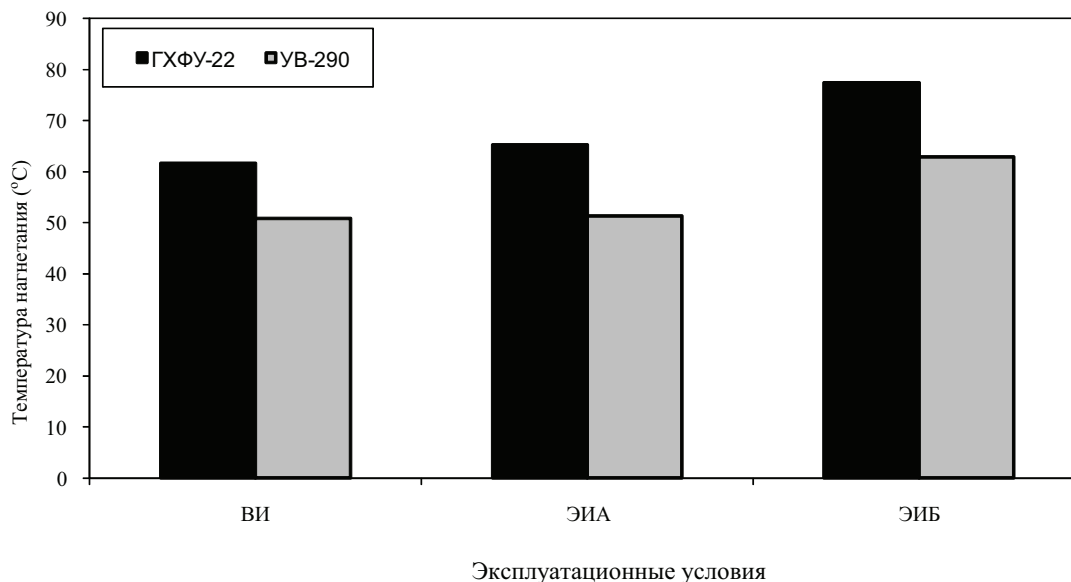


Схема 6. Температура нагнетания ГХФУ-22 и УВ-290 для различных эксплуатационных условий

Падение давления в теплообменниках (ΔP)

Как показано в Таблице 4, падение давления для УВ-290 было ниже чем для ГХФУ-22 в ходе всех испытаний в обоих теплообменниках. Для ГХФУ-22 и УВ-290, падение давления увеличивалось при более высоких эксплуатационных условиях в испарителе, в то время как оно уменьшалось с помощью эксплуатационных условий в конденсаторе. Для УВ-290 падение давления было ниже на 32% - 50% в испарителе. В конденсаторе падение давления для УВ-290 оказалось ниже на 6.3% - 16.7% чем у ГХФУ-22.

Хладагент	Испытание	Падение давления (КПа)	
		Испаритель	Конденсатор
ГХФУ-22	ВИ	83	103
	ЭИА	83	83
	ЭИБ	101	77
УВ-290	ВИ	41	97
	ЭИА	55	69
	ЭИБ	69	69

Таблица 3 Падение давления в Теплообменниках для ГХФУ-22 и УВ-290

Заключения

На основании экспериментального исследования работы УВ-290, в качестве «дроп-ин» заменителя ГХФУ-22, в оконном кондиционере, можно сделать следующие заключения.

- Охлаждающая способность УВ-290 оказалась ниже на 6.6% - 9.8%
- Потребление энергии в кондиционере, работающем на УВ-290, оказалось ниже на 12.4% - 13.5%.
- КП УВ-290 оказался выше на 2.8% - 7.9%.
- Давления нагнетания УВ-290 оказались ниже на 13.7% - 18.2%.
- Температуры нагнетания УВ-290 оказались ниже на 10.8°C - 14.5°C.
- Падения давления УВ-290 оказались ниже чем у ГХФУ-22 во всех тестах.

УВ-290 успешно использовали в качестве «дроп-ин» замены для оконного кондиционера, работающего на ГХФУ-22, с соблюдением необходимых мер предосторожности в отношении вопроса воспламеняемости. Благодаря своим отличным термодинамическим и экологическим свойствам, он также является хорошей долгосрочной альтернативой ГХФУ-22 в кондиционерах, устанавливаемых в жилых помещениях.

Благодарность

Авторы хотели бы поблагодарить компанию Godrej Appliances Ltd., Мумбай, за предоставление испытательного оборудования и техническую поддержку. Особая благодарность также г-гу Викраму Бхопаткару, г-ну Дилипу Раджадхякша и г-ну Нитину Десай (компания Godrej Appliances Ltd.) за доброе сотрудничество и помощь в ходе эксперимента.

Записки/Ссылки

[1] Институт Кондиционирования и Искусственного Охлаждения, Испытания незначительно оптимизированной системы проводились с некоторыми возможными альтернативами R-22 и R-502, 1997, Арлингтон, Вирджиния, США.

[2] Бюро Индийских Стандартов, Спецификация комнатных кондиционеров, часть I: унитарные кондиционеры, IS-1391, 1992, Нью-Дели, Индия.

[3] Д.Колбурн и Т.Дж Риттер, Оценка количественного риска воспламеняющихся хладагентов в комнатных кондиционерах, Документы Шестнадцатой Международной Конференции Компрессостроения и Девятой Международной Конференции по Искусственному Охлаждению и Кондиционированию, 2002, Университет Пердью, Западный Лафейетт, Индиана, США.

[4] Э. Гранрид, Углеводороды в качестве хладагентов – обзор, Международный Журнал Искусственное Охлаждение, 2001, 24(1), 15-24.

[5] Д.П. Гроб, Статус норм техники безопасности для хладагентов и норм техники безопасности для изделий с воспламеняющимися хладагентами, Информационный документ, 1998, компания Underwriters Laboratories Inc., Нортбрук, Иллинойс, США.

[6] М.Хамманд и Р.Таравнах, Работа углеводородных хладагентов в кондиционерных установках, Материалы 4-й Международной Конференции имени Густава Лоренца по природным рабочим жидкостям, 2000, Университет Пердью, Западный Лафайетт, Индиана, США, 167-176.

[7] Х.Д. Ханг и К.Р.Женг, Исследования по замене R12 и R22, используемых в судовых холодильных установках, в наступающем 21 веке, Материалы 20-го Международного Конгресса по Искусственному Охлаждению, 1999, Сидней.

[8] Й.Хванг, А.Гадо и Р.Радермачер, Сравнение работы углеводорода R-290 с R-22 в системе теплового насоса в жилых помещениях, Материалы 5-й Международной Конференции имени Густава Лоренца по природным рабочим жидкостям, 2002, Гуанжоу, Китай, 603-610.

[9] Международный Институт Искусственного Охлаждения, Стандарты по воспламеняющимся хладагентам, 13-е Информационная Записка по хладагентам, 1997, Париж, Франция.

[10] П.Ки-Джунг, С.Юн-Бо и Дж.Донксу, Работа альтернативных хладагентов для кондиционеров и тепловых насосов жилых помещений, Прикладная Энергия, 2007, 84(10), 985-991.

[11] П.Ки-Джунг, С.Юн-Бо и Дж.Донксу, Работа R433 по замене ГХФУ-22, используемого в кондиционерах и тепловых насосах жилых помещений, Прикладная Энергия, 2008, (В печати).

[12] Ф.Дж. Келлер, Л.Сулливан и Х.Лианг, Оценка пропана в кондиционировании жилых помещений Северной Америки, Материалы Международной Конференции по искусственному охлаждению в Пердью, 1996, Университет Пердью, Западный Лафайетт, Индиана, США, 39-44.

[13] С.А.Клайн и Ф.Л.Алварado, Технология программы для решения уравнений, версия: 5.201, Программное обеспечение F-chart, 2000, Мидлтаун, Висконсин, США.

[14] Г.Лоренцен, Использование природных хладагентов: полное решение проблемы ХФУ/ГХФУ, Международный Журнал Искусственное Охлаждение, 1995, 18(3), 190-197.

[15] Б.Пуркайста и П.К.Бансал, Экспериментальное исследование смеси УВ-290 и коммерческого сжиженного нефтяного газа (СНГ) как соответствующей замены для ГХФУ-22, Международный Журнал Искусственное Охлаждение, 1998, 21(1), 3-17.

[16] Д.У. Тридуэлл, Применение пропана (R290) в отдельном комплексном унитарном кондиционере, Материалы Международной Конференции по альтернативам ХФУ и галону, 1991, Дворец Съездов Балтимора, Балтимор, Мэриленд, США, 348-351.

IV. Развитие рынка и Учебные примеры

Качество природных хладагентов

Важность определения продуктов высокой чистоты

Вероника Шилз, Барри Лионз, компания БОК, СК

Введение

Хотя разработка имела место достаточно давно, использование природных хладагентов, аммиака (R-717/ NH_3), углеводородов (R-600a/изобутан, R-290/пропан, R-1270/пропилен и т.д.) и углекислого газа (R-744/ CO_2) становится достаточно обычным, так как понимание законодательства и экологии убедило конечных пользователей отказаться от использования хладагентов на основе фторуглеродов. Однако, в отличие от большинства фторуглеродных хладагентов, данные вещества уже широко используются в различных случаях. Например, аммиак используется для удобрений и взрывчатого промышленного сырья, фармацевтической продукции и т.д.; углеводороды уже используются для легковоспламеняющихся веществ, а также для аэрозолей, пенной продувки и растворителей; углекислый газ достаточно широко используется при производстве продуктов питания и напитков, химикатов и фармацевтической продукции до огнетушителей и т.д. Требования к качеству данного вещества существенно меняются в зависимости от применения, когда некоторые - более чувствительны к чистоте по сравнению с другими. Таким образом, поставщики могут поставлять продукты, которые затрагивают огромный пакет спецификаций беспреимности, которые разработаны для конкретных целей. Многие из данных продуктов не подходят для применения в качестве хладагентов. Следовательно, важно гарантировать соответствие аммиака, УВ или CO_2 для данной цели, и подтверждение спецификациям, соответствующим для использования в качестве хладагентов. Что касается фторированных хладагентов, общепринятыми стандартами являются ARI 700 (который не подходит для природных хладагентов) и DIN 8960. DIN 8960 также затрагивает УВ и аммиак, и спецификацию МИКО О-А-445В для аммиака. Более того, ряд производителей компрессоров устанавливает определенные требования для хладагентов, которые должны использоваться в их оборудовании. Однако, благодаря отсутствию международного стандарта о качестве природных хладагентов и широко распространенной розничной торговле продуктами такими как хладагенты аммиак, УВ и углекислый газ, существует главное несоответствие в их качестве. В результате, покупатель или конечный пользователь должны полагаться на поставщика хладагента для гарантии адекватного материала, и если покупатель не укажет применение продавцу, будет продан самый доступный продукт, который к тому же является вообще продуктом самой низкой чистоты. В некоторых случаях продавцы могут открыто предложить материал более низкого качества с целью большей конкурентоспособности. К тому же, если техники не понимают важности чистоты хладагента, они могут достаточно легко приобрести продукты ниже стандартного качества, такие как СНГ вместо R-290. Использование природных

хладагентов низкого качества может ухудшить работу и надежность системы искусственного охлаждения и вызвать серьезное повреждение оборудования. Тогда как некоторые отчеты продемонстрировали, что аммиак, CO₂ и УВ низкого качества успешно использовались в системах искусственного охлаждения, существует также много случаев поломки оборудования и плохой работы, имеющей место при идентичных ситуациях. Таким образом, данная статья детально излагает потенциальные результаты использования газов низкого качества как хладагентов и подчеркивает важность использования правильных спецификаций.

Результаты загрязнения хладагента

Существует четыре основных воздействия, связанные с использованием загрязненных хладагентов в системе:

- Изменения термодинамических свойств рабочей жидкости.
- Химические изменения, влияющие на внутреннюю стабильность системы.
- Физические изменения, которые влияют на структуру компонентов и поведение материалов.
- Результаты токсичности при выходе из системы.

Многие изменения взаимосвязаны и все в целом подвергают риску эксплуатационные качества, работу, долговечность и безопасность системы. Если хладагент будет загрязнен газом, который обладает хорошей взаимной растворимостью, образуется смесь, а если составные достаточно высоки, могут измениться свойства, и в частности, связь насыщенные давления-температура. И наоборот, если газ прекрасно отделяется от хладагента, он может аккумулироваться в определенных компонентах стороны высокого давления и, таким образом, препятствовать теплообмену, т.е. ухудшать работу системы

Изменения термодинамических и транспортных свойств жидкости будут иметь место, если хладагент загрязнен веществами, с которыми он взаимно растворим, в достаточно больших пропорциях. Примеры последствий для системы, имеющие место в результате изменений свойств, включают:

- Изменение в давлении всасывания и нагнетания для заданной температуры испарения и конденсации по сравнению со стандартными данными.
- Формирование плавного движения температуры, или отклонение от данных плавного движения стандартной температуры, в пределах испарителя или конденсатора.
- Возросшая или пониженная растворимость со смазочным маслом, возможно приводящая к более слабой маслянистости или морению масла компрессора.
- Отделение жидкости в пределах схемы, где аккумулируются компоненты более высокого давления системы, а компоненты более низкого давления аккумулируются в пределах стороны низкого давления.
- Изменения в энтальпии хладагента и вмешательство в теплообмен и потеря давления в теплообменниках и другие компоненты, приводящие к перемещению точек равновесия системы.

Введение определенных веществ меняет внутренний химический состав системы, делая ее менее стабильной. Примеры последствий для системы в результате изменений химического состава включают:

- Реакции, которые образуют осадок, таким образом, блокируя компоненты и влияя на теплообмен, как показано на Схеме 1.
- Реакции приводят к образованию кислот, которые воздействуют на материалы, такие как металлы, пластмассы и эластомеры.
- Образование новых газов, которые являются продуктом реакций, которые могут вновь оказать воздействие на термофизические свойства хладагента.

Физические воздействия на внутреннюю работу системы включают:

- Увеличение уровней влажности приводит к нерастворимости с хладагентом при определенных температурах и давлениях, приводя к образованию льда, обычно внутри расширительного устройства.
- Поверхностное поглощение веществ в пластики и эластомеры, таким образом меняя их физические свойства и снижая способность к соответствующему уплотнению.
- Снижение смазочных свойств, приводящее к эрозии и последующему образованию металлического мусора, который приводит к последующему износу подвижных деталей.

Выводы по вопросу безопасности включают:

- Увеличение рабочего давления, которое может превысить расчетное рабочее давление компонентов или блока.
- Более высокое давление системы, коррозия и плохие герметизирующие способности эластомерных материалов приводят к большей вероятности утечки и пробоем изоляции компонентов.
- Выпуск токсичных, воспламеняющихся и/или коррозионных жидкостей, появление которых предварительно не предполагалось.

Схема 24: Частицы и осадок, засоряющие змеевики, что ведет к снижению теплообмена



Все вышеупомянутые последствия введения нежелательных веществ в систему искусственного охлаждения приведут к комбинации пониженной охлаждающей способности, возросшего энергопотребления, спаду эффективности, повышению вероятности утечки, поломке подвижных деталей и общей механической деградации компонентов системы.

Для установления соответствующих спецификаций для природных хладагентов, необходимо проанализировать вероятные воздействия каждого из них.

Углекислый газ

Углекислый газ уже широко используется для производства продуктов питания и напитков, розлива напитков, производства химикатов и фармацевтических изделий, огнетушителей и так далее, и, таким образом, диапазон спецификаций огромен. Углекислый газ также образуется в результате ряда производственных процессов, которые включают побочный продукт, начиная от аммиачных и водородных установок, от возгорания дерева и ископаемого топлива, как и побочный продукт ферментации на пивоваренных заводах, и результат термического разложения известняка при производстве извести. Таким образом, наиболее общие вещества, обнаруженные в углекислом газе, включают воду, воздух, угарный газ, водород и углеводороды.

Вода

Вода легко вступает в реакцию с углекислым газом для образования угольной кислоты, которая при контакте с металлом вызывает коррозию. В Швеции национальный научно-исследовательский институт, лаборатория КЕС, провели огромное количество испытаний с использованием CO_2 различного качества и выявили серьезные проблемы, включая поломку компрессора, вызванную высоким уровнем влажности. Пример коррозии трубы в результате воздействия угольной кислоты показан на Схеме 2. Соблюдая рекомендации, Шведский промышленный стандарт искусственного охлаждения для R744 согласовал содержание влаги, которое не должно превышать 10 промилей. Данный стандарт стал нормой во многих других Северно-Европейских странах. Более того, вода имеет низкую растворимость в углекислом газе и в результате этого она легко отделяется как свободная вода или лёд, а давление и температура понижаются.



Схема 25: Коррозия трубы, вызванная угольной кислотой

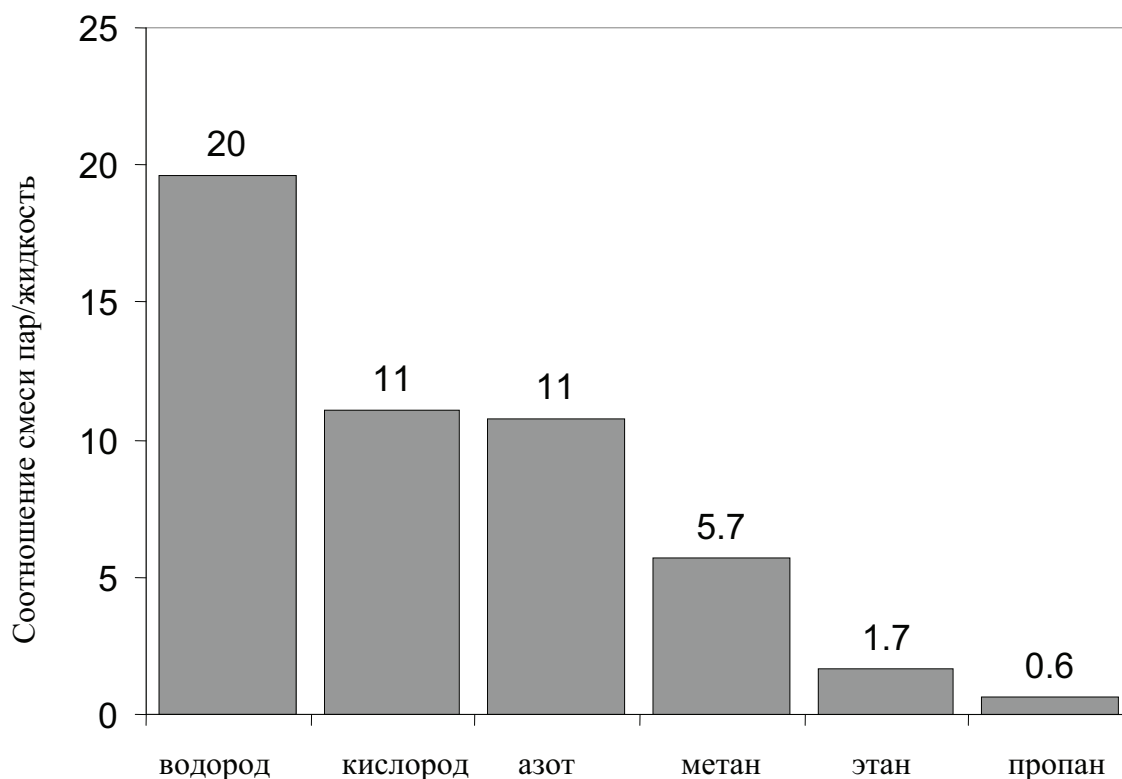


Схема 26: Соотношение смеси пар/жидкость различных газов в CO_2 при 0°C

Воздух; кислород, азот

Тогда как кислород и азот являются химически инертными по отношению к углекислому газу, кислород будет способствовать реакциям с любым другим веществом, который вероятно присутствует в системе, особенно со стороны повышенного давления, где он возможно и будет собираться. В противном случае, высокое давление насыщенного пара данных газов означает, что они негативно повлияют на работу системы охлаждения, и, таким образом, их состав должен быть ограничен. Схема 3 демонстрирует соотношение смеси паров различных газов в CO_2 к их составу в жидком CO_2 , что является показателем ухудшения работы цикла при наличии конкретного газа. Это доказывает, что будет выделяться значительное количество кислорода и азота, обычно в конденсаторе и сборнике, что ухудшает работу системы, хотя данное воздействие становится менее важным в период сверхкритической операции.

Углеводороды

Углеводороды являются относительно химически инертными с углеводородом, они растворимы с маслами обычно используемыми с CO_2 , а насыщенные УВ - относительно мягкие при контакте с эластомерами. Учитывая их влияние на давление пара, метан, этан и пропан добавляют лишь незначительные различия к давлению пара даже при относительно высоких концентрациях, таких как 1-% изменение давления на 1% введенного углеводорода. Более того, как видно на Схема 3, соотношение состава пар/жидкость углеводородов в CO_2 является относительно низким, указывая на то, что вероятно фракционирование в пределах

схемы будет незначительным и, таким образом, будет иметь место минимальное ухудшение рабочих характеристик.

Углеводороды

Наиболее часто используемым углеводородом в промышленности, торговле, сельском хозяйстве и местном топливе является СНГ, где беспримесность не является существенным фактором. Другие применения, требующие углеводородов более высокой чистоты, включают аэрозольное топливо и калибровочные смеси. Важно понять, что СНГ имеет достаточно нерегулярный состав, например, пропан цилиндра может содержать только 50% пропана, а оставшиеся 50% могут состоять из непостоянной смеси других углеводородов плюс высокие уровни серы, воды и воздуха.

Обычно используемые углеводороды возникают из природного газа или нефти, и при первом выделении имеют тенденцию к смешиванию со многими другими компонентами. Обычно они включают серную смесь, минеральное масло и воздух.

Сера

Сера может присутствовать в естественном виде или добавляться в виде меркаптанов (тиолы). Пока концентрации будут достаточно низкими, чтобы не влиять на давление пара хладагента, они могут способствовать реакциям в пределах системы, приводя к образованию кислот и электроосаждению меди на частях компрессора, особенно при наличии воды или кислорода. Другим результатом наличия меркаптанов в хладагенте является возможная путаница, возникающая от ассоциирования его запаха с запахом при выходе топливного газа. Сероводород является в какой-то степени реактивным, но он также высоко токсичен и, таким образом, желательно убедиться, что его нет в продукте.

Вода

Присутствие влаги вызывает реакции, такие как формирование кислот и в результате образование коррозии, которая нежелательна для хорошей надежности компонентов системы. Вода будет также вступать в реакцию с другими веществами для образования слабых органических кислот, которые в конечном итоге вступают в реакцию с маслом для формирования жирной грязи, которая может оседать в системе, вызывая блокирующие и операционные проблемы. Более того, углеводороды большей частью не растворяются с водой, как показано на Схеме 4. При более низких температурах в хладагенте будет содержаться меньше воды, с тем чтобы при понижении температуры хладагента излишек воды мог образовать лёд, что является нежелательным для работы системы искусственного охлаждения. Принимая во внимание, что УВ можно использовать в системах, которые характерны температурами испарения до -40°C , данные Схемы 3 говорят о том, что желательно очень низкое содержание влаги.

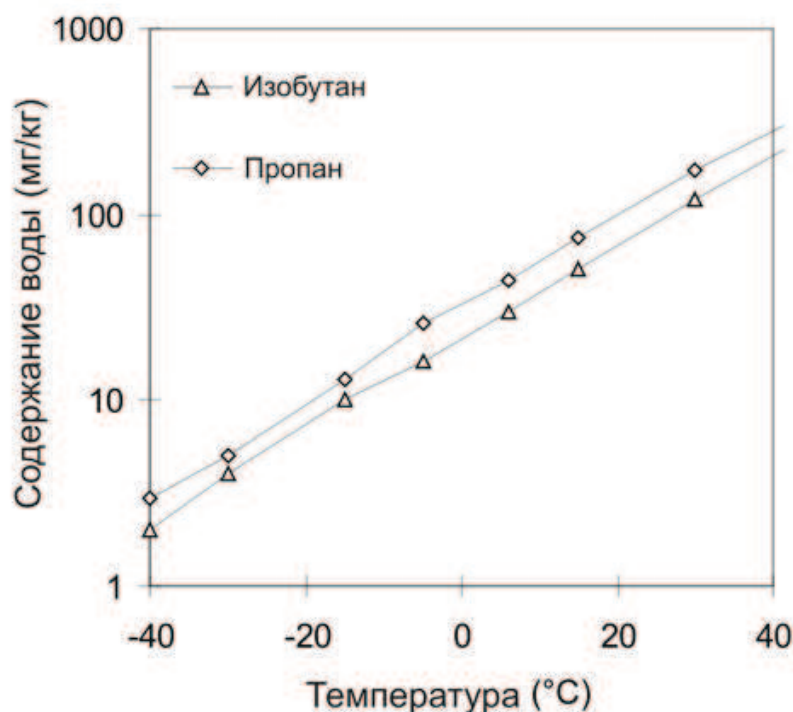


Схема 27: Растворимость влаги в углеводородах

Бензин, бутадиен, пропadiен (аллен)

Бензин, бутадиен и пропadiен являются высоко канцерогенными и токсичными и регулируемые веществами во многих странах. Это - основные причины для исключения их из хладагентов. К тому же, в то время как бензин является относительно химически инертным по отношению к другим материалам системы, бутадиен и пропadiен прекрасно полимеризируются при наличии кислорода и кислоты.

Воздух, азот, кислород и углекислый газ

В то время как азот и углекислый газ являются химически инертными по отношению к углеводородам при вероятных рабочих условиях, кислород, конечно, вступает в реакции с почти любым другим веществом, который возможно будет присутствовать в хладагенте, особенно со стороны повышенного давления, где он вероятно и будет собираться. К тому же, для всех данных газов, высокое давление пара означает, что они будут отрицательно влиять на работу системы искусственного охлаждения, и, таким образом, их состав должен быть ограничен. Особенно для кислорода и азота, на Схеме 5 видно, что имеет место высокая степень разделения между жидкими и паровыми композициями, означая, что достаточно большие количества данных газов будут собираться на стороне высокого давления системы, даже если присутствуют только низкие уровни в жидком хладагенте. Несмотря на это, присутствие углекислого газа в достаточной степени менее суровое.

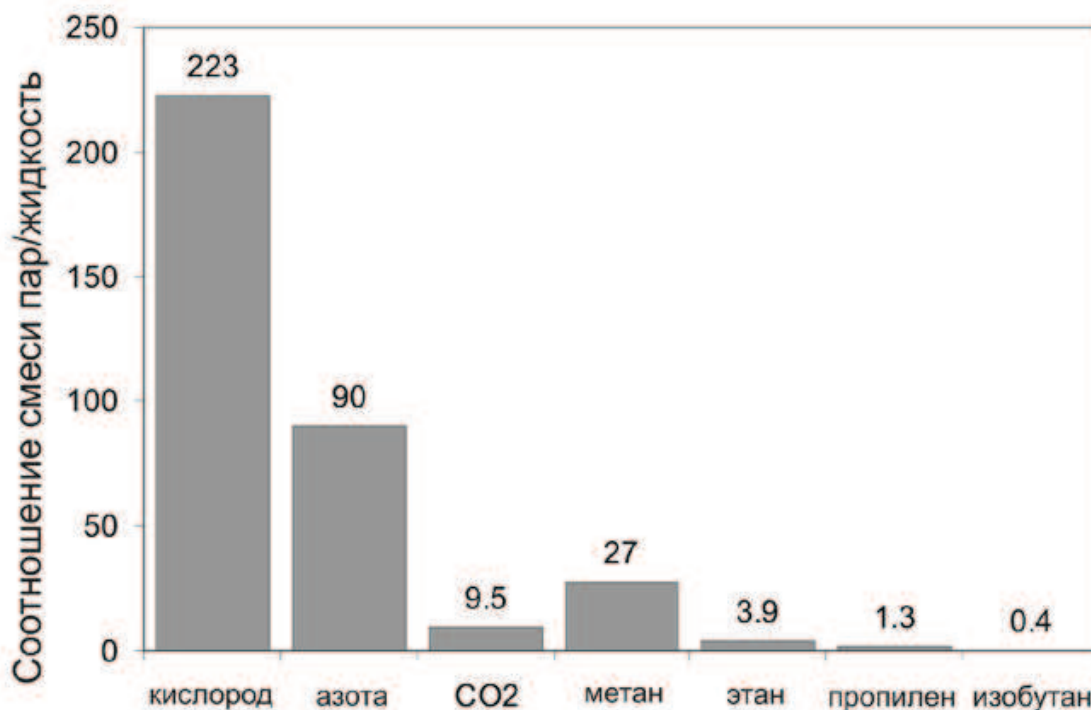


Схема 28: Соотношение смеси пар/жидкость различных газов в пропане при 0°C

Другие углеводороды

Смеси, содержащие другие углеводороды, будут влиять на давление пара, особенно при введении газов, имеющих достаточно отличное от основного хладагента парциальное давление; обычно это включает высокую стандартную температуру кипения (СТК) УВ таких как пентан и гексан, и УВ с низкой СТК, такие как этан и метан (Схема 5). Они будут собираться со стороны низкого и высокого давления системы, соответственно, таким образом, увеличивая давления нагнетания и понижая давления всасывания, создавая высокотемпературные скопления и в конечном счете подвергая риску работу системы. Следовательно, важно убедиться, что допустимая смесь других УВ содержится в определенном пределе, и что присутствие компонентов с высокими СТК компенсируется присутствием компонентов низкой СТК для сокращения их индивидуального воздействия. При рассмотрении других воздействий, наличие ненасыщенных УВ (таких как пропилен или этилен) в насыщенном УВ хладагенте может привести к проблемам с определенными эластомерами (например, неопреном) до тех пор пока они не будут отобраны для управления всеми такими компонентами.

Аммиак

Аммиак можно получить из различных источников. Традиционно его получали путем дистилляции овощных и животных отходов, но широкомасштабное современное производство характерно путем получения водорода из природного газа или нефти, и его взаимодействия с атмосферным азотом. Таким образом, процесс производства в основном влияет на виды загрязняющих примесей,

обнаруженных в аммиаке, которые обычно включают, среди других: кислород, углекислый газ, сероводород, метан и другие быстроиспаряющиеся углеводороды, метанол, азот, нефть и тяжелые углеводороды, сернистый газ и вода. Последствия данных процессов обсуждаются ниже.

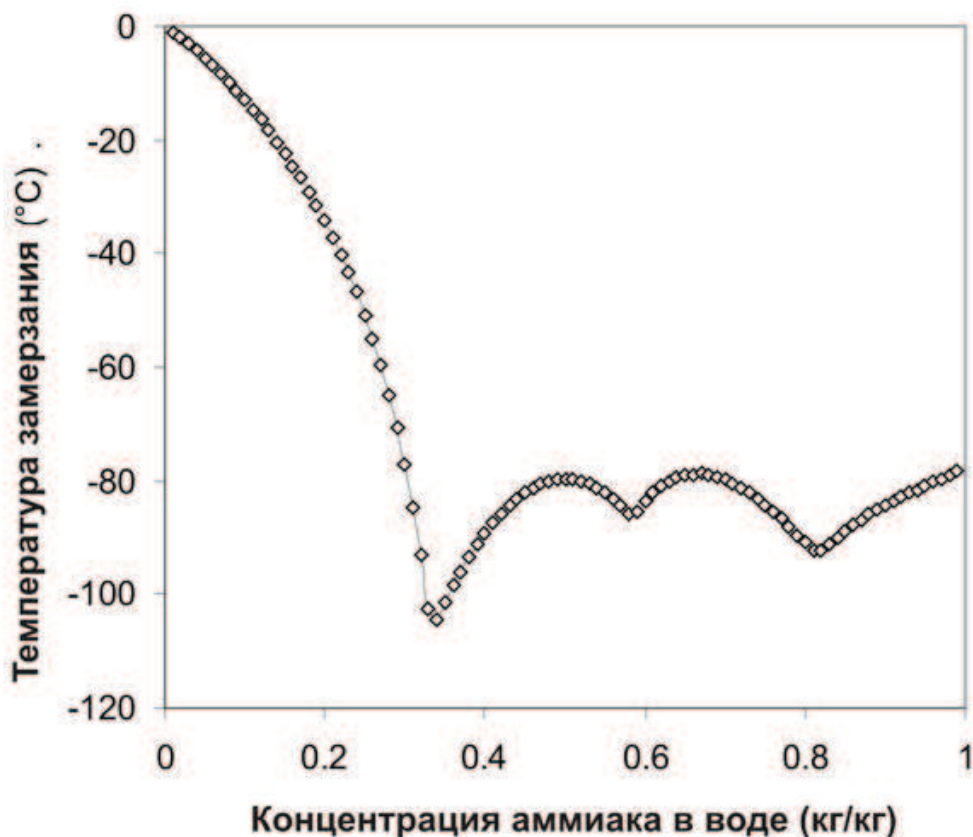


Схема 29: Эвтектическая кривая для смесей аммиак/вода

Вода

Присутствие влаги способствует реакциям, образуя кислоты и последующую коррозию, что нежелательно для хорошей надежности компонентов системы. При наличии влаги, аммиак может вступить в реакцию и подвергнуть коррозии сталь, медь, цинк и многие сплавы, несмотря на то, что нефть образует пленку над внешними поверхностями, которая может эффективно изолировать металлические поверхности от коррозии. Вода также вступает в реакцию с другими веществами для образования слабых органических кислот, которые в конечном итоге вступают в реакцию с маслом для формирования жирной грязи, которая может осаждаться в системе, вызывая блокирующие и операционные проблемы. Таким образом, предпочтительно отсутствие влаги. И наоборот, было также установлено, что малое количество смеси необходимо для удержания от коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) в стали, в частности, в присутствии кислорода. В дополнение к химическим реакциям существуют другие термодинамические и физические воздействия, вызванные водой, такие как обледенение, потеря эксплуатационных качеств и эрозия. Что касается охлаждения, аммиак сильно отличается от CO₂ и углеводородов благодаря своей хорошей растворимости с

водой и низкой эвтектической температурой смеси. На Схеме 6 видна (довольно необычная) эвтактическая кривая аммиака и воды, которая демонстрирует то, что для производства льда при обычных рабочих условиях требуется достаточно высокая концентрация воды (около 80%); хотя, конечно, при таких концентрациях давление насыщения будет очень низким. Однако, если учитывать изменение в давлении насыщенного пара смеси аммиак-вода (Схема 7), воздействие на работу системы может быть значительным, и может произойти заметное ухудшение при концентрациях выше 1%. Отдельные отчеты констатируют, что содержание воды вызывает эрозию клапанов и других компонентов, благодаря возросшей кавитации при прохождении через сопла и воздействию твердых частиц таких как ржавчина (первоначально по причине воздействия воды).

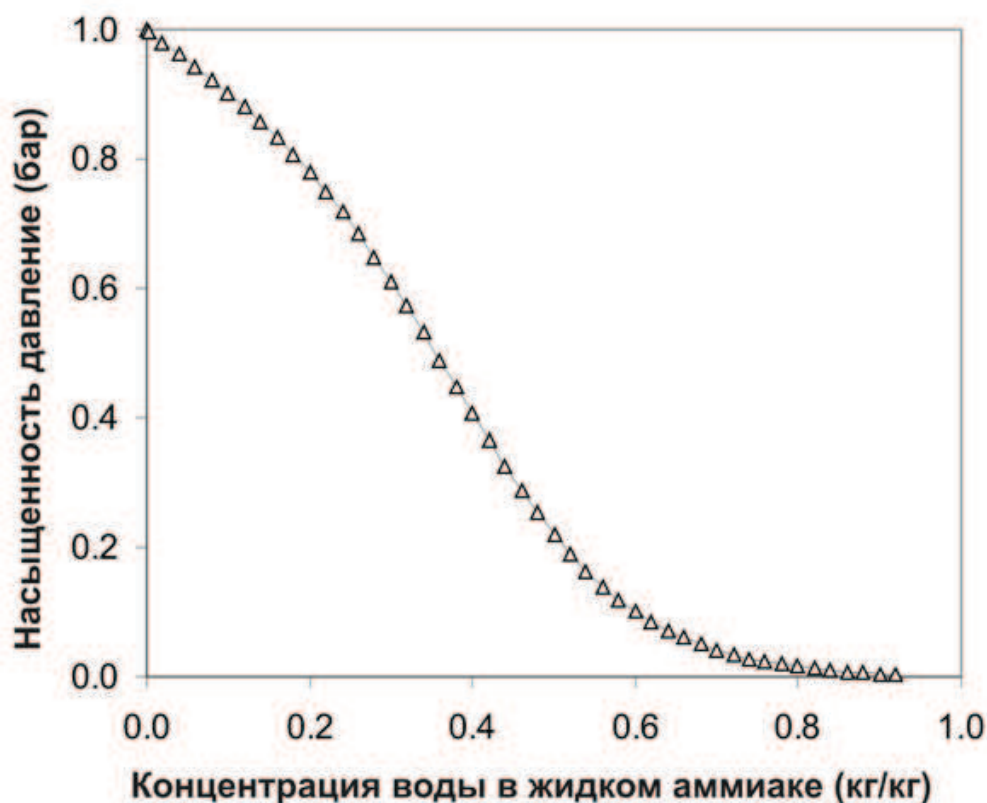


Схема 7: Давление пара смеси аммиака и воды при -36°C

Воздух; кислород, углекислый газ, азот

Это будет способствовать реакциям с почти любым другим веществом, которое, вероятно, будет присутствовать в аммиаке, особенно со стороны высокого давления системы (где он, вероятно, будет собираться) при заданных условиях высокого давления/температуры. Более того, кислород, превышающий несколько промилей в жидком аммиаке или несколько сотен промилей в газообразном аммиаке, может способствовать образованию трещин в результате коррозии под напряжением (КРН) в углеродистой и низколегированной стали, а это усиливается при высоких давлениях и высоких температурах. CO₂ может вступать в реакцию с аммиаком для производства смеси карбоната аммония и карбамата аммония, а она высококоррозионна к стали. Также доказано, что углекислый газ в аммиаке

увеличивает шанс КРН. Азот, наряду с нефтью и водой, вызывает азотизацию, или образование слабых кислот, что приводит к формированию осадка и коррозии. Таким образом, желательно свести концентрации азота к минимуму. К тому же высокое давление азота означает, что он будет негативно влиять на работу системы искусственного охлаждения.

Метан и другие углеводороды

Вероятно, данные газы присутствуют, но они относительно мягкие и не будут вступать в реакции при обычных рабочих условиях системы. Однако, более высокое парциальное давление метана и этана означает, что в достаточных пропорциях они могут воздействовать на работу системы искусственного охлаждения. В частности, они обладают необычными характеристиками при смешивании с аммиаком, и при определенных составах формируют метастабильные азеотропные смеси, которые означают, что воздействие на работу системы трудно предвидеть.

Метанол

Метанол относительно стабилен в присутствии аммиака, поэтому он не будет разлагаться или создавать какие-либо нежелательные вещества. Однако, его СТК намного выше чем у аммиака и, следовательно, его присутствие имеет аналогичное воздействие на воду, хотя работа системы искусственного охлаждения будет толерантным к метанолу до относительно высоких концентраций.

Сера

Сернистый газ и сероводород вступают в реакцию с водой и аммиаком для формирования кислот, которые могут привести к серьезной коррозии.

Заключительные замечания

Беспримесность природных хладагентов до сих пор в значительной степени не регулируется международными стандартами, и все же очевидно, что гарантия использования продукта высокого технического уровня является важным аспектом для поддержания целостности системы. Это важно для всех природных хладагентов, но особенно для углеводородов и углекислого газа; использование газов низкого качества может подвергнуть риску как надежность системы, так и ее работу в отношении охлаждающей способности и эффективности. Выборочные анализы продукции на природных хладагентах различных поставщиков выявили огромный диапазон качественных характеристик, меняющихся от достаточно высокой чистоты до продуктов, которые содержат большое количество газообразных загрязнителей, нефть и воду.

Наличие загрязнителей в системе может привести к ряду негативных воздействий, включая:

- Изменения термодинамических свойств рабочей жидкости.
- Химические изменения, влияющие на внутреннюю стабильность системы.
- Физические изменения, которые влияют на структуру компонентов и поведение материалов.
- Последствия токсичности при выпуске из системы.

Таким образом, при покупке любого природного хладагента очень важно гарантировать, что он имеет широкие технические возможности и поставляется в цилиндре, используемом исключительно для данного сервиса. К тому же конечные пользователи и владельцы системы должны помнить, что существуют природные хладагенты класса искусственного охлаждения и что если они не соответствуют техническим требованиям, это может привести к ухудшению производительности и работы системы, подвергая риску надежность и появление ненужных угроз безопасности.

Ссылки

ISO/NP 12810, Фторуглеродные хладагенты - Спецификации и методы испытаний.

ARI 700, Спецификации для фторуглеродных хладагентов, Институт кондиционирования и искусственного охлаждения, США, янв. 2004.

DIN 8960 Kaeltemittel - Anforderungen und Kurzzeichen, Deutsches Institut Fur Normung E.V., ноябрь 1998.

Спецификация МИАО для спецификации аммиака О-А-445В, Международный Институт Аммиачного Охлаждения, США, VA 22201, Арлингтон, Норт Глебе Роуд, 1110.

Е.У. Леммон, М.Л.Хубер, М.О.Маклинден. НИСТ Термодинамические и обменные свойства эталонной жидкости – REFPROP. Версия 8.0. Национальный Институт Стандартов и Технологии, США, Боулдер. Апрель 2007.

Сократить производство R-22, а что дальше?

Александр Кор Пачай, компания Джонсон Контролз, Дания

Введение

Давно пора принять решение по проблеме R-22, но не многие среди конечных пользователей еще понимают это. Существует ряд факторов, которые указывают на то, как это сделать, и природные хладагенты - прекрасное тому решение. Такие показатели как польза для окружающей среды и основные технические вопросы предлагают холодильную установку на основе природных хладагентов в качестве наиболее эффективного решения.

Природные хладагенты демонстрируют хорошие возможности для решения дилеммы свертывания производства R-22, но они в основном касаются только новых установок. Тем, кто принимает решения, придется рассмотреть многие факторы перед тем как сделать окончательный выбор.

Предпосылка

В результате принятия Монреальского Протокола и последующего положения ЕС по реализации изменения в протокол 1992 года, принятого в Копенгагене, был снят с производства в новых установках один из наиболее популярных хладагентов. Сейчас настало время постепенного выведения из обращения R-22 как сервисного хладагента для существующих установок с 31 декабря 2009 года. После декабря 2014 года заправлять повторно используемый R-22 в систему будет незаконным; это в случае, если Вы вообще сможете получить какой-либо хладагент.

Приводились разные цифры при обсуждении вопроса о том, сколько R-22 было переработано. Некоторые производители хладагентов считают, что это где-то между 2% и 5% от реального потребления. Допустим, что повторно используемое количество удвоится с настоящего времени по 2010 год, но и это не будет превышать 10% от реально необходимого количества.

Не всегда легко переоборудовать холодильную установку, чего требуют от нас некоторые заинтересованные стороны, и при этом необходимо учитывать ряд факторов. Детальные расчеты показывают, что разные хладагенты обладают разными преимуществами при разных температурных режимах, и это только в том случае, если в установку внесены некоторые изменения. Здесь возникает другой вопрос: кто будет выполнять данные модификации? В большинстве стран трудно найти квалифицированных техников, которые могут выполнить эту работу. Чем ближе мы приближаемся к 2010 году, тем серьезней станет проблема. Являются ли

хладагенты «дроп-ин», предлагаемые разными поставщиками, единственным и лучшим вариантом?

В странах, Статьи 5, можно будет избежать тех же ошибок, которые мы сделали в Европе. После остановки производства поставщики повторно используемого R-22 в скором времени останутся без сырья в связи с утечкой заправок в атмосферу. Фактом остается то, что почти все образованные газы рано или поздно уйдут в атмосферу, и это касается всех стран, поэтому в интересах всех сторон начать сокращение производства сейчас, а не ждать того, что может произойти через несколько лет.

Первый трудный вопрос

Будет ли достаточное количество квалифицированных технических специалистов для работы по сокращению производства? Многие попытались ответить на этот провокационный вопрос. Многие расчеты говорят нет; но политики увидели, что при сокращении производства ХФУ проблемы не было и поэтому они верят, что мы можем сделать это еще раз. Мы можем сделать это, но время уходит. В этой игре будет один проигравший, и если ждать слишком долго, проигравшим будет пользователь систем R-22.

Для проведения хорошей и успешной модернизации установки необходимо серьезно подумать и всё хорошо спланировать. Вы должны тщательно просмотреть всю установку и учесть все аспекты. Вам также необходимо рассчитать расход и характеристики хладагента, который Вы хотите использовать в установке. Двигатели можно заменить, но помните, что на доставку больших двигателей уйдет много времени. Жидкостные линии придется заменить во избежание потерь повышенного давления. Необходимо заменить даже линии всасывания. В конечном счете, не следует переоборудовать всю установку.

Самыми первыми проектами являются чиллеры. Многие чиллеры уже устарели и возможно даже заменены. Предполагаемый период эксплуатации многих популярных чиллеров - не более 10-15 лет, следовательно, чиллеры, установленные недавно, уже более чем наполовину изношены. Это означает, что лучшим решением будет просто обменять ее на новую установку той же мощности.

Хладагент

Весь вопрос заключается в экологии. Он начался с обсуждения вопроса разрушения озона, который привел к хорошо известному Монреальскому Протоколу, подписанному в 1987 году. Всегда было также известно, что происходит глобальное потепление, но было невозможно с политической точки зрения включить данный вопрос в Монреальский Протокол. Как только протокол был подписан, начались дискуссии о глобальном потеплении, которые привели к встрече в Киото в 1997 году. Администрация США предложила включить ГФУ, ПФУ и SF₆ (гексафторид серы) в дискуссию на довольно позднем этапе дебатов. Нелепым было то, что Администрация США поменялась, а Джордж Уокер Буш не хотел подписывать Киотский Протокол. Он был подписан позже Австралией, а

также Россией. Единственной доминирующей нацией, которая остается в стороне является США.

ХФУ и ГХФУ – включая R-22 и R-123 – содержат хлор, который оказывает вредное воздействие на озоновый слой, который защищает жизнь на планете от опасных ультрафиолетовых волн, исходящих от солнечного света. Данная дискуссия была надолго забыта, потому что большинство людей считают, что данная проблема была давно решена. США удалось удержать R-22 на рынке еще на многие годы, а развивающимся странам все еще разрешают использоваться R-22 в течение нескольких лет. Недавняя встреча в Монреале добилась перенесения даты заключительного периода производства R-22 с 2050 года на 2040. Китай намерен добиться большего понимания экологических проблем в последнее время закрыл три производственные площадки, и как предполагалось, что за ним последуют многие. И это всё об озоновом слое.

Глобальное потепление - совершенно другой вопрос. Конечно, ХФУ и ГХФУ газы также оказали влияние на глобальное потепление и, следовательно, будет уместным включить дебат в Монреальский Протокол, но это - то, как координировать данный вопрос. Затруднением является то, что некоторые кандидаты на использование вместо ГХФУ имеют ещё больший потенциал глобального потепления (ПГП) чем газы, которые они заменяют, смотрите Схемы 1 и 2.

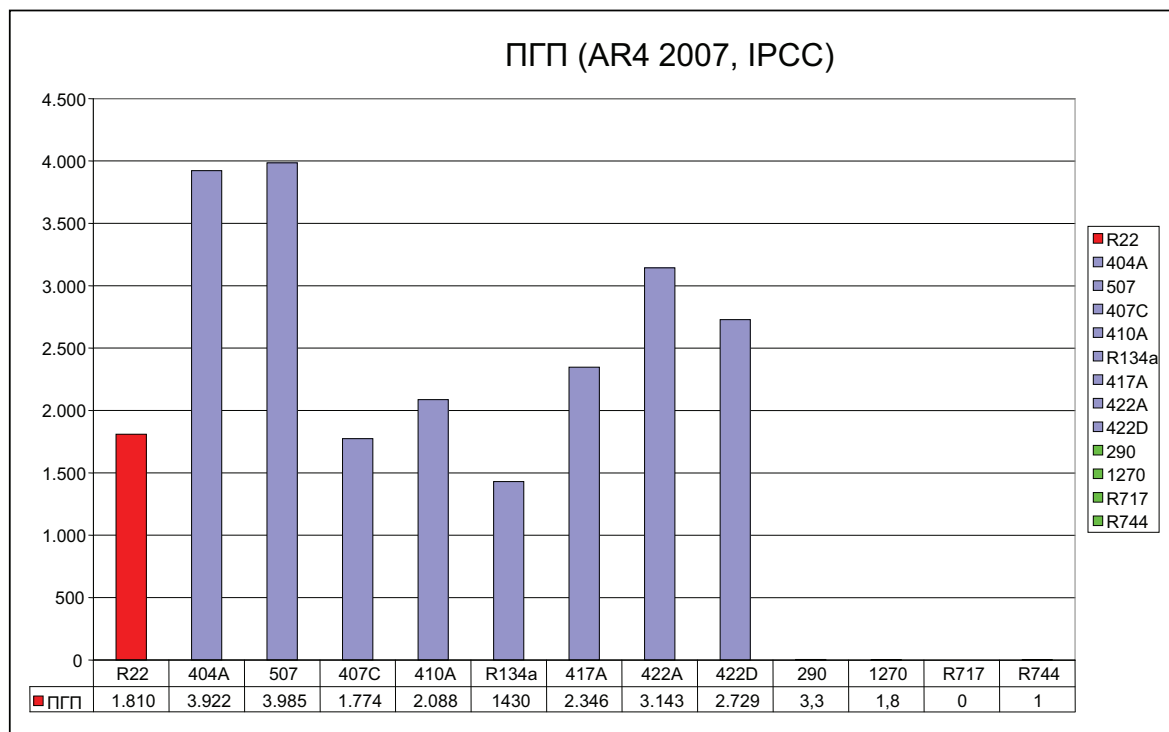


Схема 30: ПГП для R22 приведен здесь с некоторыми основными альтернативами. (CO₂ используется как ссылка). Зеленым выделены природные хладагенты и они не подпадают под меры регулирования

Дискуссии о выбросах часто включают ссылку на как непосредственные, так и косвенные выбросы. Непосредственным вкладом является воздействие, которое выброс хладагента имеет на окружающую среду в переводе на эквиваленты CO₂. Косвенным воздействием является CO₂, произведенный для предоставления

энергии пользователю для эксплуатации системы. Данные две оценки используются в подсчете Суммарного Эквивалента Воздействия Потепления (СЭВП).

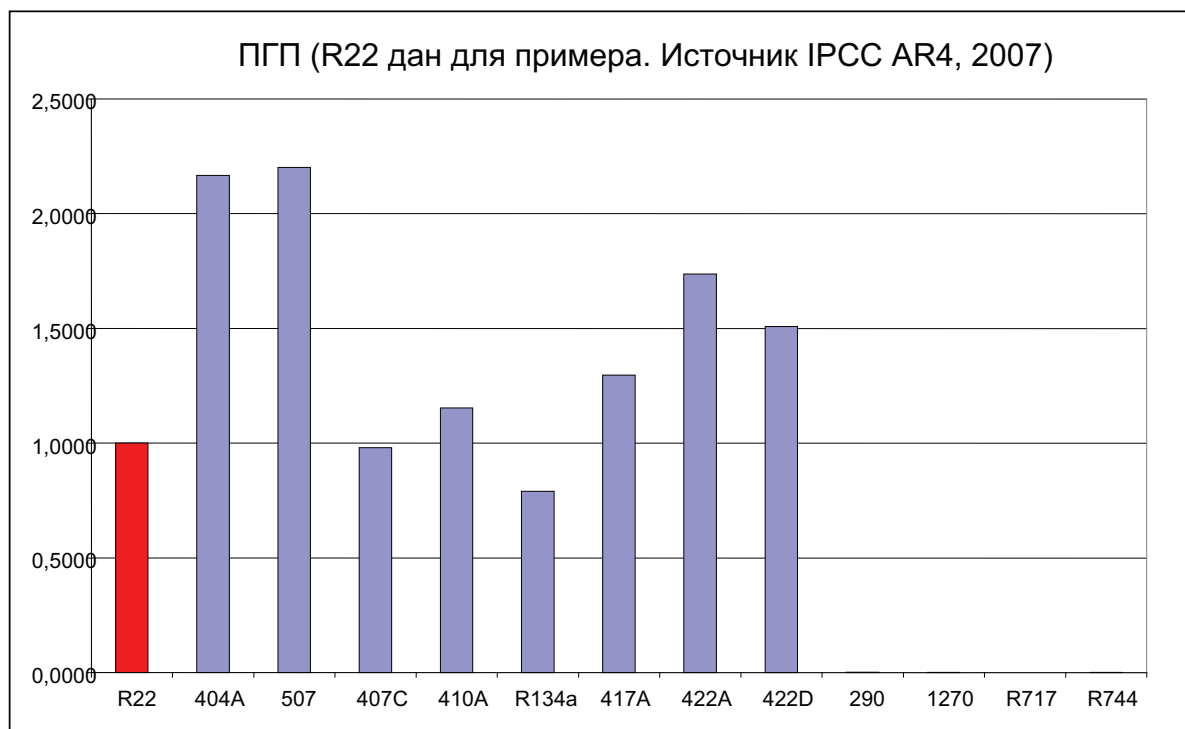


Схема 31: Здесь R22 используется в качестве ссылки и показывает, что большинство основных альтернатив имеют больший ПГП чем R22

Экологический вопрос, конечно, важен, но следует учесть и технические аспекты. Для этого Вы можете вникнуть в большинство деталей, а потом поставить галочки рядом с простыми моделями и способами сравнения. Схема 2 демонстрирует воздействие некоторых хладагентов на экологию. Хладагенты R-407C и R-134a являются единственными хладагентами с меньшим ПГП чем R-22, тогда как природные хладагенты - лучшие в данном сравнении.

Необходимо учитывать массовый расход. В случае модернизации установки это может привести к более высокому падению давления в установке при увеличении массового расхода во всех частях системы. Данный факт иногда игнорируют при сравнении эффективности разных хладагентов. В случае модернизации, где трубы предварительно существовали, это, таким образом, является ограничивающим фактором при выборе нового хладагента. На Схеме 3, кажется, что R-407C прекрасно подходит. Это можно сказать и о R-410A, но как мы увидим позже по данному хладагенту возникают другие вопросы. Массовый расход в R-717 без всякого сравнения является самым простым из всех хладагентов. Однако, следует отметить, что аммиак не совместим с медью, латунью или любыми металлами, содержащими данные металлы. Установку с самого начала необходимо проектировать так, чтобы она соответствовала как для R-22, так и R-717, если ее будут переоборудовать на аммиак после очень тщательного процесса очистки.

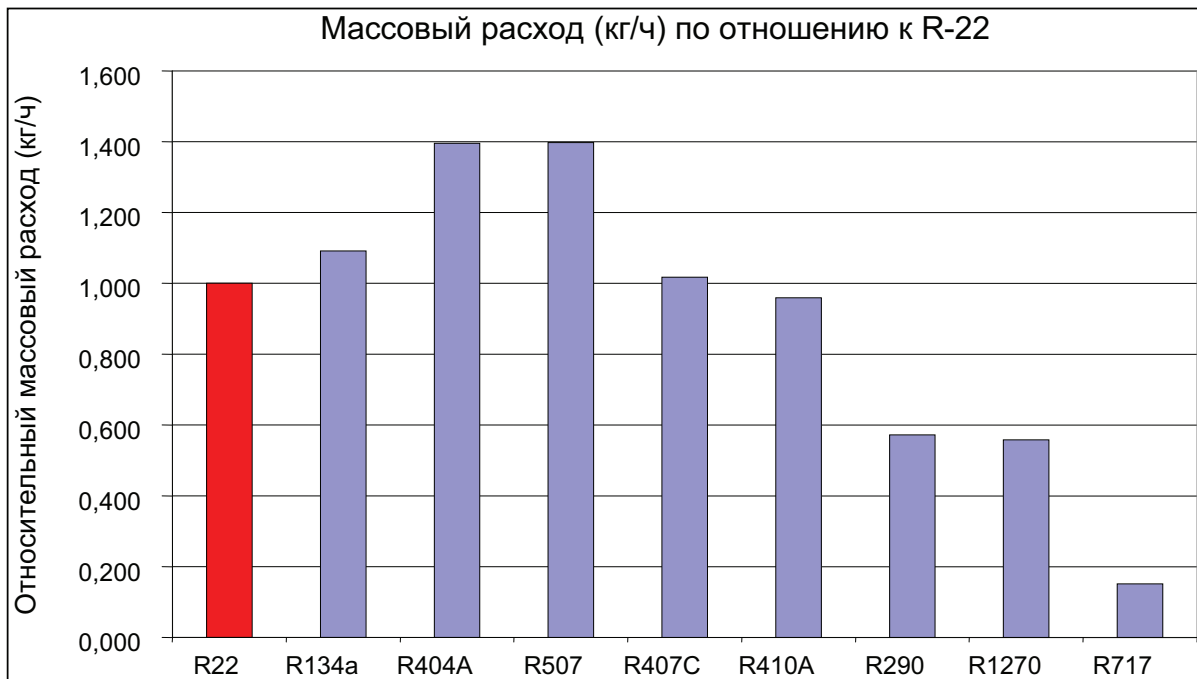


Схема 32: Массовый расход необходимо учитывать при выборе размеров трубы, это важно также при модернизации системы. Очень маленькие трубы в жидкой линии приведут к тому, что жидкость может вспыхнуть, особенно если ее недостаточно охладил. (500 кВт, $T_c=35^\circ\text{C}/\text{SUB}=5\text{ K}/T_e=-10^\circ\text{C}/\text{SUP}=5\text{ K}$)

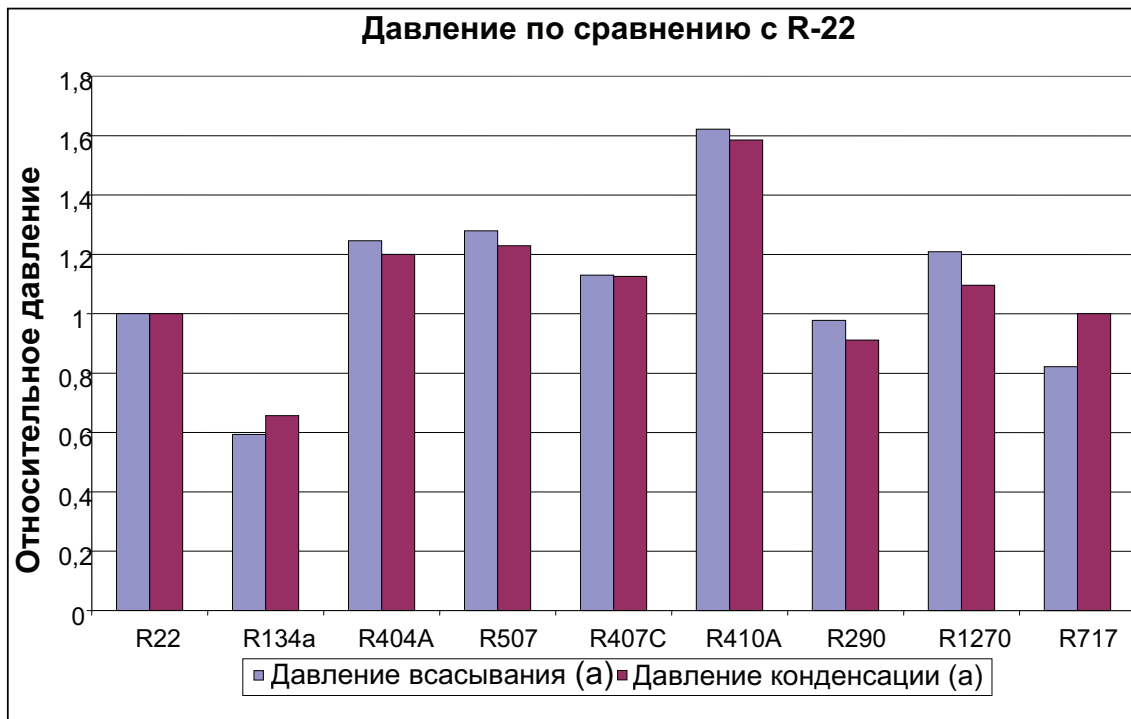


Схема 33: Наиболее используемые альтернативы имеют более высокий уровень давления по сравнению с базовой линией. Это может оказаться проблемным при переоборудовании установки, если система имеет ограничения. ($T_e=-10^\circ\text{C}$, $T_c=35^\circ\text{C}$)

Коэффициент полезного действия (КП) вычисляется холодопроизводительностью (в кВт) поделенной на затраченную энергию (в кВт) для получения данного охлаждения. Данная мера становится особенно важной, так как цена на энергию растет. Используемые данные взяты из разных источников в доступных брошюрах. Так как может существовать небольшое отличие между брендами, это можно обсудить, но общее направление - идентичное.

Схема 5 показывает, что природные хладагенты являются лидерами, а аммиак оценивается достаточно высоко. В некоторых случаях пропан может проявить лучшую эффективность чем аммиак, особенно при более теплом климате, где температура нагнетания является достаточно ограничивающим фактором для системы аммиака. В тепловых насосах пропан может также дать более теплую воду по сравнению с синтетическими хладагентами, потому что он не разлагается на сильные кислоты при повышенных температурах. Однако, вопрос совместимости материалов с аммиаком становится ограничительным вопросом, когда речь заходит о модернизации системы R-22, так как аммиак не совместим с медью, латунью и другими сплавами. В связи с тем, что многие системы R-22 используют бессальниковые компрессоры, их нельзя переоборудовать на аммиачные системы.

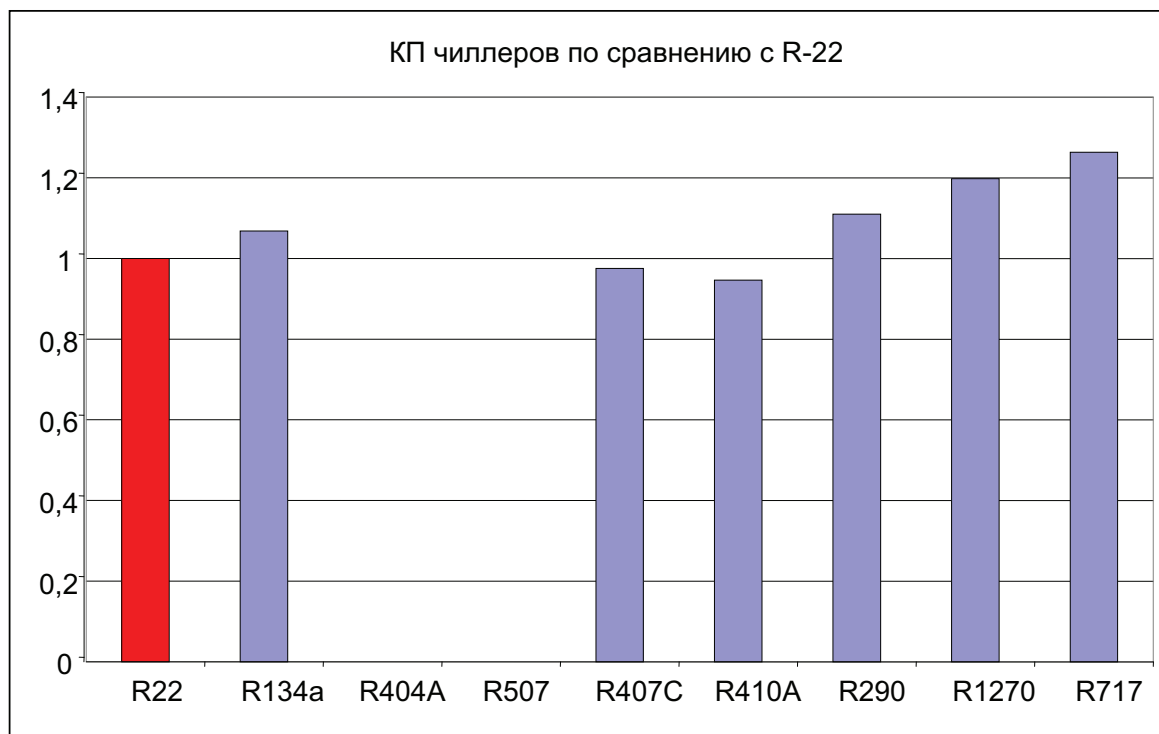


Схема 34: КП очень важен в связи с ростом цен на электроэнергию. В данное сравнение не включены R404A и R507, потому что они редко используются для данной цели. ($T_w = 12^\circ\text{C}/7^\circ\text{C}$, $T_A = 28^\circ\text{C}$).

Какие установки остались?

Перед тем как подумать о переоборудовании может быть стоит посмотреть какие системы имеются на рынке.

Хладагент R-22 часто использовался в бытовом кондиционерном оборудовании. Данный тип оборудования достаточно легко переоборудовать на любой другой хладагент. Предполагаемый период эксплуатации данного типа оборудования - около 7 - 12 лет. Последняя дата установки данного типа оборудования будет гарантировать, что Вы не столкнетесь с большими трудностями на данном рынке. Альтернативные продукты уже имеются на рынке и производятся в миллионном количестве каждый год. Большая часть нового оборудования на рынке сегодня использует ГФУ.

Коммерческие компрессоры и оборудование для систем супермаркетов имеют среднюю продолжительность жизни 10 - 15 лет. Таким образом, можно своевременно запретить использование R-22 до наступления предельного срока заключительного импорта и производства. Большое количество единиц оборудования все еще продается на рынке, как произведенных на заводах, так и сооруженных на месте. Если мы учимся на примере того, что видели в Европе, конечные пользователи будут использовать R-22 до последнего дня, а по возможности и после него.

Промышленные холодильные установки и оборудование могут служить довольно долго и они разработаны именно для этого. Это - именно то оборудование, которое может остаться на рынке еще долго после окончательной даты импорта и производства R-22. Это - оборудование, которое так или иначе придется переоборудовать. В настоящее время большая часть холодильных установок на рынке производится с ГФУ.

Турбохолодильные компрессоры имеют эксплуатационный срок более 50 лет. В настоящее время он является основным рынком не для R-22, а для другого ГХФУ, а именно R-123, который также будет снят с производства вместе с R-22. Некоторые турбохолодильные компрессоры, работающие на R-22, были переоборудованы на R290/пропан с хорошими результатами и минимальной потерей мощности. Основные поставщики изменили свое производство на ГФУ-134а. И только один из основных игроков остался позади с R-123, но им возможно придется изменить свою позицию, так как политический мир продемонстрировал, что даты сокращения производства продлеваться не будут.

Какой путь выбрать?

Это - очень политический вопрос, если рассматривать его со стратегической точки зрения, а анализ развития ситуации и то, что Европа узнала, - другая история. Последние установки, работающие на R-22, в Европе были изготовлены в конце 1990-х и в начале 2000 года. На Европейские промышленные рынки после 1998 года поступило много оборудования, работающего на R-22. Тем не менее еще есть оборудование, которое так или иначе придется переоборудовать.

Промышленное оборудование можно переоборудовать на ГФУ, УВ, или на аммиак. Использование аммиака требует квалифицированных инженеров. Использование УВ во многих случаях потребует существенного изменения всей установки, если это - оборудование с открытым приводом. Таким образом, выбор ГФУ является наиболее верным решением.

Если будут использоваться УВ хладагенты, установку необходимо проектировать с этой целью и площадка должна также соответствовать. Оборудование наружной установки прекрасно подходит в данном случае. Обычно нужна только соответствующая маркировка на входе и ограждение, которое будет служить препятствием для доступа неуполномоченных лиц. Уровень цен для данного оборудования немного выше чем у крупносерийных изделий, но не существует реальной причины для того, чтобы данное исключение в отношении меньших объемов производства сделало их более дорогими. Как только появятся более масштабные производственные объемы, исчезнет причина, по которой данное оборудование должно быть более дорогим, чем системы ГФУ.

Выводы

Политический мир нуждается в установлении правил с тем, чтобы промышленность своевременно избежала их нарушения. Преимуществом является заблаговременное объявление о прекращении использования систем R-22 задолго до окончания эксплуатационного срока оборудования. Сокращение производства повлияет только на некоторых владельцев.

Сравнения различных данных показывают, что природные хладагенты являются очевидной альтернативой R22. Однако, если Вам придется соблюдать действующие положения, данные варианты предназначены в основном для новых установок. При принятии решения о переоборудовании установки важно учесть многие точки зрения в процессе принятия решения. В противном случае, Вам так или иначе придется платить штрафы. Существует очень много аспектов, которые необходимо рассмотреть при переоборудовании системы, что во многих случаях делает невозможным для подрядчика или производителя назвать твердую цену и гарантию на переоборудование.

Сокращение производства R-22 должно произойти, а трудности, связанные с этим, придется преодолеть. Пропан является хорошей альтернативой, если это - тот хладагент, который Вы хотите использовать. Нужно будет рассмотреть конкретную установку, чтобы оценить является ли это хорошей идеей. К тому же, нужно оценить помещение или площадку, где находится установка. С технической точки зрения с этим проблем нет.

Во многих странах самым большим препятствием для использования УВ хладагентов является образование и соответствующее обучение. Технически пропан - очень прост для замены R-22, за исключением того, что он легковоспламеняющийся. Как только Вы поймете как предотвратить аварии, Вы будете прекрасно работать с данными хладагентами.

Регулирование мощности систем охлаждения с помощью винтовых компрессоров и экономайзера

Дитер Моусманн и Дмитро Зайцев, Грассо ГмбХ
Рефриджирейшн Текнолоджи, Германия

Введение

Глобальное потепление в результате парникового эффекта и действий по снижению выбросов CO_2 являются вопросами, которые все больше и больше привлекают общественное внимание. Федеральное Правительство Германии стремится снизить выбросы CO_2 на 20 - 30% к 2020 году. Чтобы достичь этой цели, разработка и введение возобновляемых источников энергии должны подкрепляться действиями энергопотребителей. Технология искусственного охлаждения затрагивается особым образом, так как необходимо учитывать эквивалент CO_2 некоторых хладагентов как непосредственный парниковый потенциал в дополнение к общей поставке первичной электроэнергии для работы системы охлаждения. Обе части CO_2 могут подвергнуться воздействию, с одной стороны, путем выбора хладагента, с другой стороны, диаграммой системы для генерации холода. Доля технологии охлаждения составляет примерно 6% от общего потребления первичной электроэнергии в Германии. Следовательно, снижение потребления первичной электроэнергии представляет особое значение. Данный вопрос рассматривался несколько раз для операции с полной нагрузкой также в сравнении с каскадной системой охлаждения CO_2 - NH_3 [1], [2], [3]. Данный документ рассматривает применения промышленного охлаждения с использованием аммиака в качестве хладагента; однако, утверждения не склонны ограничиваться этим. Документ является призывом к производителям установок внести вклад в снижение тепличного эффекта путем роста эффективности выбора правильного технического решения.

Основные принципы исследования

В системах охлаждения для промышленного использования в основном используется аммиак. Он имеет нулевой CO_2 эквивалент, являющийся положительным экологическим аспектом. Таким образом, меры по снижению парникового эффекта могут исключительно концентрироваться на потреблении электроэнергии системы охлаждения.

Исследованы большие системы охлаждения с температурами испарения ниже -35°C , которые разработаны как однофазовые (одноступенчатые) с экономайзером (Вариант (1)) или двухфазовые (двухступенчатые) (Вариант (2)), используемые в холодильных складах, в пищевой промышленности или охлаждении по ходу технологического процесса.

Оба варианта исследованы при работе с полной и частичной нагрузками и оценены с точки зрения экологии. Критерием оценки является КП – соотношение холодопроизводительности к необходимой потребляемой мощности – представляющее полезный эффект потребляемой мощности. В данном документе КП определено для обеих показателей как снижения потребления энергии, так и экологической нагрузки. Все данные, содержащиеся в документе, применяются к рабочей точке температуры испарения (t_0) = -40°C и температуре конденсации (t_c) = $+35^{\circ}\text{C}$, и с аммиаком в качестве хладагента.

Количество блоков (блок состоит из винтового компрессора, электромотора, маслоотделителя, маслоохладителя, труб и системы контроля, собранных в блок), изготовленных компанией Грассо ГмбХ в 2006 году, демонстрирует, что из доставленных блоков аммиачного винтового компрессора только 23% были разработаны в Варианте (2), а 77% в Варианте (1). Оба варианта рассмотрены в данном документе при полной и частичной нагрузке.

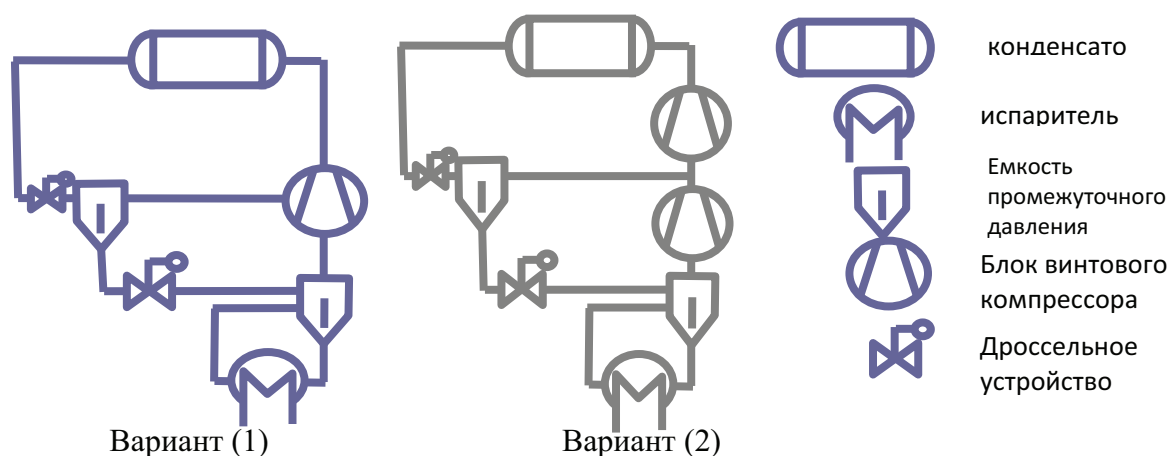


Схема 1: Схематическое представление о схемах хладагента. Вариант (1): Однофазовая компрессия в сочетании с муфтой экономайзера. Вариант (2): Двухфазовая компрессия в сочетании с емкостью промежуточного давления

Вариант (1), однофазовая компрессия в сочетании с муфтой экономайзера

Работа при полной нагрузке

Вариант (1) характерен однофазовой компрессией и двухфазовым расширением сначала от давления конденсации в емкость промежуточного давления, а затем от емкости промежуточного давления до давления испарения. При работе с полной нагрузкой первоначально образованное мгновенное испарение нагнетается при промежуточном давлении в интерлобные пространства роторов, уже отключенных

от всасывания. Это - муфта экономайзера. Теоретически «однофазовую компрессию» можно разделить на две секции, первая секция низкого давления (НД) перед подключением экономайзера, где жидкость, взятая из испарителя системы охлаждения, предварительно сжимается, а вторая секция высокого давления (ВД) после подачи мгновенного испарения, где сжатая жидкость и мгновенное испарение сжимаются вместе до давления конденсации (смотрите Схему 15). Объем мгновенного испарения уменьшается при повышении промежуточного давления, мощность заглатывания в порту экономайзера на компрессоре увеличивается при промежуточном давлении.

Максимальная холодопроизводительность достигается при совпадении мощности заглатывания и объема мгновенного испарения при «балансирующем промежуточном давлении» $p_a = p_z = f(t_a = t_z)$, где p_a - давление в порту экономайзера винтового компрессора, p_z - давление в емкости промежуточного давления, t_a - температура насыщения хладагента при p_a ; а t_z - температура насыщения хладагента при p_z (Схема 2).

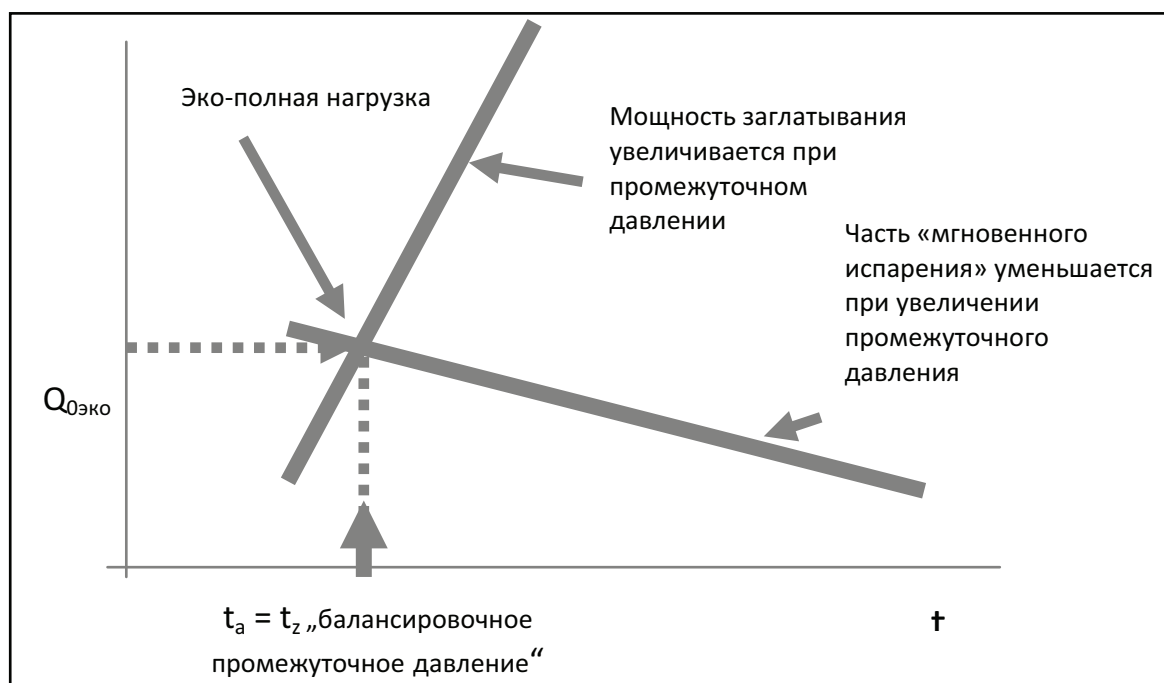


Схема 2: Экономайзер – операция с полной нагрузкой (где Q_0 относится к мощности охлаждения)

При балансирующем промежуточном давлении существует равновесие между мощностью заглатывания компрессора и объемом мгновенного испарения (трангрессия). Мощность заглатывания в порту экономайзера зависит от компрессора. Рассматриваются два принципиальных варианта установки порта экономайзера на компрессоре (Схема 3):

- Установка в корпусе (стационарная), случай А
- Установка в контрольной задвижке (подвижная), случай Б.

В случае А, процесс супер подачи начинается в начале компрессии с максимальным интерлобарным объемом. У компрессора максимальная мощность заглатывания - в порту экономайзера (Схема 4). Сначала кажется, что установка

согласно случаю Б - полезная, так как данная установка допускает подключение экономайзера также при неполной нагрузке. Поскольку порт экономайзера устанавливается в контрольной задвижке, он перемещается вместе с контрольной задвижкой. Однако, процесс супер подачи может начаться только после того как лопастной профиль интерлобарного пространства, решивший в какое мгновенное испарение он намерен войти, прошел конец стороны всасывания контрольной задвижки для того, чтобы данное интерлобное пространство вновь закрылось по отношению к порту экономайзера (смотрите Схему 5). Таким образом, в данном случае у компрессора более маленькая мощность заглатывания, и, таким образом, более высокое балансировочное промежуточное давление (смотрите Схему 6).

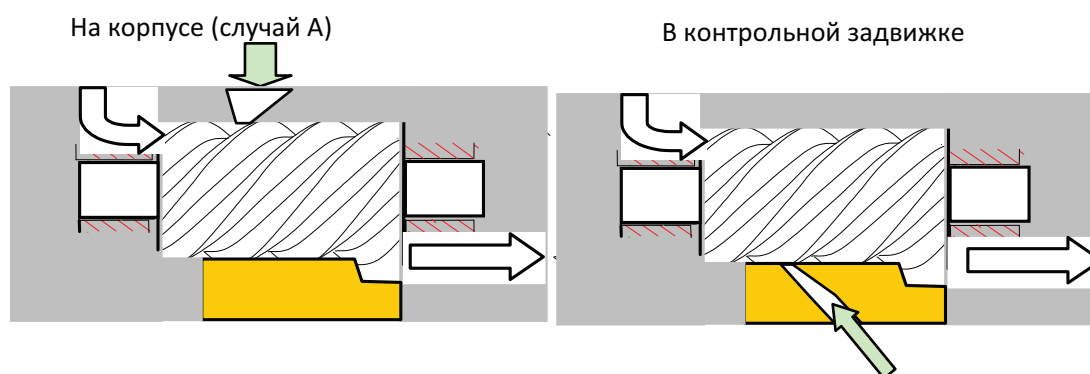


Схема 3: Варианты установки порта экономайзера на компрессоре

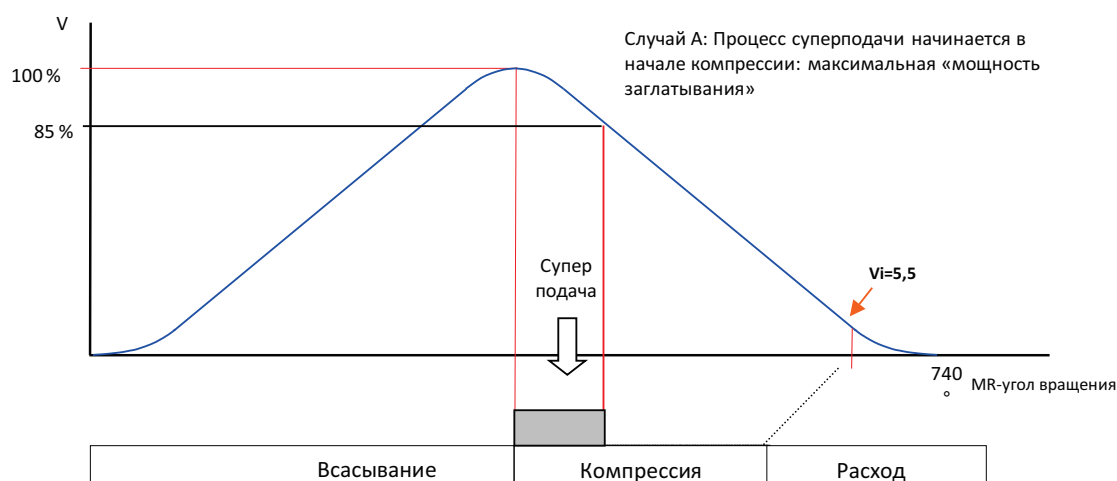


Схема 4: Случай А, Диаграмма объема как функция угла вращения ведущего ротора и рабочих фаз

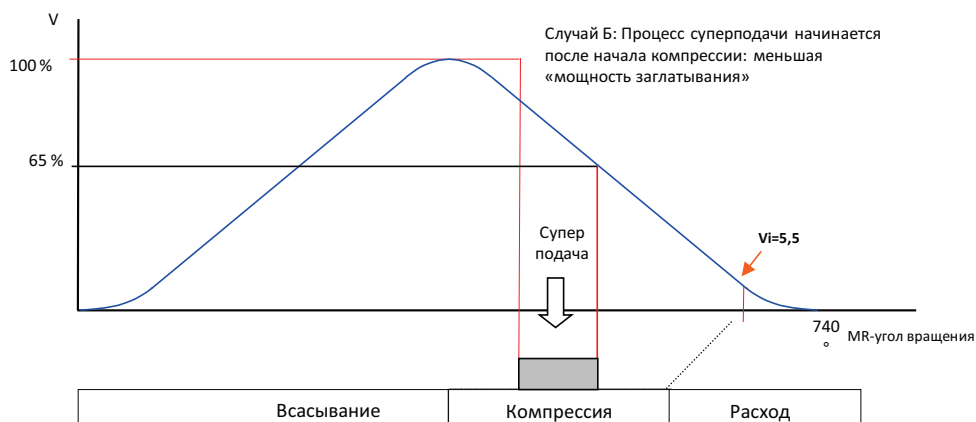


Схема 5: Случай Б, Диаграмма объема как функция угла вращения ведущего ротора и рабочих фаз

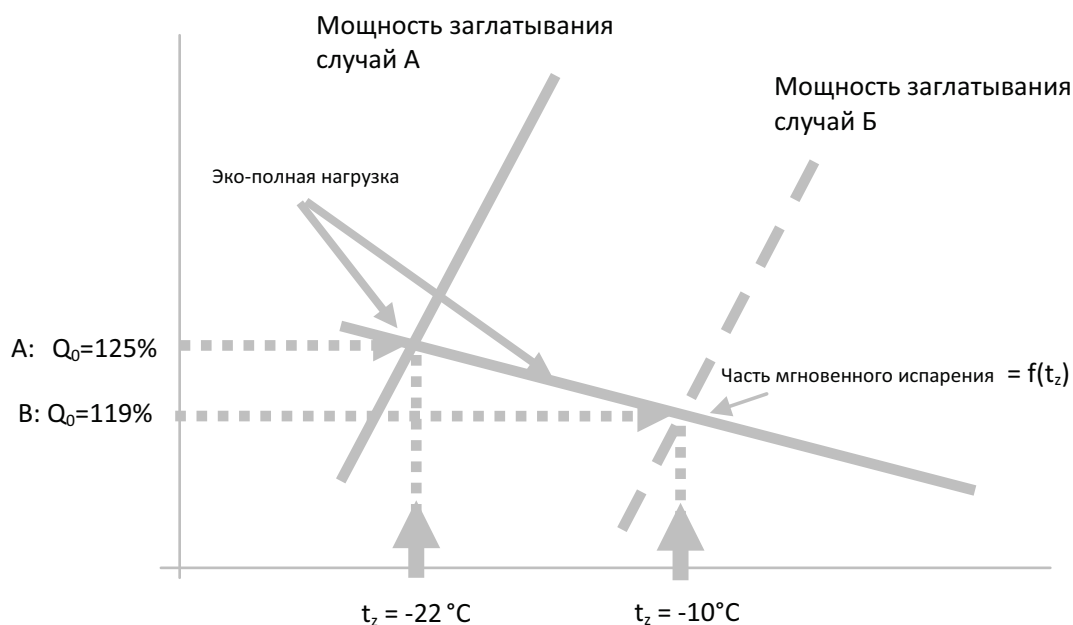


Схема 6: Балансировочные промежуточные давления для случая А (соответствует $t_z = -22^\circ\text{C}$) и Б (соответствует $t_z = -10^\circ\text{C}$), и заключительное увеличение массы в холодопроизводительности при операции с полной нагрузкой, случай А: 125%,случай Б: 119%, оба для системы охлаждения Вариант (1)

Операция при частичной нагрузке

Что касается операции при частичной нагрузке, проверке подверглись плавное регулирование, регулирование скорости и регулирование промежуточного давления экономайзера.

Плавное регулирование

Принцип плавного регулирования показан на Схеме 7. Расход можно менять плавно. Благодаря осевому смещению регулируемой направляющей, часть стены корпуса открывается, закрывая роторы. Захваченная рабочая жидкость может выходить из уменьшающегося геометрического объема до тех пор пока последующий лепестковый профиль междолевого пространства не пройдет через непокрытое междолевое пространство.

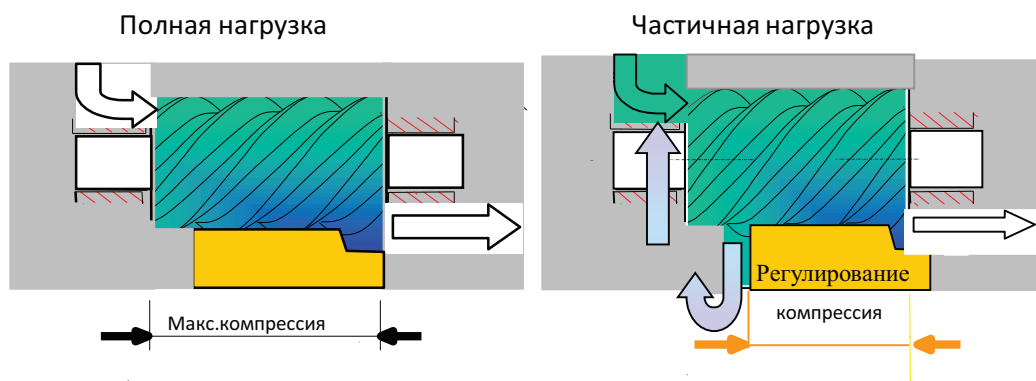


Схема 7: Изменение эффективной длины ротора путем смещения регулируемой направляющей

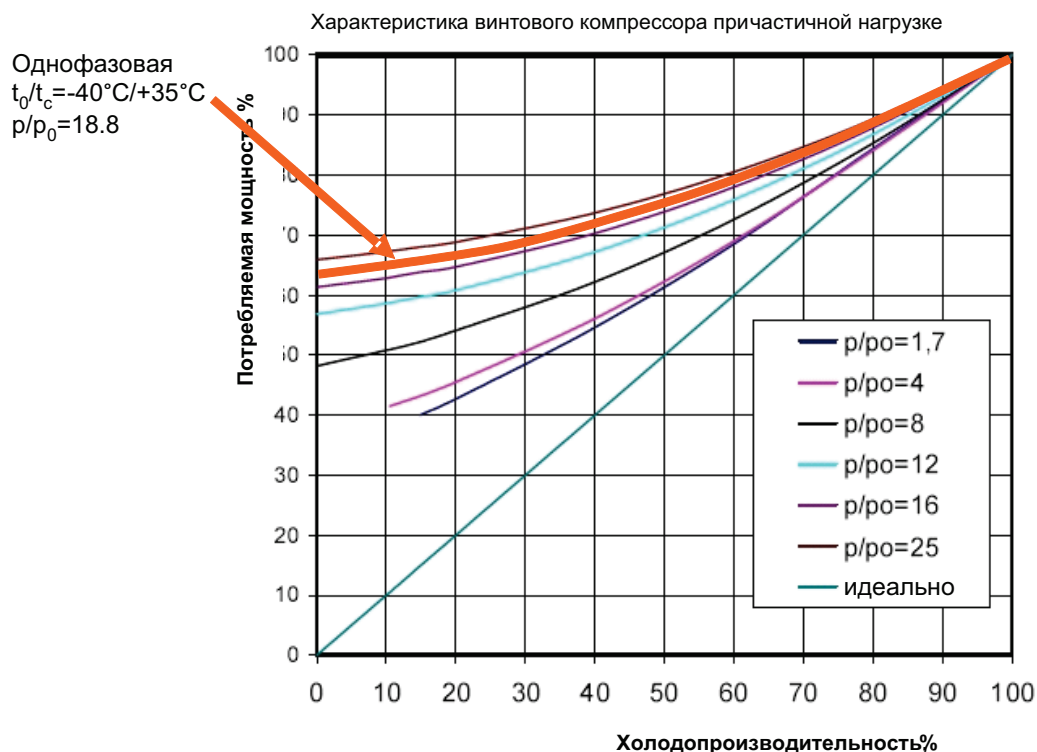


Схема 8: Характеристика винтового компрессора при частичной нагрузке неблагоприятной для коэффициентов высокого давления при однофазовой компрессии

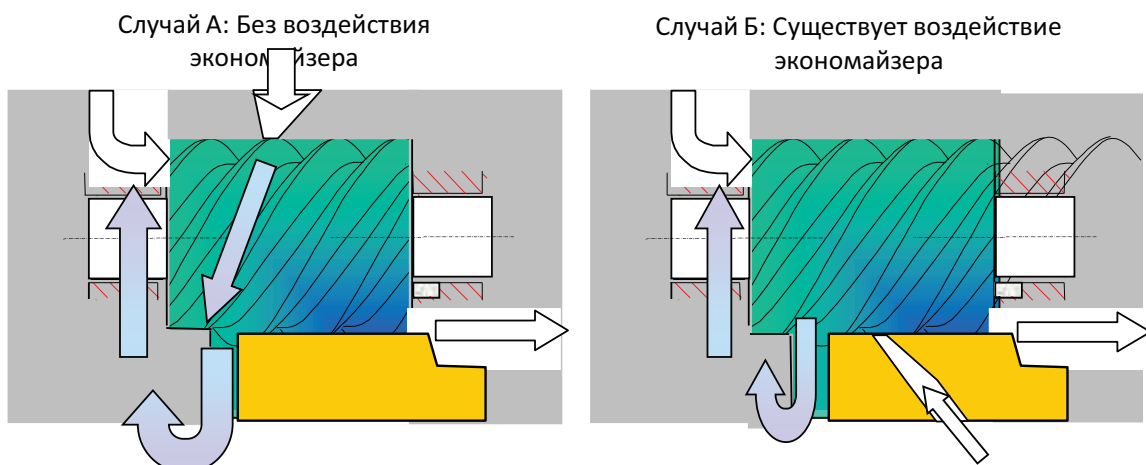


Схема 9: Случай А и Б при частичной нагрузке

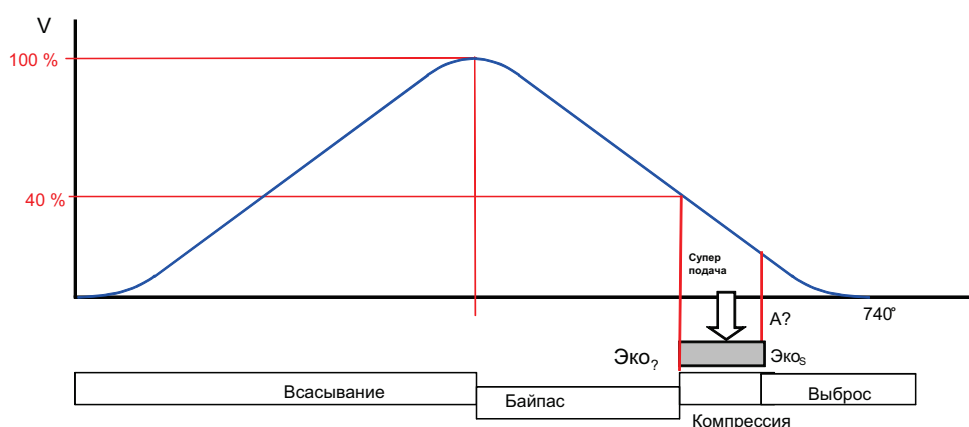


Схема 10: Случай Б при частичной нагрузке <40%: Порт экономайзера подсоединенный к междолевому пространству открытому по направлению к выбросу: Без воздействия экономайзера

Эффективность винтового компрессора уменьшается при увеличении коэффициента давления, как можно увидеть на Схеме 8. При 50% холодопроизводительности и $t_0/t_c = -40^\circ\text{C}/+35^\circ\text{C}$ (соответствует коэффициенту сжатия, являющемуся давлением нагнетания по отношению к давлению всасывания, $p/p_0 = 18.8$) требуется приблизительно 75% потребляемой мощности. При работе с частичной нагрузкой данная достаточно неблагоприятная рабочая характеристика напластовывается воздействием экономайзера, если порт экономайзера устанавливается в регулирующей направляющей (Случай Б).

При частичной нагрузке установка порта экономайзера согласно случаю А вовсе не приводит к влиянию экономайзера, так как мгновенное испарение расширяется до давления всасывания. Благодаря расположению порта экономайзера в регулирующей направляющей, установка порта экономайзера согласно Б является лишь малым сегментом частичной нагрузки между 75% и 100% холодопроизводительности, более благоприятной чем в случае А. Даже при меньшей холодопроизводительности воздействие экономайзера (при том же

расположении направляющей более высокая холодопроизводительность) заставляет регулируемую направляющую смещаться даже больше к району частичной нагрузки, чем без подсоединения экономайзера, и таким образом будет доминировать кривая частичной нагрузки регулирующей направляющей (Схема 8). В результате напластовывания неблагоприятной характеристики частичной нагрузки при коэффициенте давления 18,8, преимущество подсоединения экономайзера с установкой порта экономайзера согласно случаю Б не будет компенсироваться (смотрите Схему 11).

В районе более низкой частичной нагрузки возможность подсоединения экономайзера ограничена одновременным открытием порта экономайзера и нагнетанием (смотрите Схему 10). Для этого Случай Б не используется в больших винтовых компрессорах. Здесь он проверялся только для того, чтобы иметь полную картину.

Регулирование скорости

Регулирование скорости является альтернативой плавного регулирования. Оно часто сочетается с плавным регулированием, например, регулированием скорости от 1500 до 3600 $1/\text{мин}$, и ниже 1500 $1/\text{мин}$ – плавное регулирование (смотрите Схему 11, кривая: однофазовая, экономайзер, преобразователь частоты (ПЧ). Для регулирования скорости необходим преобразователь частоты (ПЧ). Ассоциированная потеря в результате конверсии частоты здесь не принимается во внимание. Ухудшение электрического КПД приблизительно на 1% при полной нагрузке также не рассматривается, поэтому сделанные выводы относятся только к компрессору.

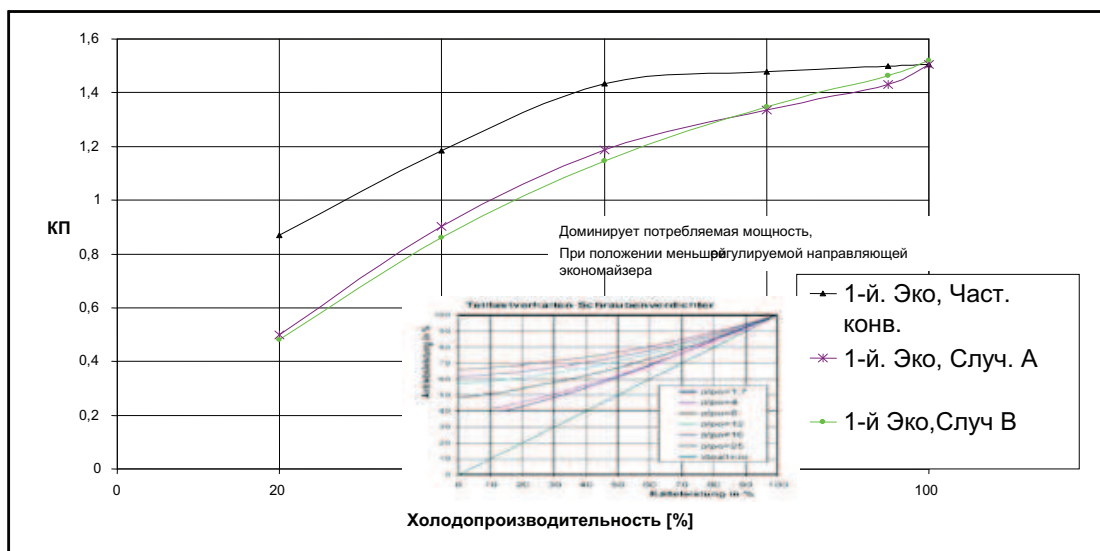


Схема 11: Вариант (1) КП при полной нагрузке и частичной нагрузке для регулирования скорости порта экономайзера, случай А (однофазовый, экономичный, ПЧ), и плавное регулирование с установкой соединительного порта экономайзера на корпусе (однофазовый, экономичный, случай А), и в регулируемой направляющей (однофазовый, экономичный, случай Б)

При работе с частичной нагрузкой контроль скорости представляет наилучшее решение для Варианта (1) с точки зрения эффективности энергии. Даже когда

эффективность экономайзера поддерживается с помощью контроля скорости, КП уменьшится при более низкой скорости, так как потери в зазоре будут доминировать по отношению к меньшему объему расхода всасывания.

Контроль промежуточного давления

При контроле промежуточного давления давление в емкости промежуточного давления увеличивается, начиная от «балансирующего промежуточного давления» с целью понижения холодопроизводительности. В заключение дросселируется регулирующий клапан V_z между выходом емкости промежуточного давления и портом экономайзера компрессора. Регулируемое скольжение остается в положении полной нагрузки. Холодопроизводительность до некоторой степени меняется дросселированием, как это видно на Схемах 12 и 13.

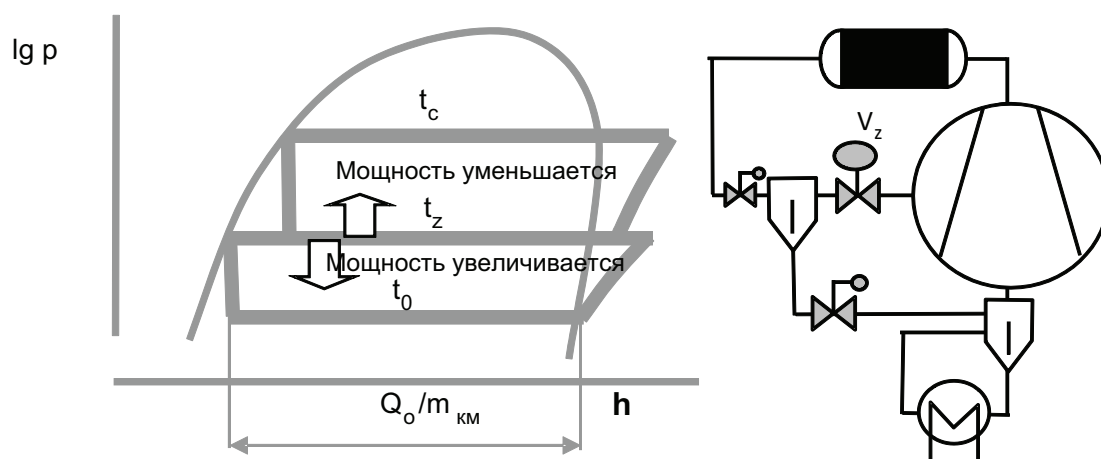


Схема 12: Принцип контроля промежуточного давления в диаграмме p - h и упрощенной системе схематически изображенной с помощью регулировочного клапана V_z между выходом из емкости промежуточного давления и портом экономайзера компрессора

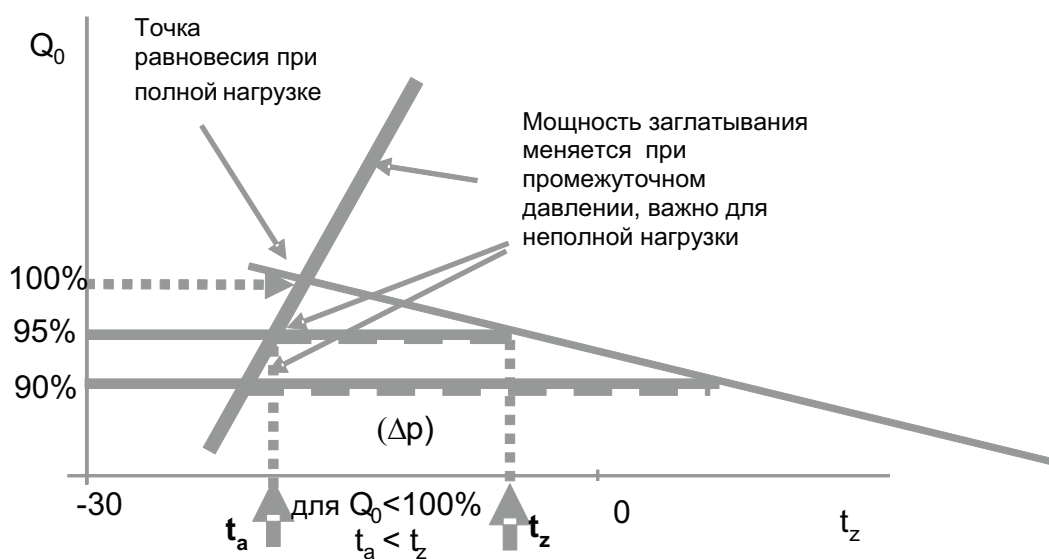


Схема 13: Контроль промежуточного давления

Промежуточное давление регулируется для винтового компрессора с помощью порта экономайзера (компоновка, пример А). Благодаря чрезвычайно высокой теплоте парообразования аммиака (Схема 14), с помощью данного режима регулирования, холодопроизводительность может меняться только в очень незначительном диапазоне между примерно 85% и 100% (смотрите Схема 15). Что касается фторированных углеводородов, например, R507, диапазон регулирования значительно шире.

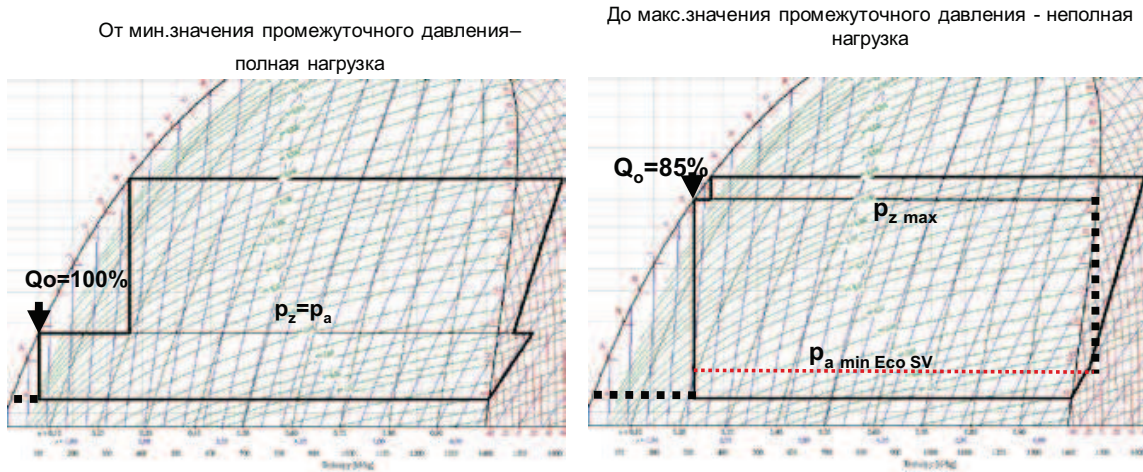


Схема 14: Регулирование промежуточного давления в диаграмме Ph diagram, хладагент NH_3

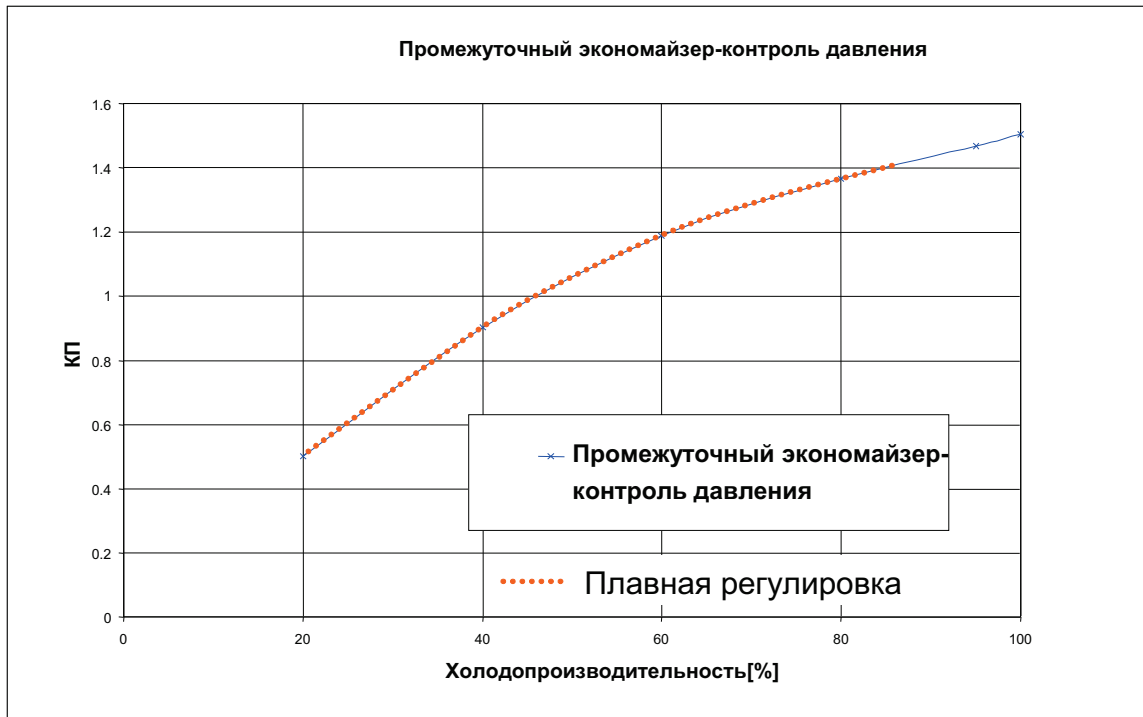


Схема 15: КП неполная нагрузка: Регулирование промежуточного давления в верхнем диапазоне производительности; Плавное регулирование от < 85% холодопроизводительности

Вариант (2), двухфазовая компрессия с помощью емкости промежуточного давления

Конденсат расширяется двумя этапами, как в Варианте (1), в первой фазе от давления конденсации в емкость промежуточного давления, и во второй фазе от емкости промежуточного давления до давления испарения. «Мгновенное» испарение первой фазы расширения подается на компрессию при промежуточном давлении. В Варианте (2), частичные секции компрессии Варианта (1) будут заменены на два отдельных компрессора, одним компрессором низкого давления (НД) и одним компрессором высокого давления (ВД), расположенных один за другим без промежуточного охлаждения (Схема 16). Компрессор ВД работает с помощью перегрева всасывания приблизительно в 50 К.

В результате интенсивного охлаждения процесса сжатия путем введения масла в рабочее пространство, маслозаполненный винтовой компрессор допускает данный режим работы компрессора ВД путем сильного перегрева всасывания без превышения допустимой температуры нагнетания 90°C со стороны нагнетания.

Процессы охлаждения в обоих вариантах (1) и (2), показанные в диаграмме Ph (Схема 15), не отличаются друг от друга. Однако, оба варианта существенно отличаются эффективностью. КП Варианта (2) - работа с полной нагрузкой, которая приблизительно на 20% выше однофазовой компрессии и подключения экономайзера ($t_0/t_c = -40^{\circ}\text{C}/35^{\circ}\text{C}$).

Сравнение Варианта (2) с классической двухфазовой системой охлаждения, в которой отработанный газ после того, как компрессор НД повторно охладится до состояния насыщенного пара, показывает, что Вариант (2) достигает того же КП. В дальнейшем к этому не следует относиться как к классической двухфазовой системе, что потребует два полностью укомплектованных блока винтового компрессора, что повлечет намного больше инвестиций.

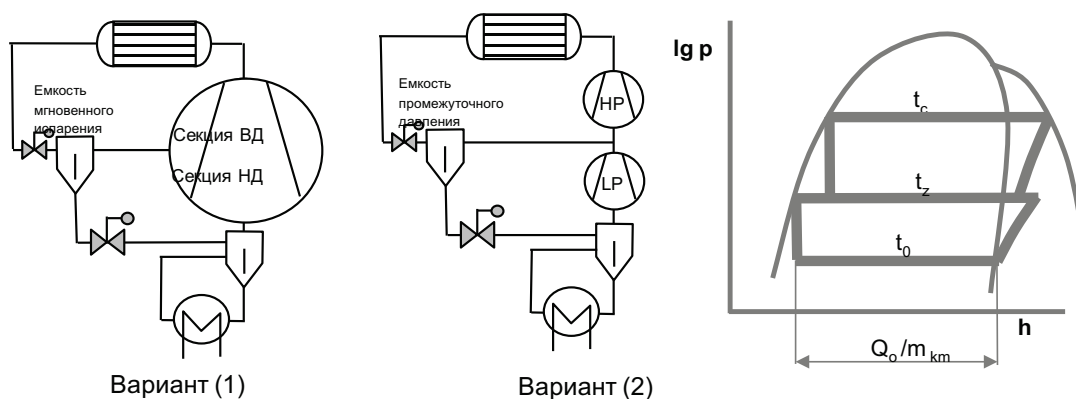


Схема 16: Диаграмма Р и I и р-h для однофазовой схемы охлаждения с экономайзером и двухфазовой системы охлаждения с емкостью промежуточного давления

Вариант (2) при полной нагрузке

В отличие от Варианта (1), балансирующее промежуточное давление является следствием выбора компрессора ВД. Более высокое давление снизит балансирующее промежуточное давление, тогда как более низкое увеличит его. Компрессор ВД - это максимальное КП при полной нагрузке.



Схема 17: Блок двухфазового винтового компрессора, Грассо ГмбХ, Компрессор низкого давления НД и компрессор высокого давления ВД „последовательно“с подключением промежуточного давления, оба компрессора с плавным регулированием

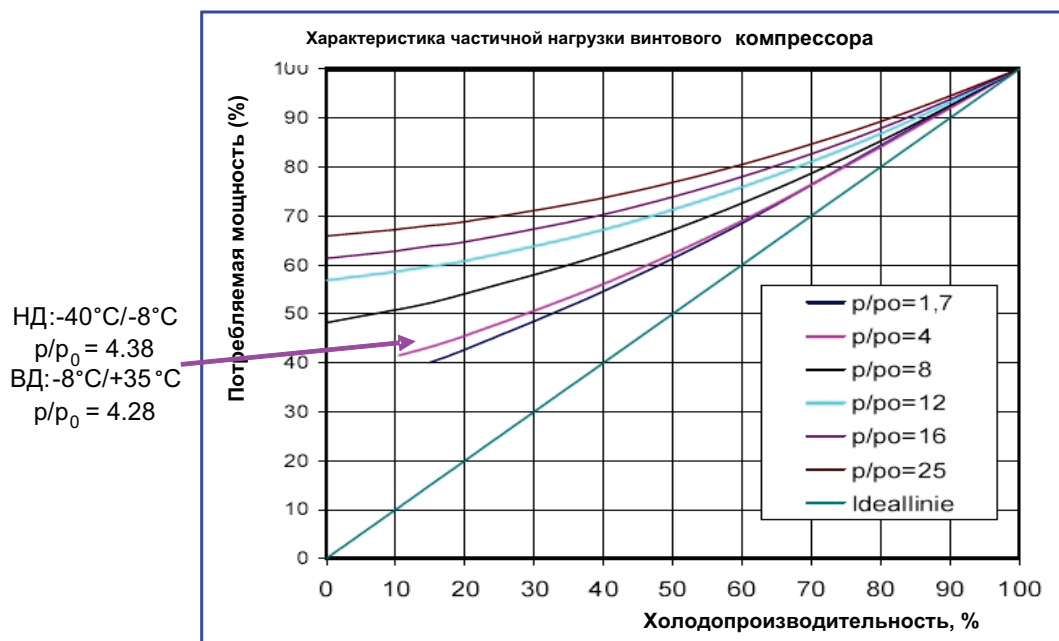


Схема 18: Характеристика неполной нагрузки НД и ВД в искусственном охлаждении

Вариант (2) при неполной нагрузке

При работе с неполной нагрузкой давление испарения и балансирующее промежуточное давление индивидуально контролируются путем изменения пространства перемещения обоих компрессоров.

Плавное регулирование

Оба компрессора, НД и ВД, характеризуются плавным регулированием. Благодаря меньшим коэффициентам давления примерно на 4.4 как для компрессора НД, так и компрессора ВД, необходимая потребляемая мощность значительно отличается при однофазовой компрессии (смотрите Схему 8). При 40% холодопроизводительности, для низкого и высокого давления потребуется 55% потребляемой мощности, значит двухфазовая система охлаждения предлагает также преимущества эффективности над широким диапазоном неполной нагрузки по сравнению с однофазовой компрессией с подсоединением экономайзера.

Регулирование скорости

В данном примере, оба компрессора, НД и ВД, характерны регулированием скорости в пределах 1500 - 3000 ¹/мин. В диапазоне более низкой холодопроизводительности, она плавно регулируется при постоянной скорости 1500 ¹/мин. Кстати, данная комбинация также позволяет проводить запуск винтовых компрессоров без нагрузки. Для этого регулируемое скольжение перемещается в минимальную позицию до запуска компрессора.

При неполной нагрузке с контролем скорости необходимая потребляемая мощность - ниже (смотрите Схему 19) чем с плавным регулированием при постоянной скорости в 2940 ¹/мин. Характеристики КП для двух режимов контроля частичной нагрузки приведены на Схеме 20. Решение о том, какой режим контроля выбрать, следует принимать в зависимости от требований неполной нагрузки. Возможно также сочетание контроля скорости для НД и плавного регулирования для ВД. В данном документе данные варианты детально не рассматриваются.

Сравнение Вариантов (1) и (2) при полной и неполной нагрузке

Сравнение вариантов относится к промышленным системам охлаждения, работающим на аммиаке для температуры испарения -40°C и температуры конденсации +35°C. Сравнение Вариантов (1) и (2) открывает потенциал сохранения экологии как при полной, так и неполной нагрузке, если однофазовая компрессия с подключением экономайзера будет заменена на двухфазовую компрессию с двухфазовым расширением хладагента (смотрите Схему 21).

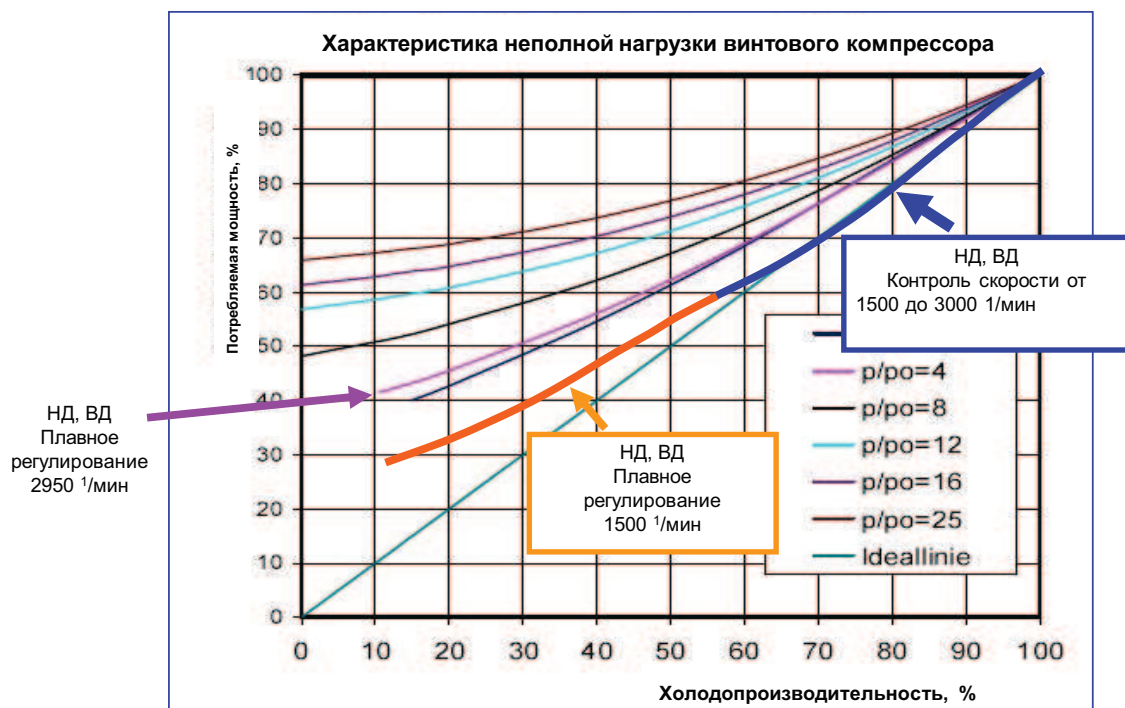


Схема 19: Сравнение плавного контроля /контроля скорости для НД и ВД

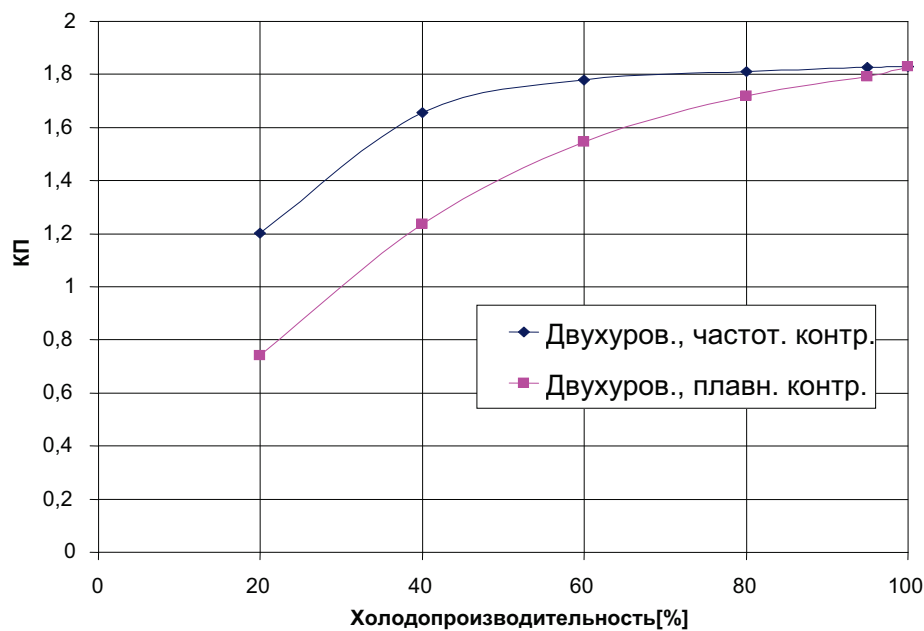


Схема 20: КП неполной нагрузки для плавного регулирования и использование преобразователя частоты (регулирование скорости для ВД и НД)

Эффективность, выраженная КП, лишь незначительно отличается для Варианта (1) в районе неполной нагрузки, за исключением регулирования скорости, оказывающего положительное воздействие при подключении экономайзера. Как регулирование промежуточного давления, так и плавное регулирование не отличаются друг от друга ни при полной, ни при частичной нагрузке в отношении КП для Варианта (1).

Вариант (2) двухфазовой системы охлаждения предлагает потенциал снижения нагрузки от воздействия факторов окружающей среды до 50% по сравнению с однофазовой системой охлаждения с экономайзером.

Несмотря на плавное регулирование между 30% холодопроизводительности и полной нагрузкой, эффективность неполной нагрузки блоков двухфазовых винтовых компрессоров - выше чем у блока однофазового винтового компрессора с подключением экономайзера и регулированием скорости.

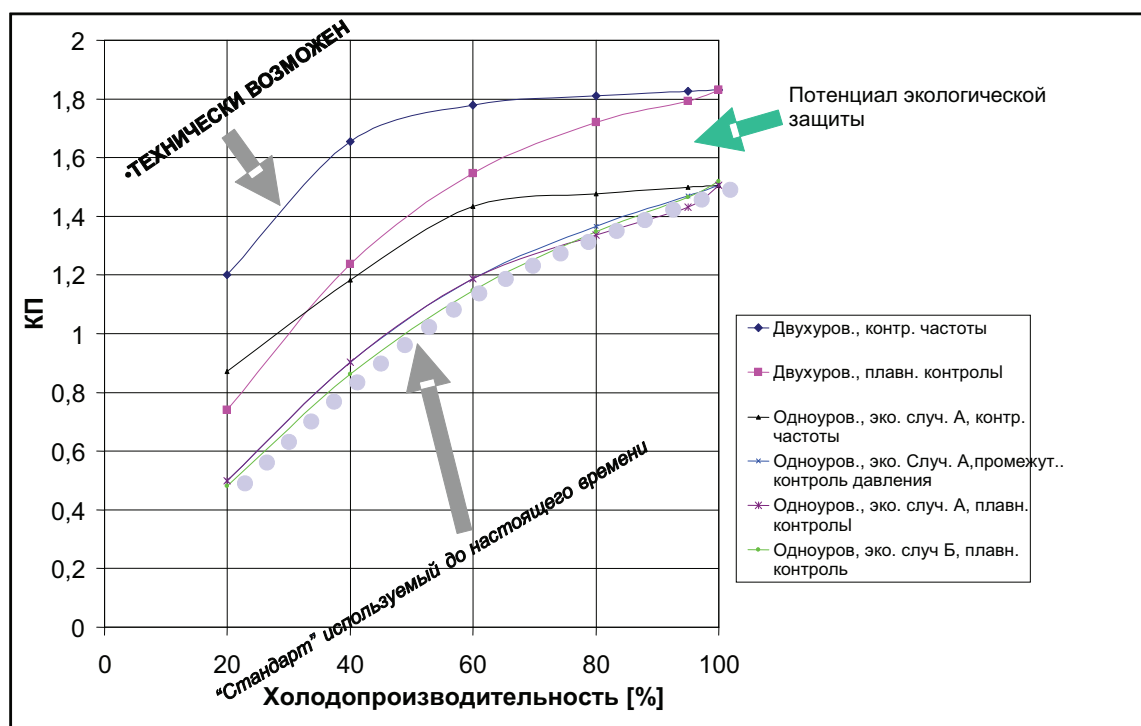


Схема 21: КП неполной и полной нагрузки для Вариантов (1) и (2)

Практическое применение и экологические последствия

Компания Грассо является производителем блоков винтовых компрессоров двух вариантов и поставляет один или другой вариант при запросе клиентов. В 2006 году 23% блоков винтовых компрессоров было доставлено для температур испарения ниже -35°C согласно Варианту (2) для промышленных применений по сравнению с Вариантом (1). Например, 4 крупным низкотемпературным складам, имеющим общую холодопроизводительность 14 000 кВт и работающим при температуре испарения -40°C при температуре конденсации $+35^{\circ}\text{C}$ требуются винтовые компрессоры с общим рабочим объемом цилиндров 73 000 $\text{м}^3/\text{мин}$. В данном случае, расчетная общая потребляемая мощность составляет примерно 7.8 МВт. Если данные низкотемпературные склады будут спроектированы с конфигурацией системы согласно Варианту (1), потребуется мощность 9.6 МВт. Таблица показывает влияние на сокращение эксплуатационных расходов и сохранение экологии путем использования двухфазовых блоков для данных 4 холодильных камер. Однако, они представляют только часть блоков винтовых компрессоров, поставленных для идентичных применений, характерных температурой испарения ниже -35°C .

Если раз в год все клиенты компании Грассо ГмбХ для данной сферы применения предпочтут Вариант (2), выброс CO_2 в атмосферу может быть снижен на 20 000 тонн (при полной нагрузке) в год. При комбинированном режиме частичной-полной нагрузки, при расчете продолжительности работы, потенциал снижения нагрузки на окружающую среду может быть даже выше.

Вариант (1)	Вариант (2)
Необходимая потребляемая мощность: 9.600 кВт	7.780 кВт
Заключение:	$\Delta = 1820 \text{ кВт}$ минус необходимая потребляемая мощность
При 4500 раб.часов/в год:	
✓ Минус электроэнергия	- 8.2 млн кВт.ч/в год
✓ Минус экспл.расходы:	- 1 116 800,-€ /в год
✓ Защита экологии:	
✓ Сниженный выброс CO_2 :	- 4 670 т/в год*
И: 8.2 млн кВт.ч/в год минус выброс тепла в атмосферу	
* Коэффициент преобразования 0.57 кг CO_2 /кВт.ч, источник: евраммон	

Таблица 1: Потенциал снижения экологической нагрузки 4 низкотемпературных складов, спроектированных по Варианту (2) в сравнении с Вариантом (1)

Заключение

Системы охлаждения для промышленных применений ($t_0 < -35^\circ\text{C}$) разработаны однофазовыми с подключением экономайзера или двухфазовыми. Экономическая эффективность обоих вариантов значительно отличается друг от друга. При однофазовой компрессии и подключении экономайзера, КП полной нагрузки на 20% ниже КП двухфазовой компрессии. Преимущество производительности при подключении экономайзера полностью исчезает при неполной нагрузке при холодопроизводительности ниже 85%, при использовании винтовых компрессоров с плавным регулированием.

Несмотря на плавное регулирование, между 30% холодопроизводительности и полной нагрузке, эффективность при неполной нагрузке двухфазовых блоков винтовых компрессоров выше чем у однофазового блока винтового компрессора с подключением экономайзера и регулированием скорости. Повышение КП неполной нагрузки с помощью регулирования скорости также реально для двухфазовых блоков винтовых компрессоров.

С точки зрения охраны окружающей среды в ближайшие годы не будет «обычного бизнеса». Имеется технология по снижению выбросов CO_2 .

Двухфазовые блоки винтовых компрессоров предлагают предпосылку для снижения выбросов

CO_2 . Благоприятный для окружающей среды вариант является также вариантом с низкими эксплуатационными затратами.

Примечания/Ссылки:

- [1] П. Колберг: NH_3 -Chiller für die Erzeugung von Kälte (охлаждения NH_3 для выработки соляного раствора); DKV-Тагунг 1994, Бонн
- [2] П. Колберг: NH_3 -Chiller für die Erzeugung von Kälte (охлаждения NH_3 для выработки соляного раствора); KI 02/1995
- [3] Ф. Мюллер и др.: Anwendung natürlicher Kältemittel im Verdampfungstemperaturbereich -54°C bis -35°C (Использование природных хладагентов в диапазоне -54°C до -35°C); DKV-Тагунг 2006, Дрезден

Пропан в качестве альтернативы R-22 для малых систем охлаждения при высоких температурах окружающей среды

Хайнц Юргенсен, Данфосс Компрессорз ГмбХ, Германия

Введение

Пропан (R-290) рассматривался в качестве замены для ХФУ и ГХФУ с конца 1980-х. У него длинная история в сфере охлаждения и, таким образом, он является достойным кандидатом. Однако, воспламеняемость ограничила его использование. В то время как изобутан (R-600a) стал использоваться в бытовых установках в Западной Европе сразу после сокращения производства ХФУ, R-290 был введен позже, таким образом, заменяя R-134a, R-22 или R-404A в некоторых установках. В Европе, первые страны сократили производство R-22 в 1998 и 2000 годах. Для новых установок 1 января 2004 года была установлена для всего Европейского Союза как дата снятия с производства. Некоторые коммерческие установки охлаждения были переоборудованы на R-290 и уже производятся в течение нескольких лет.

Во многих частях мира хладагент R-22 широко используемый хладагент в стационарных системах кондиционирования воздуха. Запланированное снятие с производства данного хладагента, который все еще имеет некоторый озоноразрушающий потенциал, является, таким образом, основной задачей.

Данный документ рассматривает замену R-22 в маленьких герметичных системах, которые обычно употребляются в коммерческих установках охлаждения. Данное применение R-22 развивается быстрыми темпами на новых рынках.

Хладагент пропан в сравнении

С термодинамической точки зрения пропан является почти идеальной заменой R22. При сравнении этих двух веществ с другими кандидатами для маленьких коммерческих установок, R290 работает очень хорошо. Термодинамические и физические свойства также хорошо подходят для дизайна (конструирования) маленьких герметичных компрессоров и систем.

Для стран с высокими температурами окружающей среды или высокой влажностью такие условия добавляются к термальной нагрузке системы, и, таким образом, необходимо сравнить некоторые важные моменты. Сравняется случай применения промежуточного противодавления (ППД - среднетемпературный), такой как холодильник для бутылок или коммерческий холодильник с температурой испарения -10°C , и случай применения низкого промежуточного давления (НПД - низкотемпературный), такой как коммерческий холодильник или мороженица с температурой испарения -35°C . Для бытовых и идентичных

приборов проектная температура окружающей среды для тропиков составляет 43 °С, которая используется здесь в качестве ссылки. Это ведет к температурам конденсации выше 50 °С, а в случае с ППД даже выше 55 °С.

Рассматриваются хладагенты R-22, R-290, R-134a, R-404A и R-600a. Хладагенты с большим температурным скольжением не обсуждаются.

Лимит	R-22	R-290	R-134a	R-404A	R-600a
Макс.ППД конденсации (°C)	50 - 55	55	55 - 60	50 - 55	55 - 60
Макс.НПД конденсации (°C)	50	55	55 - 60	50	55 - 60
Мин. НПД испарения (°C)	От -30 до -40	-40	От -30 до -35	От -40 до -45	От -30 до -35

Таблица 1: Лимиты применения типичные для маленьких герметичных компрессоров с различными хладагентами.

Из Таблицы 1 видно, что R-134a и R-600a являются более совместимы с более высокой температурой окружающей среды, так как они допускают более высокие температуры конденсации. Это, наряду с другими характеристиками, происходит благодаря более низким давлениям, которые, к сожалению, также приводят к меньшей ёмкости. Это означает что увеличивается необходимый рабочий объем компрессора.

Однако, при более высокой температуре окружающей среды необходимая ёмкость обычно возрастает в связи с более высокой тепловой нагрузкой. Это может компенсироваться с помощью R-22 или R-404A. Но два данных хладагента часто имеют, по крайней мере, для случаев с НПД, ограничения в температуре конденсации до 50 °С, что трудно или невозможно удержать при 43 °С окружающей среды.

Пропан, кажется, является прекрасным компромиссом в данной ситуации, опускаясь до -40 °С при испарении и до 55 °С при конденсации в случаях с НПД.

Исходные данные ограничений

Основой для ограничений в случае применений, указанных для маленьких герметичных компрессоров является дизайн. Компрессоры разработаны с учетом

- Максимального давления нагнетания
- Максимальной разницы давления
- Максимальной температуры нагнетания
- Максимального коэффициента давления
- Ограничений в отводе тепла (при минимальной разнице между температурой конденсации и окружающей среды)

И некоторых других деталей. Рассматривая термодинамические данные хладагентов, можно увидеть какие хладагенты более подходят для конкретного применения.

Компрессоры, которые обычно используют с R-290, должны быть спроектированы и выпущены для R-290 во избежание проблем с надежностью. Компрессоры,

спроектированные для R-22 или R-404A, не следует использовать без разрешения производителя для R-290.

Для сравнения были выбраны два условия, которые представляют работу шкафа-витрины коммерческой морозильной установки и холодильника для бутылок при высокой температуре окружающей среды.

- НПД - Газ при испарении/конденсации/возврате (отсасывании) морозильной установки при -35/50/20 °C
- ППД - Газ при испарении/конденсации/возврате (отсасывании) холодильника для бутылок при -10/55/20 °C

Для проведения некоторых сравнений меняются температура конденсации или температура газа при возврате (отсасывании).

Давление

Схема 1 показывает кривые давления испарения указанных хладагентов над температурой. Осевая линия давления ограничивается 25 bar, что является обычным значением для максимального давления нагнетания. При давлении нагнетания возрастают также разница давления на поршень и воздействие на механических детали.

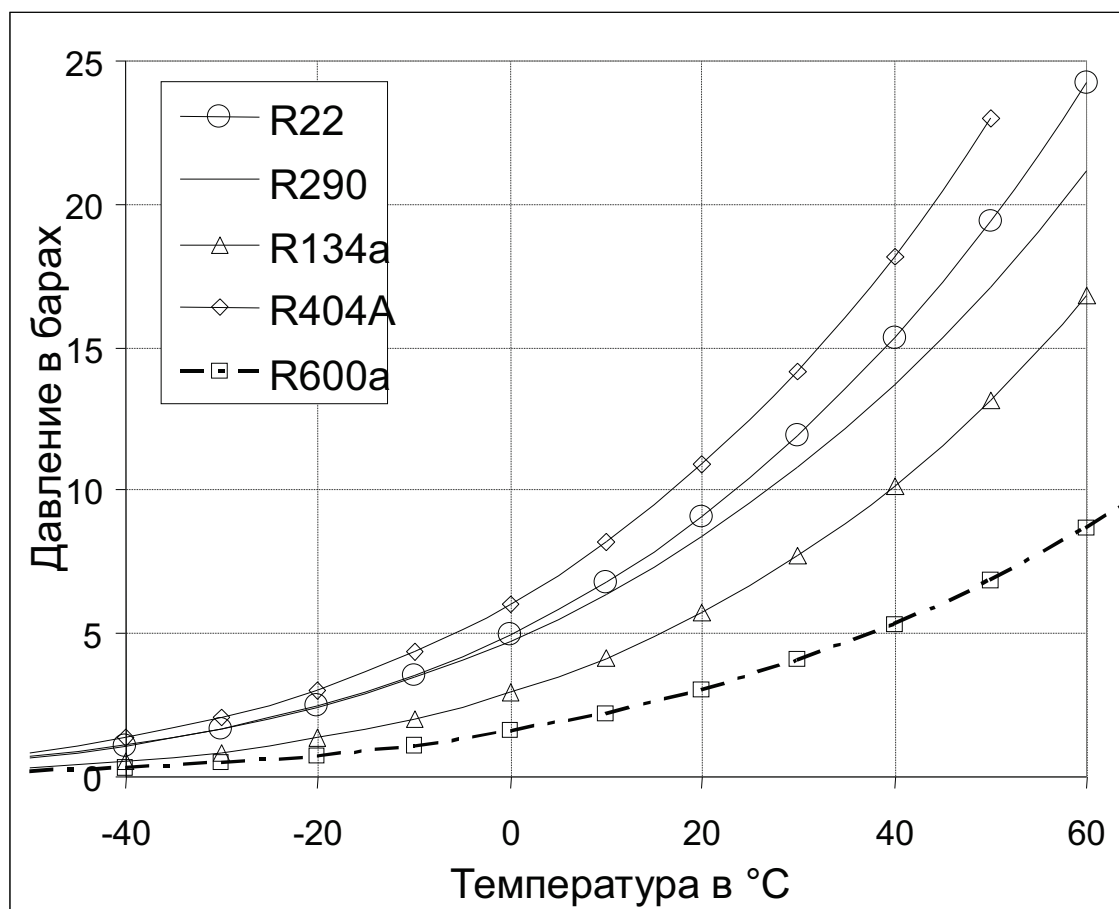


Схема. 1: Кривые давления испарения хладагентов

R-404A не превышает 25 bar при чуть более 50 °C. Остальные четыре хладагента остаются ниже 25 bar при 60 °C. Таким образом, ограничение температуры

конденсации могло основываться на температуре нагнетания или коэффициенте давления.

Холодопроизводительность хладагента является значением, которое в значительной степени зависит от давления испарения. Данное значение описывает мощность охлаждения, поставляемую при заданных условиях с помощью нагнетания, например, 1 м³/с пара хладагента. Это означает, что хладагенты с более низким давлением нуждаются в большем объеме нагнетания и трубах большего размера для той же мощности охлаждения.

Таким образом, для коммерческих установок охлаждения R600a ограничивается маленькими установками. R-134a может использоваться для более крупных установок, но, в основном, используются R-22 и R-404A.

Коэффициент давления

Схема 2 показывает коэффициент давления указанных хладагентов при -35 °C фиксированного испарения, при увеличении температуры конденсации. Два хладагента с более низкими уровнями давления, R134a и R600a, демонстрируют более высокие коэффициенты давления по сравнению с другими. Это приводит к более сильному воздействию закрытого объема в камере сжатия, что является причиной ограничения в падении температуры испарения и подъему температуры конденсации.

R-404A демонстрирует несколько более низкие коэффициенты по сравнению с R-22, но R-290 показывает самый низкий уровень коэффициента давления среди всех выбранных 5 хладагентов. Это означает, что кривая давления R-290 ниже при наклоне по сравнению с R-22, имея почти тот же уровень при около -40 °C.

Это означает, что компрессор R-290 имеет прекрасный шанс хорошо работать при условиях НПД.

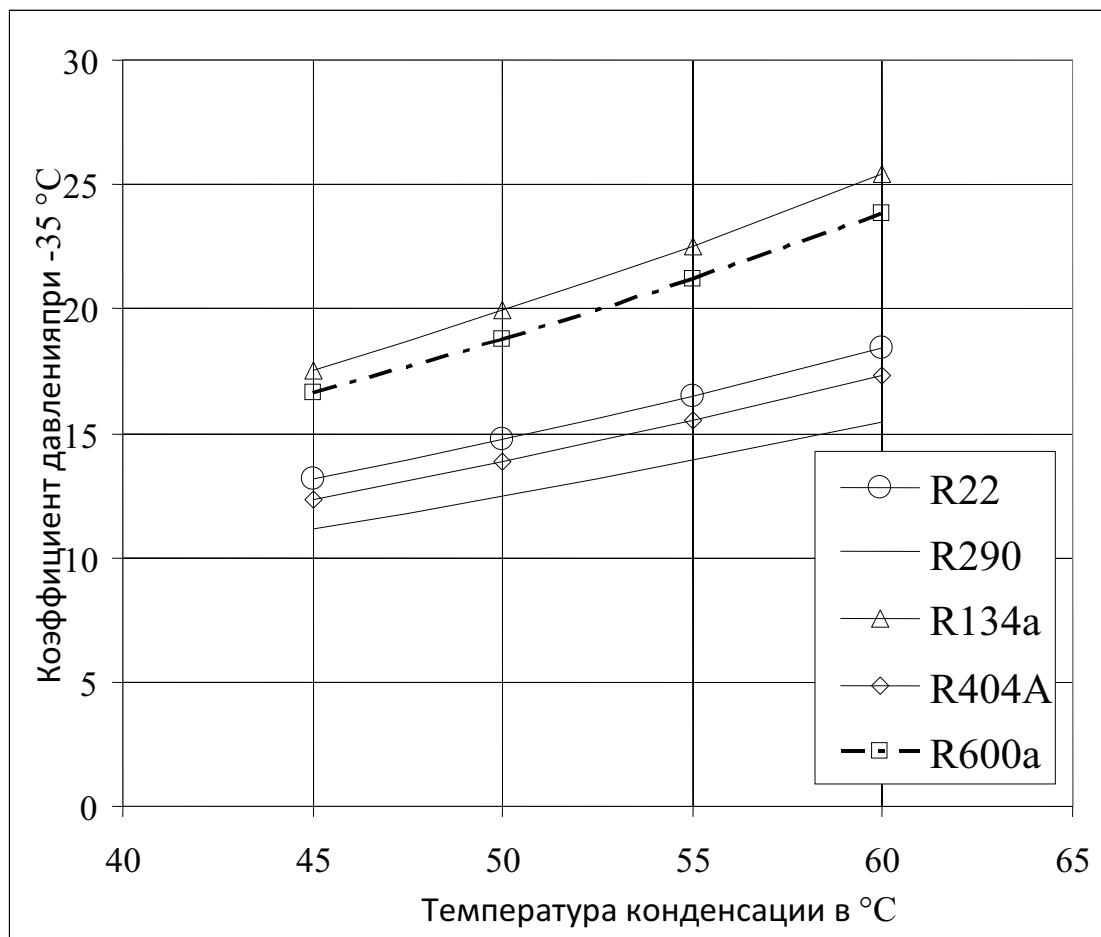


Схема 2: Коэффициент давления хладагентов по отношению к температуре конденсации, при температуре испарения -35 °C

Температура нагнетания

Данное значение возрастает с помощью коэффициента давления и отличается у разных хладагентов. Очень высокая температура нагнетания может ухудшить смазочное масло, которое закачивается в небольших количествах с хладагентом. Схема 3 показывает теоретическое значение для температуры нагнетания при выбранной рабочей точке НПД, при изменении температуры обратного газа. На температуру газа в обратном трубопроводе влияет теплообменник приемной линии, который входит в большинство капиллярных систем расширения. Высокие температуры обратного газа избегают конденсации влажности на приемной линии. При низких температурах приемную линию необходимо должным образом изолировать. Он также входит в системы, работающие на УВ или ГФУ благодаря улучшению коэффициента Полезного Действия (КП).

Схема 3 демонстрирует температуры нагнетания для R-22 приблизительно на 40 К выше чем для R-290, R-134a и R-404A, которые очень близки. R-600a устанавливается даже примерно на 10 К ниже. Реальные температуры нагнетания, появляющиеся в нагнетательном клапане, следует рассматривать более высокими, так как компрессия - не идеальная, а газ в обратном трубопроводе дополнительно нагревается двигателем компрессора до сжатия.

Высокая температура нагнетания при использовании R-22 в случаях НПД при высокой температуре окружающей среды кажется критической. Это является причиной ограничения температуры сжатия компрессоров НПД больше чем ППД, работающих на R-22.

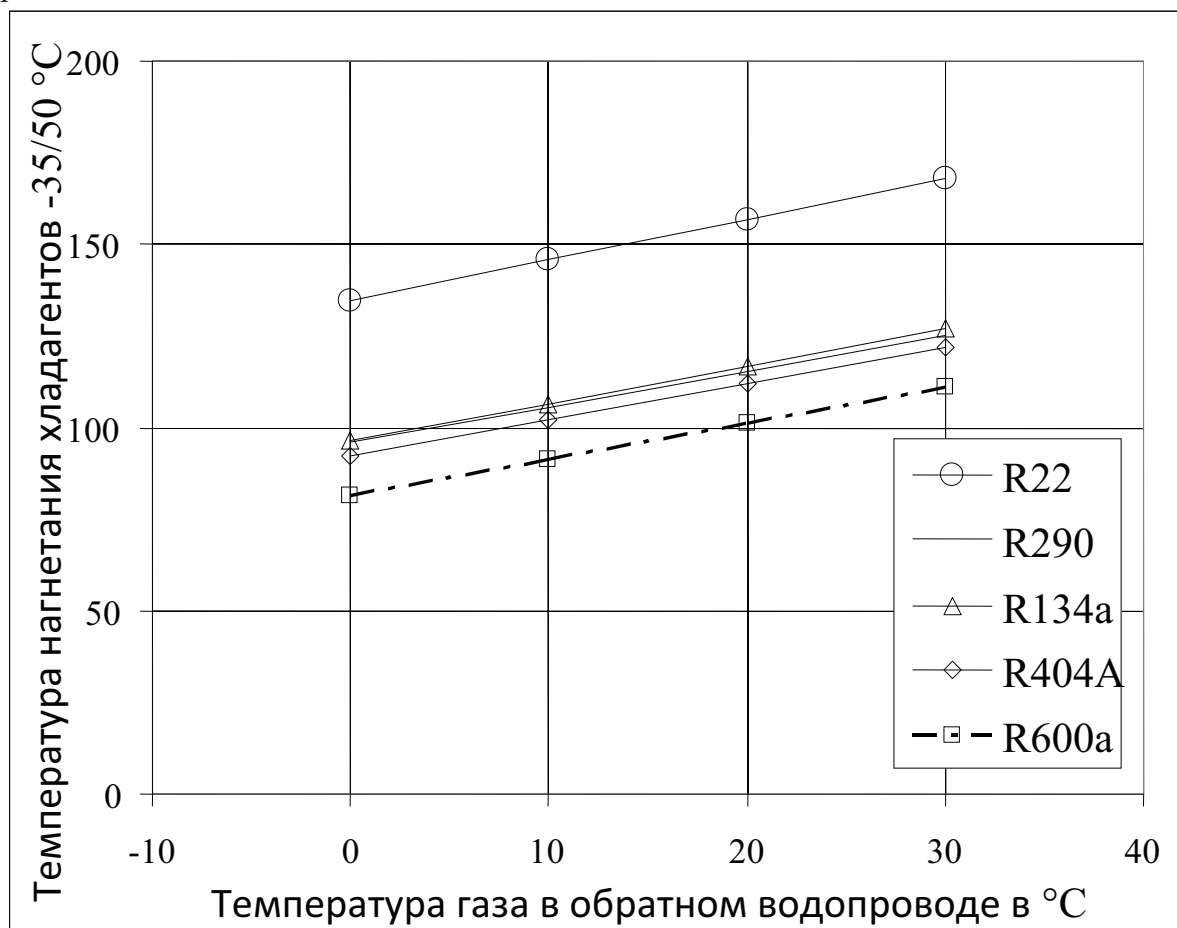


Схема 3: Температура нагнетания хладагентов по отношению к температуре газа в обратном трубопроводе

Воздействие высокой температуры сжатия

Высокая температура окружающей среды ведет к высокой температуре сжатия, где системы охлаждения спроектированы для отвода тепла в окружающую среду. Это типично для заводской заглушки в установках. Так как высокая температура окружающей среды увеличивает также и тепловой поток в установку, здесь сравнивается воздействие температуры сжатия на холодопроизводительность и КП.

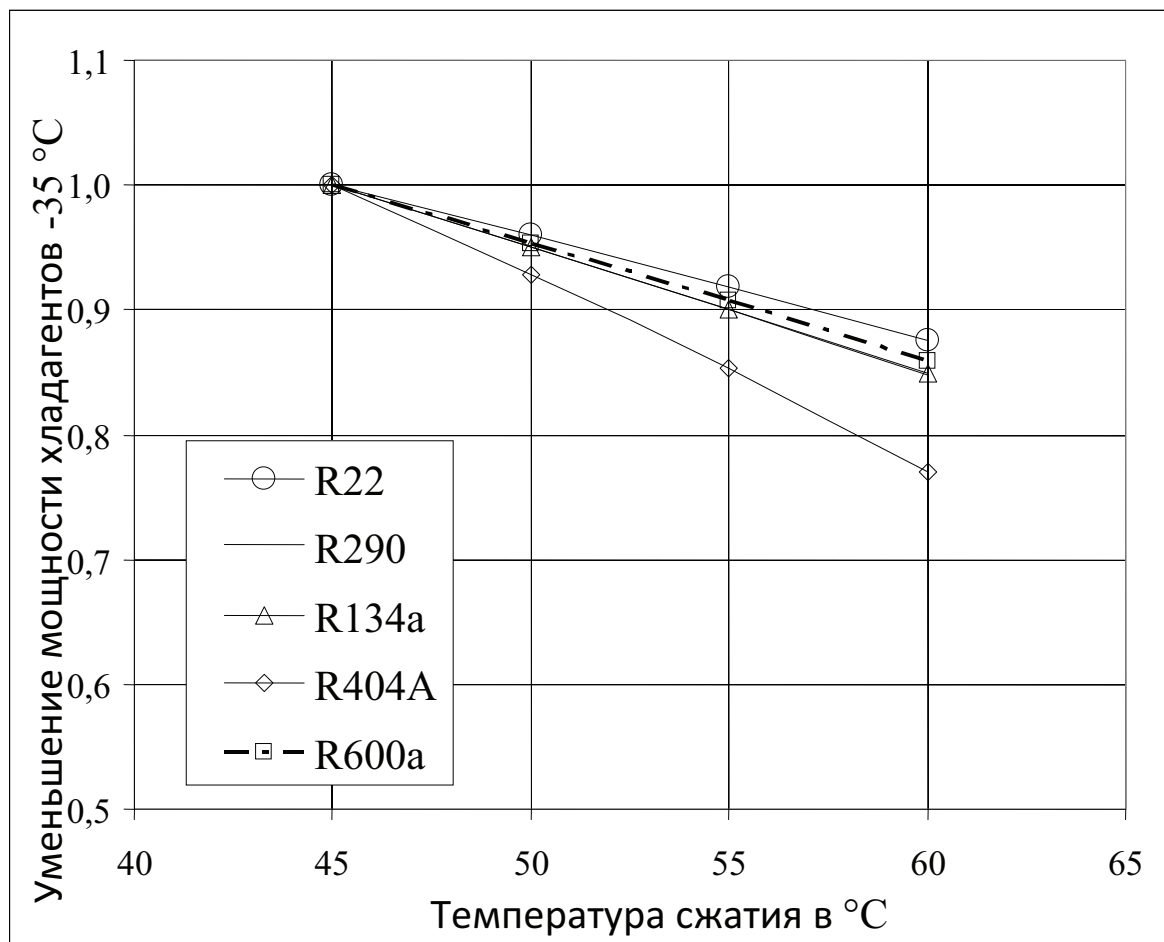


Схема 4: Уменьшение мощности хладагентов при увеличении температуры сжатия

Схема 4 показывает влияние возросшей температуры сжатия на емкость охлаждения указанных хладагентов. Начиная с 45 °C сжатия, увеличение не имеет идентичного воздействия на R-22, R-290, R-134a и R-600a, теряя от 12 до 14 % мощности при том же объемном расходе при 60 °C.

Для R-404A потеря составляет приблизительно 23 % при таких же условиях. В основном, это происходит в результате низкой критической температуры приблизительно 70 °C для R-404A. Это делает R-404A сомнительным кандидатом для высоких температур окружающей среды.

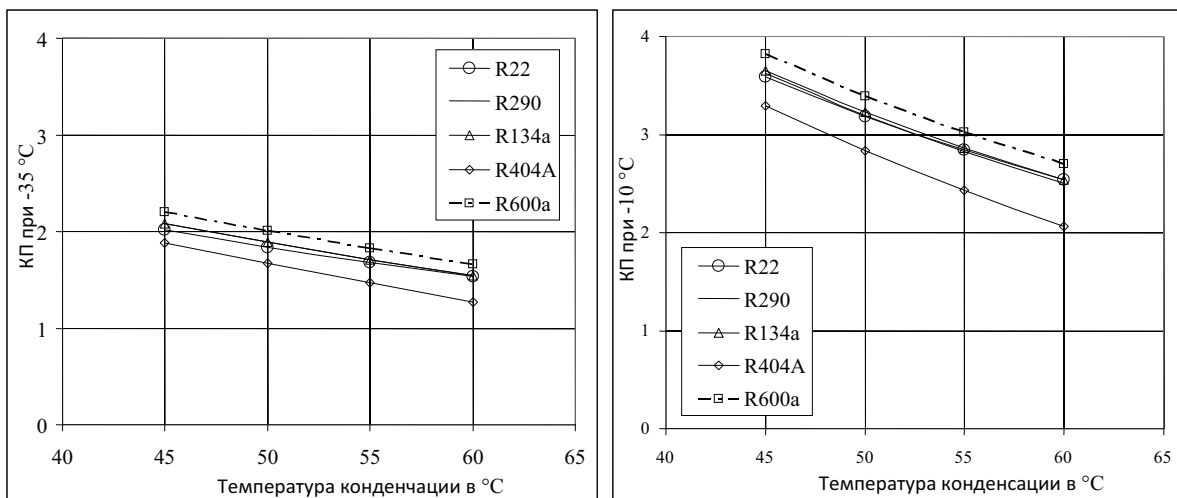


Схема 5: Теоретический КП хладагентов при условиях НПД и ППД при изменении температуры конденсации

Значения теоретического КП, показанные на Схеме 5, не учитывают потери компрессора, на которые влияют другие, уже обсуждаемые условия. Это приводится лишь для сравнения хладагентов без потерь для системы. Относительное положение хладагентов сильно не отличается в отношении температуры сжатия или температуры испарения - НПД или ППД.

Теоретические значения для R-600a немного выше чем у R-22, R-290 и R-134a, которые очень близки. Однако, преимущество приблизительно в 5 % является в основном теоретическим, так как R-600a имеет низкую объемную производительность, которую можно должным образом использовать только в случаях с очень маленькими коммерческими установками или бытовыми электроприборами

Значения для R404A также ниже значений других кандидатов.

Сводные данные термодинамических характеристик

Наименование	R-22	R-290	R-134a	R-404A	R-600a
Давление	0	0	+	-	+
Коэффициент давления НПД	0	+	-	0	-
Температура нагнетания	-	+	+	+	+
Емкость	+	+	-	+	-
Потеря мощности	0	0	0	-	0
КП	0	0	0	-	+

Таблица 2: Работа хладагентов при обсуждаемых условиях (0 допустимо, + хорошо, - проблематично)

Суммируя различные термодинамические аспекты, R-290 можно использовать в качестве замены R-22 во многих коммерческих установках охлаждения НПД и ППД. Это - единственный кандидат, который очень близок R-22, а по некоторым аспектам даже превосходит его. Более низкий коэффициент давления и более низкая температура нагнетания позволяют использовать его даже для случаев, где

R-22 является проблематичным. Это также немного компенсирует недостачу мощности менее 10 % в случаях с ППД.

ОБОРУДОВАНИЕ С ПРОПАНОМ

Коммерческие установки, перечисленные в Таблице 3, грубо отобраны в порядке количества проданных установок. Большой рынок унитарных кондиционеров не приводится, так как Данфосс не обслуживает его компрессорами.

Холодильная камера для бутылок	ППД
Мороженица/ коммерческая морозильная установка	НПД
Коммерческий холодильник	ППД
Холодильная камера для пива	ППД
Автомат для напитков	ППД
Влагопоглотитель	ВПД
Охлаждение электронного оборудования	ВПД
Тепловой насос	ВПД

Таблица 3: Применения в маленьких герметичных системах

Таким образом, в основном будет использоваться ППД плюс коммерческие морозильные установки и мороженицы с НПД. К сожалению, увеличенная мощность обычно также нуждается в большей заправке хладагентом. Благодаря ограничениям в правилах техники безопасности, охлаждающая способность практически ограничивается на период использования компонентов стандартной системы. Таким образом, проектирование также ограничивается капиллярными системами расширения.

В 2000 году компания Данфосс Компрессорз внедрила объединенную серию компрессора НПД/ППД для пропана в диапазоне 5 - 21 см³. Данный диапазон был расширен до 3³ см³ чистыми НПД компрессорами от 12 до 21 см³ оптимизированными клапанными системами, увеличивающими мощность.

Так как компрессоры с пропаном имеются на рынке, компания Данфосс Компрессорз вместе с клиентами протестировала данный хладагент на ряде установок разных размеров

- Холодильная камера для бутылок
- Холодильная камера для пива
- Коммерческая морозильная установка
- Автомат для напитков
- Маленькая мороженица
- Демонстрационная морозильная установка и морозильная камера

Сравнивались в основном R134a и R404A, но в некоторых случаях также R600a и CO₂. В целом, было обнаружено, что R290 не работал хуже чем R134a или R404A, а в основном даже лучше чем R404A. Таким образом, эффективность улучшилась в диапазоне от 0 до 10 %.

В некоторых случаях модификации были необходимы для снижения заправок R290 ниже 150 г. Это могло выражаться в разных размерах трубы испарителя и изменении капиллярного расширения.

Недостаток мощности R290 против R404A при случаях с НПД был меньше предполагаемого, возможно потому что частично компенсируется более низкий коэффициент давления R290.

ПРОПАН В ПРАВИЛАХ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Компания Данфосс рассматривает работу согласно данным правилам по использованию R290 как определяющую и настоятельно рекомендует получить также разрешение третьей стороны в странах, где утверждения не являются обязательными. В некоторых странах могут применяться дополнительные правила или законы по использованию легковоспламеняющегося хладагента. Это необходимо изучить производителю оборудования.

Электрические правила техники безопасности для промышленных сменных приборов

Ряд международных стандартов по электробезопасности не содержит правил по проектированию и тестированию приборов, работающих с воспламеняемыми хладагентами. Данные правила действуют во многих странах, в некоторых из них следующие стандарты являются обязательными.

- МЭК 60335-2-24 Бытовые холодильники и морозильные установки
- МЭК 60335-2-34 Компрессоры со встроенным электродвигателем
- МЭК 60335-2-89 Коммерческие холодильники и морозильные установки
- МЭК 60335-2-40 Тепловые насосы, кондиционеры и влагопоглотители

Части -2-24 и -2-89 содержат правила об ограничении воспламеняющегося хладагента в цикле до максимального значения в 150 г. Часть -2-40 в настоящее время действует до приблизительно 5 кг пропана на прибор.

До 150 г заправки, правила рассматривают технику безопасности, которые тщательно затрагивают наименование и тестирование прибора. Правила выше 150 на установку, расположение, сервис, документация и техническое обслуживание включены в часть -2-40, для видов приборов, указанных в данной части.

Данный свод правил МЭК не поддерживает использование R-290 в приборах во многих странах мира безопасным образом. Но такие приборы как некоторые торговые автоматы могут быть слишком сложными для производства с воспламеняющимся хладагентом.

Предложения по расширению части -2-89 для торговых установок до 0.4 или 0.5 кг до сих пор успешно не реализованы. Это потребует от производителей данных установок совместной работы с комитетами по стандартизации.

Директива по оборудованию, работающему под давлением

Европейская Директива 97/23/ЕС, Директива по оборудованию, работающему под давлением (ДОД), является примером регионального положения, затрагивающего также и холодильное оборудование и его компоненты. Что касается воспламеняющихся хладагентов в установках, ДОД затрагивает только

определенный размер компонентов, например, приблизительно 3.6 литров объема корпуса низкого давления для R-290.

ПРОИЗВОДСТВО И СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРОПАНА

В то время как техника безопасности приборов и их пользователей затрагивается сводом международных стандартов, техника безопасности рабочих и рабочих мест на заводах является в основном вопросом национальных законов и стандартов. В Европе установки для производства, тестирования и заправки приборов обычно утверждаются местными действующими организациями по технике безопасности, частично совместно с третьими сторонами, такими как TÜV. Многие страны разработают правила по безопасной работе с воспламеняющимися жидкостями или сжиженным нефтяным газом. Концепция безопасности является основным аспектом безопасной работы с пропаном.

Для завершения концепции безопасности необходимо рассмотреть вопрос обучения персонала, который будет обслуживать его после продажи. Безопасная работа в период сервисного обслуживания установок с воспламеняющимися хладагентами зависит от хорошо обученного и квалифицированного персонала. С учетом страны, у технических специалистов будет очень разный базовый уровень и образование. Для работы с воспламеняющимися хладагентами данное образование должно быть проведено на соответствующем уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пропан R-290 является довольно обещающим кандидатом с термодинамической точки зрения для снятия с производства R22. Кажется, он наилучшим образом подходит для замены, особенно для территорий с высокой температурой окружающей среды, где высокие температуры конденсации и высокая тепловая нагрузка объединены в торговых установках. Теоретические исследования хорошо соотносятся с опытом, подтвержденным тестами.

R-290 использовался в коммерческих холодильных установках в определенных объемах в течение ряда лет. Однако, до настоящего времени хладагент не являлся бестселлером на рынке для маленьких герметичных компрессоров. Ряд приборов появился на рынке и они демонстрируют хорошую эффективность, без возникновения каких-либо специальных проблем. Многие производители оборудования вводят R-290 только по требованию клиентов, что кажется постепенно возрастает, по крайней мере, в Европе.

И все же во многих странах существует некоторая определенность, особенно в отношении правил техники безопасности и вопросов ответственности. Опыт с изобутаном показывает, что безопасная работа возможна. Очевидна также и необходимость в международном действующем стандарте по технике безопасности, по крайней мере, для маленьких герметичных торговых установок с заправкой выше 150 грамм.

Компания Данфосс разрабатывает компрессоры для R-290 и поддерживает своих клиентов в вопросе применения. Параллельно Данфосс принимает участие в работе

по стандартизации с целью формирования стандартов по безопасным и технически возможным приборам и для широкого применения.

То есть вполне очевидно, что R-290 является не единственным решением для всего мира, ведутся разработки по другим хладагентам. Для некоторых легких коммерческих установок разрабатываются компрессоры, работающие на CO₂, и директивы по ним.

Ссылки

Ганс Юргенсен; Томас Тайдемманн: Пропан в герметичных устройствах холода и тепловых насосах - влияние и уровень развития нормирования. DKV-Tagungsbericht 2002, Magdeburg, 20.-22. Ноябрь 2002, Arbeitsabteilung II.2, II.2 (2002), стр. 295-304.

Ганс Юргенсен; О.К.Нилсен; Томас Тайдемманн: Применение, связанное с дизайном герметичных пропановых компрессоров для маленьких систем охлаждения. МИО/МИЗ Вопросы Конференции «Компрессоры и Хладагенты», Папириника, Словакия, 2004

МЭК 60335-2-24 «Техника безопасности бытовых и маленьких приборов. Часть 2-24: Конкретные требования для охлаждающих устройств, установок по производству мороженого и морожениц» 2000

МЭК 60335-2-89 «Техника безопасности бытовых и идентичных приборов. Часть 2-89: Конкретные требования для торговых холодильных установок с встроенным или дистанционным блоком конденсации хладагента или компрессором» 2003

МЭК 60335-2-34 «Техника безопасности бытовых и идентичных приборов. Часть 2-34: Конкретные требования для компрессоров со встроенным электродвигателем»

МЭК 60335-2-40 «Техника безопасности бытовых и идентичных приборов. Часть 2-40: Конкретные требования для электрических тепловых насосов, кондиционеров и влагопоглотителей»

ТУ 95006 «Холодильники, морозильные пищевые установки и установки по производству льда с использованием воспламеняющихся хладагентов» Изменение к ЕН 60335-2-24, CENELEC Июль 1995

ДОД – Директива Европейского Союза 97/23/ЕС (Директива по Оборудованию, работающему под давлением)

Практическое применение Хладагента Пропан R-290 в маленьких герметичных системах. Техническая Информация, Компрессоры Данфосс, Ноябрь 2000

Критерии конструирования испарителей с CO₂

Роланд Хандшух, Гюнтнер АГ, Германия

Введение

Вслед за заменой ХФУ и ГХФУ на хладагенты без хлорина, которые разрушают озоновый слой, на раннем этапе стали подниматься вопросы об огромных рисках, вызванных новыми ГФУ хладагентами, и их воздействии на усиление тепличного эффекта. Таким образом, за последние годы большое внимание уделяется природным хладагентам. Последние несколько лет подтвердили существенное увеличение в использовании CO₂ и в частности после проведения конференции DKV (Немецкая Ассоциация по Технологии Систем Охлаждения и Кондиционирования) в 2001 году в Улме, если не ранее, было признано, что CO₂ применяется в основном в каскадных операциях NH₃, которые в настоящее время являются жизнеспособными с экономической точки зрения. Установки данного типа в основном работают при температурах испарения между –40 и –50 °С. При проектировании испарителей, работающих на CO₂, существуют некоторые особенные характеристики, которые необходимо учитывать, и которые более детально будут проанализированы в данной статье.

Классификация испарителей, работающих на CO₂

В основном, главным отличием между разными видами испарителей, работающих на CO₂, является режим работы, т.е. испарители непосредственного испарения, испарители, работающие с помощью насоса, и испарители генерирования технологического газа. С термодинамической точки зрения, они могут классифицироваться между двумя вариантами: работа насоса и непосредственное испарение (Схема 1). Следующей отличительной чертой является необходимое рабочее давление. При условии если на этапе планирования будет подтверждено, что рабочее давление в 32 бара (действующее номинальное давление для испарителей фирмы Гюнтнер) не будет превышено, в принципе можно использовать любые стандартные материалы. Это очень важно в случаях, где используется система непосредственного испарения, потому что в этом случае можно использовать трубы с внутренними канавками. Данный вариант является наиболее выгодным с экономической точки зрения во всех случаях.

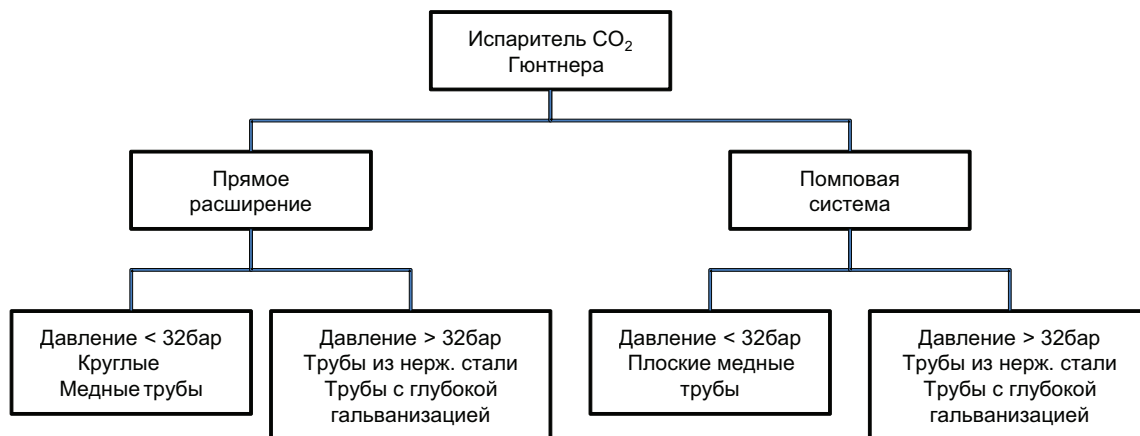


Схема 1: Обзор видов испарителей, работающих на CO₂

При размораживании с помощью горячего газа с использованием CO₂ разрешенное давление, в основном, находится в пределах 45 - 50 бар. Это трудно получить с помощью медных труб. Более толстые трубы теплообменника придется использовать во всех случаях, и в любом случае на них нет внутренних канавок. Более того, патрубки (магистральные выходы, соединительные трубы) должны также иметь более толстые стенки и быть сконструированы для специальных целей. Здесь подойдут теплообменники, сделанные из стали горячего цинкования погружением или из нержавеющей стали, где давление в 50 бар можно получить относительно легко.

Конструкция испарителей, работающих на CO₂

Конструкция испарителей, работающих на CO₂, выполняется согласно строгим термодинамическим правилам. Сначала определяются данные материала, которые хранятся в форме температурно-зависимых функций, а потом удельный массовый расход, коэффициент теплообмена, потеря давления, обезвоживание и наконец определяется холодопроизводительность, учитывая информацию, имеющую отношение к трубным и ребристым конструкциям.

Однако, при использовании CO₂ появляется дополнительный фактор: внутренний теплообмен с помощью CO₂ настолько высок, что его воздействие на испаряемость практически не принимается в расчет. Например, увеличение теплообмена со стороны хладагента от 2000 ватт/м² К до 3000 ватт/м² К в обычном промышленном воздухоохладителе увеличивает общий коэффициент теплообмена примерно на 6%. Влияние на холодопроизводительность даже меньше, потому что более высокое значение теплообмена ведет к увеличению охлаждения воздуха и, таким образом, к более низкой разнице температуры передачи. Некоторые коэффициенты внутреннего теплообмена, имеющие место при использовании CO₂, значительно больше чем 3000 ватт/м² К, таким образом, можно не принимать во внимание неточность в расчетах.

Характерные свойства CO₂ по сравнению с R22 и NH₃

Широко известно, что характерными свойством CO₂ в качестве хладагента является высокое давление насыщения. С одной стороны, данное свойство может вызвать огромное нежелание использовать CO₂ в качестве хладагента, потому что это сильно усложняет работу с ним, особенно при высоких температурах. Однако, при низких температурах данное свойство является довольно выгодным преимуществом. Например, сравнение свойств CO₂ со свойствами R-22 и NH₃ при температуре -40°C (Таблица 1) показывает, что объемная холодопроизводительность CO₂ примерно в 7 раз выше чем у R22 или в 8 раз выше чем у NH₃. Другими словами, поперечные сечения труб, необходимые в установке, работающей на CO₂, составляют примерно лишь восьмую часть сечения установки, работающей на NH₃. Это ведет к меньшим поперечным сечениям труб, компрессорам меньшего размера и, конечно, к меньшим объемам заправки хладагентом и в целом к более экономичным установкам. Однако, высокое давление и связанная с этим высокая плотность газа также ведут к вышеупомянутому высокотемпературному теплообмену в период испарения.

Хладагент	CO ₂	R-22	NH ₃
Давление насыщенного пара [бар]	10	1	0.7
Энтальпия испарения. [кДж/кг]	322	243	1387
Плотность газа [кг/м ³]	26.24	4.85	0.64
Объемный расход газа для 10 кВт [м ³ /ч]	6	41	47
dp/dT [бар/К]	0.37	0.05	0.04
Необходимые распределения (прим. 8 м/с)	2	12	12

Таблица 1: Свойства материалов CO₂, R-22 и NH₃ при -40°C

Дальнейшее последствие уровня высокого давления - это слабая зависимость значения температура/давление. Например, изменение давления на примерно 0.37 бар необходимо для изменения давления насыщенного пара на 1 К при -40°C. При использовании R-22 этого можно достичь с помощью изменения давления лишь на 0.05 бар и только на 0.04 бар при использовании NH₃. В связи с данным благоприятным побочным эффектом, потери давления имеют лишь незначительный эффект на температуру испарения. Однако, данное свойство в целом является единственным свойством, которое позволяет использовать CO₂ с помощью обычных геометрий испарителя. Чтобы объяснить это более ясно, необходимо проиллюстрировать связи с помощью специального примера. Например, испаритель с 6 рядами труб в направлении потока воздуха, 12 рядами вертикальных труб и 15 мм диаметром трубы делает следующее теоретически возможным при вариантах схемы (номера проходов): допуская фиксированную холодопроизводительность в 15 кВт, скорость хладагента выше 7 м/с можно получить с помощью R-22 при -40°C с 6-проходной схемой (12 разводок). Однако, скорости можно достичь только превысив 6 м/с с помощью 36-проходной схемы (2 разводки) при использовании CO₂. Это означает, что при использовании CO₂ длина разводки должна быть в 6 раз длиннее. Допуская при начальном расчете, что потеря давления на метр трубы - одинаковая для всех хладагентов при той же скорости, потеря давления с CO₂ будет в 6 раз больше. На самом деле, реальная

потеря давления при использовании CO_2 даже немного больше, учитывая свойства материалов (Схема 2).

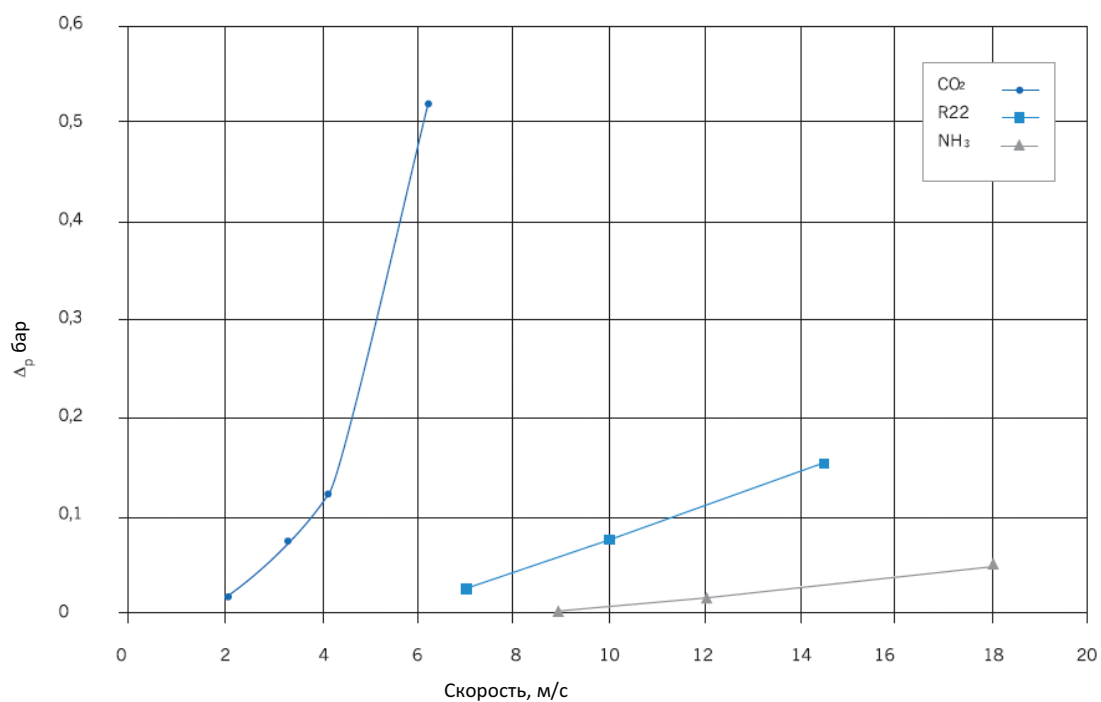


Схема 2: Потеря давления по отношению к скорости хладагента

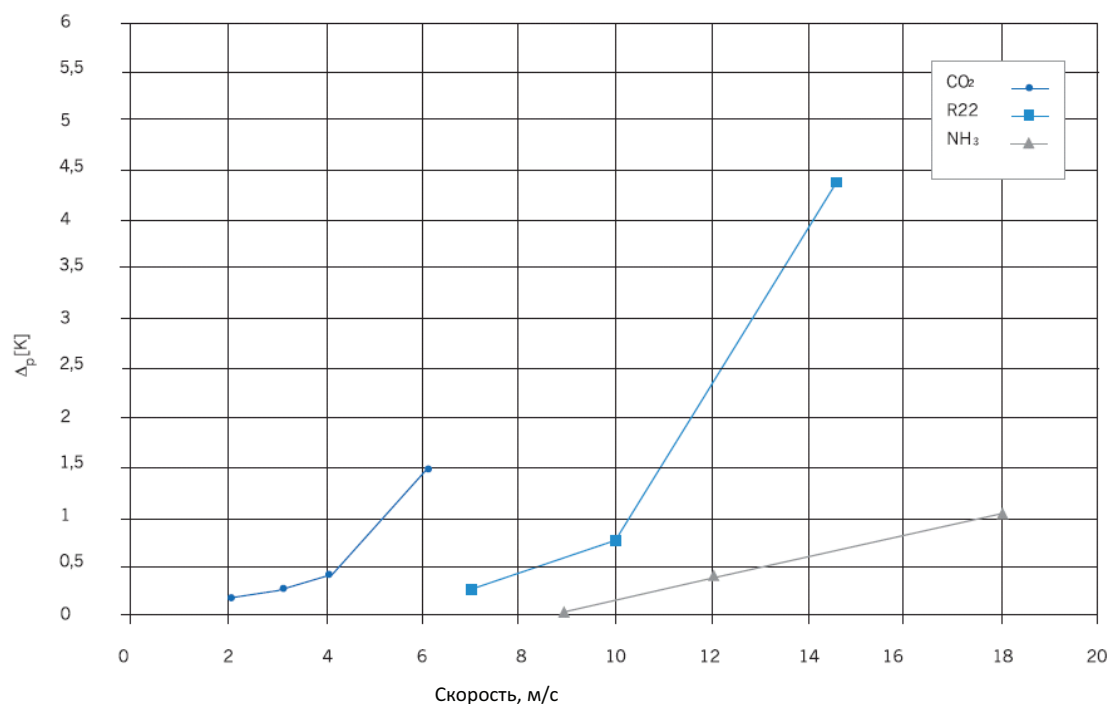


Схема 3: “Потеря температуры” по отношению к скорости хладагента

Однако, с термодинамической точки зрения, важным является только падение температуры, вызванное падением давления, так как это понижает разницу

температуры передачи в испарителе и, как результат, холодопроизводительности. Однако, она лишь немного выше, чем в случае с R-22 и NH_3 из-за слабой зависимости температуры/давления (Схема 3). Если бы в данном случае этого не произошло, для CO_2 пришлось бы использовать другие геометрии теплообменника, т.е. пришлось бы использовать трубы со значительно меньшим диаметром без увеличения количества труб.

Результаты расчетов конструкции

Позвольте на примере предположить, что сравнение трех хладагентов, CO_2 , R-22 и NH_3 , проводилось с использованием вышеописанного испарителя. Выбранными условиями будут $t_0 = -40^\circ\text{C}$ (испарение и температура), $t_1 = -30^\circ\text{C}$ (приток воздуха), $\text{RH} = 95\%$ (относительная влажность воздуха). Чтобы исключить другие воздействия, во всех случаях использовалось тоже количество воздуха. Подобным образом, расчеты основывались на использовании медной трубы на всем протяжении, даже если это было чисто теоретическим предположением для NH_3 . Мощность установлена при постоянном значении. Использовалась схема соответствующая конкретному хладагенту.

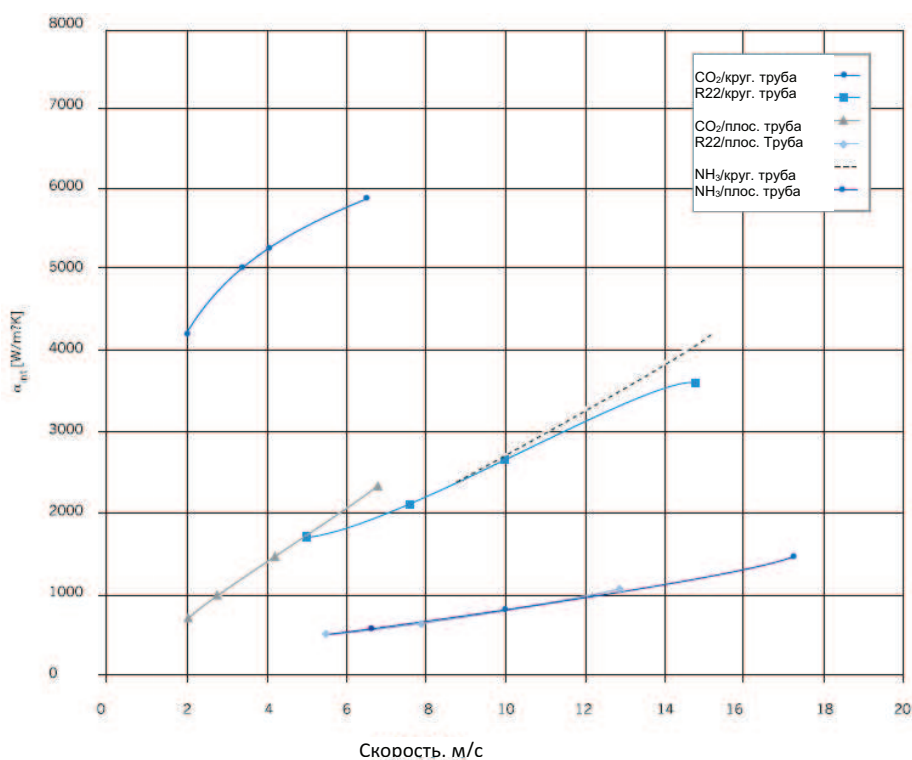


Схема 4: Теплообмен разных хладагентов по отношению к скорости

Схема 4 демонстрирует коэффициенты внутреннего теплообмена по отношению к скорости хладагента с использованием непосредственного расширения. Как можно увидеть, значения можно получить при использовании CO_2 с помощью гладкой трубы, чего можно достичь только с помощью трубы с внутренними канавками при использовании R22. В данном сравнении следует отметить, что значения для NH_3 являются чисто теоретическими, так как, как упомянуто выше, расчеты

базировались на, с одной стороны, использовании медной трубы, и, с другой стороны, на перегреве в 5 К, что трудно получить при использовании NH_3 . Однако, тот факт, что падение температуры, вызванное потерей давления, является более важным чем скорость хладагента, делает Схему 5 более показательной, демонстрируя как она прослеживает коэффициент внутреннего теплообмена по отношению к «падению температуры», вызванному потерей давления.

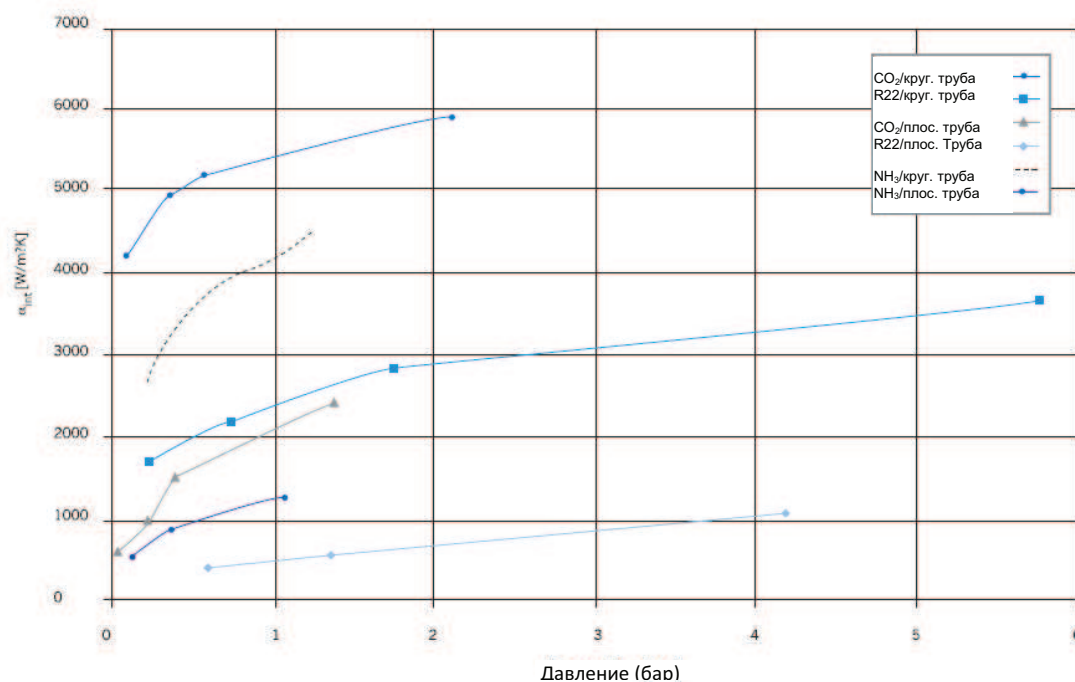


Схема 5: Теплообмен различных хладагентов относительно потери давления

Однако, данная диаграмма также не оказывает существенной помощи в создании оптимального дизайна для испарителя. В конечном счете, особенно важным является общий коэффициент теплообмена (U) и разница средней логарифмической температуры (ΔT), которая часто выражается как тепловая нагрузка. Схема 6 вновь демонстрирует это для трех хладагентов, CO_2 , R-22 и NH_3 для испарителей с гладкими трубами и трубами с внутренними канавками. Это явно подтверждает, что оптимальная скорость для CO_2 значительно меньше скорости, достигаемой с R-22, и намного меньше чем скорость, достигаемая с NH_3 . Это происходит в результате, с одной стороны, большей потери давления CO_2 из-за схемы а, с другой стороны, большего теплообмена. Оба варианта приводят к ситуации, где при использовании CO_2 даже при относительно низких скоростях и при увеличении скорости, отрицательное влияние потери давления больше влияет на мощность, чем положительный эффект, вызванный увеличением теплообмена. Совершенно противоположная ситуация происходит при использовании NH_3 , где хорошие теплообмены достигаются только при очень высоких скоростях. Однако, чтобы компенсировать это, потери давления при данных скоростях остаются относительно низкими из-за схемы. Здесь вновь необходимо отметить, что значения для NH_3 , показанные на Схеме 6, практически невыполнимы.

Преимущества использования CO_2 в испарителях, работающих с помощью насоса, более очевидны.

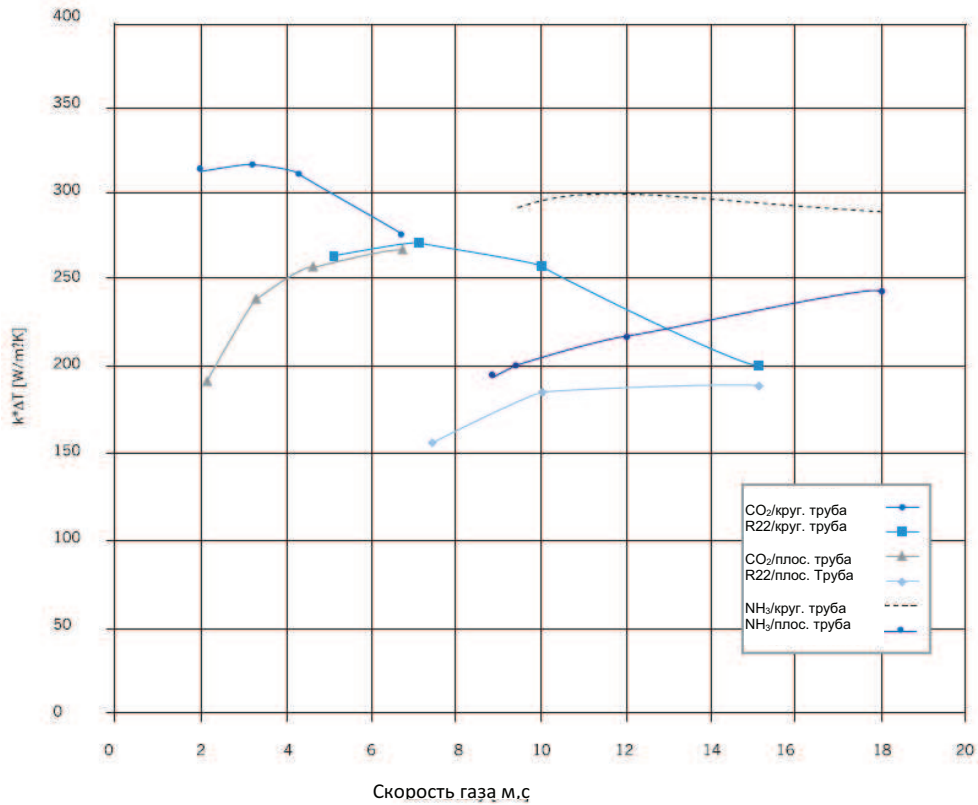


Схема 6: Тепловая нагрузка по отношению к скорости хладагента

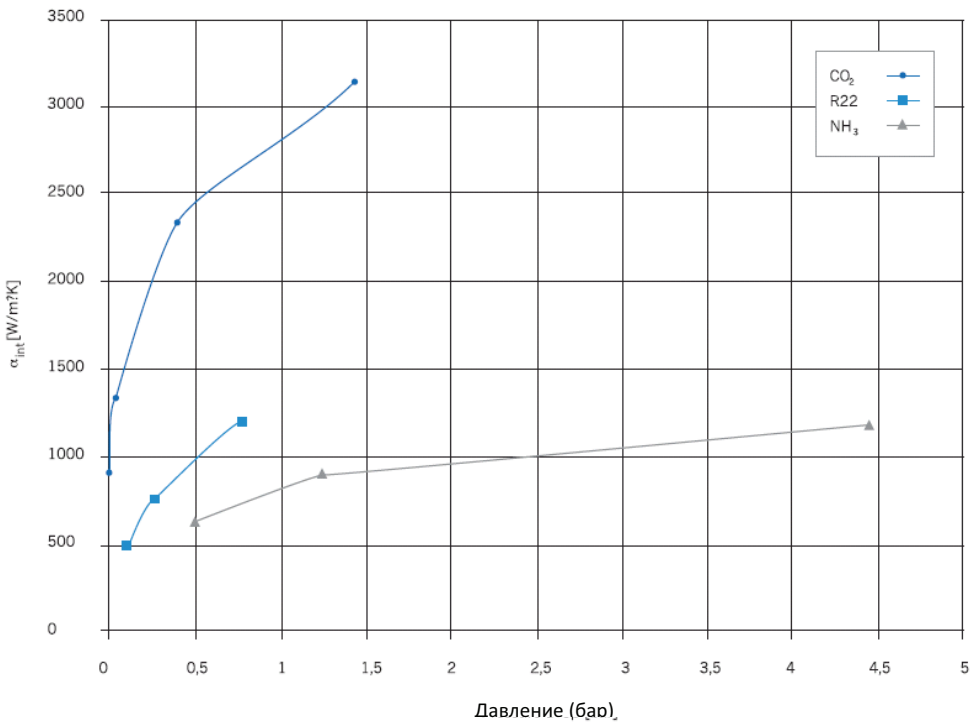


Схема 7: Внутренний теплообмен при работе насоса

На Схеме 7 видно сравнение коэффициента внутреннего теплообмена при скорости нагнетания 2.5. Здесь обошлись без трубы с внутренними канавками, так как она не обладает достаточными преимуществами при использовании насоса. В данном случае расчеты для NH_3 также базировались на предположении об использовании медной трубы. Таким образом, разница между другими хладагентами и CO_2 будет даже больше в реальном теплообменнике.

Схема 8 вновь демонстрирует тепловую нагрузку различных вариантов. Значения для непосредственного расширения вновь приведены для сравнения. Можно увидеть, что CO_2 выделяется при работе насоса. И вновь это происходит, потому что при использовании CO_2 разница приводной температуры играет более важную роль, чем коэффициент теплообмена, который в любом случае - высокий. В результате отсутствия перегрева разница средней логарифмической температуры при использовании насоса, как правило, больше чем при использовании непосредственного расширения. Таким образом, общая тепловая нагрузка в период работы насоса больше, чем при непосредственном расширении, хотя здесь теплообмен в некоторой степени меньше. При использовании NH_3 те же воздействия приводят к противоположному итогу: более высокий теплообмен при непосредственном расширении перевешивает недостаток, вызванный меньшей разницей температур, поэтому непосредственное расширение имеет преимущество, по крайней мере, в данном теоретическом случае.

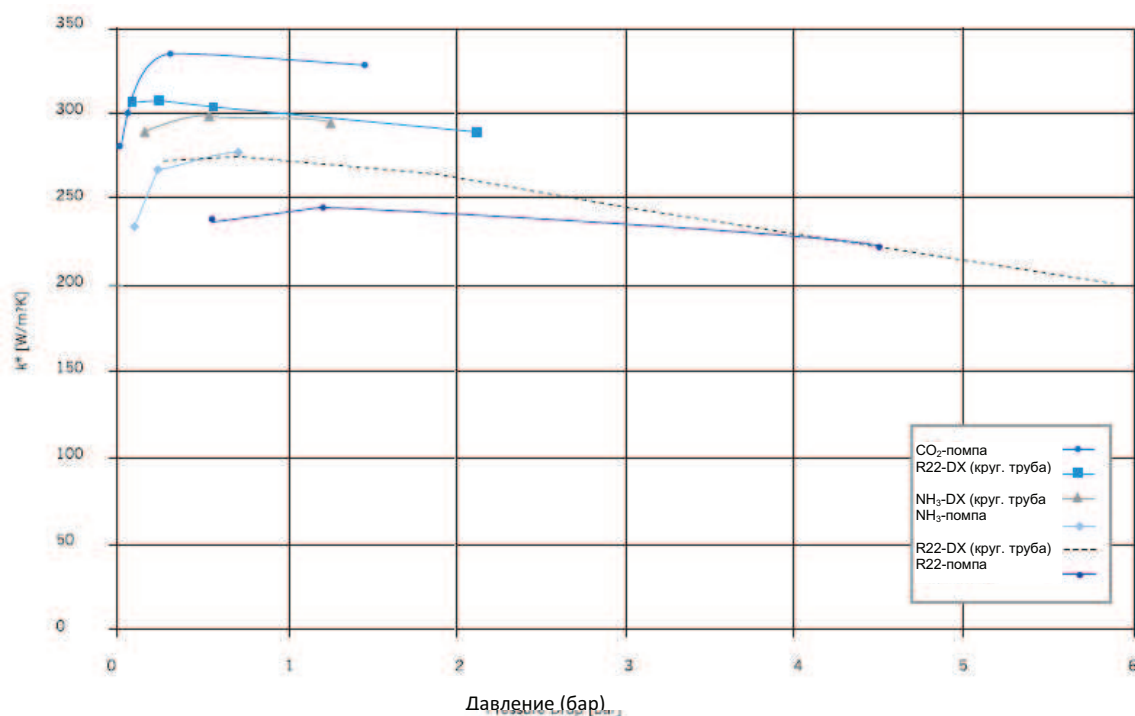


Схема 8: Тепловая нагрузка различных хладагентов при разных режимах работы

Заключение

При использовании CO_2 более высокие коэффициенты теплообмена можно получить как при работе насоса, так и при непосредственном испарении по сравнению со всеми другими действующими хладагентами. Из-за высокого уровня давления и слабой зависимости давления/температуры, можно использовать все стандартные теплообменники, меняя лишь схему на большее количество проходов или меньшее количество проводок. Если рабочего давления в 32 бара будет недостаточно, необходимо использовать или более толстые стены или другие материалы (сталь, нержавеющая сталь). В этом случае преимущество затрат, достигнутое с помощью более крупных теплообменников, вновь компенсируется или даже реверсируется. Таким образом, будет разумным в долгосрочном плане ввести специальную геометрию ребра, которая характерна меньшим диаметром трубы с тем же межтрубным пространством. Таким образом, можно обойтись без длинных проводок, с одной стороны, а с другой стороны, преимущество будет заключаться в том, что трубы с меньшим диаметром имеют лучшую стабильность при работе под давлением, и, таким образом, необходимая толщина стенок будет сохраняться в разумных пределах. Однако, стоит вкладывать инвестиции в подобный проект только, если потребуется большее количество испарителей, работающих на CO_2 .

Охлаждение в розничной торговле благоприятное для окружающей среды

Хладагент R-22 скоро уйдет в прошлое - CO₂ может
стать будущей экологической альтернативой

Д-р Инг.Хабил Райнер Тиллнер-Рот, Директор Отдела по
работе с покупателями, Эпта Груп

Введение

Хладагент R22 (дифторхлорометан) широко используется в розничной торговле для охлаждения пищевых продуктов – но он имеет один серьезный недостаток. Являясь галогенированным хлорфторуглеродом (ГХФУ), он наносит вред озоновому слою и окружающей среде. Благоприятной для окружающей среды альтернативой для него, а также всех других хладагентов ГХФУ и ГФУ, является углекислый газ (CO₂), который все чаще и чаще используется в качестве хладагента. Каскадные системы, использующие CO₂ для цикла глубокого замораживания и транскритических систем охлаждения, которые позволяют проводить как глубокое замораживание, так и обычное охлаждение с помощью CO₂, в настоящее время достигли технологической завершенности и должны оказать существенное воздействие на рынок в течение ближайшего будущего. Модернизация по замене R-22 на R-422D является идеальным решением для дальнейшего использования существующих систем охлаждения, которые в настоящее время используются на пищевом розничном рынке.

Хладагенты ГХФУ в Европе скоро уйдут в прошлое

Альтернативы хладагентам ГХФУ такие как R-22, которые можно быстро реализовать, должны соответствовать законным требованиям, по крайней мере, в Европейском Союзе. Положение ЕС 2037/2000 было введено ЕС для реализации Монреальского Протокола по веществам, которые разрушают озоновый слой. Данное положение запрещает продажу или заполнение холодильного и кондиционерного оборудования новыми гидрохлорфторуглеродами по Европе с 1 января 2010 года. С этого дня будет возможным использовать только восстановленный R-22 для текущего ремонта и обслуживания существующего холодильного оборудования еще на пять лет, до полного запрета с 2015 года. Данная альтернатива почти достоверно не будет существовать в необходимых количествах для удовлетворения потребностей розничной торговли, означая, что продолжающееся использование R-22 в промышленности после 1 января 2010 года почти вне всякого сомнения исчезнет.

Цены на R-22 будут повышаться

Таким образом, Европейская розничная торговля предложила в течение последующих двух лет переключиться с R-22 на хладагент благоприятный для окружающей среды. Согласно Дюпон, производителя хладагента, ситуация даже более срочная, потому что производители, возможно, начнут снижать производство и распределение R-22 в течение 2009 года, а это означает, что цены на данный хладагент вероятно начнут расти в обозримом будущем. Таким образом, вся Европейская розничная промышленность столкнется с невероятным общим увеличением стоимости R-22, а, следовательно, и стоимостью текущего ремонта и обслуживания систем, работающих на R-22. К тому же существует риск того, что если система нарушена, невозможно немедленно получить остаточное количество R22 для перезаправки. В экстренных случаях это может привести даже к временной остановке конкретного магазина.

В действительности, всё что, вероятно, окажет воздействие на Европейскую розничную промышленность в самом ближайшем будущем окажет воздействие также и на мировой рынок. Другие регионы еще не задеты никакими законодательными ограничениями, такими как те, которые были введены в Европейском Союзе, но снижение производства R-22 также обязательно повлияет на стоимость по всему миру. Возможно, стоимость R-22 существенно возрастет на мировом рынке, а другие хладагенты станут более прибыльными.

CO₂ в качестве хладагента будущего

Существует ряд вариантов в розничной торговле, которые могут заменить хладагенты ГХФУ. Наиболее обещающим решением является использование углекислого газа (CO₂) в качестве хладагента. Он не наносит вред озоновому слою и имеет очень низкий потенциал глобального потепления (ПГП=1). Однако, переход на использование CO₂ требует подключения новых технологий, так как его нельзя использовать в существующих системах охлаждения. Это означает, что если кто-то захочет использовать CO₂ в качестве хладагента, потребуются инвестиции в новое оборудование охлаждения. В основном, существуют два варианта: Каскадные системы – где цикл глубокого замораживания работает на CO₂, а обычное охлаждение обеспечивается стандартным хладагентом ГФУ – или транскритические CO₂ системы, которые используют CO₂ для поддержания как глубокого замораживания, так и обычного охлаждения. Какой бы вариант компания не выбрала, обе альтернативы представляют собой инвестирование в технологию будущего, что особенно привлекательно для вновь открывающихся магазинов, хотя в равной степени возможно и для переоборудования существующих магазинов.

Транскритические CO₂ системы охлаждения достигают технологического совершенства

В настоящее время, основные разработки сконцентрированы на транскритических CO₂ системах охлаждения. Отличительной особенностью данных систем является то, что они работают в сверхкритическом цикле при высоких температурах окружающей среды, например, в летний период и, в частности, более теплых регионах планеты. При высоких температурах окружающей среды температура тепла, выходящего из цикла, может превысить критическую точку CO₂, которая составляет 31°C. В данном случае, отвод тепла в атмосферу происходит без изменения состояния газа из газа в жидкость, но вместо этого происходит охлаждение нагретого газообразного CO₂. При работе системы в данном сверхкритическом режиме, специальный регулятор в системе сигнализирует о том, что критическая точка значительно превышена, чтобы позволить системе продолжать работать стабильно. Это сопровождается увеличением давления хладагента до 80 - 100 бар. И наоборот, рабочее давление ниже 50 бар является достаточным для превращения газа в жидкость ниже критической точки. Для работы при таком высоком давлении компоненты системы такие как трубы, воздухоохладители, наружные конденсаторы, клапана и переключатели давления и регулирования, должны соответствовать официальным спецификациям. Компания Эпта разрабатывает транскритические системы CO₂ с 1998 года, и в настоящее время её системы достигли технологического совершенства и готовы к появлению на рынке.

Готовность к серийному производству всего лишь через несколько лет

Нынешнее состояние развития транскритических CO₂ систем охлаждения является довольно обещающим. Например, уже существует значительное количество установленных и успешно работающих систем в магазинах по всей Европе. Например, в Германии розничное предприятие Алди Суд, работающее со сниженными издержками, использует транскритическую технологию охлаждения CO₂ с 2006 года – первая сеть розничных магазинов в стране, которая пошла на это. С тех пор, было установлено намного больше систем, как в Германии, так и в других странах. Швеция является одной из явных лидеров по установке данной технологии благоприятной для окружающей среды.

На нынешнем этапе развития транскритические системы охлаждения, работающие на CO₂, могут стать стандартом для продовольственного розничного рынка примерно через два-три года. Благодаря увеличению объема производства в течение данного периода, предполагается, что стоимость компонентов специализированной системы тоже упадет. В настоящее время стоимость инвестирования в транскритическую CO₂ систему на примерно 50% превышает стандартную систему, которая использует хладагенты ГФУ. Через три-пять лет данная разница может понизиться до примерно 20-25%.

Инвестирование в системы CO₂ может принести хороший результат для розничных торговцев. Следует отметить, что стоимость закупки CO₂ - низкая, по сравнению с хладагентами ГФУ, и переход может также привести к заниженным эксплуатационным затратам. Более того, исчезнет необходимость регулярной проверки на утечку, которая обязательна в Европе для систем охлаждения, использующих ГФУ согласно требованиям положения Ф-Газ 842/2006. Потребление электроэнергии является более или менее таким же как и со стандартными системами ГФУ, хотя оно возрастает, если системе нужно часто работать в сверхкритическом режиме – другими словами, при высокой температуре окружающей среды. Однако, при низких рабочих температурах транскритические системы используют меньше энергии по сравнению с системами ГФУ.

Системы охлаждения для теплого климата с использованием только CO₂ в качестве рабочей жидкости

Серджио Джиротто, Энекс С.р.л., Италия

Силивия Минетто, Университет Дегли Студи ди Падова, Италия

Введение

В настоящее время углекислый газ считается реальной альтернативой ГФУ в коммерческом охлаждении. За последние десять лет было установлено большое число систем, в основном в Центральной и Северной Европе. Благодаря своей очень низкой критической температуре (31°C), эффективность цикла компрессии пара углекислого газа и охлаждающая способность страдают от быстрого ухудшения термодинамических свойств при высоких температурах окружающей среды, так как в большинстве систем охлаждения тепло напрямую выводится во внешнюю среду.

Необходимость улучшения эффективности привела к большой научно-исследовательской работе по оценке циклов поэтапного испарения и сжатия, что может снизить отбраковку транскритического цикла. Данные циклы, разработанные в основном для достижения высоких уровней эффективности энергии в умеренных климатических условиях, предлагают также возможность использования CO₂ в регионах, где основной одноэтапный цикл компрессии не будет иметь никакого шанса на применение в результате чрезвычайно высоких внешних температур.

В то же время, при любой возможности, очень важно полностью использовать преимущество тех методов, которые дают возможность понижения температуры воздуха, поступающего в газоохладитель. Адиабатическое насыщение снижает температуру воздуха до очень близкой к температуре мокрого термометра, при определенном потреблении воды.

Единый дизайн системы охлаждения и кондиционирования воздуха может предложить возможность использования отработанного воздуха для последующего охлаждения CO₂ на выходе из газоохладителя, а также каждую ситуацию, в которой имеется среда охлаждения при температуре ниже температуры окружающей среды (например, вода).

Теоретический анализ различных транскритических циклов CO₂ для теплых климатических условий

Поэтапное испарение и компрессия являются традиционными методами по снижению потерь на дросселирование и компрессию циклов охлаждения. Принятие данных процессов становится очень важным, когда углекислый газ работает в транскритическом цикле, в основном, при высокой температуре окружающей среды (Каваллини и др., 2006).

Некоторые разные усовершенствованные циклы CO₂ представлены и проанализированы в переводе на эффективность использования энергии:

- А) Цикл однокаскадного дросселирования, однокаскадной компрессии (ЦИКЛ А);
- В) Однокаскадное дросселирование, двухкаскадная компрессия и межкаскадное охлаждение (ЦИКЛ Б);
- С) Двухкаскадное дросселирование, двухкаскадная компрессия, межкаскадное охлаждение, цикл открытой емкости испарения (ЦИКЛ В);
- Д) Двухкаскадное дросселирование, параллельная компрессия (ЦИКЛ Г);
- Е) Двухкаскадное дросселирование, двухкаскадная компрессия, межкаскадное охлаждение, расщепленный цикл (ЦИКЛ Д).

Циклы Б, В и Д были оснащены внутренним теплообменником между паром, выходящим из испарителя, и жидкостью, поступающей в испаритель, чтобы усилить преимущество межкаскадного охлаждения, это было продемонстрировано Чекинато и др., 2005.

Схема 1 суммирует основные циклы, которые были рассмотрены.

Циклы смоделированы с помощью оригинального FORTRAN кода, разработанного Физико-Техническим Факультетом Университета Падова.

Были сделаны следующие общие предположения для среднетемпературных (СТ) и низкотемпературных (НТ) случаев применения:

- 1) Температура испарения: -8°C для СТ и -33°C для НТ;
- 2) Перегрев пара на выходе из испарителя 5K;
- 3) Перегрев на линии всасывания: 5K;
- 4) Наступление температурного предела между воздухом, поступающим в газоохладитель и углекислым газом на выходе: 2K;
- 5) Наступление температурного предела между воздухом, поступающим в межкаскадный охладитель, и углекислым газом на выходе: 2K;
- 6) Наступление минимального температурного предела во внутреннем теплообменнике: 2K;
- 7) Общая изэнтропическая эффективность компрессора, включая электромотор: 0.65 [-] Это значение держится постоянным, несмотря на коэффициент давления сжатия и предположительно действует для каждого этапа компрессии;

Потребовались некоторые дополнительные предположения :

- 8) Для двухкаскадных циклов компрессии, соотношение между рабочим объемом цилиндра компрессора первого и второго этапов равно $R_v = 2.3$ [-]. Данное значение типично для двухступенчатых внутренних полугерметичных

поршневых компрессоров (Дорин, 2007), которые часто используются в торговом искусственном охлаждении ;

- 9) промежуточное давление для цикла Д было принято 38 бар, по техническим причинам, объяснение которым будет дано в разделе 3;
- 10) ограничение температуры в конце процесса компрессии: 170°C. Стоит подчеркнуть, что реальная температура нагнетания ниже, благодаря теплоотдаче. Температура нагнетания и ее лимит очень сильно зависят от специального компрессора и режима его охлаждения.

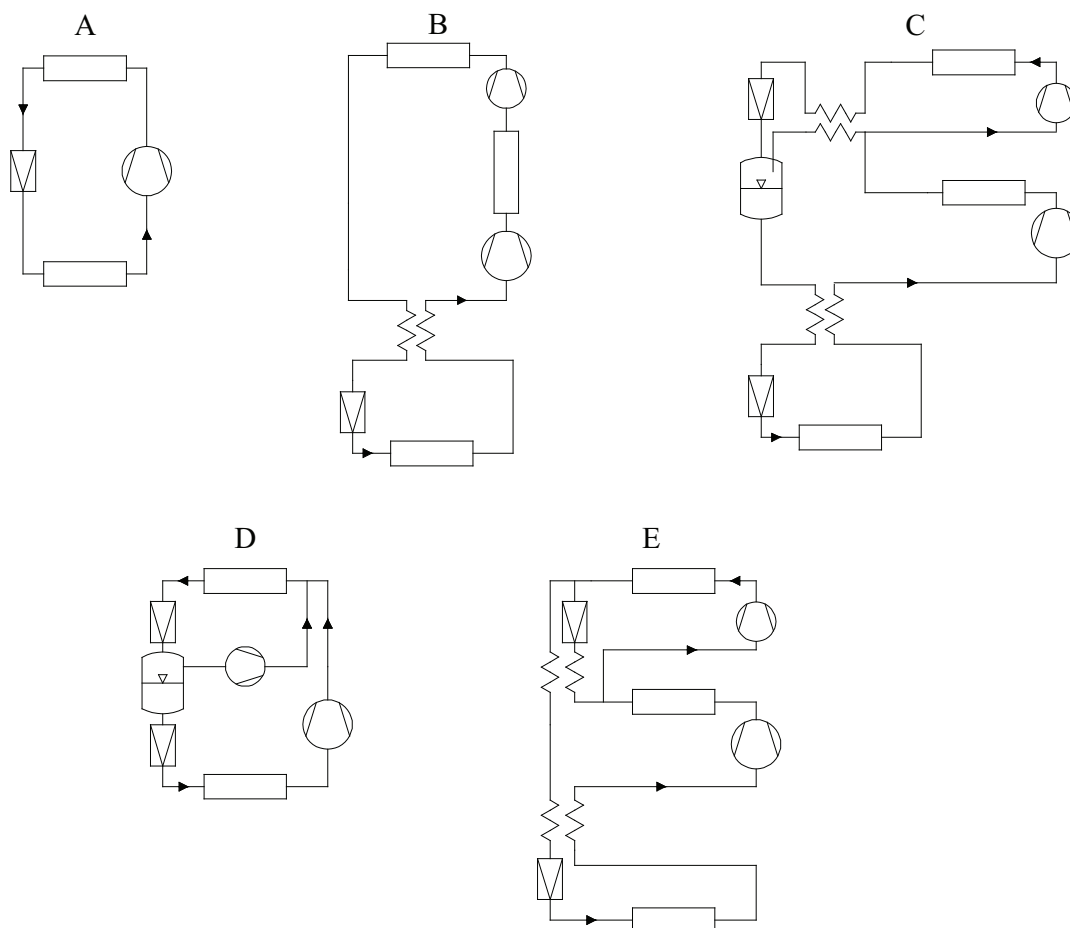


Схема 1. Циклы CO₂

С учетом допусков 8 и 9, промежуточное давление двухкаскадных циклов сжатия более не является переменной величиной оптимизации, но зависит от соотношения между первым и вторым этапами рабочего объема цилиндра компрессора или от промежуточного давления, которое выбрано, в случае с циклом Г.

Ограничение температуры нагнетания автоматически ведет к исключению некоторых циклов, особенно при высокой температуре окружающей среды или низкой температуре испарения.

Рассматривались циклы, которые приведены в Таблице 1. Для каждого из них высокое давление оптимизировалось для получения наилучшего КП.

Температура окружающей среды	20°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
Применение	СТ	НТ	СТ	НТ	СТ	НТ	СТ	НТ	СТ	НТ	СТ	НТ
Цикл А	х		х		х		х		х		х	
Цикл Б	х	х	х	х	х	х	х		х		х	
Цикл В		х		х		х		х		х		х
Цикл Г	х		х		х		х		х		х	
Цикл Д		х		х		х		х		х		х

Таблица 1. Смоделированные циклы при специальных условиях окружающей среды

Для среднетемпературных применений выбор был ограничен циклами А, Б и Г, как представлено на Схеме 2. Цикл А, который обычно применяется в случаях с мягким климатом, действует в качестве ссылки, так как он рассматривается как конкурирующий в переводе на эффективность использования энергии без традиционных циклов ГФУ, когда температура окружающей среды ниже 20°C (Джиротто и др. 2004). Применение цикла А при высокой температуре окружающей среды приводит к очень высокому показателю температур компрессии.

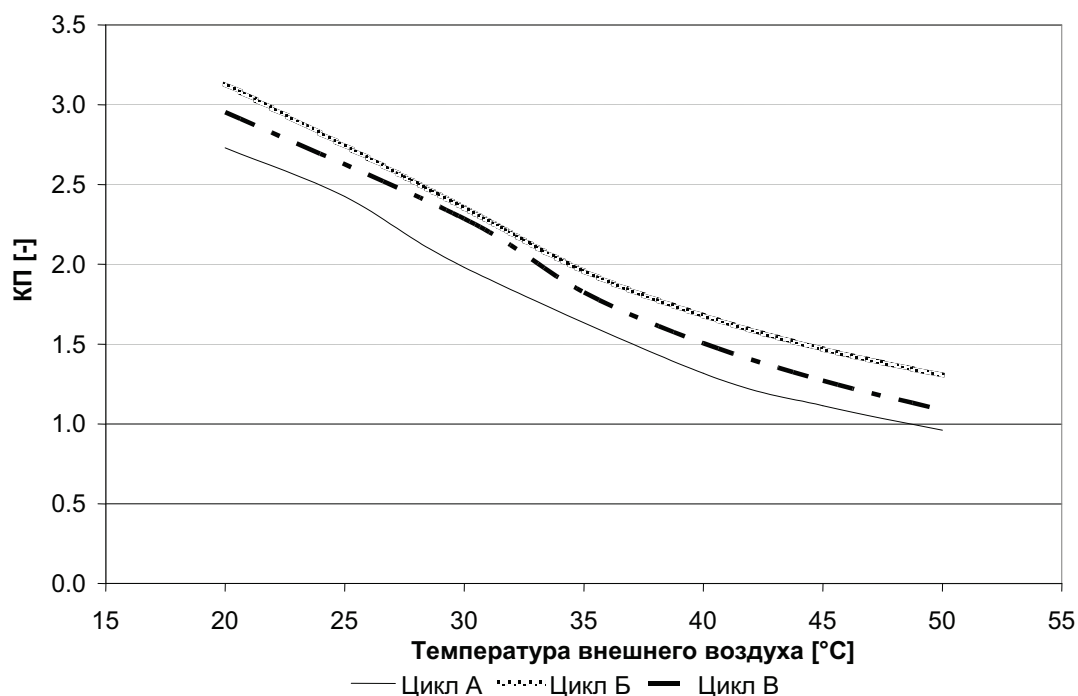


Схема 2. КП различных СТ циклов в качестве функции температуры наружного воздуха

Цикл Б позволяет улучшить холодопроизводительность благодаря внутреннему теплообменнику и снизить компрессию благодаря каскадному охлаждению, которое также частично нейтрализует отбраковку работы сжатия в результате внутреннего теплобмена (Чекинато и др., 2005). Однако, физические ограничения при использовании коэффициента фиксированного объема между двумя этапами компрессии предотвращают оптимизацию межкаскадного давления, таким образом,

ограничивая преимущества двухкаскадной компрессии. Помимо этого, необходимо подчеркнуть, что в настоящее время на рынке нет поршневых двухкаскадных внутрисистемных компрессоров для СТ применений.

Цикл Г снижает работу сжатия, помимо этого увеличивая холодопроизводительность. Преимущество данного цикла для СТ применений может быть улучшено, если бы была разрешена оптимизация промежуточного давления.

Схема 3 показывает результаты моделирования для низкотемпературных случаев применения. Цикл Б можно рассматривать как ссылочный, так как он обычно используется в мягких климатических условиях. Верхнее деление температуры сжатия для второго этапа ограничивает его применение до 35°C температуры окружающей среды. Использование двухкаскадного внутрисистемного компрессора, а также двух независимых компрессоров, с более низким коэффициентом вытеснения между этапом низкого и высокого давления, поможет расширить применение данного цикла при более высоких температурах окружающей среды, но ясно, что в любом случае данное решение не является лучшим выбором, особенно при экстремальных температурах окружающей среды. Цикл В позволяет существенно улучшить эффективность использования энергии, благодаря снижению потерь дросселирования.

Цикл Д идентичен работе цикла В, так как он приводит к тем же преимуществам в случае снижения потерь компрессии и расширения.

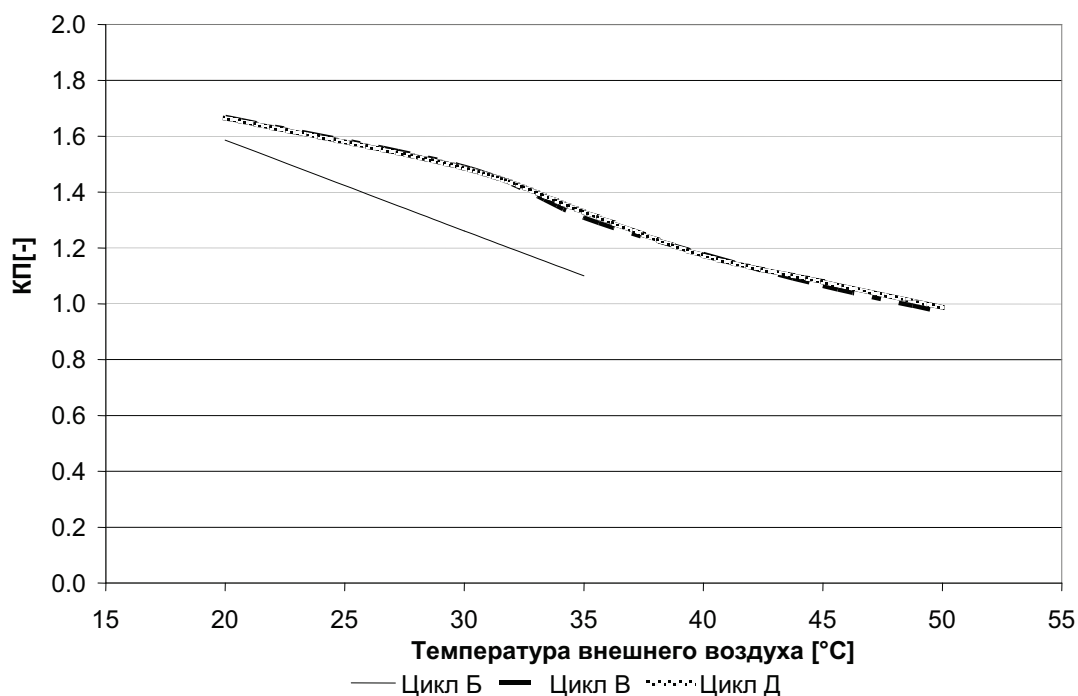


Схема 3. КП разных НТ циклов в качестве функции температуры наружного воздуха

Как четко видно на Схемах 2 и 3, КП в значительной степени зависит от внешней температуры. Поэтому очень важно сохранять температуру воздуха, поступающего в газоохладитель, как можно ниже. Выбор охлаждения испарением может существенно понизить температуру воздуха, таким образом, совершенствуя КП с

помощью ограниченного потребления воды, как это проиллюстрировано в разделе 2.

Охлаждение испарением

Распыление воды на конденсатор - хорошо известное решение в охлаждении для противостояния пиковым температурам: оно предлагает оптимальные характеристики, но требует очистки воды от солей и большого количества воды, так как очень трудно ограничить количество воды до точного требуемого количества. Некоторые коммерчески доступные системы распыляют воду против потока воздуха, так что капельки воды идеально испаряются, прежде чем достигнут поверхности спирали. Однако, контакт воды с ребрами приводит к проблемам накипи и коррозии, если не будет проведена соответствующая чистка поверхности. Во избежание недостатков при распылении воды, охлаждение испарением в настоящее время все чаще и чаще предлагается как решение для жарких климатических условий или для противостояния пиковым температурам. Минимальное адиабатическое насыщение достигается путем нагнетания воздуха через влажное обертывание. Эффективность насыщения коммерческих блоков для скорости воздуха типичной для газоохладителей (1.0-2.5 м/с) - очень высокая и потери давления до некоторой степени ограничены (*Temotecnica Pericoli*, 2008). Эффективность ϵ_s [-] представляет реальное падение температуры, которое достигается через блок в сравнении с максимально допустимым, т.е. разницей между температурой сухого и влажного воздуха

$$\epsilon_s = \frac{t_{dry} - t_{air\ out}}{t_{dry} - t_{wet}}$$

где t_{dry} температура сухого термометра потока воздуха, поступающего в блок, t_{wet} температура мокрого термометра, а $t_{air\ out}$ температура воздуха на выходе из блока, которая соответствует температуре воздуха, влияющей на газоохладитель.

Реальное преимущество, которое можно получить с помощью охлаждения испарением, зависит от разницы между температурой сухого и мокрого термометра, т.е. от содержания влажности в воздухе. Соотношение влажности вместе с температурой сухого термометра обычно используется для описания термо-гидрометрического состояния воздуха.

Схема 4 представляет температуру на выходе из парового охладителя $t_{air\ out}$ как функцию температуры сухого термометра, для различных уровней относительной влажности О.В. [%], с эффективностью постоянного насыщения ϵ_s в 80%. Основного преимущества можно добиться в сухих климатических условиях, но данный метод стоит также использовать во влажных странах, например, на Схеме 4 можно увидеть, что при 40°C и 70% О.В. температура воздуха на выходе из блока составляет 35.5 °C.

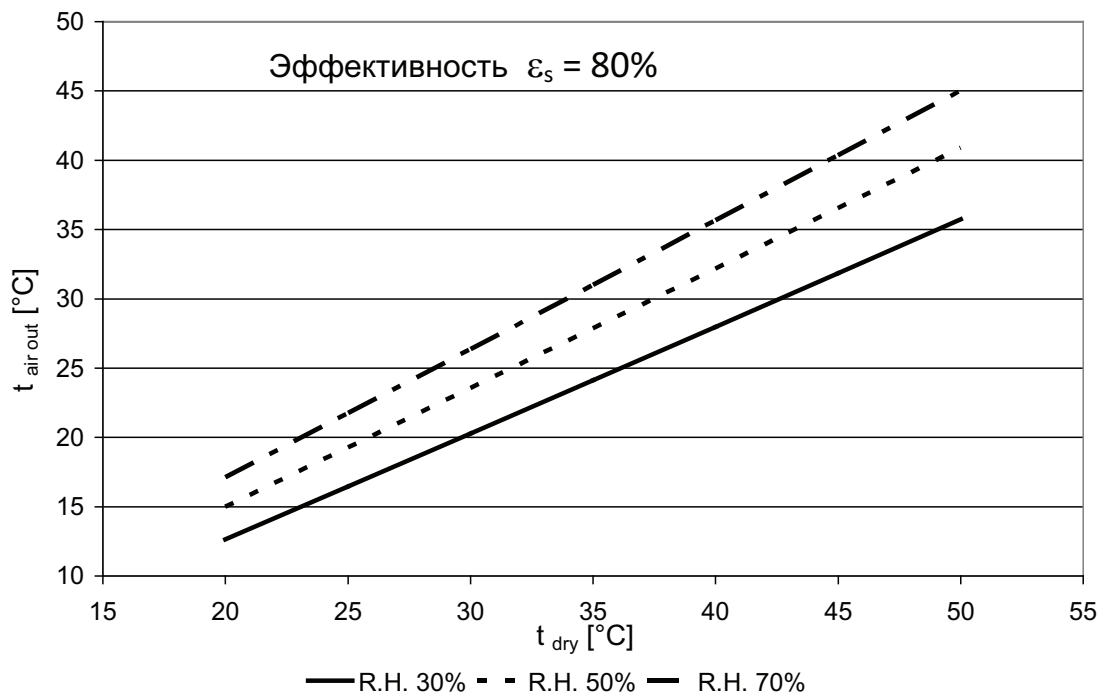


Схема 4: вычисленная температура воздуха на выходе из блока охлаждения испарением $t_{air out}$ в качестве функции температуры сухого термометра t_{dry} и для различных значений относительной влажности О.В.

На схеме 5 представлена камера предварительного охлаждения воздуха. Такое устройство было недавно установлено на территории с температурами выше 42°C и О.В. до 40%.

В следующем подразделе будет проведена оценка теоретического потребления воды системы охлаждения испарением для газоохладителя, работающего на CO_2 , для любой местности с сухим климатом (Триполи - Ливия) и для влажной местности (Бангкок - Тайланд), в двух условиях общего охлаждения всего воздуха, поступающего в газоохладитель или в случае, когда охлаждается только 30% потока воздуха.

Отвод тепла углекислого газа в газоохладителе идеально является изобарическим, а не изотермическим процессом. В отличие от традиционных субкритических применений, где необходимо применять охлаждение испарением ко всему потоку воздуха, который влияет на конденсатор, представляя отвод тепла изотермического процесса, CO_2 предлагает возможность использования охлаждения испарением только для части общего потока воздуха. На самом деле, если газоохладитель сконструирован должным образом, будет достаточно охладить только поток воздуха, который проходит через самую последнюю часть газоохладителя. В результате, при ограниченной отбраковке в КП, можно сэкономить соответствующее количество воды, как будет продемонстрировано в следующем подразделе.

Данное решение требует соответствующего дизайна газоохладителя и компоновки системы охлаждения испарением.



Схема 5. Модуль охлаждения испарением

Расчет потребления воды для охлаждения испарением

Расчет потребления воды для охлаждения испарением был проведен по отношению к двум местностям, которые соответственно представляют влажные и сухие климатические условия. Были выбраны Бангкок (Тайланд) и Триполи (Ливия). Метеорологические данные за ссылочный год взяты из базы метеорологических данных Министерства Энергетики США (*EERE*, 2008).

Цель данного анализа заключается в демонстрации того, как охлаждение испарением может понизить температуру воздуха, поступающего в газоохладитель, особенно в сухом климате, и проведении расчета потребления воды.

Для Бангкока и Триполи, соответственно, Схемы 6 и 7 иллюстрируют распределение температуры сухого термометра на левой оси, т.е. количество часов в год, в котором температура сухого термометра находится в пределах определенного температурного интервала. Выбранный интервал скачка температуры составляет 5°C : например, для 3163 часов в год температура остается в диапазоне 25°C , т.е. она остается между 22.5°C и 27.5°C .

Большую часть года температура в Бангкоке остается между 25°C и 35°C . Диапазон температуры действительно очень ограничен, не соответствуя количеству часов, при которых температура превышает 37.5°C или опускается до 17.5°C . С другой стороны, Триполи характерен намного большим диапазоном температур, достигая почти нулевых отметок зимой и превышая 45°C в летнее время. Для 60% года температура остается между 12.5°C и 27.5°C .

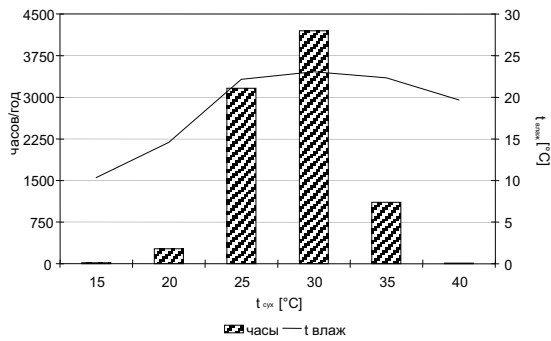


Схема 6. Распределение температуры в Бангкоке

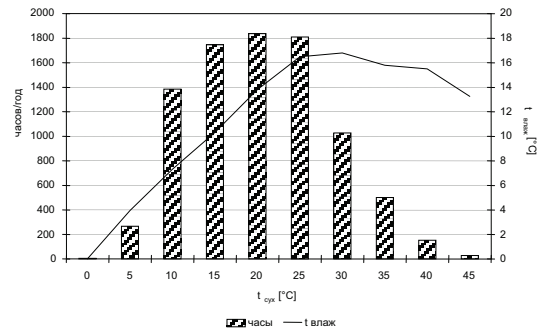


Схема 7. Распределение температуры в Триполи

Если охлаждение испарением активизируется, когда температура сухого термометра выше $29^{\circ}C$, она будет свободно двигаться, составляя 41% года в Тайланде и только 15% в Ливии.

На правой осевой линии Схем 6 и 7, можно прочесть среднюю температуру мокрого термометра в течение каждого интервала температуры сухого термометра. Она помогает представить каким эффективным может быть охлаждение испарением, являясь температурой мокрого термометра, температурой, которую можно получить с помощью идеальной матрицы, характерной 100% эффективности насыщения.

В Бангкоке очень влажный климат, а это означает, что преимущество, которое можно получить с помощью охлаждения испарением, ограничено, так как содержание влажности в воздухе уже близко к максимальному значению. Когда температура внешней среды составляет $30^{\circ}C$, средняя температура мокрого термометра равна $23^{\circ}C$; если предположить 80% эффективности насыщения, средняя температура воздуха на выходе из охладителя испарением $t_{air\ out}$, когда она активна, составляет $26^{\circ}C$. Полученное преимущество для КП очень сильно зависит от специального цикла и рабочих условий, как можно видеть на Схемах 2 и 3.

В Триполи охлаждение испарением - намного более эффективно, так как влажность очень низкая. Когда температура внешней окружающей среды составляет $30^{\circ}C$, средняя влажная температура равна $16.9^{\circ}C$; если допустим 80% эффективности насыщения, средняя температура воздуха на выходе из охладителя испарением $t_{air\ out}$, когда она активна, равна $22^{\circ}C$. Ясно, что улучшение КП может быть намного выше, чем в Бангкоке. Потребление воды на кВт отведенного тепла подсчитано по часам с учетом следующих допусков:

1. Охлаждение испарением активизируется, когда температура сухого термометра выше $29^{\circ}C$;
2. Воздух, поступающий через газоохладитель, увеличивает его температуру на 15K (для оценки массового расхода воздуха);
3. Достигается 100% насыщения (консервативное предположение);
4. Нет потерь воды.

Для рассмотрения двух разных вариантов, с последующими различными преимуществами в переводе на КП, которые зависят от специального дизайна газоохладителя, расчет проводился с учетом насыщения общего расхода воздушной массы, которая влияет на газоохладитель или только 30% таковой. Результаты приведены в Таблице 2.

Хотя охлаждение испарением является активным в течение многих часов в Бангкоке (41.1% общего количества часов в год), потребление воды на кВт отведенного тепла - не такое высокое, по сравнению с Триполи, так как уровень влажности - уже высокий. Ясно, что понижение температуры в Бангкоке не является существенным, как в Триполи. В любом случае, как это продемонстрировано на Схеме 6, это допускает существенное понижение температуры воздуха при большой необходимости, т.е. когда температура воздуха превышает 35°C.

Город	Бангкок		Триполи	
Предварительно охлажденный поток воздуха, поступающий в газоохладитель	100%	30%	100%	30%
Активное охлаждение испарением [часы/год]	3603 (41.1%)		1288 (14.7%)	
Потребление воды [$\text{м}^3/(\text{кВт} \cdot \text{год})$]	3.12	0.94	2.13	0.64

Таблица 2. Потребление воды на кВт отведенного тепла в результате охлаждения испарением в Бангкоке и Триполи.

Для оценки преимущества, которое может быть получено в результате предварительного охлаждения, общий поток воздуха, поступающий в газоохладитель, вместо только потока, который охлаждает заключительную часть газоохладителя, был выбран специальный газоохладитель, который проанализирован при следующих условиях:

1. Воздух, поступающий в газоохладитель, имеет однородную температуру, соответствующую температуре воздуха на выходе из охладителя
2. Газоохладитель разделен на две части; первая часть (сразу за компрессором) охлаждается атмосферным воздухом, тогда как вторая часть охлаждается воздухом, выходящим из охладителя.

Газоохладитель расположен в противотоке. Температура воздуха равна 40°C, а относительная влажность составляет 40%. Характеристики газоохладителя приведены в Таблице 3.

Имитации газоохладителя проводились с помощью программного обеспечения RefBox (Ever-est, 2008).

При тех же допусках, которые были сделаны для среднетемпературных применений и цикла Г (раздел 1), имитация двух разных конфигураций ведет к результатам, которые суммированы в Таблице 4.

		Температура воздуха после охлаждения испарением [°C]	Температура CO ₂ на выходе из газоохладителя [°C]	Оптимальное высокое давление [бар]	КП [-]	Потребление воды [м ³ /кВт/час]
1) 100% предварительное охлаждение	Цикл Г	30.2	33.0	81	2.18	0.001566
2) 30% предварительное охлаждение	Цикл Г	30.2	35.8	89	1.93	0.000487

Таблица 4. КП и потребление воды двух разных конфигураций газоохладителя

В случае если охлаждается только часть потока воздуха, сокращение потерь воды является релевантным (30%). Однако, в особой ситуации ухудшение КП составляет примерно 11%. Дополнительное потребление энергии в результате вентиляции газоохладителя, которая здесь не рассматривается, может уменьшить разницу между двумя решениями.

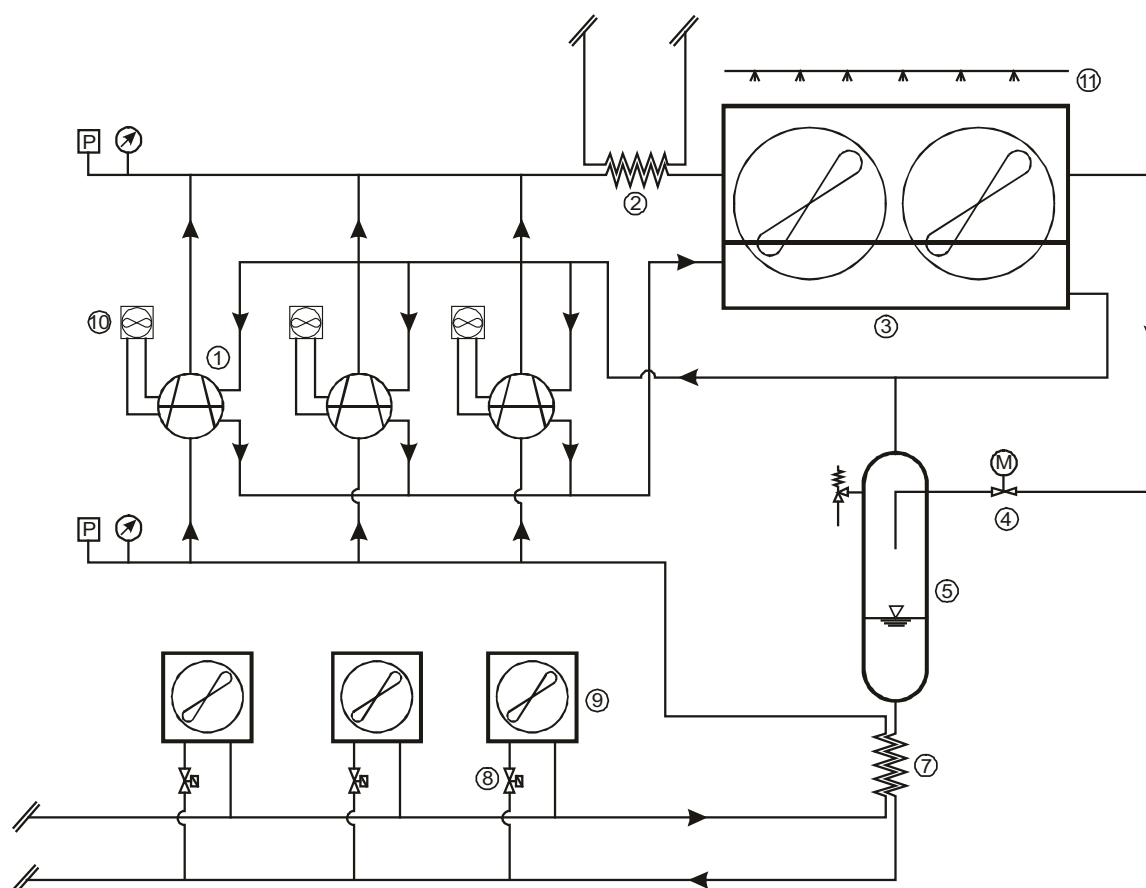


Схема 8. Низкотемпературный блок

В данном разделе будут описаны две установленные системы, работающие на CO_2 в качестве единственного хладагента; они допускают поэтапное испарение и дросселирование в качестве методов усовершенствования эффективности. Хотя в особенном случае они не устанавливались в конкретно жарких климатических условиях, целью данного раздела является иллюстрация самой современной технологии и демонстрация существования реальной возможности применения CO_2 там, где температура окружающей среды - очень высокая.

Двухэтапное дросселирование, двухэтапная компрессия, открытый цикл с впрыскиванием хладагента в емкость для низкотемпературных применений

Анализируемый низкотемпературный блок принадлежит установке, которая обслуживает центр оптовой торговли, расположенный в Центральной Европе.

Низкотемпературная установка представлена на Схеме 8.

Цикл в основном состоит из двухэтапной компрессии, двухэтапного цикла дросселирования, с межкаскадным охлаждением, выводом мгновенного испарения из испарительной емкости и регенеративного теплообмена (цикл В).

Существует три двухэтапных полугерметичных компрессора с внутренним устройством (1); жидкостный коэффициент между этапом низкого и высокого давления составляет R_v 2.3. Теплообменник регенерации тепла (2) устанавливается только после компрессоров, в машинном отделении. Это - коаксиальный тип теплообменника.

Газоохладитель (3) располагается на крыше здания. Газоохладитель спроектирован для температуры окружающей среды 33°C . Более того, газоохладитель оснащен устройством (11), непосредственно распыскивающим воду на теплообменник; данное устройство, как объясняет Зоггиа и др., 2006, включается при высокой температуре на выходе из газоохладителя (превышающей 30°C). Рассчитано, что распыскивание воды на территории, где работает установка, осуществляется в течение 60 часов/год, с очень ограниченным потреблением воды.

Первое дросселирующее устройство (4) - клапан шагового электродвигателя, регулируемый определенным алгоритмом. Баллон промежуточного давления (5) подключается через паропровод непосредственно к всасывающей линии этапа высокого давления. Таким образом, мгновенный пар выводится с помощью высокого каскада компрессоров.

На территории, где размещается установка, климат - довольно мягкий, а внешняя температура выше 15°C в течение примерно 30% времени. В результате, блок, работающий на CO_2 , может запускать субкритический цикл в течение большей части года. (Чиарелло и др. 2007).

На Схеме 9 приводится снимок холодильной установки.

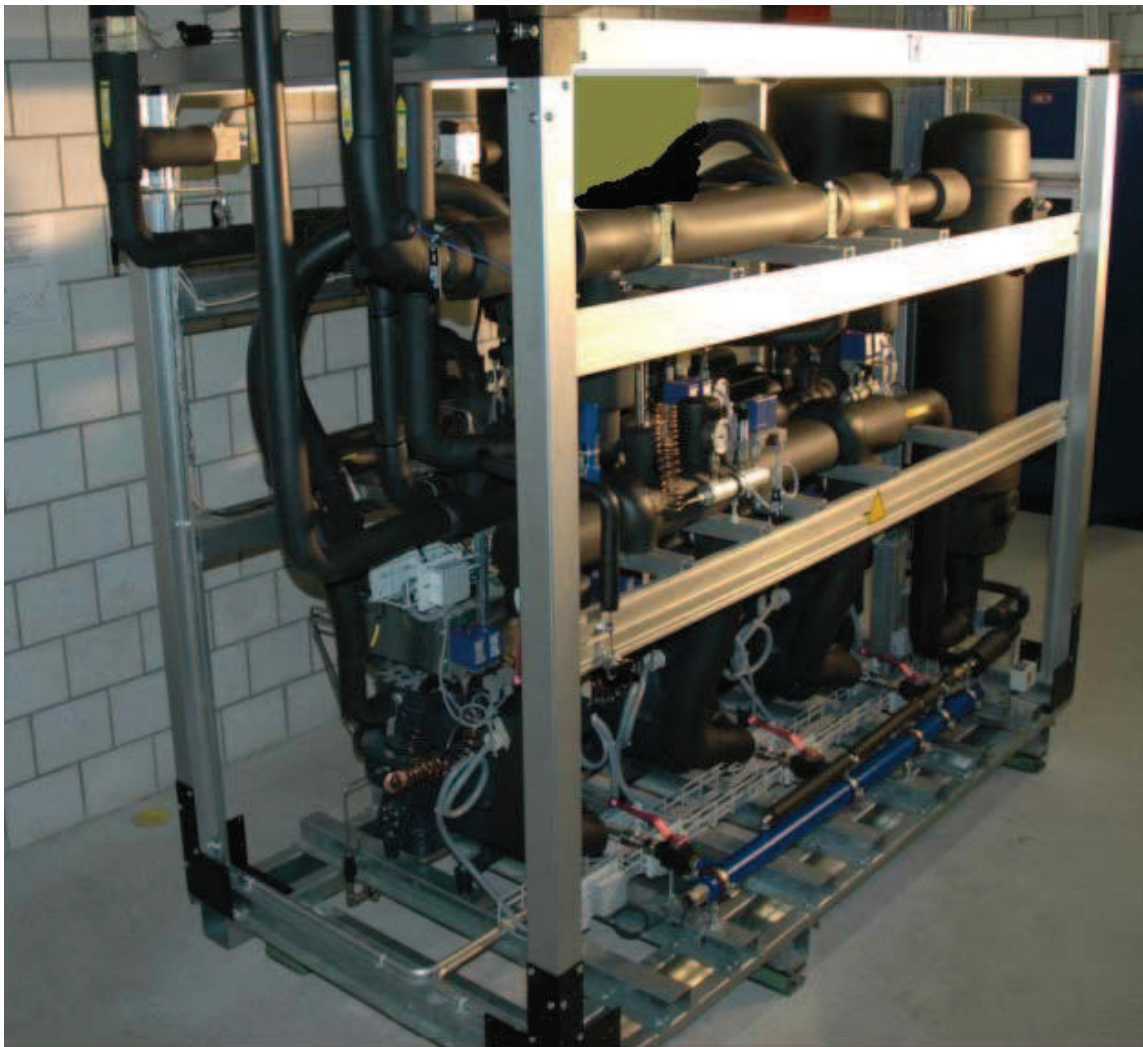


Схема 9. Снимок НТ блока с двухэтапной компрессией и двухэтапным дросселированием

Цикл двухэтапного дросселирования и параллельной компрессии для среднетемпературных применений

Данная установка разработана для промышленного применения. Необходимая температура испарения -5°C .

На Схеме 10 представлен упрощенный способ холодильной установки. Поршневые одноэтапные компрессоры (1a и 1b) всасывают перегретый пар, выходящий из испарителей (6); газоохладитель (2) также работает в качестве конденсатора в течение зимнего времени. Газоохладитель содержит систему орошения всякий раз, когда температура наружного воздуха превышает 30°C . Давление газоохладителя регулируется электронным расширительным клапаном (3), который питает баллон промежуточного давления (4). Второе испарение происходит в каждом испарителе (6) с помощью электронных термостатических клапанов (5). Вспомогательный компрессор (1c) выводит насыщенный пар из баллона промежуточного давления (4). Давление внутри баллона постоянно поддерживается ниже 45 бар, несмотря на рабочие условия установки; фактически компрессор 1c является приводом инвертора, поэтому он может менять рабочий объем и поддерживать давление на заданной величине. В разделе 1 имитации для данного цикла (Цикл Г) проводилась

при постоянном значении промежуточного давления, хотя оно и было ниже (38 бар). Данный выбор сделан в основном по технологическим соображениям, хотя результирующее КП цикла несколько ниже лучшего показателя, который можно получить при оптимизации промежуточного давления при каждом рабочем условии. Первое преимущество объясняется тем фактом, что термостатические расширительные клапаны (5) можно использовать для каскадных применений. Более того, они питаются постоянной энтальпической жидкостью, таким образом, массовый расход зависит только от охлаждающей способности, которая почти постоянна в течение года. Это приводит к очень стабильным рабочим условиям.

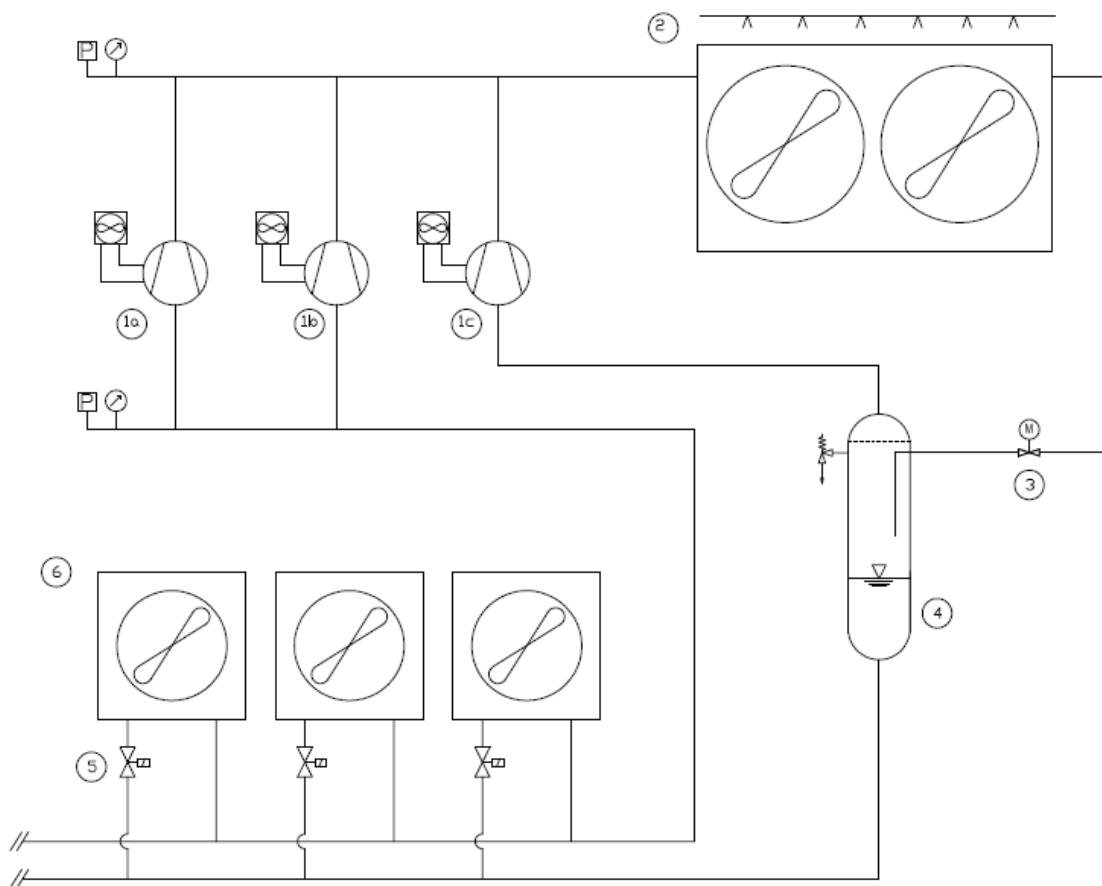


Схема 10. СТ установка с параллельной компрессией

Данное решение, которое, в частности, интересно для больших установок, требует специальной системы контроля смазочных материалов, так как масло должно распределяться от сепаратора низкого давления к компрессору 1c, чей картер работает при более высоком давлении (Минетто и др., 2005).

Выводы

В настоящее время углекислый газ является признанной альтернативой синтетическим хладагентам в мягких климатических условиях.

Комплексные циклы, которые включают поэтапное испарение и компрессию, а также использование охлаждения испарением для снижения температуры наружного воздуха, уже рассматривались на предмет усовершенствования эффективности. Данные методы предлагают возможность использования CO₂ в качестве хладагента в любом теплом климате; они ограничивают отбраковку эффективности использования и помогают избежать технологических проблем, таких как высокая температура нагнетания компрессора. В данном документе некоторые циклы оценивались для среднетемпературных и низкотемпературных применений искусственного охлаждения. При специальных имитационных условиях, для среднетемпературных применений двухэтапная компрессия, двухэтапное дросселирование с циклом межкаскадного охлаждения и внутренним теплообменником предлагают наилучшую эффективность по сравнению с другими проанализированными циклами, в то время как для низкой температуры двухэтапное дросселирование, двухэтапная компрессия, межкаскадное охлаждение, сплит цикл или открытый цикл с впрыскиванием хладагента в емкость могут справиться с температурой окружающей среды до 50°C.

Охлаждение испарением рассматривается как простой и эффективный метод снижения температуры воздуха газоохладителя с помощью рационального потребления воды. Фактически, данный метод очень эффективен в сухих климатических условиях, хотя стоит рассмотреть его использование также во влажном климате, когда температура окружающей среды превышает 35°C.

Ссылки

А.Каваллини, С.Зило, 2006, Углекислый газ в качестве природного хладагента, 5-я Международная Конференция. Устойчивые энерготехнологии, Виченца - Италия.

Л.Чекинато, М.Корради, Э.Форнасиери, С.Дзилио, 2005, Термодинамический анализ различных двухэтапных транскритических циклов углекислого газа, Международный Конгресс МИИО - Коммерческое Искусственное Охлаждение, Виченца - Италия.

М.Киарелло, Э.Форнасиери, С.Минетто, С.Дзилио (2007), Последние разработки в коммерческих системах охлаждения, с использованием CO₂ в качестве хладагента, 22-й Международный Конгресс МИИО, Пекин, Китай.

Ever-est S.r.l., 2008, RefBox, www.ever-est.net

С.Джиротто, С.Минетто, П.Некса, 2004, Коммерческая система охлаждения с использованием CO₂ в качестве хладагента, Международный Журнал Искусственное Охлаждение, 27(7): 717-723

С.Джиротто, С.Минетто, 2007, Недавние применения альтернативных компрессоров в установках для коммерческих систем охлаждения согласно моно и двухэтапных циклов углекислого газа. Семинар СТР. Природные охлаждающие жидкости: Будет ли окончательным решением углекислый газ? Падова - Италия. (на итальянском языке).

Г.Лоренцен, 1994, Возрождение углекислого газа в качестве хладагента, Международный Журнал Искусственное Охлаждение, 17(5): 292-301.

С.Минетто, Л.Чекинато, М.Корради, Э.Форнасиери, С.Дзилио, А.Скиявон, 2005, Теоретический и экспериментальный анализ цикла охлаждения с использованием CO_2 с двухэтапным дросселированием и всасыванием мгновенного пара с помощью вспомогательного компрессора. Международная Конференция Термодинамические свойства и Процессы Переноса Хладагентов, Виченца - Италия.

Оффисин Марио Дорин С.п.А., 2007, Сфера применения CO_2 , Инновация Дорин, Фирензе (Италия), 28 р.

Termotecnica Pericoli S.r.l., 2008, Pericool® evaporative panels, www.pericoli.com.

Министерство Энергетики США, Эффективность использования энергии и возобновляемого источника энергии (ЭЭВЭ), 2008, Метеорологические Данные. www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm.

Ф.Зоджиа, С.Филиппини, С.Перфетти, Г.Лозза, 2006, Теплообменники благоприятные для окружающей среды, 7-я Международная Конференция имени Густава Лоренца по Природным Рабочим Хладагентам, Сигнальные экземпляры: 366-369.

Первая установка CO₂ в супермаркете в Новой Зеландии

Александр Кор Пачай, Джонсон Контролз, Дания

Введение

Возрастающее понимание воздействия, которое некоторые хладагенты оказывают на окружающую среду, и возрастающее понимание цен на энергию заставили владельцев супермаркета «Вэерхаус» в Сильвия Парк, Окленд инвестировать средства в экологически рациональную и энергоэкономичную установку искусственного охлаждения, которая была запущена в мае 2006 года. В качестве хладагентов использовались пропилен (R1270) и углекислый газ (R744). Данный документ объясняет мнения до введения технологии CO₂, в частности, относительно глобального потепления и энергопотребления.

Была предложена современная система, которая служила линией отсчета для всех сравнений в течение стадии реализации, и базировалась на системе непосредственного испарения, с использованием больших заправок R404A. Размер системы, установленной Вэерхаус, будет вмещать около 800 кг R404A, который имеет потенциал глобального потепления (ПГП) более чем 3800. Расчеты СЭВП (Суммированный Эквивалент Воздействия Потепления), который суммирует эквивалентные выбросы углекислого газа при энергопотреблении и выбросах хладагента) показали существенное снижение в результате непосредственных выбросов, но углеводород (УВ) хладагенты являются более эффективными, чем базовая линия, и абсорбированная энергия была также снижена по меньшей мере на 7%.



Схема 35 Холодильная камера, работающая на пропилене, установленная на крыше, и блок CO₂ , установленный в помещении под ней, при вводе в эксплуатацию.

Ввод в эксплуатацию

7 и 8 мая 2006 года были введены в эксплуатацию первые системы пропилен/углекислый газ для Вэерхаус на новой площадке в Сильвия Парк в Веллингтоне, Окленд. Комплексный супермаркет имеет общую площадь помещений равную 12.000 м² и большой продовольственный отдел. В то же время система является первой системой, использующей CO₂ для охлаждения, шкафы-

витрины и холодильные камеры как для низких, так и средних температур, используя пропилен на стадии высокой температуры. Это - основной шаг вперед по некоторым аспектам. Выбор хладагентов снижает зону охвата углерода благодаря меньшей утечке из системы. Будет также снижено воздействие от использования энергии. Вся система - компактная и имеет очень ограниченное требование к пространству по сравнению с более традиционной установкой, которая использует R404A (или ранее R22).

Дизайн системы фокусируется на эффективности использования энергии. Одна из схем высокого давления оснащена змеевиком регенерирующей поверхности нагрева, позволяющим производить горячую воду, которая позволяет экономить на производстве горячей воды. Можно производить горячую воды до примерно 75°C, что вполне достаточно для большинства работ, связанных с уборкой в супермаркете. Обычную воду из крана можно также производить в разумных количествах при пониженных температурах, не нанося ущерб эффективности холодильной установки.



Схема 36 Часть установки, работающей на CO₂, и несколько баллонов с CO₂ на заднем плане.

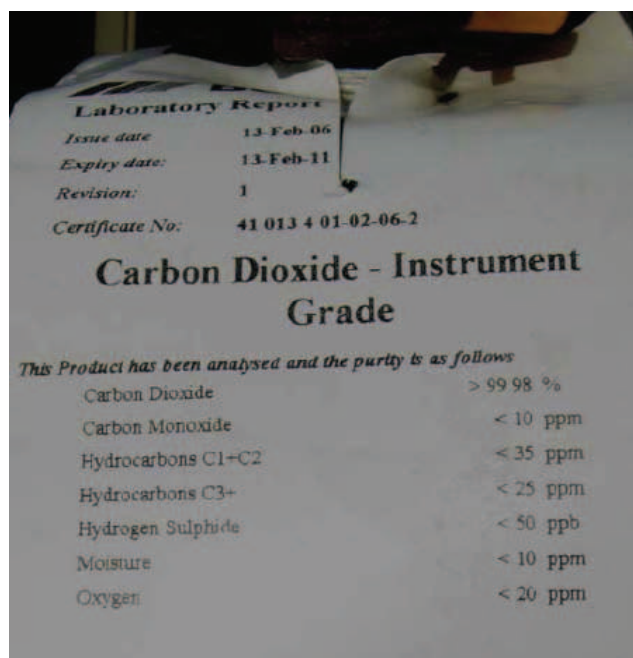


Схема 37 Марка CO₂, используемая в системе, составляет 3.8 или 99.98% с очень малым содержанием воды и другими включениями.

Площадка явилась примером хорошего сравнения между более традиционными системами и новым подходом. Только в нескольких метрах от новой системы, конкурирующий супермаркет установил традиционную установку R404A, которая имеет почти такую же мощность.

До заправки любым хладагентом системы были должным образом освобождены и просушены. Данная процедура проводится легче при относительно высоких температурах окружающей среды, что видно на примере Окленда, по сравнению с Северной Европой. R1270 имел характеристики хладагента, означая, что его включения находятся в том же порядке величины, что и другие хладагенты. (Кстати, хладагент был привезен из Дании, несмотря на то, что в Окленде был производитель, по причине большой разницы в цене.) Общая заправка в обе системы составляет 40 кг, по 20 кг в каждую из двух схем.

Углекислый газ обычно используемой марки беспримесности имелся на локальном уровне, марка обычно является наиболее дешевой из имеющихся. Углекислый газ производится несколькими способами и источник часто являлся отходом других видов деятельности. Таким образом, CO₂ является побочным продуктом, который в противном случае выбрасывался бы в атмосферу, если бы не разливался в бутылки и не продавался. Следовательно, использование CO₂ в качестве хладагента - положительный фактор воздействия на окружающую среду. На установке в Сильвия Парк используется примерно 330 кг. Мощность установки:

- Для схемы минимального уровня R744, охлаждающая способность 89,6 кВт основана на -35°C испарения и -7°C конденсации, и
- Для схемы среднего уровня R744, охлаждающая способность 190 кВт основана на -7°C испарения и конденсации, и
- Для схемы высокого уровня УВ, охлаждающая способность 307 кВт (поделенная на две идентичные схемы) основана на -12°C испарения и +42°C конденсации.

Справка о работе:.....		Сильвия парк, Новая Зеландия		Дата:.....	
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ					
Заявка сектора:	Супермаркет			1	
Хладагент:	R404			2	
Количество хладагента:	800 кг			3	
Годовое потребление энергии (кВт/ч)					
Компрессор:	1 127 884			4	
Дополнительно:	694 236			5	
ФАКТЫ ПО СЕКТОРУ					
Срок эксплуатации систем:	10 год			6	
Хладагент ГВП:	3784			7	
L1	10	8	S1	2	10
L2	0	9	S2	2	11
Восстановление эффективности	0.75			12	
Фактор выброса CO ₂ : β (kg CO ₂ /kWh)	0.59			13	
РАСЧЕТ TEWI					
а) Прямое действие					
Высвобождение хладагента (эксплуатационный) = (3)х(6)х(8+9+10+11)/100				1120	
Высвобождение хладагента (конец срока службы) = (3)х(1.00-(12))				200	
Общее высвобождение хладагента за срок эксплуатации (кг) =(14)+(15)				1320	
Эквивалент CO ₂ (кг) = (16)х(7)				4994880	
б) Косвенный эффект					
Косвенный эффект (кг CO ₂) = ((4)+(5))х(13)х(6)				10750478.43	
в) TEWI					
TEWI = (17)+(18)				15 745 358 kg CO ₂	
= (17)+(18)/1000				15 745 Tonne CO ₂	
				CO2 charge 0 kg	

Схема 38 Расчет СЭВП для системы R404A

Проведение расчета СЭВП согласно методу БАО (Британская Ассоциация Охлаждения) демонстрирует разницу между традиционной системой, основанной на R404A, и новой системой, использующей природные хладагенты, установленной в Сильвия Парк. Независимо от того, как точно Вы постараетесь сделать расчеты и имитировать эффективность системы супермаркета, будет трудно сопоставить две системы, даже если установки идентичны. Существует много других факторов, которые нарушают представление, например, перегрузка шкафа-витрины, циркуляция воздуха около шкафов, привычки клиентов, привычки служащих, и это только некоторые из них. СЭВП - наилучшее предположение и инструмент для сравнения тем же способом воздействия двух систем на глобальное потепление. Результат расчета СЭВП приведен в качестве эквивалента CO₂, чтобы продемонстрировать, как сильно система влияет на атмосферу в пересчете на выделенный CO₂. По результатам многих исследований известно, что R1270 улучшит работу системы только путем замены хладагента. Однако, изучение первых установок в Дании при использовании данного типа системы показало, что до тех пор пока не были использованы насосы с переменной скоростью, потребление энергии было очень высоким. В системе, установленной в Сильвия Парк, насосы регулируются с помощью инвертера для оптимизации работы. Это позволяет системе работать лучше по сравнению со стандартной системой R404A DX.

Справка о работе:.....		Сильвия парк, Новая Зеландия		Дата:.....	
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ					
Заявка сектора:	Супермаркет				1
Хладагент:	R1270				2
Количество хладагента:	40 кг				3
Годовое потребление энергии (кВт/ч)					
Компрессор:	958.702				4
Дополнительно:	711.750				5
ФАКТЫ ПО СЕКТОРУ					
Срок эксплуатации систем:	10 год				6
Хладагент ГВП:	3				7
L1	10	8	S1	2	10
L2	0	9	S2	2	11
Восстановление эффективности	0.72				12
Фактор выброса CO2 B (kg CO2/kWh)	0.52				13
РАСЧЕТ TEWI					
а) Прямое действие					
Высвобождение хладагента (эксплуатационный) = (3)x(6)x(8+9+10+11)/100				50	14
Высвобождение хладагента (конец срока службы) = (3)x(1.00-(12))				10	15
Общее высвобождение хладагента за срок эксплуатации (кг) = (14)+(15)				60	16
Эквивалент CO2 (кг) = (16)x(7)				198	17
б) Косвенный эффект					
Косвенный эффект (кг CO2) = ((4)+(5))x(13)x(6)				9855068.22	18
в) TEWI					
TEWI = (17)+(18)				9.857.678 kg CO2	
= (17)+(18)/1000				9.858 Tonne CO2	
				CO2 charge	1.812 kg

Схема 39 Расчет СЭВП для установленной системы. Влияние заправки CO₂ рассчитано отдельно.

Расчет СЭВП показывает, что вместо выброса близкого к 16000 тоннам эквивалентным CO₂, как в сопоставимой установке R404A, новая система вероятно не даст более примерно 10.000 тонн эквивалентных CO₂. Это происходит при генерации энергии с помощью типичной Европейской смеси. Если только используется возобновляемый источник энергии такой как гидроэлектростанция, влияние на окружающую среду незначительное. Снижение происходит в основном в результате заправки хладагента, но также и благодаря тому, что природные хладагенты более эффективны, чем R404A.

Система

Дизайн системы основан на более чем 7-летнем опыте работы с CO₂ в качестве второго легкоиспаряющегося хладагента. Данные системы основаны на замкнутом цикле, где хладагент частично испаряется при низкой температуре. При использовании данной технологии давления в низкотемпературных схемах не создают никаких проблем при избыточном давлении R744 покидает баллон и конденсируется в теплообменнике при использовании системы охлаждения на исходной стороне (в данном случае чиллеры R1270), хотя хладагент с исходной стороны может быть любого другого типа: многие установки в Швеции

использовали разные углеводородные хладагенты. Сжатый CO_2 возвращается в баллон, откуда он начал циркулировать в змеевик в шкафах-витринах. Система основана на системе форсированной подачи (так называемой затопленной системе). В данном случае обычно используется скорость циркуляции обеих, что означает, что на выходе из змеевика шкафа Вы сконденсировали 50% жидкости. Таким образом, возврат из змеевика в баллон является смесью жидкости и газа. Впоследствии жидкость и газ отделяются в баллоне и процесс начинается снова. Установка в Сильвия Парк оснащена тремя компрессорами марки Bitzer (модель 4F-7.2K) на стороне R744, и четырьмя компрессорами марки Bitzer (модель 6F-40.2P) на углеводородной схеме. Блок углеводородный испаритель/ CO_2 конденсатор расположен в корпусе компрессора на крыше, т.е. в машинном отделении УВ отсутствует, что позволяет проектировать машинное отделение с учетом дополнительных мер безопасности.

Вторичная система быстрого испарения

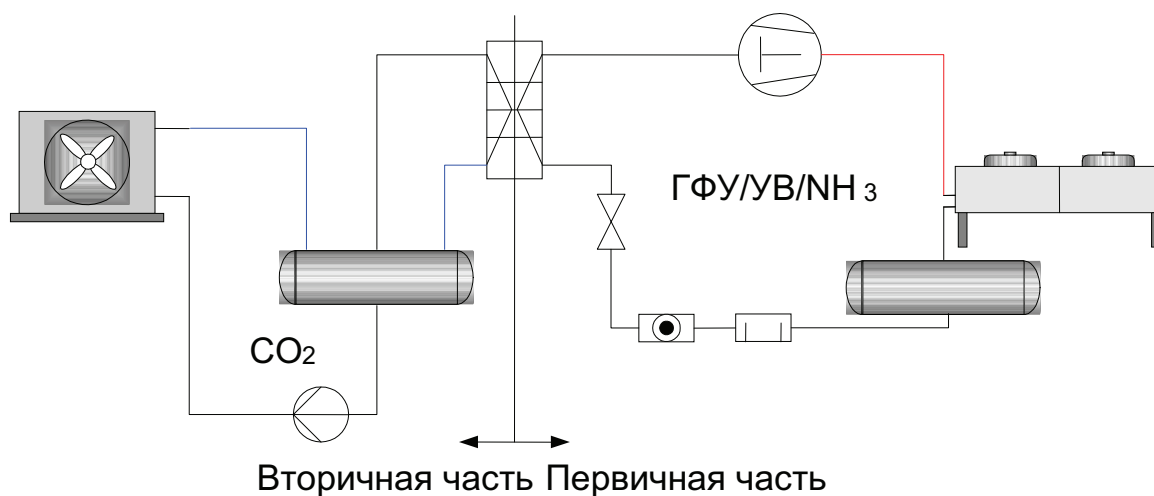


Схема 40 Система, использующая CO_2 в качестве вторичного испаряющего хладагента. В цикле CO_2 компрессор отсутствует.

Использование данной технологии при высоком уровне давления и введение компрессоров для работы на стадии низкой температуры позволяет нам использовать преимущества CO_2 .

Система в парке Сильвия

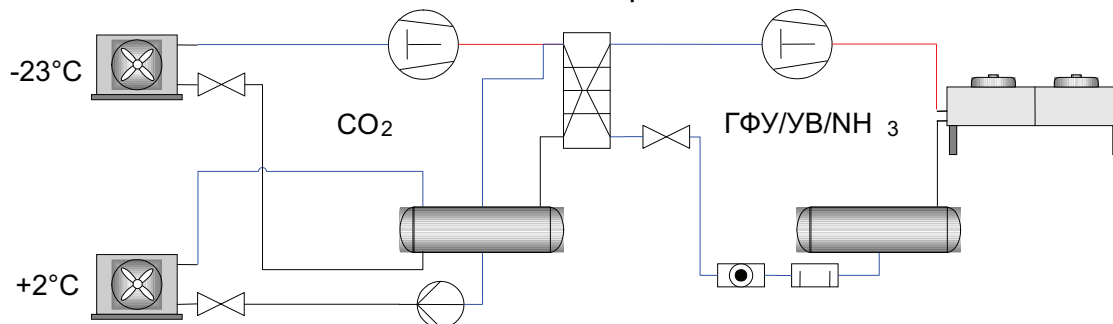


Схема 41 Использование компрессоров на стадии низкой температуры позволяет использовать преимущества CO_2 .

Одним из преимуществ компрессоров CO_2 является высокая холодопроизводительность. При сравнении с холодопроизводительностью компрессоров, установленных в Сильвия Парк, обнаружено, что компрессор R404A с идентичной холодопроизводительностью потребует четыре цилиндра вместо двух и мотор мощностью 20 лошадиных сил (ЛС), вместо моторов мощностью 7 ЛС в CO_2 компрессорах.

Проблемы в случае утечки

Следует всегда серьёзно относиться к вопросам безопасности при использовании любого хладагента. Можно рассчитать сколько может быть выпущено в холодильные камеры до того, как будет иметь место опасная концентрация. Много внимания уделяется рискам систем, работающих на CO_2 , но те же риски могут иметь место и с синтетическими хладагентами, такими как R404A и R22. Существуют различные принятые уровни концентрации, безопасные для человека в каждой стране и, таким образом, рекомендуется проверить национальные положения, чтобы знать какие уровни использовать для сигналов тревоги низкого уровня, а какие для сигналов тревоги высокого уровня. Некоторые общие рекомендации, приведенные в ЕС 378, объясняют это, но они могут использоваться только как рекомендации, потому что местные законы превосходят любые стандарты.

Ref\$ = CarbonDioxide

$T_{\text{room}} = 25$ [°C]

$T_{\text{liquid}} = 0$ [°C]

Height = 2.7 [m]

FloorWidth = 4.5 [m]

FloorLength = 45 [m]

FloorArea = 202.5 [m²]

$V_{\text{room}} = 546.8$ [m³]

$m_{\text{liquid}} = 38.27$ [kg]

$\text{Conc}_{\text{room}} = 3.873$ [%]

$\text{Conc}_{\text{ppm}} = 38726$ [ppm]


$V_{\text{liquid}} = 0.04127$ [m³]

$V_{\text{CO2, room}} = 21.17$ [m³]

$\text{EN378}_{\text{limit}} = 0.07$ [kg/m³]

$r_{\text{gas}} = 1.808$ [kg/m³]

$r_{\text{liquid}} = 927.4$ [kg/m³]



A JOHNSON CONTROLS COMPANY

Практический предел кг/м³ для отдельных хладагентов

R134a Практический предел 0,25кг/м³ ATEL 0,25кг/м³

R407C Практический предел 0,31кг/м³ ATEL 0,31кг/м³

R404A Практический предел 0,48кг/м³ ATEL 0,48кг/м³

R507A Практический предел 0,49кг/м³

R410A Практический предел 0,44кг/м³ ATEL 0,44кг/м³

R744 Практический предел 0,07кг/м³ ATEL 0,07кг/м³

R290 Практический предел 0,008кг/м³ ATEL 0,008кг/м³ LFL 0,038кг/м³

R1270 Практический предел 0,008кг/м³ ATEL 0,008кг/м³ LFL 0,040кг/м³

R717 Практический предел 0,00035кг/м³ ATEL 0,00035кг/м³ LFL 0,104кг/м³

✦ Для обнаружение газа требуется аппарат в комнате, если расход $\text{CO}_2 >$ практического предела (0,1 кг/м³ - 55.000ppm)

✦ *EN378, 2008* расход > 25 kg/h

✦ Максимальный уровень предупредительного сигнала:	55.000 ppm
✦ <i>EN378, 2008</i>	19.500 ppm

✦ Рекомендации в IOR код безопасности для CO_2 систем:

- Уровень предварительной угрозы 5.000 ppm
- Уровень основной угрозы 10.000 ppm
- Детекторы рекомендуется размещать в машинных отделениях и районе работы, содержащих частицы CO_2

✦ *Maximum Arbeitsatmosphärenkonzentrationen-Germany* **1.000 ppm**

Схема 42 Расчет максимально допустимой концентрации CO_2 в самой крупной холодильной камере показывает, что здесь необходимо установить датчик сигнала тревоги. Во всех других случаях будет невозможно создать концентрацию, которая может вызвать какие либо проблемы.

Нет причины для установки сигналов тревоги там, где опасные концентрации не могут иметь место, но в случае с морозильными камерами со стеклянными дверями настоятельно рекомендуем использовать сигнал тревоги, когда концентрация может образовывать опасные уровни.

Вопросы воспламеняемости

Углеводородные хладагенты легко воспламеняются и во избежание несчастных случаев необходимо предпринять соответствующие меры. В данном случае агрегат необходимо устанавливать на крыше. Компоненты с содержанием хладагента размещаются в одном конце блока, тогда как элементы управления - на противоположном конце блока. Все элементы управления, которые непосредственно подключены к хладагенту, такие как мембранные переключатели, питаются от специальной линии низкого напряжения, поэтому переключение не может вызвать искру с достаточной температурой или энергией для воспламенения газа. Вентилятор гарантирует, что машины вентилируются, и что в случае больших утечек все электропитание будет отключено с помощью мембранного переключателя.

Клапан разгрузки давления и соединительные трубы выводятся на открытый воздух таким образом, чтобы газ не мог аккумулироваться и создавать угрозы для кого-либо.

Наоборот, положительной особенностью R1270 является то, что он имеет достаточно отличительный запах и становится неприятным даже в низких концентрациях. Данный запах является естественным запахом, который не исчезает со временем. При использовании пропана (R290) запах появляется при добавлении меркаптана. Недостатком меркаптана, который с течением времени адсорбируется фильтром-влагоотделителем, является то, что он превращается в кислоту, потому что в основе имеет серу. Таким образом, большинство установок спроектированы с R1270 по причинам безопасности, а также по экономическим соображениям. Первая при использовании R290 стоила больше, чем система той же мощности с использованием R1270. Это объясняется тем, что R290 с тем же рабочим объемом цилиндров имеет меньшую мощность чем R1270, а чтобы это компенсировать используются более мощные и более дорогие компрессоры. R290 используется в основном в тепловых насосах, где могут иметь место более высокие температуры без развития высоких давлений в системе. УВ система спроектирована из двух независимых схем во избежание проблем в случае выхода из строя одной из них. Двухсхемная система имеет также испарители достаточной мощности. Заправка хладагента в каждой схеме составляет около 20 кг.

CO₂

Важно знать воздействие на организм человека. При повышенных уровнях углекислый газ будет вступать в реакцию с водой для создания угольной кислоты. Кислота может проникать в глаза и горло и вызывать острую боль или раздражение. При более высоких уровнях Вы почувствуете головокружение и можете испытать головную боль. Вы почувствуете себя лучше, как только выйдете

на свежий воздух. Важно покинуть территорию сразу, как только почувствуете данные симптомы.

CO₂ образуется многими способами, но всегда является отходом других видов деятельности, например, на пивоваренных заводах, которые производят CO₂ в больших количествах. CO₂ также собирается из природных источников, где он выходит из земли. Производство NH₃ также генерирует большое количество CO₂ как побочный продукт, когда источником служит природный газ или сырая нефть. При производстве одного килограмма NH₃ Вы также получаете один литр CO₂ в качестве побочного продукта. CO₂ является дешевым хладагентом, который имеется по всему миру в больших количествах и без примесей. Таким образом, он обычно производится на локальном уровне, потому что распределение будет существенно увеличивать цену.

CO₂ в качестве хладагента

CO₂ характерен многими характеристиками, что и другие хладагенты, но в то же время он отличается от них: тройная точка - высокая, а критическая температура - низкая. Когда состояние доходит до отметки ниже тройной точки, жидкость превращается в то, что известно как сухой лёд. Если температуры и давления станут очень высокими, состояние превысит критическую точку. Выше данной точки конденсировать газ невозможно. Данная ситуация несколько влияет на то, как проектировать и контролировать систему искусственного охлаждения. В то же время система ослабит мощность и, таким образом, потребуется установка дополнительного компрессора для исправления данной ситуации.

Колебания температуры окружающей среды не влияют на часть установки, использующей CO₂. Данные колебания влияют только на UV камеру охлаждения, а R1270 лучше подходит для противостояния изменениям температуры в течение года в случае более высокой критической температуры. Использование варианта R1270 даже снижает общее потребление электроэнергии на 7% по сравнению с более традиционным решением, использующим тепличные газы, такие как синтетический R404A и идентичные продукты.

В системах, работающих выше критической точки, Вы теряете мощность, когда начинаете работать в транскритическом режиме. Тогда Вы должны постараться восстановить части данной потери с помощью проведения различных мероприятий. Некоторые из них помогают больше, другие не очень. Нахождение оптимального высокого давления - один из лучших существенных аспектов работы в транскритическом режиме.

В случае превышающем критическую точку важна стратегия контроля, так как превышение давления является вариантом увеличения как мощности, так и эффективности. Существует оптимальное условие, выше которого система начнет терять мощность и эффективность. Условие, при котором мощность начинает снижаться, может отличаться от точки, при которой падает эффективность.

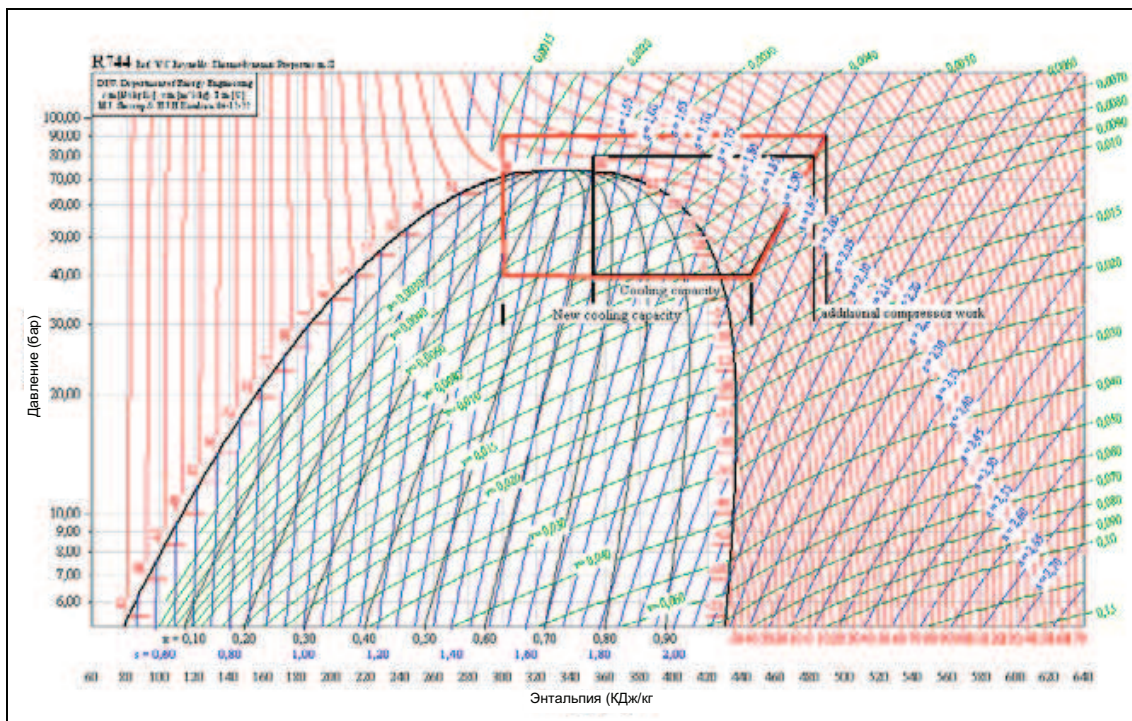


Схема 43 В суб-критическом цикле Вы теряете мощность, а при увеличении давления нагнетания страдает и эффективность, но этого не происходит в суперкритической системе CO₂

Выводы

В самом начале у системы были проблемы, которые были решены. С тех пор система работает уже в течение двух лет и проявила себя довольно надежной. При более теплых климатических условиях каскад, использующий углеводородные хладагенты на стороне высокого давления, предлагает хорошую эффективность использования энергии и является достаточно толерантным к высоким температурам окружающей среды (УВ не разрушают кислоты при повышении температуры окружающей среды). Схемы CO₂ редко создают проблемы, потому что он не подвергается воздействию температур окружающей среды. Следует учитывать чистоту газа; несжимаемые газы не могут выпускаться, а это может привести к отключению установки и эвакуации системы перед повторной заправкой, на что может уйти целый день.

Система прекрасно работает в климате Окленда. Со времени первого пуска конкурирующие супермаркеты проверяют альтернативные технологии. Например, недавно супермаркеты Woolworth в Австралии заявили, что они базировались на своем опыте с каскадными системами и в настоящее время приняли решение отойти от избранного пути. Как УВ, так и CO₂ хладагенты являются нетребовательными хладагентами, при условии что Вы будете соблюдать некоторые общие эмпирические правила. Заправка УВ может изолироваться в безопасное место, а CO₂ обеспечивает очень хорошее охлаждение для пользователя.

Применение природных хладагентов при производстве молочных продуктов, в системах охлаждения и кондиционирования воздуха в супермаркетах

Доктор Керин Джан, Евроаммон, Германия

Введение

В феврале 2007 года Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) представила отчет о климате. Данный отчет предсказывает, что средняя мировая температура нижних слоев атмосферы поднимется примерно на 3°C к концу 2100 года. Последствия включают таяние Ледникового Щита Гренландии и Арктического Льда, подъем уровней морей и увеличение экстремальных погодных условий. Единственным путем понижения изменения климата является прекратить выбросы парниковых газов.

«Для охлаждения, это означает отдать приоритет природным хладагентам», говорит Моника Уитт, Руководитель евраммона, Европейской инициативы по природным хладагентам. «Или они вовсе не вносят никакого вклада в парниковый эффект, как в случае с аммиаком, или незначительный вклад, как в случае с углекислым газом или углеводородами. Тот факт, что использование углекислого газа в охлаждении считается экологически приемлемым может на первый взгляд показаться удивительным, но количества и объемы используемой энергии при его производстве так малы по сравнению со всемирными выбросами углекислого газа, что они не идут ни в какое сравнение с климатической статистикой.»

Первая в мире морозильная камера, работающая на углекислом газе

Одна из первых компаний, которая отдала предпочтение углекислому газу как природному хладагенту, это гигант по производству продуктов питания и напитков компания Нестле, которая помимо минеральной воды, продуктов питания для детей и кофе, особенно хорошо известна различными видами мороженого. Нестле имеет большую фабрику по производству мороженого в Бангчане, Тайланд. Для удовлетворения растущего спроса на продукцию марок Нестле, компании Нестле Тайланд потребовалось расширить фабрику по производству мороженого в Бангчане и увеличить производственную мощность. Это затронуло также и холодильные установки, которые все еще использовали синтетический хладагент ГФХУ-22. В соответствии с экологической политикой устойчивого развития

компании Нестле, природным хладагентам было отдано предпочтение. В сотрудничестве с компаниями Джонсон Контролз Инк. (прежде именовавшейся Йорк Рефриджерейшн Интернейшнл) и Грэм Иквипмент А/С, инженеры компании Нестле установили первую в мире коммерческую мороженицу с использованием углекислого газа. Мороженица превосходит эффективность традиционных замораживающих растворов. В дополнение к новой мороженице, компания Нестле также установила новый морозильный туннель, который используется для затвердения мороженого. Охлаждение, необходимое для туннеля, обеспечивается компактной каскадной системой, содержащей цикл аммиака и углекислого газа. Компания Нестле запустила обе новые установки в 2005/2006 годах, устанавливая новые стандарты использования природных хладагентов в Азиатско-Тихоокеанском регионе: Это намного опережает то, что требовалось по Монреальскому Протоколу для развивающихся стран таких как Тайланд, где снятие ГФХУ с производства не произойдет ранее 2030 года.

Другие компании продовольственного сектора также перешли на природные хладагенты. Высокоэффективная холодильная установка на основе аммиака была построена в Праге, где производитель потребительских товаров имеет штабквартиры в Чехии и располагает различными производственными и административными зданиями. В связи с необходимостью расширения цеха маргарина и пищевых жиров, который производит хорошо известные марки, компании потребовался новый склад за короткий промежуток времени. Цель - свести к минимуму заправку хладагентом, в то же время увеличивая мощность охлаждения. Итак, чешский подрядчик Бохемиачланд предоставил центральную установку по сухому расширению аммиака, заправка аммиаком которой составляет только 100 кг. Аммиак используется только в машинном отделении, тогда как холодильный склад охлаждается с помощью воды в качестве охлаждающей жидкости. Камера охлаждения обеспечивает холодную воду при 3°C, которая нагревается до примерно 10°C в результате процесса охлаждения. Основными компонентами установки являются три винтовых компрессора, компрессоры с переменной скоростью, пластинчатые теплообменники и конденсаторы. Температура испарения охлаждающей жидкости 0°C, а температура конденсации 35°C. Двухмегаваттный холодильник является одной из самых крупных установок в Европе. Все процессы контролируются централизованно, а мониторинг осуществляется с помощью компьютерной системы контроля.

Энергоэффективность холодильных камер

Германский подрядчик Калтетекник Дресен + Бремен ГмбХ построил одноэтапную гидроаммиачную систему охлаждения с бункером талой воды для дробленого льда, предназначенного для молочной фермы Нордмилч еГ. В центре установки в Бистене, Нижняя Саксония/Германия находятся два винтовых компрессора марки Грассо, которые установлены вместе, так называемый Сдвоенный Блок на общем каркасе. Вся система охлаждения заполняется 2,700 кг аммиака и имеет максимальную холодопроизводительность 1,200 киловатт для непосредственного охлаждения талой воды или производства дробленого льда. Температура испарения охлаждающей жидкости равна -2°C для непосредственного охлаждения и -6°C для производства льда. Температура конденсации составляет 35°C. Лед производится ночью и в периоды относительного спада экономической активности тремя

холодильниками со змеевиком, а затем хранится как аккумулированная энергия в накопителе или ледовом банке. В течение дня используются три насоса для подачи талой воды, температура которой составляет от 0°C до 1°C, которая необходима для производственных процессов, например, для охлаждения необработанного молока, которое только что доставлено. Охлажденная вода, которая нагрелась, охлаждается вновь в камере предварительного охлаждения талой воды, перед возвращением в ледовый банк. Холодильники со змеевиком также используются для непосредственного охлаждения воды, а также производства льда. Использование банка дробленого льда, Нордмилч может, с одной стороны, воспользоваться более дешевой внепиковой электроэнергией, а с другой стороны, снизить пики потребления электроэнергии. Главным преимуществом метода использования банка дробленого льда данной установки является способность добиться очень высокой скорости плавления, благодаря обширному контакту с поверхностью дробленого льда в банке льда. Между прочим, оператор неоднократно подтверждал, что температура подачи талой воды никогда не превышает 1°C, даже несмотря на данную двойную нагрузку, для которой система была первоначально спроектирована.

Молочная ферма Сачсенмилч АГ также искала пути экономии денежных средств путем снижения высоких затрат на электроэнергию, понесенных в связи с охлаждением и замораживанием. Так, компания Джонсон Контролз Системз энд Сервис ГмбХ (прежнее название Йорк Дойчланд ГмбХ) разработала установку по предварительному охлаждению талой воды для своих штабквартир в Лепперздорфе, Саксония/Германия. Это позволяет согретой воде, поступающей обратно из системы охлаждения, охлаждаться до 1°C до того, как она вернется в банк талой воды, уменьшая нагрузку на систему. Основной компонент системы предварительного охлаждения талой воды - винтовые компрессоры марки Саброу, холодопроизводительность которых составляет 2,400 киловатт каждый. Они используют аммиак, с заправкой менее 750 кг на каждую единицу. Температура испарения равна -1.5°C, а температура конденсации 35°C. Испаритель - пластинчатый теплообменник с гравитационным режимом, оснащенный сепаратором. Это улучшает эффективность относительно систем непосредственного расширения, что вновь сокращает операционные расходы. Другие компоненты включают 3,000 киловаттный испарительный конденсатор, а также теплообменник и маслоохладители для восстановления использованной теплоты. Комплексное ПЛЭ управление гарантирует колебания температуры талых вод не более чем на 0.5°C. До настоящего времени Джонсон Контролз Системз энд Сервис установила четыре такие системы охлаждения для Сачсенмилч, общей мощностью охлаждения 9,600 киловатт.

Охлаждение супермаркетов – экологически благоприятный путь

Интенсивное исследование и разработка с момента повторного открытия привели к тому, что углекислый газ в настоящее время практически используется во многих разных сферах. Одной из перспективных областей применения является охлаждение супермаркетов, где ГФУ все еще доминирует. Например, сеть Датских супермаркетов под названием Супер Бэст установила каскадную систему на основе

углекислого газа в Копенгагенском филиале. В Дании, использование более 10 килограмм фторированных газов (Ф-газы) во вновь устанавливаемых системах охлаждения запрещено законом с 2007 года. Поэтому специалист в области искусственного охлаждения Кнудсен Колинг разработал систему охлаждения, которая использует две схемы охлаждения соединенные пластинчатым теплообменником. Это позволяет достигать три разных температурных уровня, два из которых используются для охлаждения, а один для теплоотдачи. Первый температурный уровень необходим в шкафах с замороженными пищевыми продуктами и камерах глубокой заморозки в подвальном этаже. При температуре испарения -28°C , углекислый газ используется для поддержания температуры окружающей среды -20°C . Второй температурный уровень используется для холодильников и холодильных камер, требующих температуру воздуха на несколько градусов выше 0°C . Это достигается установкой испарителей с углекислым газом при температуре испарения -10°C . Третий и самый высокий уровень гарантирует надежную теплоотдачу путем конденсации или охлаждения газа, в зависимости от температуры окружающей среды. Вся каскадная система имеет мощность охлаждения 150 киловатт.

Компоненты компании Гюнтнер используются для различных температурных уровней, генерируемых системой и холодильными камерами, оснащенными испарителями. Теплоотдача позволяет испарителю функционировать в качестве газоохладителя при повышенных температурах окружающей среды и очень строгом процессе обработки. Чтобы гарантировать безопасность работы системы даже при давлениях около 120 бар, Гюнтнер использовал нержавеющую сталь толщиной 0.7 мм для газоохладителя и всей сети трубопровода. Благодаря дизайну с низким уровнем шума, газоохладитель может использоваться даже в местах с очень высокими требованиями контроля шума, например, жилых районах. Введение CO_2 в испарители и блоки охлаждения контролируется электрическими компонентами Данфосс. В настоящее время существует одиннадцать таких смешанных систем глубокой заморозки/обычного охлаждения, установленных в Европе, а также 100 систем глубокой заморозки, используемых в супермаркетах.

Защита серверов против перегрева

Углекислый газ используется также в кондиционировании воздуха. Датский Банк АБН Амро, например, с 2006 года использовал систему кондиционирования на углекислом газе для защиты мощных блейд серверов от перегрева в компьютерном центре в Лондонском офисе. Она была спланирована, реализована и пущена в эксплуатацию компанией Трокс AITCS в сотрудничестве с компанией Стар Рефрижерейшн. Система состоит из двух компактных блоков теплообменника и насосного агрегата. Теплообменник использует холодную воду для конденсации углекислого газа, который испарялся в теплообменнике, смонтированном на задней стороне серверных модулей. Система трубопроводов из нержавеющей стали соединяет схему углекислого газа с 15 единицами охлаждения. Данные единицы охлаждения имеют пять независимых вентиляторов с механическим приводом, которые извлекают тепло из камер. Схема охлажденной воды, при 6°C , конденсирует углекислый газ, который выкачивается в серверные камеры с помощью центробежных насосов, испаряется и возвращается в конденсатор для повторного процесса, все происходит при постоянной температуре насыщения

14°C. Углекислый газ является идеальным хладагентом для данного применения, потому что он - электроизоляционный материал и, таким образом, вообще безопасен, а по сравнению с системой охлаждения воды оператор экономит примерно 30% энергии. Концентрация углекислого газа в камерах и серверном помещении постоянно контролируется. Вся система имеет мощность охлаждения 300 киловатт – 20 киловатт на каждый блок охлаждения. Данная высокая мощность охлаждения делает возможным устанавливать больше серверов, чем обычно, в каждой камере, таким образом, уменьшая требуемое пространство более чем наполовину. Компания Трокс AITCS и Стар Рефрижерейшн установили пять идентичных систем для ДжиПи Морган, Банка Барклайз, Норвич Юнион и Имперском Колледже в Лондоне. Самая последняя разработка в данной сфере применения углекислого газа в качестве быстроиспаряющегося вторичного хладагента - охлаждение рабочих столов дилеров, находящееся под строгим контролем, в операционных залах инвестиционных банков.

Распространение природных хладагентов

«Данные примеры четко показывают, что установки, использующие природные хладагенты, такие как аммиак или углекислый газ, не только более благоприятны для окружающей среды, но они сокращают накладные расходы,» говорит Моника Уитт, Руководитель евраммона. «Потому что природные хладагенты - очень эффективны, можно получить необходимую мощность охлаждения при значительно меньшем потреблении энергии. Это действительно понятно для операторов установок.» Благодаря данным качествам, интерес к природным хладагентам распространяется за пределы обычных сфер применения, таких как пищевая промышленность, кондиционирование помещений, и химическая промышленность. Например, в сентябре 2007 года производители машин Немецкой Ассоциации Автомобильной Промышленности согласились использовать углекислый газ в качестве будущего хладагента в кондиционерных установках – важный шаг на пути к технологии более устойчивого охлаждения и кондиционирования.

Аммиачные водяные охладители для коммунальных услуг

ЭНДИ ПИЭРСОН, компания Стар Рефриджерейшн Лтд., СК

Введение

Когда R-22 необходимо заменить в больших системах охлаждения и кондиционирования, не всегда можно найти ГФУ хладагент, соответствующий замене. Не существует азеотропных смесей, которые подходят для применения в качестве капельных замен в затопленных системах R-22, а затраты на модификацию системы, чтобы справиться с R-404A или R-507, могут быть чрезмерно высокими. Риск утечки хладагента из большой системы является также фактором, который необходимо учитывать при замене – высокая стоимость ГФУ хладагентов создает значительный риск очень большого финансового штрафа в случае потерь после преобразования.

Следовательно, при снятии R-22 с производства, необходимо найти природный хладагент, который будет использоваться в новых системах. Аммиак и углекислый газ наиболее часто используются в больших промышленных системах. Оба являются общепринятыми хладагентами, используемыми с середины девятых годов прошлого столетия на раннем этапе механического охлаждения, и оба повсеместно используются в других промышленных процессах, поэтому они дешевые и имеются в наличии. Возможно, они также не будут запрещены будущим законодательством для производства или использования.

Аммиак признан наиболее эффективным и надежным решением для промышленного охлаждения, где токсичность и мягкая воспламеняемость не считаются риском, но данные характеристики ограничивают его применение для больших установок, где небольшая утечка из системы охлаждения может непосредственно влиять на большое количество людей.

Поэтому аммиак также представляет интерес для коммунальных услуг, таких как кондиционирование воздуха. В ситуациях, где аммиак трудно использовать, можно использовать углекислый газ. Таким образом, это обеспечивает и обзор результатов, связанных с использованием аммиака в таких применениях, преодолением определенных проблем, и, наконец, указывает на некоторые ситуации, где также использовался углекислый газ.

Предпосылки

Безводный аммиак использовался в качестве хладагента с 1872 года, но к концу 20-го столетия его применение было в значительной степени ограничено, в основном, в связи с ограничением для больших промышленных систем и некоторых более старых ледовых катков. Между 1950 и 1985 годами он не использовался в кондиционировании, будучи замененным на более дешевое оборудование для монтажа и легкое в обслуживании. Водяные охладители меньшего размера на

данном рынке использовали поршневые компрессоры R-12 или R-22, а более крупная установка (обычно чуть выше 2,000 кВт) использовала центробежные компрессоры с R-12 или R-11, или в некоторых случаях азеотропные смеси, такие как R-500, которые позволили использовать в Европе оборудование, спроектированное для 60 Гц. Может показаться, что вопросы о технике безопасности будут в основном затрагиваться при принятии решения во избежание использования аммиака, но кажется, что стоимость и удобство были более важными факторами. Риски, представленные аммиачной системой, отличаются от рисков, например, установки R-12, но строгий анализ риска покажет, что опасность удушья в случае утечки или отравления фосгеном при пожаре намного серьезнее, чем при использовании ХФУ. Угроза снятия ХФУ с производства побудила пересмотреть аммиак в качестве альтернативы ГФУ в начале 1990-ых, а когда снятие ХФУ с производства ассоциировалось с запретом на новое оборудование, использующее ГФХУ, которое завершилось в Европе в 2000 году, последовало резкое увеличение установок аммиачных камер охлаждения. Они не являются простыми заменителями фторуглеродных камер охлаждения и при использовании их необходимо размещать и устанавливать осторожно. Это может вызвать трудности для проектировщиков коммунальных услуг, которые привыкли к гибкости размещения, предлагаемой традиционными камерами охлаждения, но отмечено также, что было бы неплохо потребовать от проектировщика здания рассмотреть доступ к оборудованию и его ремонтоспособность. Предполагалось, что аммиачные камеры охлаждения - менее эффективные по сравнению с теми, которые используют R-134a в качестве хладагента, но тщательный анализ их рабочих характеристик показал, что это - не тот случай, выявив, что стандартная аммиачная система будет до 20% более эффективной на базе Интегрированного Значения Неполной Нагрузки (ИЗНН) (Пиэрсон, 2004).

Варианты размещения

Европейский Стандарт по безопасности охлаждения и окружающей среде, EN378:2000, ставит некоторые ограничения на пути, когда аммиачную установку можно использовать, и где она может быть установлена. Аммиак классифицируется как хладагент B2; токсичный и средне-воспламеняемый, и таким образом, доступ к аммиачной установке должен ограничиваться только определенным персоналом. Камеры охлаждения необходимо устанавливать в машинном отделении, или за пределами здания, куда доступ ограничен.

Плоская крыша

Если может быть гарантирован безопасный доступ на крышу, вероятно, это вариант более предпочтителен. Обычно можно спроектировать комбинацию камера охлаждения/конденсатор для подгонки в пределах той же опорной поверхности, как это потребуется для градирен. Доступ на крышу обычно контролируется человеком, у которого находится ключ, и разрешением работать с системой, что будет гарантировать достаточную безопасность. Необходимо учитывать последствия утечки аммиака, особенно в отношении доступа свежего воздуха, открытых окон и других доступных пространств, таких как балконы. Это относится к близкорасположенным участкам, а также зданию охлаждающей камеры. Необходимо учитывать и то, что произойдет в случае большой утечки

жидкости, помня, что аммиак не следует сливать в дренажную систему ливневых сточных вод. Обычным решением является свести к минимуму работу нагнетательного трубопровода высокого давления от конденсатора, и поместить камеру охлаждения в герметичный и устойчивый к атмосферным воздействиям корпус. В данном случае утечка жидкости достигнет атмосферы в виде пара регулируемым образом и будет представлять меньше риска. Если рядом расположенные хозяйства возвышаются над крышей, для больших аммиачных камер охлаждения это не подходит, но если здание имеет ту же высоту или выше прилегающих, то система на крыше - более реальная.

Внутреннее помещение для установки

Если размещение на крыше не реально, по причине пространства или соответствующего доступа, или близости воздухозаборников или окон, то стандарт EN378 позволяет использовать внутреннее помещение для установки. Однако, существует ряд условий. Помещение для установки должно быть оснащено автоматическими, плотно прилегающими дверями, и должны быть гарантированы средства быстрой эвакуации на свежий воздух, или в коридор, ведущий непосредственно на свежий воздух. На практике это означает, что внутренние помещения для установки обычно располагаются на нижнем этаже в конце здания, так как обычно невозможно найти подходящую площадку в офисном блоке. Альтернативным решением, на которое необходимо получить разрешение, будет верхний этаж, где маршрут эвакуации должен располагаться на уровне ниже крыши или, например, на верхних этажах многоэтажной автостоянки. Внутреннее помещение для установки следует предусмотреть как помещение для охлаждающей установки и не использовать его для других целей. Оно не должно содержать, например, зажженных горелок или открытого пламени, и его не следует использовать в качестве мастерской или другого обычно занимаемого пространства. Оно не должно использоваться для хранения воспламеняющихся веществ, а электроснабжение необходимо надежно изолировать за пределами помещения установки. Обычно устанавливают оборудование для обнаружения газа и автоматическую изоляцию на случай утечки аммиака в помещении установки.

Подвал

Обычно нельзя устанавливать аммиачные охлаждающие установки в подвальных помещениях, однако, в одном из последних проектов, где были заменены охлаждающие установки R-11, это стало возможным. Требование стандарта EN378 о том, что необходимо иметь средства срочной эвакуации, ведущие непосредственно на свежий воздух, это то, что препятствует данному расположению.

В успешном проекте охлаждающие камеры R-11 были расположены в комнате на первом подвальном уровне в хорошо футерованном с точки зрения акустики помещении. Выход от камер охлаждения R-11 вел через бойлерное помещение, через вестибюль и проходил мимо лифта к пожарному выходу у входа в подземную автостоянку. При проверке здания было отмечено, что можно организовать новый выход, пробив дверь через помещение установки к основанию пандуса автостоянки. Это обеспечивало достаточно прямой путь эвакуации. Акустическая обшивка была заменена на торцевую стенку для изоляции помещения установки от бойлеров, а воздуховоды для доступа свежего воздуха

были установлены со стороны улицы для гарантии нормальной и экстренной вентиляции. Помещение охлаждающей камеры оснащено двумя вентиляционными вентиляторами, габариты которых обеспечивают адекватный температурный контроль помещения установки в летний период. Это равно 30 сменам воздуха в течение часа, что означает, что только один из вентиляторов должен иметь кратность аварийной вентиляции равную 15 кратному воздухообмену в час. В случае утечки аммиака оба вентилятора подают питание, но если один из них не работает, аварийная вентиляция не подвергается риску. Вытяжной канал идет от помещения установки на крышу здания, около 30 м над уровнем улицы. Были приняты меры для гарантии того, чтобы вентиляционный канал завершался там, где отсутствовал риск воздействия на технический персонал, который мог находиться на крыше, а выносной сигнальный огонь из системы обнаружения аммиака в подвале был установлен рядом с дверью, ведущей на крышу, для обеспечения визуального предупреждения о том, что система работает. Для обеспечения целостности вытяжного канала использовалась жаровая труба котла из нержавеющей стали с двухсторонней облицовкой, с вытяжными вентиляторами, расположенными за пределами помещения установки, для того, чтобы помещение находилось при отрицательном давлении в аварийных условиях. Жаровая труба котла проходила внутри соответствующей системы каналов избыточного воздуха, а сервисные стояки до высоты покрытия будут обслуживаться также как и обычные топочные газы.

Варианты отвода тепла

Варианты отвода тепла включают системы с водяным охлаждением такие как испарительные конденсаторы, системы воздушного охлаждения и косвенные конфигурации, использующие градирни.

С водяным охлаждением

Все охлаждающие камеры - наиболее эффективны, когда подъем температуры сведен к минимуму, а так как оборудование по охлаждению испарением отводит тепло при температуре смоченного, а не сухого термометра, проектное условие конденсации для испарительного конденсатора может обычно быть на 15 К ниже, чем для воздушного конденсатора. Однако, основным дефектом охлаждения испарением всех типов в Соединенном Королевстве является риск того, что люди, находящиеся поблизости, могут подвергнуться воздействию «болезни легионеров» и пользователю охлаждающей камеры могут запретить ее использование до тех пор пока не будет выявлен и проведен курс лечения источника бактерии. Существуют также огромные штрафы за нарушение законодательства, согласно которому могут потребоваться ведение строгого учета и дополнительная работа на площадке.

Для более крупных систем, обычно выше примерно 750 кВт, в частности, хорошо подходит испарительный конденсатор, потому что он предлагает относительно маленькую площадь основания и низкий уровень шума по сравнению с воздушными альтернативами.

С воздушным охлаждением

Конденсаторы с воздушным охлаждением хорошо подходят для меньших нагрузок, ниже примерно 500 кВт и они обычно нереальны для охлаждающих камер выше примерно 1500 кВт. Более высокое давление нагнетания, необходимое для отвода тепла до температуры сухого термометра, является основным недостатком ГФУ хладагентов, в частности смеси с низкими критическими температурами, такие как R-407C и R-410A, так как они становятся очень неэффективными при более высоких давлениях нагнетания. Хотя аммиак имеет очень высокий показатель компрессии, и, следовательно, будет иметь тенденцию работать при высоких перегревах нагнетания, это не представляет проблему для охлаждающих камер, использующих винтовые компрессоры, потому что температуру нагнетания можно ослабить с помощью введения масла. Схему охлаждения масла можно легко встроить в конденсатор, или напрямую, если конденсатор расположен близко к компрессору, или используя схему гликоля замкнутой петли в конденсаторе. Это не влияет на общий размер конденсатора, так как отводится тоже количество тепла, а на работу конденсатора влияет коэффициент теплопередачи воздушной зоны.

Косвенный отвод тепла

Если количество хладагента, содержащегося в испарительном или воздушном конденсаторе, не допустимо для конкретной установки, или если существует некоторое расстояние от помещения установки до оборудования теплоотвода, тогда можно использовать водяной конденсатор, в паре с испарительной градирней или охладителем сухого воздуха. Это - очень подходящее решение, так как нет необходимости для длинных труб с аммиаком между помещением установки и крышей, но это делает всю систему менее эффективной. Частично это объясняется более высоким давлением нагнетания, необходимым для установки охлаждения, но в основном это происходит в связи с необходимостью в дополнительных водяных насосах. Важно включить стратегии по сведению к минимуму потребления данной энергии, посредством тщательного дизайна системы и стратегий контроля, таких как насосы с переменным расходом. Следующим преимуществом данного вида теплоотвода является то, что он обеспечивает хорошие возможности для восстановления больших количеств низкокачественного тепла – обычно воду можно нагреть до примерно 35°C без избыточного напора на аммиачной установке. Если необходимы более высокие температуры, то необходимо провести тщательную оценку преимущества против возросшего потребления энергии охлаждающей камеры, помня, что охлаждающие камеры будут работать при намного меньших давлениях напора, в более холодных погодных условиях, если рекуперация теплоты не требуется.

Вопросы заправки

Одной из ключевых стратегий для сведения к минимуму риска в дизайне аммиачной охлаждающей камеры является сделать заправку настолько меньшей, насколько это возможно. Преимуществами малой заправки является то, что в случае утечки, существует меньше возможностей по созданию основного инцидента, но анализ всего риска требует более комплексного решения вопросов. Например, можно спроектировать системы с очень низкой заправкой – известно о 28 гр на кВт (Тичсен, 1996). Однако, такие системы - очень чувствительны к

незначительным потерям хладагента, что может привести к недостаточной мощности, заниженной эффективности или уменьшенной надежности. В таких случаях возрастет необходимость в техническом обслуживании и ремонте на рабочем месте, иногда аммиачные цилиндры приносят и повторно заправляют на рабочем месте. Это представляет существенную часть общего риска, поэтому проектирование для абсолютно минимальной заправки может действительно увеличить риск утечки аммиака. Оптимальная система будет иметь настолько малую заправку, насколько это возможно, не подвергая риску работоспособность. В такой системе незначительная потеря аммиака будет очевидной по журналам учета эксплуатации системы, но не будет оказывать существенного влияния на работу системы в течение короткого периода времени.

Например, система приемника низкого давления, используемая для аммиачных охлаждающих камер с пластинчатыми теплообменниками и пластинчатыми испарителями, будет обычно иметь заправку около 100 гр на кВт. Если какая-либо часть данной заправки будет утеряна, первое, что Вы заметите, будет снижение переохлаждения жидкости, за которым последует увеличение перегрева всасывания. Мощность и эффективность установки будут нарушены только в случае, если перегрев будет продолжать расти, то есть собственные характеристики системы, при правильном мониторинге, могут заранее предупредить о незначительных потерях хладагента, даже если система обнаружения аммиака не была активирована. Низкой заправки можно добиться, не используя непосредственные конденсаторы, приемники жидкости высокого давления, испарители с подачей самотеком, и гарантируя, что в схеме не осталось других больших объемов жидкости. Следует избегать масляные системы охлаждения, которые требуют преимущественно заправку жидкостью, такие как термосифонная или жидкостная. Система, иллюстрирующая все данные параметры низкой заправки, показана на Схеме 1 (Пиэрсон, 2002).

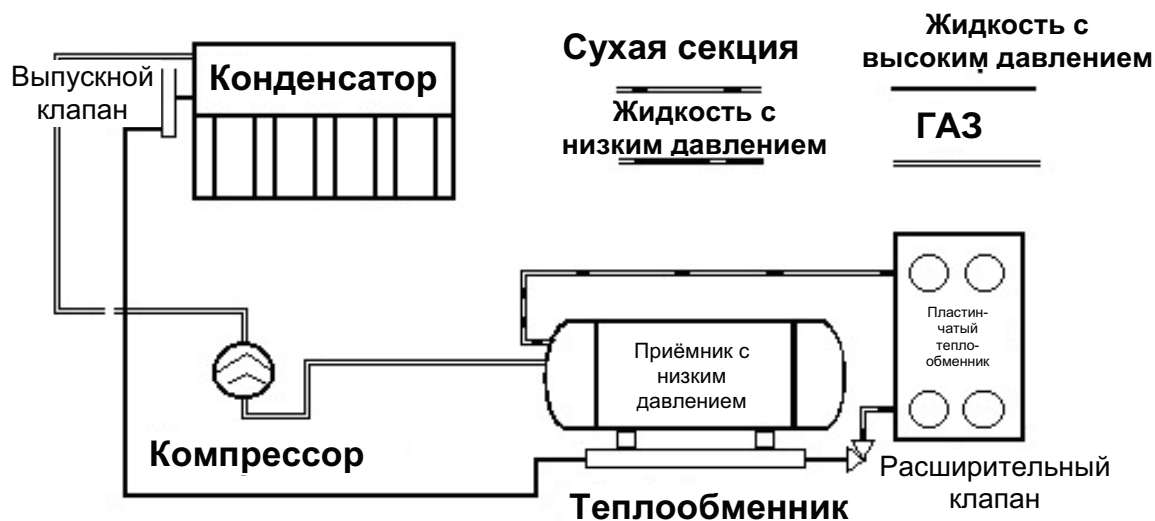


Схема 1. Приемная система низкого давления, используемая с пластинчатым теплообменником

Если камеры охлаждения будут установлены в машинном отделении, то для нормальной работы и экстренной вентиляции потребуются механическая вентиляция, предусмотренная для поддержания концентрации аммиака на разрешенных уровнях и сведения к минимуму рисков воспламеняемости. Обычная вентиляция обычно проектируется для ограничения подъема температуры в помещении установки до 10K выше температуры окружающей среды, когда работает вся установка, а это обычно дает вентиляционной системе до 30 кратного воздухообмена. Требование экстренной вентиляции указано в стандарте EN378:2000. Сигнал тревоги необходим при 500 промилей концентрации аммиака, а при уровне, не превышающем 30,000 промилей электроснабжение машинного отделения должно быть изолировано, автоматически или вручную, персоналом, постоянно осуществляющим контроль, от станции мониторинга, за исключением для оборудования, соответствующего для использования в потенциально взрывоопасной атмосфере. Следует отметить, что данные требования не гарантируют защиту персонала, но спроектированы во избежание взрывов аммиака. Согласно нормам не требуется обеспечивать обнаружение в помещении установки для указания на уровни долгосрочного или краткосрочного воздействия в 25 промилей и 35 промилей, как и не требуется обеспечивать вентиляцию для соответствия данным уровням, так как согласно определению не следует находиться в помещении установки в период обычной работы. Принимая во внимание данный аспект, при условии, что электрооборудование будет правильно изолировано и при условии отсутствия риска для персонала или оборудования, нет никакой необходимости быстрого очищения воздуха в помещении установки. В ситуации с офисным зданием будет более уместно разработать процедуры, затрагивающие аммиачный пар в пределах помещения установки, с его последующей соответствующей вентиляцией. Это можно сделать с помощью воздухоочистительной установки или другой системы очистки, или просто путем постепенной вентиляции в атмосферу. Конечно, на это уйдет время, а пока утечка не будет устранена, оборудование будет отключено, но обычно в таких зданиях каждая холодильная камера находится в отдельном отсеке, и обеспечивается некоторая резервная мощность. Более того, если утечка произойдет в ночное время, в выходные или в зимний период, то нагрузка охлаждения будет вероятно меньше, и поэтому немедленная вентиляция и ремонт не потребуются. Соответствующий скруббер может быть в форме простой водяной завесы в вытяжном канале, или воду необходимо обработать слабой кислотой, такой как лимонная, для увеличения эффективности очистки. Это ведет к нейтрализации аммиачного раствора, идеально до нейтрального pH, который можно достаточно легко устранить. Можно также вывести углекислый газ или в воздух или в воду для получения идентичного эффекта. Смешивание аммиака и углекислого газа в воздухе образует гидрокарбонат аммония, основной ингредиент бисквитов и тортов.

При установке на крыше, где каждая компрессорная находится в стойком к атмосферным воздействиям корпусе, нет необходимости в соблюдении правил машинного отделения, но обычно данные корпуса оснащены детекторами и системами вентиляции. Минимальным требованием для корпуса на крыше будет вентиляция с целью поддержания установки в пределах температурных границ при обычной работе и изоляция электроснабжения (вручную на станции с персоналом

или автоматически под контролем системы обнаружения газа). Нет необходимости в автоматическом запуске аварийных вытяжных вентиляторов, а в некоторых ситуациях можно принять решение о том, что лучше постепенно снизить уровень аммиака контролируемым образом. На одной из установок в Англии, на крыше супермаркета в заполненном торговом пассаже, часто выходили из строя сальниковые уплотнения аммиачных компрессоров. Можно было неоднократно потерять всю заправку охлаждающей камеры (300 kg, так как не поступало никаких жалоб от персонала или покупателей о запахе аммиака. Первый признак тревоги появился, когда компрессорную потребовали запустить, но она не запускалась, потому что в ней вообще не было заправки. Если камера охлаждения находится в корпусе, можно было свести к минимуму неконтролируемую потерю аммиака путем отключения вентиляции, при достижении уровня переключения. Аммиак в пределах корпуса можно было затем контролировать, например, с помощью продувки корпуса углекислым газом, или промывкой корпуса в баке с водой, специально принесенным для этого на площадку.

Шум и вибрация

По сравнению со стандартными ГФУ камерами охлаждения агрегат, установленный в аммиачных системах, имеет тенденцию быть более тяжелой конструкции при использовании промышленных компонентов. Это может вызвать вопросы, связанные с шумом и вибрацией, особенно при использовании поршневых компрессоров и особенно в случае установки на крыше. Существует три аспекта при проектировании охлаждающих установок касательно шума и вибрации: инженер по эксплуатации, арендаторы здания и соседи. Предполагается, что уровни шума в пределах помещений установки будут достаточно высокими и потребуют использования средств защиты органов слуха в период техобслуживания.

Строительство достаточно тяжелой стены помещения установки предотвратит распространение данного воздушного шума среди арендаторов здания, но необходимо уделить внимание и шуму, прорывающемуся сквозь двери, вентиляционному трубопроводу или плохо герметизированным заглублениям труб. Другими источниками передачи шума арендаторам являются в основном те, что связаны с вибрацией. При использовании поршневых компрессоров эта проблема, в частности, возникает при низких частотах. Может быть даже потребуется изолировать испаритель от компрессора для устранения вибрации через охлажденную воду. Это может быть затруднено в связи с тем, что компрессор - с открытым приводом, соединенным напрямую или с ременной передачей, а комбинацию компрессор – мотор необходимо рассматривать как единое целое. Это упростит изоляцию испарителя от опорной плиты компрессора и допустит большую гибкость в трубе всасывания. В случае с более крупными компрессорными можно использовать винтовые компрессоры. Они передают меньше низкочастотной вибрации на конструкцию здания, но вибрации более высокой частоты вполне вероятно вызовут жалобы, если их не ослабить. Следует также отметить, что типичный винтовой компрессор, работающий при 3000 rpm, будет иметь частоту следования ротора на выпускном канале, где генерируется большая часть шума, около 250 Гц. Он может быть достаточно высоким для взаимодействия с традиционными виброизоляторами при частоте клапанной

пружины, передавая звук через установку при данной частоте или в гармонии с ней.

Пружины следует отбирать для гарантии того, чтобы частота импульса не достигала 5% любой гармоники частоты следования ротора. Это может представлять проблему с приводом переменной скорости, так как существует граница дисгармонии в точке параллельная числу оборотов. В приведенном выше примере вибрация генерируемая на выпускном канале компрессора будет точно соответствовать частоте вибрации и смещения средних витков клапанной пружины при скорости компрессора 1860 rpm. Может потребоваться программирование привода во избежание определенных скоростей, или монтаж всего блока холодильной камеры на высокочастотной изоляционной опоре в дополнение к установке на пружинах. Альтернативно частота импульса может меняться путем изменения количества рабочего числа витков. Две «полупружины», смонтированные конец к концу, также сработают, но с удвоенной частотой импульса. В примере это поднимет частоту импульса до 310 Гц – выше максимальной частоты генерируемой на выпускном канале.

Шум соседям вполне вероятно передается по воздуху. Основным источником будут конденсаторы, с которыми нужно обращаться также как и с традиционной компрессорной, путем отбора низкоскоростных вентиляторов, соединенных с более крупными территориями шума, или добавлением коэффициента ослабления. В случае с установкой, смонтированной на крыше с винтовыми компрессорами, а уменьшенный корпус потребуется также в чувствительных зонах, где существует возможность воздушного шума, возвращающегося в здание, а также доходящего до соседей.

Дальнейшие разработки

Для комплексных аммиачных камер охлаждения, вероятно, будут разработаны более маленькие компрессоры, в частности, винтовые компрессоры мощностью от 50 кВт до 150 кВт и поршневые компрессоры мощностью от 10 кВт до 50 кВт. Это может быть связано с разработкой полугерметичных компрессоров для аммиака. Это сделали немецкие производители, которые использовали алюминиевые лебёдки, с двойственными результатами, но машины широко не используются. Для машин меньшего размера можно также использовать экранированные моторы, которые используются в жидких насосах, но, вероятно, с ограничением в 7.5 кВт, с применением действующей технологии.

Герметичный аммиачный компрессор разрешит несколько упомянутых выше вопросов, включая утечки из уплотнений вала, размер и вес, и изоляцию вибрации. Появление маленького центробежного насоса для R-134a подсказало теорию о том, что для аммиака можно разработать машину низкой вибрации без масла с идентичным незначительным шумом. Несмотря на то, что данные характеристики будут существенно выгодными для рынка коммунальных услуг, усовершенствование вряд ли будет иметь место. Очень низкий молекулярный вес аммиака (одна-шестая R-134a) означает, что потребуется очень много этапов компрессии; по меньшей мере восемь в габарите ротора и имеющемся диапазоне скорости. Другая разработка, которая будет поддерживать использование аммиачных камер охлаждения, - конденсатор с воздушным охлаждением на основе микроканального теплообменника. Это позволит проектировать низковольтные

системы, порядком 75 г на кВт, с использованием прямого отвода тепла, а не пластинчатого теплообменника и охладителя сухого воздуха.

Конденсаторные системы примерно 30 кВт были протестированы очень успешно, и в плане производственного оборудования для более крупных блоков, вероятно до 500 кВт в одном конденсаторе.

Установки с использованием углекислого газа

Там где нельзя использовать аммиак, хорошей альтернативой часто является углекислый газ. Он предлагает эффективные меры идентичные аммиаку, но, как правило, для чуть более сложных систем. Это вызвано более высоким рабочим давлением углекислого газа, означая, что давление в системе выше атмосферного для всех рабочих температур. Высокое давление также уменьшает размер труб и компрессоров, использующих углекислый газ, но испарители нужно проектировать для высоких рабочих давлений, особенно, если требуется оттаивание горячими парами холодильного агента.

При использовании данных природных хладагентов вместо существующих систем R-22, часто происходит полная замена установки, но в некоторых случаях части старой системы могут использоваться повторно. Здесь приведены некоторые краткие описания проектов, где R-22 был удален с заменой на аммиак или углекислый газ.

- В морозильном сушильном агрегате в 2001 году установка R-22 была демонтирована и заменена на каскадную систему углекислый газ/аммиак. Для морозильной камеры были предоставлены новые воздухоохладители, но существующие вакуумные сублимационные сушилки были вычищены и повторно использованы с низкотемпературным углекислым газом. Это повысило рабочее давление в теплообменниках от -0.5 бар (эталон) до 8 бар (эталон), но оригинальные теплообменники подходили для высокого давления. Общая мощность установки составила 2,400 кВт при -50°C.
- В офисном комплексе в Англии в 2001 году пара камер охлаждения R-11 была заменена на две аммиачные камеры охлаждения с охлаждением испарением, смонтированные на крыше. Новая установка была смонтирована в пределах опорного основания оригинальных градирен, обеспечив значительное снижение потребления электроэнергии установкой. Монтаж компрессорной на крыше также освободил большое пространство помещения в подвале при демонтаже старых компрессорных станций.
- В распределительном центре в Англии в 2005 году установка R-22 была полностью заменена на каскадную систему углекислый газ/аммиак. Старая установка продолжала работать в период завершения преобразования, а в конце проекта была удалена. Распределительный центр продолжал работать в ходе проекта. Для этого потребовалось построить новое машинное отделение рядом с существующим и установить новую систему, пока старая еще работала.

– Когда существующую систему R-22 нужно заменить, чтобы устранить озоноразрушающие вещества, иногда можно повторно использовать значительное количество основного оборудования. Например, хотя переоборудование основной системы R-22 на R-404A может оказаться очень непривлекательным, можно оставить существующие компрессоры, переоборудовать их на R-404A и снабдить каскадным теплообменником, работающем на углекислом газе, заменяя R-22 в испарителях на углекислый газ. Заправка R-404A очень мала для объема установки, а риск утечки и большой потери хладагента сокращается, потому что весь хладагент находится в пределах машинного отделения и конденсаторов. Проект данного типа был завершен в Англии в 2007 году для продуктового зала в большом универсаме. В данном случае шкафы-витрины были заменены, как часть основной модернизации, но блок компрессор/конденсатор на крыше склада был сохранен. Жидкость, поступающая из конденсатора, соединялась с каскадным теплообменником, работающем на углекислом газе, и жидкий углекислый газ закачивался через новый трубопровод к новым испарителям в новых шкафах-витринах. Новый трубопровод рассчитан на 40 бар и спаян медью. Таким образом заправка R-404A снижена от нескольких тонн до десятков килограмм. При правильном контроле нового R-404A такая система может работать эффективнее, чем старая, потому что потеря давления на линии всасывания существенно снижена.

Заключения

Аммиачные охлаждающие камеры показаны в различных установках, являясь жизнеспособной альтернативой в условиях эксплуатации зданий. Необходимо уделить внимание ранним этапам процесса проектирования для гарантии того, что риски, связанные с аммиаком, исключены в проекте установки. Расположение компрессорной, оборудования по отводу тепла и аварийные мероприятия являются ключевыми аспектами. Использование аммиака также предлагает выгодные возможности по эффективной, надежной и рациональной работе установки. Использование промышленного оборудования в торговом здании требует особого внимания к структурной поддержке, акустике и виброизоляции. Данные вопросы также наилучшим образом связаны с ранней стадией проекта, а часто могут быть совсем не затронуты. В некоторых случаях характерные требования кодов и стандартов не соответствуют, и следовательно они всегда будут оспариваться в анализе специфических рисков на площадке и оценке риска, приводя к дизайну установки, который включает рассмотрение вопросов, связанных с обитателями здания и соседями. В ситуациях, где использование аммиака затруднено, можно использовать углекислый газ для преодоления подобных ограничений, или реально там, где это приводит к эффективности усовершенствованной системы установки.

Данные системы могут предоставить значительные улучшения эффективности использования энергии установки по сравнению со стандартными камерами охлаждения. Однако, самые большие энергосбережения все ещё имеют место, когда нагрузки кондиционирования воздуха сведены к минимуму, а камеры охлаждения не работают без надобности.

Ссылки

А.Б.Пиэрсон, «Установки с малой заправкой хладагентом – Почему это вызывает чувство тревоги?», Международный Институт Охлаждения Аммиачной Холодильной Машиной, Альбукерке, 2003

А.Б.Пиэрсон, «Оценка жизненного цикла динамики климата для камер охлаждения», Международный Институт Искусственного Охлаждения, Глазго, 2004

Х.Тичсен, «Суперэффективная аммиачная холодильная установка с малой заправкой», Международный Институт Искусственного Охлаждения, Орхус, 1996

Холодильные шкафы Грин для мороженого

Переход Юнилевер от гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) к углеводородам (УВ)

Алан Геррард, Юнилевер, СК



Мороженый бизнес компании Юнилевер

Унилевер владеет самым крупным бизнесом мороженого в мире, известным многим благодаря таким маркам как Магнум, Корнетто, Бэн энд Джерри и Гуд Хьюмор. Большая часть нашего мороженого продается через маленькие торговые точки, где мороженое хранится и выставляется на витрины при -18°C с использованием холодильных шкафов для мороженого. В распоряжении Унилевер около 2 миллионов таких шкафов по всему миру; ежегодно компания заменяет значительное количество старых и разбитых шкафов.

Холодильные шкафы для мороженого

Холодильные шкафы для мороженого используют маленькие герметичные компрессоры с рабочим объемом примерно от 5 до 13 cc. Охлаждающая способность обычно составляет от 70 и 520 ватт (замеры согласно условиям ASHRAE при -23°C). Конденсатор и испарители - простые трубы, монтируемые на внешних и внутренних вертикальных поверхностях холодильного шкафа. Часто простой трубчатый предварительный конденсатор (пароохладитель) монтируется в компрессорном отсеке. Используются малые заправки хладагента примерно 200г на схему для гидрофторуглеродов (ГФУ) и примерно 100г для



Схема 44 – Обычный холодильный шкаф для мороженого

углеводородов (УВ). ГФУ являются

наиболее часто используемым хладагентом в холодильных шкафах для мороженого по всему миру. Основным воздействием шкафов на окружающую среду является потребление энергии в период эксплуатации. Однако, утечка хладагента из схемы охлаждения может также увеличить его воздействие, если хладагент имеет Озоноразрушающий Потенциал или Потенциал Глобального Потепления (ОРП, ПГП).

Утечки могут происходить в период работы или хранения, в основном из штифтовых отверстий в паяных соединениях. Хладагент выходит из данных отверстий при очень медленной скорости потока и шкаф может продолжать работать в течение многих месяцев перед тем, как будет замечено ухудшенное функционирование. Утечки с более высокой скоростью потока могут происходить в период сервисного обслуживания или снятия с эксплуатации, если используются неправильные процедуры и имеют место случаи повреждения схемы в период транспортировки и переноса в пределах помещений клиентов.

Некоторые «внезапные выбросы газов», используемых для производства пор в изоляционной пене, могут также иметь существенные ОРП и ПГП. Так как происходит выброс данного газа, это также приведет к воздействию шкафа на окружающую среду.

Хладагенты в холодильных шкафах для мороженого компании Юнилевер

Компания Юнилевер активно поддерживала изменения, внесенные в холодильные шкафы для мороженого по экологическим соображениям, в течение более пятнадцати лет. Юнилевер признала, что нельзя повлиять на все части цепи охлаждения, но соответствующий ее размер на рынке и большие покупательские требования для холодильных шкафов позволяют ей ускорить процесс изменения, при необходимости, обеспечивая лидерства среди других отраслей промышленности.

В 1994 году Юнилевер перестала покупать холодильные шкафы с хладагентами (Г)ХФУ (R11, R12, R22, R141), заменив их на хладагенты ГФУ с нулевым ОРП (R134, R404a). В том же 1994 году Юнилевер начала закупать холодильные шкафы для мороженого с циклопентаном в качестве продувочного газа в изоляции. Циклопентан имеет нулевой ОРП и сравнительно низкий ПГП равный ~11.



Схема 45 – Схематический обзор хладагента и продувочного газа, используемых в холодильных шкафах для мороженого компании Юнилевер

В 2000 году Юнилевер взяла на себя обязательство...

к 2005 году реализовать закупочную политику «без ГФУ» для холодильных шкафов для мороженого во всех странах, где коммерчески жизнеспособные альтернативы могут использоваться на законном основании.

Вывод. Сфокусируйтесь на одной территории с самым высоким воздействием и там, где существует больше средств для гарантии успешной реализации.

Альтернативы ГФУ в качестве хладагентов в холодильных шкафах для мороженого

До 2000 года Юнилевер провела тщательный анализ, чтобы определить текущее наличие альтернатив ГФУ и тех, которые появятся в ближайшем будущем. Единственными имеющимися в наличии заменами ГФУ на тот момент были углеводороды, уже используемые в отечественной холодильной промышленности в форме изобутана (R600a), а также пропана (R290). Пропан (R290) с его более высокой охлаждающей способностью оказался наиболее подходящим выбором углеводорода, который удовлетворял высокие требования нагрузки холодильных шкафов для мороженого.

Маленькие компрессоры, использующие углекислый газ (CO₂), также проходили испытание в 2000 году. Юнилевер пришла к выводу о том, что вероятно CO₂ не может стать полностью усовершенствованной альтернативой при конкурентоспособной цене в течение среднего периода (от 5 до 10 лет), и что разработка нового оборудования и поставщики придут к компромиссу по поводу цели реализации закупочной политики «без ГФУ» к 2005 году. Впоследствии это оказалось верным для холодильных шкафов для мороженого. Было принято простое решение в отношении циклических охладителей марки Стирлинг. Потребуется также более дальновидная модификация для дизайна шкафов.

Бэн энд Джерри, Американский филиал компании Юнилевер по производству мороженого, спонсировал исследование в области термоакустического охлаждения в Университете Штата Пенсильвания, в результате чего была получена рабочая модель, официально продемонстрированная в некоторых местах. И вновь цена и расчет времени вряд ли удовлетворили требования Юнилевер.

В двух словах, выбирая пропан, Юнилевер сделала вывод, что как элементы расчета времени так и цены проекта можно удовлетворить при минимальном нарушении нормального хода работы наших поставщиков

Вывод: Согласуйте цели (цена, время, работа...) и будьте практичны при выборе потенциальных решений.

Реализация

Выполняя решение использовать пропан в качестве хладагента-заменителя для ГФУ, была запущена всесторонняя программа тестирования и утверждения. Юнилевер уже имела некоторый опыт работы с УВ хладагентами: в Дании как часть синдиката, исследующего технологии по увеличению эффективности морозильных установок для мороженого, и в Индии, где были проведены

некоторые испытания для непосредственного перехода от (Г)ХФУ к УВ без использования ГФУ (это испытание впоследствии было прекращено в связи с законодательными, не техническими, проблемами в Индии).

Важными моментами на фазе тестирования и утверждения для хладагентов УВ были:

- Создать группу по реализации
- Упростить ассортимент оборудования перед реализацией перехода
- Произвести оценку техники безопасности, ответственности и законодательных препятствий
- Провести краткосрочное и долгосрочное тестирование на месте
- Поддерживать тесную связь с поставщиками касательно планов на будущее
- Подготовить учебный материал для технических специалистов
- Привлечь заинтересованные стороны

Создать группу по реализации

Юнилевер назначила одного человека ответственным за реализацию обязательства по устранению хладагентов ГФУ из морозильных шкафов. Поскольку компания вела глобальный бизнес со многими потенциально заинтересованными сторонами как на внутреннем, так и на внешнем рынке, вопрос контакта упростил взаимодействие и обеспечил механизм, который способствовал успеху проекта. Основная группа включала экспертов по вопросам искусственного охлаждения, общественным вопросам/связям, закупки шкафов, техники безопасности и умению работать с морозильными шкафами (техническое обслуживание и снятие с эксплуатации). Были также определены основные эксперты и заинтересованные стороны как внутри страны, так и за рубежом.

Ассортимент оборудования

Юнилевер извлекла выгоду из относительно малого количества моделей оборудования, поставщиков и глобальной системы закупок. Юнилевер смогла сфокусироваться только на нескольких моделях, несмотря на то, что она владела большим парком морозильных камер и наиболее потенциальными поставщиками. Это снизило ресурсную нагрузку и ускорило реализацию. Для компаний, которые стремятся к простым переходам с помощью более сложных ассортиментов оборудования и связей с поставщиками, реализация будет намного сложнее.

Вывод: Воспользуйтесь возможностью уменьшить количество моделей оборудования и поставщиков, чтобы справиться с вопросом трудного перехода. Определите основные модели и поставщиков и сфокусируйтесь на них для извлечения максимальной пользы, которую окажет изменение.

Техника безопасности и законодательные препятствия

Так как пропан имеет отличные термодинамические свойства, его воспламеняемость означает, что вопрос его использования требует тщательного рассмотрения. Необходимо полностью понять вопросы техники безопасности и законодательные аспекты.

Использование углеводородов широко распространено на Европейском внутреннем

Неисправность	Тип	% Отсек
Правильно выбранная неисправность в отсеке	Электрические	0.58%
Замена термостата	Электрические	0.40%
Замена кабеля в отсеке	Электрические	0.23%
Заменить конденсатор вентилятора	Электрические	0.17%
Заменить неправильный предохранитель в вилке	Электрические	0.12%
Заменить таймер	Электрические	0.06%
Итого		1.56%

Ремонт утечки и добавление газа	Охладитель	0.58%
Масштабное пополнение газа	Охладитель	0.35%
Внутренняя утечка	Охладитель	0.29%
Итого		1.21%

Ремонт утечки воды	Механические	0.40%
Гарантийные изменения	Механические	0.35%
Ремонт/исправление проблем с шумом	Механические	0.23%
Замена крышки	Механические	0.23%
Пригонка деталей	Механические	0.17%
Ремонт крышки	Механические	0.17%
Ремонт вырезания	Механические	0.12%
Ремонт дверей	Механические	0.12%
Ремонт вырезание	Механические	0.12%
Ремонт изоляции	Механические	0.06%
Итого		1.96%

Участвовал частей, необходимых	Другие	0.23%
Участвовал дальнейшего в Req'd	Другие	0.17%
Неправильно отправленные части	Другие	0.12%
Место/оборудование доклад	Другие	0.06%
Итого		0.58%

Заменить комп/электротехнику/сушку/ газ	Компоненты	0.12%
Установите фильтр-осушитель	Компоненты	0.12%
Итого		0.23%

Схема 46 –Данные о типичных отказах в пределах одной страны в год

Юнилевер использует морозильные шкафы по всему миру, поэтому она смогла принять данные потенциальные изменения во внимание. Частота утечек хладагента (% морозильных шкафов/год) и коэффициент утечки (масса/время) являются очень важными данными, которые необходимо собрать. В морозильных шкафах для мороженого утечки обычно происходят из 'штифтовых отверстий' в паяных соединениях между трубами. Очень редко утечки происходят в связи с

рынке искусственного охлаждения с середины девяностых. Хотя бытовые холодильники и морозильные камеры очень просты с точки зрения конструкции и используемых материалов, морозильные камеры, используемые в коммерческом секторе, имеют несколько большую тепловую нагрузку и подпадают под более строгие правила использования. Поэтому хотя данные по технике безопасности внутреннего рынка являются важными, они не могут использоваться для оценки риска использования УВ в коммерческих морозильных камерах.

Для точной оценки риска данные о морозильных шкафах и отказе компонентов являются ключевым требованием. Частота отказов может быть специфической с учетом источника компонентов, производителя шкафов и правил применения на месте.

физическим повреждением труб в результате неправильного обращения в период транспортировки.

Учитывая опыт Юнилевер, частота утечек очень низкая. Данные об утечках из штифтовых отверстий отсутствуют, возможно потому что они очень низкие (граммы в год). Существуют модели для расчета коэффициентов утечки в трубах в результате физического повреждения.

Юнилевер взяла на себя ответственность по Количественной Оценке Риска (КОР), привлекая независимую организацию по Изучению Сценариев КОР (например, сервисное обслуживание морозильных шкафов, работа морозильных шкафов в маленьком магазине и т.д.), основанных на типах определенного класса оборудования, с использованием опубликованных данных об отказах и моделей последствий. Расчетные риски характерны только для данного сценария.

Вторая оценка была сделана с использованием вычислительной модели динамики жидкости, которая позволила оценить риски для более специфических ситуаций и моделей применения. Затраты на модель включали, среди прочих: местоположение и количество источников воспламенения; коэффициенты вентиляции; данные об утечке; размер помещения; и количество хладагента.

Данные двух исследований подтвердили, что риск воспламенения был очень низок. При рассмотрении сценариев обслуживание и текущий ремонт имели в связи с этим более высокий риск.

Вывод: Данные об отказе на базе собственных записей компании позволят сделать более точную оценку риска. Общие данные, имеющиеся в литературе, не могут отражать реальные коэффициенты отказов.

Технологические характеристики

Работа по оценке риска также определила те части морозильного шкафа, которые сильно повлияли на общий риск, связанный с использованием УВ морозильных шкафов. Объединяя данное знание с деятельностью по более очевидному уменьшению риска, как например использование искрозащищенных компонентов, Юнилевер выдала своим поставщикам технологические характеристики с указанием зон, которые должны учитывать поставщики при проектировании и производстве УВ морозильных шкафов. Они использовались в качестве образца для последующего аудита первых испытательных образцов. В частности, предполагалось, что поставщики обеспечат:

- Любые потенциальные источники воспламенения в оборудовании были идентифицированы и устранены на этапе проектирования
- Проектирование и производство свели к минимуму возможность утечки (например, минимальные стыки, внимание к вопросам коррозии)
- Любой газ, который не дает утечку, должен иметь возможность рассеиваться при любых обстоятельствах
- Компоненты морозильных шкафов и охлаждения четко промаркированы для использования с пропаном

Предварительное испытание

Предварительное испытание морозильных шкафов для мороженого проходило в период Олимпийских Игр в Сиднее в 2000 году. Так как мороженный бизнес компании Юнилевер в Австралии был спонсором Олимпийских Игр в Сиднее, компания Гринпис обратилась к Юнилевер оказать помощь, чтобы сделать Олимпийские Игры «Зелеными Олимпийскими Играми». Было специально выпущено пятьдесят морозильных шкафов для мороженого, работающих на УВ хладагентах, которые были размещены на Олимпийской площадке в течение пяти недель в период проведения Олимпийских и Параолимпийских Игр. Морозильные шкафы были установлены в разных местах. Все морозильные шкафы больше испытывали модели, а не обычные шкафы. Во время данного испытания УВ шкафы и представительный образец ГФУ шкафов были оснащены термографами с внешней и внутренней стороны шкафа (измерение температуры окружающей среды и температуры хранения). Морозильные шкафы были также оснащены измерителями мощности. Эти данные подтвердили, что УВ морозильные шкафы смогут поддерживать правильные температуры даже при жестких условиях использования.



Схема 47 – УВ морозильный шкаф, используемый на Олимпийских Играх в Сиднее

Вслед за успехом испытания на Олимпийских Играх УВ и ГФУ морозильные шкафы, все еще оснащенные контрольной аппаратурой, были установлены на рынке в Сиднее или Брисбене в течение следующего года. Инженеры из Датского Технологического Института (ДТИ) провели оценку этих данных в ходе испытания. ДТИ представил свои результаты на конференции МИИО имени Густава Лоренцена в Пекине в 2002 году. В заключение, сравнивая УВ морозильные шкафы с их ГФУ оппонентами в течение года на рынке, УВ шкафы:

- Использовали на ~ 9% меньше энергии при сопоставимых условиях (разница между температурой окружающей среды и температурой хранения)
- Без дополнительного техобслуживания или поломки
- Поддерживали мороженое при правильной температуре

Вывод: Хорошо спланированный эксперимент, который функционирует и оценивается независимо, придает уверенности в данных и поможет реализовать изменение в технологии как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

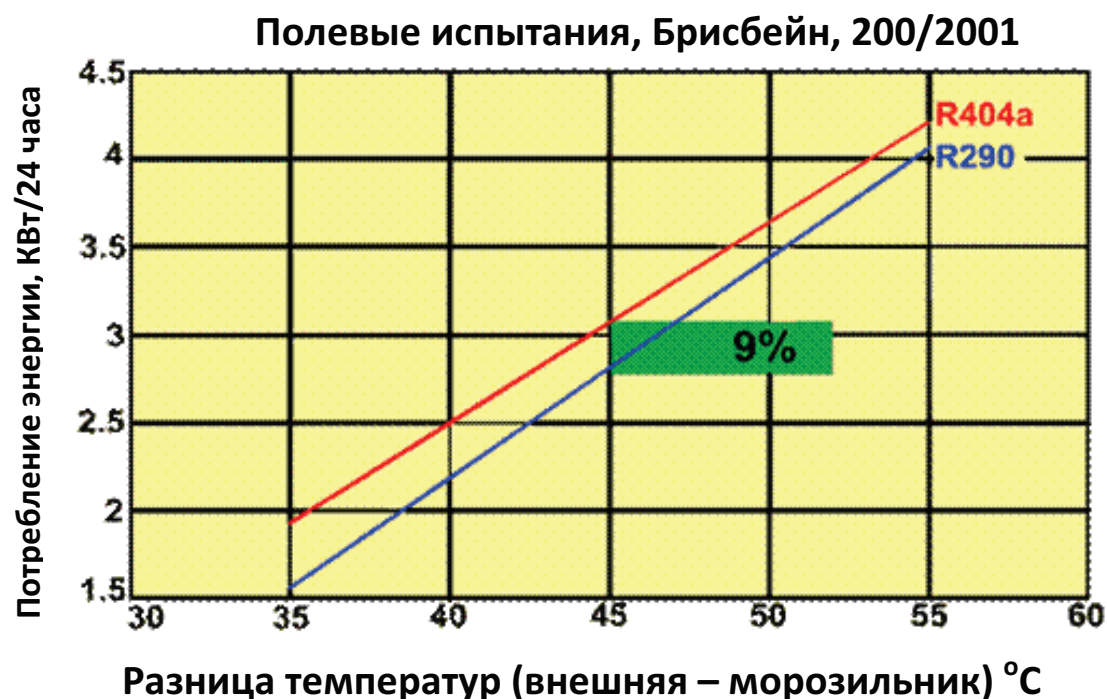


Рисунок 48 – Диаграмма потребления энергии против температурной разницы между температурами окружающей среды и хранения в морозильных шкафах, работающих на ГФУ и УВ, размещенных на площадке в Сиднее или Мельбурне

Взаимодействие с поставщиком

Юнилевер начала дискуссии с основными поставщиками до 2000 года. Информировав наших поставщиков, они располагали достаточным временем для рассмотрения последствий любого технологического изменения путем инвестирования в производство оборудования и изменения дизайна морозильных шкафов. Обсуждались также и причины изменения (в 2000 году, изменение климата не представляло собой новость, каковой она является в настоящее время), формируя обязательство для внесения изменения как на эмоциональном, так и финансовом уровне. Предыдущие связи также помогли идентифицировать потенциальные просчеты и препятствия. Четкие предельные сроки и недвусмысленные сообщения о намерении реализовать стратегию без ГФУ обеспечили то, что поставщики приняли соответствующие меры.

Вывод: Ранее взаимодействие с поставщиками с целью разъяснения что и почему требуется помогает уменьшить препятствия на пути изменения и время по внесению данных изменений. Своевременно согласовывались, обсуждались и претворялись в жизнь глобальные покупательские стратегии.

Обучение

На начальных стадиях проекта было ясно, что техническое обслуживание морозильных шкафов представляло собой область, которая требовала определенных знаний. Обучение обеспечит безопасное техобслуживание и ремонт морозильных шкафов, работающих на УВ. Некоторые страны уже имеют штат обученных технических специалистов, но во многих странах необходимые курсы обучения не проводились. Юнилевер разработала комплект средств обучения для технических специалистов искусственного охлаждения, обслуживающих именно морозильные шкафы для мороженого. Данный комплект средств обучения состоял из детальной презентации, информационных листов формата А4 и карманного размера, и листов-тестов после обучения. Презентация включала детальные заметки для того, чтобы опытные технические специалисты по искусственному охлаждению могли предоставить материал при необходимости. Презентация объясняет техническим специалистам почему проводился переход на УВ, угрозы безопасности и специальные вопросы, которые требовали особого внимания. Комплект средств обучения был профессионально проиллюстрирован, с минимальным количеством слов, облегчая его перевод на немецкий, испанский и французский языки.

Хранение в балонах

Снаружи - соблюдайте общие требования, если не указано иное

- ☺ В закрытой клетке
- ☺ На земле
- ☺ Вне воздухозабора зданий
- ☺ Вдалеке от источников огня
- ☹ Не курить

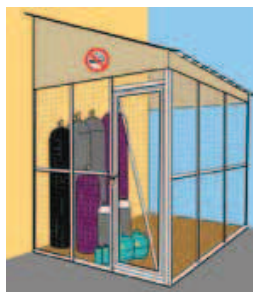


Схема 49 – Пример информации по Учебной Презентации

Схема 50 – Карманная памятка для технических специалистов после завершения обучения

Вывод: Техобслуживание было идентифицировано как самый большой КОР риск. Убедитесь в том, что технические специалисты прошли должное обучение, предоставив им отличный учебный материал.

Внутренние контакты

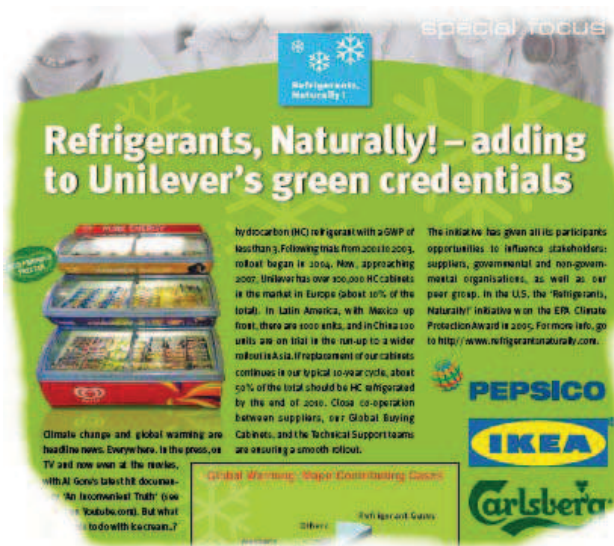


Схема 51 – Статья из местного журнала о массовом выпуске УВ

Переход на УВ хладагенты потенциально затронул многие функции в рамках компании Юнилевер: Объем продаж; Менеджмент морозильных шкафов; Технику безопасности, Охрану Здоровья и Экологию; Маркетинг; и Связи с общественностью. Менеджеры по морозильным шкафам являлись основной группой, а региональные встречи использовались для того, чтобы данные группы могли поделиться своим опытом до и после массового выпуска. Ознакомление с воздействием, которое массовый выпуск окажет на местах, позволило подготовить комплект массового выпуска для поддержания локальных

‘чемпионов’. Быстрое реагирование на возникающие вопросы гарантировало то, что негативные аспекты не могли замедлить массовый выпуск.

Общая информация распространялась среди подразделений Юнилевер, занимающихся мороженым бизнесом, посредством статей в местных изданиях с целью понимания сути проекта. В каждом регионе были определены основные страны, и каждая встреча использовалась, чтобы более детально обсудить затронутые функции.

Вывод: Целевые локальные связи сократили препятствия по реализации УВ морозильных шкафов путем обеспечения соответствующего уровня осведомленности заинтересованных сторон на местах. На самом раннем этапе убедитесь в том, что существуют механизмы для идентификации и решения любых проблем.



Схема 52 – Презентация массового выпуска УВ морозильных шкафов в

массовой информации; и высшие должностные лица. Встречи продолжались пару часов, в результате которых принималась согласованная модель:

- Учебная презентация с целью объяснения сути изменения климата
- Презентация компании с целью предоставления особых деталей локального массового выпуска УВ морозильных шкафов
- Презентация компанией Гринпис с целью освещения экологических аспектов в отношении ГФУ хладагентов и поддержки работы, проделанной компанией Юнилевер
- Обзор общего обязательства Юнилевер по замене ГФУ морозильных шкафов

В дополнение к событиям локального масштаба, были использованы возможности по распространению сообщения путем выступления на конференциях, написания статей и обсуждения в средствах массовой информации.

Вывод: Общественное событие местного масштаба создает обязательство для локальной команды и обеспечивает наличие достаточного ресурса для продвижения массового выпуска продукции.

На начальном этапе тестирования и массового выпуска УВ морозильных шкафов Юнилевер продолжала работать с поставщиками и другими зарубежными заинтересованными сторонами.

При необходимости, выходы на новые рынки в странах, имеющих большие общественные связи, использовались для информирования внешнего мира о деятельности компании Юнилевер. Были приглашены многие заинтересованные стороны, обычно это промышленные группы, средства

массовой информации; и высшие должностные лица. Встречи продолжались пару часов, в результате которых принималась согласованная модель:

Совместные инициативы

Юнилевер работала совместно с рядом компаний, поровну разделив с ними обязательства по ликвидации ГФУ хладагентов с точки зрения продажи оборудования (например, морозильных камер, холодильных установок и систем НКВ (Нагрев, Вентиляция и Кондиционирование Воздуха)). Карлсберг, компания Кока-Кола, ИКЕА, МакДоналдз, ПепсиКо и Юнилевер, при поддержке Гринпис и ЮНЕП, выдвинули инициативу под названием Конечно, Хладагенты! (<http://www.refrigerantsnaturally.com>).

Конечно, Хладагенты! предоставляет...

- Рабочую группу и вспомогательное оборудование там, где необходимо поделиться информацией с целью содействия и распространения преимущества для тех, кто взял на себя обязательство по ликвидации ГФУ, в местах продажи оборудования искусственного охлаждения.
- Платформу и критический аспект взаимодействия с каналом поставок технологии искусственного охлаждения, с другими пользователями, правительственными, политическими и общественными организациями по вопросу осуществимости и экологической выгоды охлаждения без ГФУ.



Члены группы Конечно, Хладагенты! взяли на себя обязательство...

- ликвидацию ГФУ в местах продажи холодильного оборудования
- разработку плана реализации
- принятие важного ресурсного обязательства по устранению фторуглеродов, включая научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, тестирование, финансирование и инвестирование, персонал или политическую активность
- распространение информации между членами, совместное использование данных и результатов с другими компаниями, принимающими решения на правительственном уровне, и общественностью

Инициатива получила награду Сохранение Климата Министерства Охраны Окружающей Среды Соединенных Штатов 2005 года в знак признания лидерства в разработке инновационных направлений по борьбе с глобальным потеплением путем поощрения развития благоприятной для окружающей среды технологии искусственного охлаждения. Инициатива Конечно, Хладагенты! признана Комитетом США по Устойчивому Развитию как «Партнерство для Устойчивого Развития».

Встреча, посвященная теме «Конечно, Хладагенты!» ознаменовала важное событие



в Брюсселе в 2004 году. Встреча свела поставщиков, высокопоставленных политиков, средства массовой информации и нашу профессиональную группу, чтобы послушать основных докладчиков от ЕС, ЮНЕП, Гринпис и продемонстрировать технические разработки компаний на тот период времени.

Схема 53 – Гости и основные выступающие компании на встрече в 2004 году. Встреча, посвященная теме «Конечно, Хладагенты!»

Вывод: Промышленные объединения создают дополнительную систему рычагов для ускорения темпа изменения. Управление ожидаемыми результатами внешних сторон является важным аспектом. Работа с данными группами, объяснение бизнес моделей, освещение потенциальных проблем - данные ожидаемые результаты можно регулировать.

Заключительные замечания

Юнилевер достигла успеха по реализации изменения от ГХФУ до УВ охлаждения. Тесное сотрудничество со всеми сторонами в канале поставок позволила Юнилевер удовлетворить цели с точки зрения времени и экономической жизнеспособности. Изменения затрат были достаточно маленькими и не могли повлиять на бизнес модель.

Юнилевер провела значительную экспертную оценку с момента реализации программы изменения в 2000 году и подготовилась к тому, чтобы поделиться этими данными посредством мероприятий программы Конечно, Хладагенты! Учебный материал для обслуживающего технического персонала предоставлялся поставщикам третьей стороны и компаниям в нашей профессиональной группе.

Юнилевер гордится тем, что является лидером данного изменения в бизнесе мороженого. Лидерство Юнилевер в данной сфере оказало положительное влияние на служащих; большей частью на тех, кто был непосредственно вовлечен в проект, а также на тех, кто знал об этом посредством внутренних контактов.

Применение углеводородных хладагентов в больших холодильных системах

Ладас Тейлор, Энерджи Рисорсиз Груп – Австралия
Джексон Онг, Нат- Энерджи Рисорсиз – Сингапур

Препятствия углеводородам

Энерджи Рисорсиз Груп (ЭРГ) и один из ее основных агентов ранее идентифицировали потенциал природных хладагентов, в частности, углеводородов. В начале, были выявлены проблемы, которые приведены ниже:

- **Распределение продукта.** Спорные вопросы касались доставки продукта до места, где в нем нуждались, вложения средств в сырье и качество и разработки систематических линий поставок.
- **Наличие.** Связано с проблемой распределения – но более локализовано там, где это касается специалиста – служило доказательством, что у фирм на местах, имеющих запасы готовой продукции, часто заканчивались запасы или они не имели запасов на складе на основании необоснованных опасений, связанных с пропагандой поставщиков/производителей фторуглеродного хладагента. Существовала также угроза прекращения поставок теми же поставщиками/производителями фторуглеродного хладагента.
- **Качество.** Другим основным вопросом, как и любого хладагента является гарантия качества. На рынке есть много хладагентов сомнительного качества, и углеводородные хладагенты не являются исключением. Это касается не только примесей таких как сера, окиси, влага и т.д., но и правильного смешивания компонентов углеводородного хладагента, например, достижения необходимых пропорций R-290, R-600a и других. Базовое углеводородное сырьё обычно содержит высокие уровни н-бутана, изобутана, пропилена, этана, пентана и других углеводородов, которые могут изменить соотношение давление/температура, а также другие свойства. Это затрудняет должное сохранение равновесия для производителей исходного оборудования (ПХО) и обслуживающего персонала. Таким образом, использование высококачественных базовых продуктов высокой степени очистки является критическим в процессе смешивания.
- **Обучение.** В то время как использование УВ хладагентов очень напоминает другие типы хладагентов, существуют два дополнительных аспекта, которые технические специалисты должны знать. В значительной степени, это - не дополнительное обучение, а более напоминание того, как правильно нужно

делать то, чему учили на профессиональных курсах. ЭРГ обучает технических специалистов «плохим привычкам» и методам, которые они могут приобрести спустя годы. Обучение гарантирует, при переходе на углеводородные хладагенты, производительность высокого качества будет подтверждена прекрасными результатами в сфере экологии и экономии электроэнергии. В холодильной промышленности многие технические специалисты выбрали несоответствующие процедуры, в частности, при работе с углеводородными хладагентами. Технические специалисты должны в полной мере понимать характеристики углеводородов с тем, чтобы не пренебрегать ими и не выполнять нестандартные процедуры ; напротив, они должны соблюдать методики переоборудования ЭРГ, которые соответствуют международным стандартам.

- **Лоббирование фторуглеродной промышленности.** Данный вопрос является сложным. Большинство производителей химических хладагентов представляют собой огромные очень состоятельные конгломераты, и, следовательно, они могут позволить себе использовать общественные связи (ОС) и маркетинговый персонал, который уменьшает ресурсы промышленности УВ хладагента, которая, таким образом, страдает от ограниченного доступа к маркетингу и ОС.

Вместе с партнерами ЭРГ успешно решила почти все вышеуказанные вопросы (за исключением последнего пункта). Данная последняя проблема является проблемой, решение которой потребует гораздо больше времени.

Переход на углеводородные хладагенты

За последние восемь лет компания ЭРГ совместно с основными партнерами в Азии, особенно Нат-Энерджи Рисорзиз в Сингапуре, разработала программу, предлагая компаниям возможность снижения или устранения зависимости от озоноразрушающих синтетических хладагентов или синтетических хладагентов с высоким ПГП. Такие конверсии в целом придерживаются следующей процедуры:

- Введение концепции
- Диагностическое исследование и отчет по оборудованию
- Проверка техники безопасности
- Ремонтные работы и обслуживание до переоборудования
- Контроль системы и потребления электроэнергии до переоборудования
- Оснащение предохранительными устройствами
- Модернизация системы
- Контроль системы и энергопотребления после переоборудования
- Отчет о переоборудовании
- Регулярный сервис и техническое обслуживание – до тех пор пока клиент не предпочтет обучение локального персонала

Последовательность событий детально изложена на схеме производственного процесса в Схеме1.

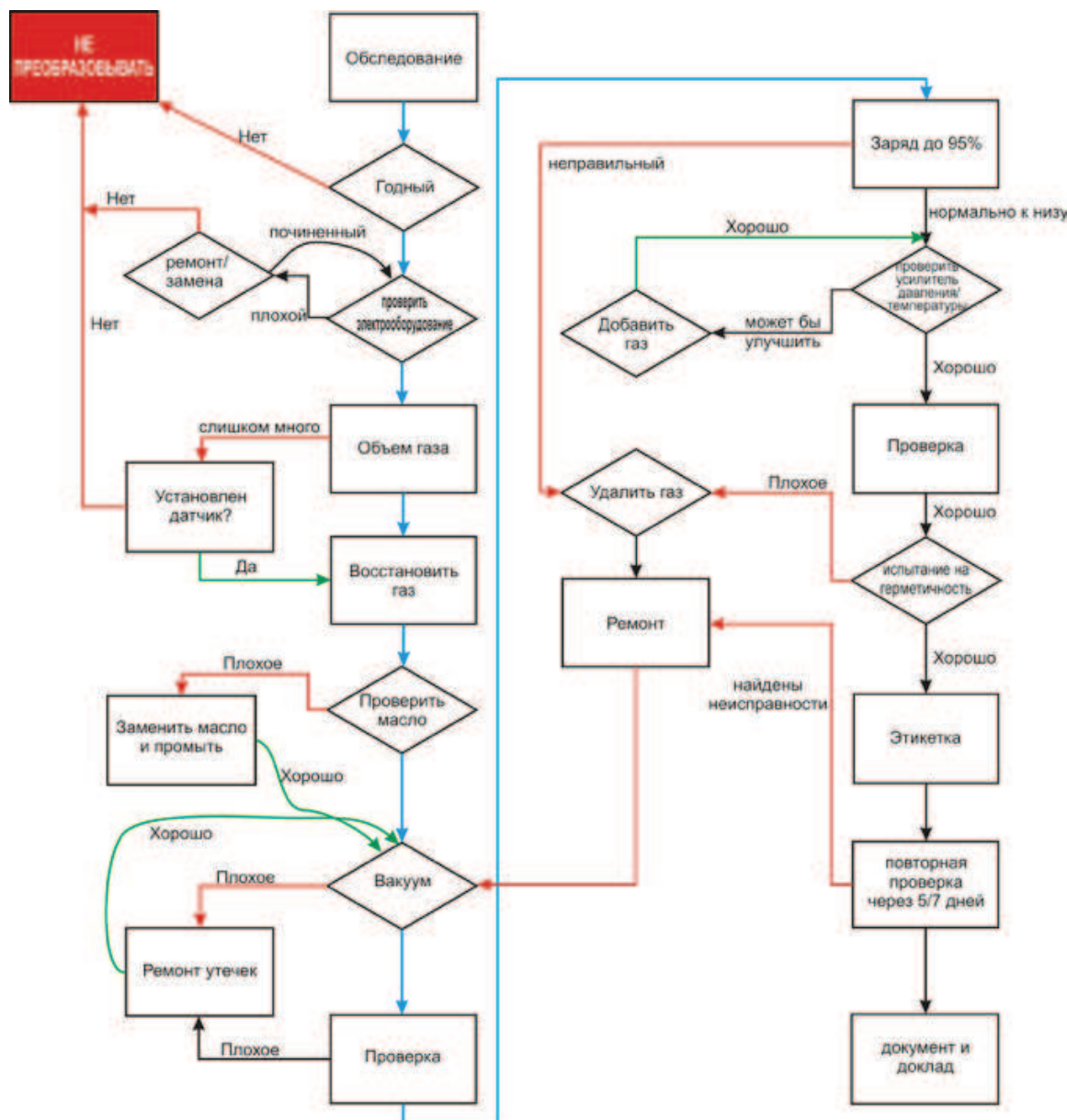


Схема 1: Схема производственного процесса конверсии углеводорода

Первоисточником большинства проектов являются нововведения прежних клиентов, партнеров, компаньонов, или требования интернет-сайтов от организаций, которые находятся в поиске технологий, благоприятных для окружающей среды, например, в соответствии с требованиями сертификации ISO 14001, или от провайдеров энергосберегающей технологии, которые ищут партнеров. Тем не менее, существуют и всегда будут иметь место проекты, площадки и камеры охлаждения, которые не подходят для перехода на углеводородные хладагенты. Это может объясняться местонахождением, пригодностью к эксплуатации и т.д., и именно поэтому необходимо проводить полное обследование площадки и аудит техники безопасности.

В Приложении 1 приведен список проектов, завершенных на сегодняшний день. Пример в форме разбора конкретного случая приведен для иллюстрации проведенной работы.

Учебный пример модернизации больших камер охлаждения в сингапуре

Данный проект расположен на Площади Фар Ист в Сингапуре, а заказчиком выступала компания Чайна Классик Пте Лтд (филиал Организации Фар Ист). Нат-Энерджи Рисорсиз-Сингапур руководила проектом в течение апреля 2005 года. Модернизации подверглись пять камер Йорк с воздушным охлаждением, модель: YDAJ98MU7-50PA, проектной мощностью 700 кВт для каждого из пяти равных по размеру блоков. На Схемах 2 и 3 приведены фотографии указанных камер охлаждения.



Схемы 2 и 3: Торговый Центр на Площади Фар Ист, Плоская Крыша, Камера Охлаждения № 3, Система Йорк с воздушным охлаждением, Модель: YDAJ98MU7-50PA

Были выполнены следующие этапы:

- *Обзор и отчет об оборудовании:* Было проведено стандартное инспектирование системы, и отчеты представлены заказчику. В случае утечек или дефектов необходимо предпринять соответствующие действия. (В приложении отчет, предоставленный заказчику).
- *Аудит техники безопасности:* Так как данные камеры охлаждения находились на открытой плоской крыше, детекторы утечки не потребовались. Сотрудник Сингапурского Офиса Гражданской Обороны (СОГО) проверил площадку после модернизации и официально утвердил её, данная оценка была представлена в Национальное Агентство по Окружающей Среде (НАОС). Мы проверили технику безопасности для гарантии того, что имеется достаточная вентиляция, рядом нет источника электроэнергии или пожара, признаков дыма, осуществляется

контроль доступа лиц на площадку. Изолируйте все электрические детали и пульт управления. Пожалуйста, смотрите прилагаемый отчет об Аудите Техники Безопасности до Переоборудования касательно деталей.

- *Ремонтные работы и сервисное обслуживание до переоборудования:* До модернизации утечки были обнаружены и отремонтированы. Выполнены ежемесячные регулярные проверки. Требуется только обычное сервисное обслуживание.
- *Контроль системы и энергопотребления до переоборудования:* Установите датчик учета кВт-часов и наработки в часах для регистрации и определения данных УВ до и после модернизации, согласно:
 - Дате монтажа мониторов: 19 февраля 2005 года
 - Периоду контроля до переоборудования: 19 февраля 2005 года – 8 марта 2005 года
 - Базовому потреблению киловатт-часс: 193.82 кВт-час (2 компрессора)
 - Холодопроизводительности: $TOBV = 7.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $ТПОВ = 10.1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- *Монтаж приборов защиты:* Датчики определения утечки газа необходимы только, когда концентрация воздуха для УВ в закрытом пространстве попадает в диапазон воспламеняемости между 1.9% и 10%. Понятно, что любую систему можно оборудовать датчиками. Данные приборы будут подключены к вентиляционным лопастям и/или аварийному сигналу, который будет приведен в действие сразу после обнаружения утечки. В аварийную систему можно также интегрировать интерфейсы такие как электромагнитные клапаны и т.д. В таком случае необходимо разместить бросающиеся в глаза четкие предупреждающие знаки, такие как «Хладагент камеры охлаждения легко воспламеняется» и «Курить запрещено».

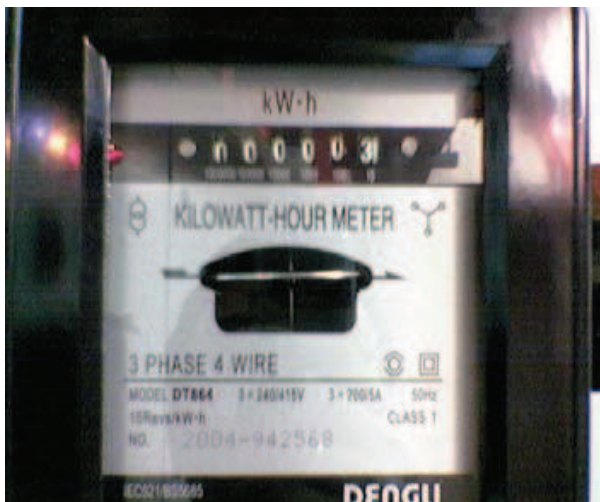
Более того, с инженерами и подрядчиками необходимо поговорить о технике безопасности при заправке камер охлаждения. В случае с Площадью Фар Ист не было необходимости устанавливать датчики утечки.

Процедуры модернизации системы следующие:

- *Извлеките существующий хладагент:* Существующий в системе хладагент был извлечен и хранился в предназначенных для этого рекупиловочных цилиндрах. Количество хладагента взвесили для определения текущей заправки хладагентом.
- *При необходимости замените запасные части:* Проведено обслуживание до модернизации, а именно фильтры, сушилки или золотники, по необходимости, были заменены. Утечки устранены, объем и качество масла проверены и заменены по необходимости. Систему промыли азотом для гарантии удаления любого остаточного вещества.
- *Проверка системы на вакуум/утечку:* Остаточное давление было выпущено из системы накануне вечером. После проведения данной операции в течение 30 минут было подано высокое давление для проверки утечек в системе.

- *Заправка углеводородным хладагентом:* Заправка/вес исходного газа определены по документам или фирменным плашкам, предоставленным изготовителем или согласно количеству извлеченного газа. Зная количество исходной заправки, разделите значение на три, потом возьмите 90% оставшегося количества. Например, если исходная заправка R22 составляла 10 кг, расчет будет следующим $10 \text{ кг} \div 3 = 3.3 \text{ кг} \times 0.90 (90\%) = 2.97 \text{ кг}$. Заправьте 2.97 кг сначала через рабочий клапан высокого давления/нагнетания, когда блок выключен, запустите блок на 30 минут и дайте компрессорам установиться и отключите блок на 10 минут.
- *Точно настройте для оптимизации работы:* Вновь запустите на 10 минут. Давление упадет на 1-2 PSI из-за поглощения хладагента маслом. Потом очень медленно добавляйте от 5 до 10 гр каждый раз (не более 5 PSI за раз), давая блоку установиться до тех пор пока мы не получим наилучший результат охлаждения для самого низкого показания в амперах. Делая это медленно, мы устраняем шансы излишней заправки блока. Дайте системе поработать еще 15 - 20 минут для гарантии оптимального функционирования.
- *Проверьте на утечки:* Система проверена на утечки с помощью мыла и воды.
- *Заполните ярлык и монитор:* Ярлык с информацией Нат-Энерджи был заполнен и помещен на хорошо обзримое место на блоке. В течение последующих нескольких дней блок подвергнется проверке.
- *Контроль системы и энергопотребления после модернизации:* Были установлены датчики измерения кВт-часов и эксплуатационных часов для контроля ежемесячного потребления энергии. Данные показания ежемесячно регистрировались для выставления счетов. Например:
 - Дата модернизации УВ: 28 марта 2005 года – 30 марта 2005 года
 - Период мониторинга после модернизации: 1 апреля 2005 года – 11 апреля 2006 года
 - Потребление кВт-час: 162.64 кВт-час (2 компрессор)
 - Холодопроизводительность: ТОВВ (Температура Охлажденной Воды на Выходе) = 6.4°C, ТПОВ (Температура Поступающей Охлажденной Воды) = 11.2°C
 - Сэкономлено: 31.18 кВт-час или 16.10%

Отчет о модернизации данного типа, приведенный в Приложении 2, предоставляется заказчику по завершении, который демонстрирует функционирование до и после УВ модернизации. После модернизации, данные 8-летние камеры охлаждения дали 16.1% экономию электропотребления, а также 12.2% падение в общем текущем потреблении (в амперах). Холодопроизводительность улучшилась на 16.88%. В последующем до завершения проекта не требовались дополнительные затраты или специальное техобслуживание; только регулярное ежемесячное обслуживание, текущий ремонт и ежегодное выключение. На Схемах 4 и 5 предоставлены некоторые фотографии измерителей мощности.



Схемы 4 и 5: Установлен монитор –датчик кВт-час и датчик эксплуатационных часов, Модель Йорк системы охлаждения воздухом: YDAJ98MU7-50PA

Заключительные замечания

Нет ничего нового или уникального в переводе более крупных камер охлаждения и системы охлаждения на углеводородные хладагенты. Однако, очень важно гарантировать соблюдение правильных процедур, должное обучение технических специалистов и правильное расположение приборов защиты. При соблюдении данных требований камера охлаждения, заправленная УВ, будет работать с пониженным потреблением электроэнергии и более эффективным охлаждением. После модернизации блоки потребляют меньше тока, в целом охлаждают быстрее и работают при более низком давлении на выходе.

Наконец, как дополнение к предоставлению углеводородных хладагентов для переоборудования систем, производственное оборудование в Сингапуре также включает современную систему уничтожения ХФУ, ГХФУ, ГФУ и галлона (Схема 6), то есть можно гарантировать предотвращение выбросов ОРВ и газов с большим ПГП.



Схема 6: Система уничтожения ХФУ, ГХФУ, ГФУ и галлона

Приложение 1:

Примеры проектов по переходу на углеводородные хладагенты, успешно реализованные компанией ЭРГ и её партнерами в Азии

1. Сингапур

- Торговый Пассаж на Площади Фар Ист, использующий поршневую камеру охлаждения Йорк 200TR с водяным охлаждением, зарегистрировал 16% экономии.
- Оборонное Агентство по Науке и Технологии, использующее сплит установку Carrier 1лс с воздушным охлаждением, зарегистрировало 16% экономии.
- Компания Дапенси Билдинг, использующая компактную установку Carrier 21TR с водяным охлаждением, зарегистрировала 32% экономии.
- Компания Уотсон Стоз, использующая сплит установку Дайкин с воздушным охлаждением, зарегистрировала 24% экономии.
- Ресторан Мумба, на шлюпочном причале, использующий сплит установку MacQuay 8лс, зарегистрировала 16% экономии

2. Малайзия

- Склады 7 - одиннадцать в Куала Лумпур, использующие сплит систему Топэир с воздушным охлаждением, зарегистрировали 24% экономии.
- Компания Флэрис Кота Тингги, Компактная установка с водяным охлаждением продемонстрировала 19% сбережений.
- Компания Ничикон Банги, Компактная установка Топэир с водяным охлаждением продемонстрировала 20% сбережений.
- Компания Сумиден Электроникс Шах Алам, Сплит установка Топэир с воздушным охлаждением, зарегистрировала 22% экономии.
- Компания Хосиден Электроникс Банги, Сплит установка с воздушным охлаждением зарегистрировала 25% экономии
- Компания Алпс Электрик Нилай, Данхэм-Буш, Компактная установка с водяным охлаждением зарегистрировала 17% экономии
- Компания Панасоник ЭйВиСи Нетуорк Шах Алам с воздушным охлаждением зарегистрировала 19% экономии
- Компактная система Вэнчэ Тебро I Джохор, Сплит система Данхэм-Буш 65TR, с водяным охлаждением зарегистрировала 47% экономии.
- Компания Панасоник Коммьюникейшн Сенай Джохор, Компактная установка Нейшнл 20лс с водяным охлаждением зарегистрировала 20% экономии.
- Компания Селестика Электроникс Тампой Джохор, Компактная установка Топэир 3 x 80TR с водяным охлаждением зарегистрировала 24% экономии.
- Компания Менара Ансар Джохор, Компактная установка Кэрриэр 23TR с водяным охлаждением зарегистрировала 13% экономии.
- Компания Бангуан ФармаКээр КЛ, Компактная установка Топэирз 26TR с воздушным охлаждением зарегистрировала 23% экономии.
- Компания Сумитомо Электроникс Тэбро II Джохор, Компактная установка Йорк 32TR с водяным охлаждением зарегистрировала 21% экономии.

- Компания Тайко Электроникс Сенай Джохор, Компактная установка Йорк 21TR с водяным охлаждением зарегистрировала 20% экономии.
- Компания Джиджи Сиркуитс Индастриз Тампой Джохор, Компактная установка Карриэр 35TR с водяным охлаждением зарегистрировала 14% экономии.
- Компания УайКейДжей Индастриз Кулай Джохор, Сплит установка Аксон 4TR с воздушным охлаждением зарегистрировала 27% экономии.
- Компания Тру-Тэк Электроникс Улу Тирам Джохор, Компактная установка Йорк 20TR с воздушным охлаждением зарегистрировала 19% экономии.
- Компания Мацущита Электрик Кампани Шах Алам, Компактная установка Карриэр 35TR с водяным охлаждением зарегистрировала 15% экономии.
- Компания Менара АмФайнанс КЛ, Компактная установка Йорк 21TR с водяным охлаждением зарегистрировала 16% экономии.
- Компания Ли Таг Мфг Масай Джохор, Сплит система Йорк 17TR с воздушным охлаждением с распределением воздуха по каналам зарегистрировала 29% экономии.
- Лаборатория Научных Исследований и Опытно-Конструкторских Работ с новыми сплит установками 3TR зарегистрировала 27% экономии.
- Компания УиТМ Шах Алам Кампус, использующая винтовую камеру охлаждения Хитачи зарегистрировала 19.7% экономии.
- Компания Дамансара Риэлти, использующая компактные установки Карриэр 10TR зарегистрировала 32% экономии.
- Компания Пантай Медикал Сенте Бангсар, установка 4а рекуперации теплоты York 80TR зарегистрировала 24% экономии.
- Компактная установка Пантай Медикал Кээр Сенте Бангсар, Компактная камера Йорк с воздушным охлаждением, зарегистрировала 18% экономии.
- Компания Лам Уах Ээ Хоспитал Пенаг, Компактная установка Карриэр с водяным охлаждением зарегистрировала 20% экономии.
- Компания Электан СемиКондактор Пенанг, Компактная установка с воздушным охлаждением зарегистрировала 14.8 % экономии.
- Компания Камфорт Энджиниэринг Пачонг, Компактная установка с воздушным охлаждением зарегистрировала 18.5% экономии.
- Компания Секап Ри Джохор, Национальная сплит система с воздушным охлаждением зарегистрировала 16.7% экономии

3. Тайланд

- Компания Карриэр ЭйчКью Билдинг, использующая поршневую камеру охлаждения Карриэр 150TR зарегистрировала 14% экономии.
- Два склада 7-11, использующие сплит систему и малую морозильную камеру зарегистрировали 20% экономии.

4. Индонезия - Джакарта

- 649 складов компании Алфамарт в Джакарте, использующие сплит установки с воздушным охлаждением зарегистрировали 25% экономии.
- Компания АйТиСи Мангга Дуа, использующая поршневые камеры охлаждения 208 tr Карриэр зарегистрировала 34.7% экономии.
- Отель JW Марриотт, использующий поршневые камеры охлаждения 132 tr Йорк, зарегистрировал 25% экономии.

- Компания Супермал Каравачи, использующая винтовой компрессор 60 tr Хитачи АНУ зарегистрировала 30% экономии.
- Отель Мулиа, использующий полугерметичный компрессор Коупматик 5 tr, зарегистрировал 13.3% экономии.
- Отель Сол Элит Марабелла, использующий сплит установку 1.5 tr Санио зарегистрировал 24.4% экономии.
- Компания Маспион Плаза, использующий поршневую камеру охлаждения 150 tr Йорк, зарегистрировала 15% экономии.
- Компания Кондоминиум Симпрук Терас, использующая компактную установку 10 tr Фаир, зарегистрировала 22% экономии.
- Компания Мал Келапа Гэйдинг, использующая поршневые камеры охлаждения 200 tr Карриэр, зарегистрировала 28% экономии.
- Компания Дармауангса Сквез, использующая общую сплит установку 2 tr , зарегистрировала 24% экономии.
- Компания Силоам Глениглз Хоспитал, использующая сплит установку 1 tr Мицубиши, зарегистрировала 45% экономии.
- Компания Ясан Перндидикан Пермай, использующая сплит установку 1 tr Грии зарегистрировала 22% экономии.

5. Индонезия - Бали

- Компания Майя Убуд Ризорт энд Спа зарегистрировала 41% экономии.
- Отель Сахид Джайя зарегистрировал 51% экономии.
- Отель Риц Карлтон зарегистрировал 28% экономии.
- Отель Картика Плаца Бич зарегистрировал 55% экономии

6. Индонезия - Ломбок

- Отель Оберой зарегистрировал 18% экономии.
- Отель Новотел зарегистрировал 39% экономии.
- Отель Ломбок Райя зарегистрировал 27% экономии.
- Отель Шератон Сенггиджи зарегистрировал 53% экономии.
- Отель Сенггиджи Бич зарегистрировал 36% экономии.
- Отель Джакарта зарегистрировал 25% экономии.
- Отель Интан Ломбок зарегистрировал 21% экономии.
- Отель Холидэй Инн зарегистрировал 20% экономии

7. Филиппины

- Компания Гайсано Кантри Молл - Винтовой компрессор 50tr Хитачи - 16%
- Компания Парк Сквез Уан (Айала Молл) - Полугерметичный поршневой компрессор 7.5tr Фрасколд - 12%
- Офис компании Делса Кемикалз - Герметичный поршневой компрессор 5tr Маньюроп - 14%
- Ресторан Макдоналдз - Спиральный компрессор 7.5tr Маньюроп - 12%
- Отель Легенда - Ротационный компрессор 2tr Мацушита - 19%
- Компания Федерал Экспресс (Федэкс) - Герметичный поршневой компрессор 7tr Коуплэнд - 21%
- Церковь Инглесиа ни Кристо - Спиральный компрессор 3tr Коуплэнд - 15%
- Компания ИНАРП Рисерч Инк. - Ротационный компрессор 2tr Мацушита - 12%

- Корпорация Билдинг Кээр - Герметичный поршневой компрессор 5tr Коуплэнд - 20%
- Ресторан Мандарин - Винтовой компрессор 40tr Сенчури - 17%

Приложение 2:

Образец отчета о модернизации

Имя заказчика : Торговый Комплекс Фар Ист Сква
Адрес : 048773 Сингапур, улица Пекин, 43

Данные системы кондиционирования

Дата установки датчика до 19 февраля 2005 года
модернизации :

Базовый период мониторинга : 19 февраля 2005 года - 8 марта 2005 года
Дата модернизации : 28 марта 2005 года
Период мониторинга после 1 апреля 2005 года - 11 апреля 2005 года
модернизации :

Местонахождение : Плоская крыша, камера с воздушным охлаждением №: 3

Марка : Йорк

Модель : YDAJ98MU7-50PA

Тип : Камера с воздушным охлаждением

Мощность : 2,400,000 БТЮ/час

Существующий хладагент : R-22

Углеводородный продукт компании Нат Энерджи: MINUS 50

Регистрация данных					
Описание	Параметр до		Параметр после		Экономия, %
Дата начала регистрации данных	19 февраля 2005 г.		1 апреля 2005 г.		
Дата окончания регистрации данных	8 марта 2005 г.		11 апреля 2005 г.		
Температура поступающей охлажденной воды (ТПОВ) °С	10.1		11.2		
Температура охлажденной воды на выходе (ТОВВ) °С	7.7		6.4		
Разница температуры воды (ΔТ) К	2.4		4.8		
Средний ток, комп 1 (амп)	202.2		178.8		
Средний ток, комп 2 (амп)	167.1		145.6		
Полный ток (Амп)	369.3		324.4		12.2%
Низкое / высокое давление, комп 1 (Psi)	59	251	52	221	
Низкое / высокое давление, комп 2 (Psi)	65	237	53	208	
Начальное показание счетчика кВт-час (Комп 1 и 2)	343,230		479,260		
Конечное показание счетчика кВт-час (Комп 1 и 2)	397,900		499,920		
Общее потребление кВт-час	54,670		20,660		
Начальное показание счетчика «функционирование-час» (Комп 1/2)	2,439.48	2,439.39	3,153.76	3,121.18	
Заключительное показание счетчика «функционирование-час» (Комп 1/2)	2,726.83	2,716.15	3,281.08	3,247.92	
Средняя наработка в часах	282.06		127.03		
Средняя мощность (кВт в час)	193.83		162.64		16.1%

Разработка номенклатуры выпускаемых изделий для технологий безопасных для климата и озона

Ник Кокс, Earthcare Products Ltd

Введение

В связи с растущим вниманием к вопросам экологии и, в частности, вопросам озоноразрушающих веществ и веществ, вызывающих глобальное потепление, связанных с холодильным и кондиционерным оборудованием, была создана компания Earthcare Products в качестве ответной реакции на последовательные рыночные изменения.

Основанная в октябре 1997 года, компания Earthcare предоставляет консультации, продукцию и сервисное обслуживание, которые рассматриваются как прогрессивные с точки зрения эффективности использования энергии, устойчивого развития и слабого воздействия на экологию. Услуги и продукция направлены на конечных пользователей, которые осуществляют инвестирование в системы для ускорения разработки строительных норм и правил (таких как Европейская Директива Эффективности Использования Энергии Зданий, ЭИЭЗ), компании, чьи права собственности нуждаются в высокой оценке с помощью рейтингов зеленых зданий (таких как Метод Возвратного Конверта Оценки Экологии, BREEAM; <http://www.breeam.org/>), или для компаний с директивными экологическими требованиями CSR (служба по работе с покупателями).

Данная статья гарантирует проникновение в суть разных систем и применений, где компания Earthcare успешно реализовала использование природных хладагентов, а также улучшила эффективность использования энергии.

Наглядные примеры проекта

Нижеприведенная информация иллюстрирует ряд изделий, разработанных Компанией, которые используют только природные хладагенты вместо ГХФУ и ГФУ.

Кондиционерные сплит системы с тепловым насосом, очень благоприятные для экологии (ОБЭ)

В 1998 году, используя финансирование, полученное от Министерства Окружающей Среды, Транспорта и Регионов при Правительстве Соединенного Королевства (МОСТР), был разработан и запущен новый ассортимент кондиционерных сплит систем с тепловым насосом очень благоприятных для окружающей среды.

Продукция была создана в результате усовершенствования научных исследований по эффективности использования энергии маленьких кондиционерных сплит систем. Использование сформировало часть более широко регулируемого проекта - часть, финансируемую согласно плану МОСТР под названием «Партнеры в Технологии» - для того, чтобы взглянуть на возможности экономии электроэнергии во время замены хладагента. Итоговые сплит системы очень благоприятные для окружающей среды были запущены на Выставке ИКК в ноябре 1998 года. Данные системы сводят к минимуму воздействие на окружающую среду путем комбинации природных хладагентов и оптимизированной эффективности. В результате добились 20% эффективности по сравнению с исходными ГХФУ22 системами. Таким образом, были исследованы как прямые, так и косвенные аспекты воздействия на глобальное потепление. Установки были реконструированы для оптимизации работы с углеводородными хладагентами – устраняя, таким образом, ГФУ и ГХФУ альтернативы, существенно влияющие на глобальное потепление – тогда как использование регуляторов напряжения двигателя привело к дальнейшему снижению косвенных выбросов благодаря уменьшенному потреблению энергии.

Непосредственное воздействие глобального потепления сведено к минимуму с помощью нескольких методов:

- Уменьшенное количество хладагента, оставшееся в установках;
- Традиционные раструбные медные швы, которые отвечают за высокий процент утечек хладагента, были устранены из систем. Медные капиллярные контуры (маленькие трубы для оборудования и датчики, которые особенно предрасположены к растрескиванию) были также устранены;
- Система заправлена углеводородом CARE 40 (R-290), хладагентом с Потенциалом Глобального Потепления (или ПГП) равным <3, фракцией ПГП конкурирующих гидрофторуглеродов (ГФУ)

Косвенное глобальное потепление было также сведено к минимуму с помощью увеличения эффективности использования энергии:

- Термодинамические свойства углеводородных хладагентов прекрасно подходят для данного применения, лидируя в борьбе со всеми другими альтернативами в плане эффективности;
- Заправка хладагентом оптимизирована в ходе лабораторных испытаний, а процесс монтажа точно повторяет оптимальную заправку каждого блока;
- Внутренний блок (испаритель) оптимизирован путем использования, в случае необходимости, усовершенствованных теплообменников;
- Давление регулировалось с помощью плавающей головки, это позволяет температуре конденсации находиться в подвижном равновесии до 20°C, если позволяют окружающие условия, вместо искусственного поддержания около 40°C. Это может привести к 30% увеличению эффективности по сравнению с фиксированным давлением напора;
- Системы используют полностью затопленные испарители. Это увеличивает как холодопроизводительность, так и эффективность.

Были упомянуты все сравнительно незначительные изменения, которые, при сочетании, составляют большую разницу. При модернизации сплит системы снизу вверх, можно было извлечь максимальную пользу подгоняя соотношение

энтальпии к локальным условиям окружающей среды. Многие производители сплит систем оптимизируют комфортные условия на базе распространенной во всем мире модели среднего климата. На большинстве проверенных площадок основным требованием охлаждения является требование к оборудованию или процессу охлаждения, преимущественно с тепловой нагрузкой по сухому теплу. Однако, используемые охлаждающие змеевики на самом деле не подходят для данных условий. На примере можно сравнить соотношения энтальпии для широкоприменяемых моделей Митцубиси против эквивалентной модели, разработанной в ходе проекта. Сплит система Митцубиси Электрик 4.9 kW PLH2 имеет коэффициент энтальпии равный 0.76, по сравнению с 0.93 для идентичной модели компании Earthcare, на базе условий «охлаждения СК» компании Митцубиси равных 23°C по сухому термометру и 16°C по влажному термометру внутри помещения, и 30°C по сухому термометру снаружи. Таким образом, с помощью простой оптимизации внутреннего теплообменника для соответствия специфическому климату операции, можно получить улучшение коэффициента энтальпии в среднем на 6%, которое в свою очередь приведет к улучшению эффективности использования энергии на 6%. Данный вид технологии также необходим для оптимизации оборудования в тёплых климатических условиях, хотя потребуются несколько иной подход согласно локальным климатическим условиям.

Крупнейшая в СК кондиционерная система аккумулирования тепла, использующая аммиак и лёд-суспензию

В Университете Мидлсекса была установлена кондиционерная система, аккумулирующая тепло с помощью льда-суспензии, той же модели, что и бытовые тепловые аккумуляторы. В течение ночи она создавала лёд, который затем закачивался в помещения в течение дня. Мощность установки составляет 72 кубических метра, делая её крупнейшей системой льда-суспензии в СК. Более того, она очень благоприятно влияет на окружающую среду, используя энергоэффективный природный хладагент аммиак. Установка используется для охлаждения всего университета в Баундз Грин, Северный Лондон. Это гарантирует почти 50% экономию ежегодных эксплуатационных расходов по сравнению со стандартными установками для того же применения.

Университет Мидлсекс следует строгой экологической стратегии, реализуя другие инициативы такие как манипуляторы адиабатического охлаждения воздуха. Однако, это было самым большим инвестированием в единственном случае в защиту окружающей среды. Инженер-эколог и инженер по эксплуатации объяснил, что это придает смысл бизнесу. «Экономия энергии, которой мы добиваемся в результате монтажа данной установки, имеет финансовый смысл. Первоначальные финансовые издержки конкурировали с другими установками, таким образом, в противовес широкоизвестному мнению, они действительно вносили вклад в экологию. Я смотрю на то как мы можем заменить нашу старую систему, которая использовала ХФУ, и решил установить Систему Аккумулирования Тепла с помощью льда-суспензии. Когда я взглянул на капитальные расходы и сниженные эксплуатационные расходы, они оказались безупречными для нас.»

Ассортимент тепловых насосов с источником заземления

Компания разработала ассортимент тепловых насосов с источником заземления (ТНИЗ), который использует углеводородный хладагент R-290 и оптимальную геометрию теплообменника по извлечению тепла из грунта.

Примером является проект ТНИЗ в детском саду Бантингдале около Маркет Дрейтона, Северный Шропшир в СК, установленный с помощью Гранта Карбон Траст, выданного Департаментом Рационального Использования Энергии и Устойчивого Строительства при Совете Графства Шропшир. Система теплового насоса заменяет электрические независимые тепловые аккумуляторы, которые создавали шум, были громоздкими и очень затрудняли регулирование в переводе на теплопроизводительность, особенно весной и осенью. Данная инновационная схема использовала ТНИЗ, который собирает тепло из почвы на близлежащей территории для обогрева школы. Система забирает тепло из почвы и доставляет его в школу в усовершенствованной форме. Раствор гликоля закачивается в подземный контур пластмассовой трубы для извлечения тепла из почвы. Далее данное тепло усовершенствуется до полезной температуры, используемой тепловым насосом до распределения вокруг здания для вентилирования теплообменников.

Местные геологические условия означали, что монтаж подземных труб в скважинах не был эффективным в плане издержек, поэтому были выкопаны пятнадцать траншей длиной 50 м, глубиной 1.3 м и шириной 1.5 м на фермерском поле, прилегающем к школе. Труба была вмонтирована в 'плавные спирали' диаметром 1.2 м и уложена горизонтально на дно траншей.

Проект использует один CWP21 компании Earthcare для гарантии 36.4 кВт тепловой мощности при температуре воды 46°C, и при потребляемой мощности в 8.46 кВт, это дает КП равный 4.3, при использовании заземленного спаренного теплообменника, поставляющего пропилен гликоль при 0°C в качестве источника тепла. 18 вентиляторных доводчиков различных размеров используются для распределения тепла по зданию. Данные доводчики намного меньше, более контролируемы и работают тише по сравнению с электрическими независимыми тепловыми аккумуляторами, которые они заменили.

Настойчивое требование использовать природные хладагенты вместе с последними технологиями тепловых насосов с заземленным источником привело к системе обогрева в стране с наиболее эффективным использованием энергии и благоприятным для окружающей среды. Суммарный эффект данных мероприятий по эффективному использованию энергии приводит к экономии энергии более 75% относительно непосредственного нагрева электрическим током. Более того, установка будет работать только 5 дней в неделю вместо 7, сберегая ещё 28%, составляя в целом ошеломляющую экономию в 79%.

На основании данных, полученных от Эдинбургского Центра по Регулированию Углерода, предполагалось, что тепловой насос сэкономит 18 тонн CO₂ в год.

Ассортимент углеводородных камер с воздушным охлаждением мощностью до 1265 кВт

Ассортимент ЭТС камер охлаждения с воздушным охлаждением был разработан в рамках протокола ограничений НВТ ЕС (Наиболее Выгодная Имеющаяся Технология) и использует углеводородный хладагент (УВ) R-290, который является идеальной заменой для R22 с самым низким потенциалом глобального потепления. В течение последних трёх лет компания разрабатывает более крупные размеры с

целью расширения применения УВ хладагентов, благоприятных для окружающей среды, и это - первые камеры с воздушным охлаждением, работающие на УВ хладагентах для производства очень большой охлаждающей способности – самая крупная модель в ассортименте предлагает мощность 1,265 кВт. УВ камеры охлаждения имеются на рынке СК с 1995 года, но их мощность первоначально составляла около 200 кВт.

Косвенное глобальное потепление уменьшается путем доведения до максимума эффективности использования энергии посредством сочетания факторов, включая благоприятные термодинамические свойства УВ, использование схем переохлаждения, которые улучшают коэффициент полезного действия (КП) и регулирование плавающего давления на выходе, что позволяет температуре конденсации держаться при 20°C, если позволяют условия окружающей среды, вместо обычных 40°C. Говорят, что это особенно благоприятно для камер охлаждения, которые работают круглый год или ночью, когда температура окружающей среды - ниже. Суммарный эффект данных мер по эффективности использования энергии приведет к потенциальной экономии энергии более 50% относительно камер охлаждения, которые работают круглый год без данных характеристик экономии энергии. Дальнейшие усовершенствования будут достигнуты путем разработки новой экономизированной заглушки по впрыскиванию пара. Возрастает запрос на данный тип решения, потому что до настоящего времени составители спецификаций и пользователи камер охлаждения с винтовым компрессором были ограничены выбором между дорогими камерами охлаждения, работающими на аммиаке или ГФУ.

Самая крупная в Британии камера охлаждения для обслуживания зданий, работающая на углеводороде, установлена в 2007 году в здании исторической Черч-Хаус в Вестминстере, расположенной рядом с Парламентом. Камера охлаждения мощностью 600 кВт с воздушным охлаждением является частью нового ассортимента EHS углеводородных камер охлаждения, разработанных компанией. Первое здание Черч-Хаус было построено для того, чтобы отметить золотой юбилей Королевы Виктории, а нынешнее здание открыто Королем Джорджем VI в 1940 году. Подсчитано, что долгосрочный период выплаты, как по финансированию Черч-Хаус, так и снижению экологического воздействия, превысит компенсацию всего капитала, расходов на монтаж и эксплуатацию.

С помощью правительственных департаментов и крупных корпораций, настойчиво ищущих экономически эффективных альтернатив ГФУ, данный проект является практической демонстрацией того, что природные хладагенты могут предложить экономически эффективные и практические решения во всей номенклатуре коммунальных услуг.

Проект по разработке новых смесей хладагентов

Соглашение с Государственной Академией Искусственного Охлаждения, Одесса/Украина наделяет компанию исключительным правом осуществлять промышленное внедрение хладагентов с низким воздействием на окружающую среду, а финансирование компанией E-Synergy на сумму 30 м из Фонда Технологии Устойчивого Развития позволило компании разработать и запатентовать три новых азеотропических хладагента с высоким давлением:

Существуют явные преимущества хладагентов, которые обладают низкой нормальной температурой кипения (НТК) – или высоким давлением насыщенного пара – такие как более компактные системы, возможности для достижения более

высокой эффективности системы, и преимущества, связанные с функционированием выше атмосферного давления. Однако, хладагенты, имеющиеся на рынке в настоящее время, такие как R410A и R744, страдают от негативных характеристик таких как высокий ПГП и/или низкая критическая температура. Не существует однокомпонентного хладагента с низким ПГП и высокой критической температурой, и большая часть смесей, которые могут достичь таких критериев, - это зеотропы с плавным движением высокой температуры.

Таким образом, было сделано заключение, что азеотропы с термодинамическими характеристиками идентичными R410A и R744 будут представлять интерес с коммерческой точки зрения. Впоследствии был начат проект разработки, цель которого идентифицировать такие смеси.

В ходе данной работы появились три смеси:

ЕСР410А - Смесь для бытового и коммерческого кондиционирования и тепловых насосов

Характеристики насыщенного давления-температуры и объемной холодопроизводительности близки к характеристикам R-410A. Критическая температура намного выше (почти 20 K), являясь показателем улучшенной работы, в частности, при более высоких температурах окружающей среды. Учитывая данные аспекты, смесь считается достаточно приемлемой для систем, используемых для бытового и коммерческого кондиционирования и перекачки тепла.

Оценки работы системы, проведенные в рамках Европейских расчетных условий, выявили следующее при сравнении с R-410A:

- Испаряемость была немного выше по сравнению с теоретическими результатами, составляя около 85% от R-410A, а мощность конденсации была немного ниже.
- КП охлаждения был на 6 – 10% выше чем у R-410A, тогда как КП нагревания было по крайней мере на 15% выше.
- Температура испарения была примерно на 4 K выше чем у R-410A, температура конденсации примерно на 1 K ниже для смеси, а температура нагнетания примерно на 2 – 4 K ниже чем у R-410A.

ЕСР717 - Смесь для промышленного процесса, продуктов питания и продувного замораживания

Данная смесь имеет преимущества по сравнению с хладагентами, обычно используемыми в промышленности. В случае с чистым аммиаком, который имеет относительно высокий НТК и низкую удельную теплоёмкость, низкие температуры испарения приводят к работе при давлении ниже атмосферного, что делает возможным попадание воздуха в систему, и высоким температурам нагнетания компрессора. ЕСР717 подавляет данные недостатки путем существенного снижения НТК, а также допуская намного более низкие температуры нагнетания. Следовательно, однофазовую компрессию можно использовать вместо двухфазовой, которая требует дополнительного компрессора. По сравнению с использованием R-744, проблема высокой тройной точки преодолена. Наконец, существуют текущие проблемы с охлаждающими маслами,

которые дают низкий процент смешиваемости с R-717, которую преодолевает ECR717. Учитывая данные аспекты, смесь считается достаточно применимой для промышленного процесса, продуктов питания и продувного замораживания.

Сведения о свойствах данной смеси использовались с целью анализа работы, который выявил следующее:

- КП идентично чистому R-717.
- Объемная холодопроизводительность (ОХП) демонстрирует синергическое поведение и дает значительно более высокие значения ОХП по сравнению с чистыми компонентами.
- Температура нагнетания существенно ниже чем у R-717, что говорит о надежности системы.
- Улучшенный теплообмен, в частности, в испарителе, приводит к более высоким температурам испарения.
- Эффективность КП и холодопроизводительность с повышением температуры в однофазовом цикле понижаются в отношении чистого аммиака.

Азеотропическая смесь оптимизируется для применений ниже -33°C . Она особенно выгодна для промышленности, продуктов питания и продувного замораживания, и заменит жидкий азот, как и двухфазовые аммиачные системы.

ЕСР744 - Смесь для коммерческого охлаждения в местах продажи и кондиционерного оборудования

ЕСР744 имеет преимущества относительно изменения свойств, особенно увеличения критической температуры и понижения тройной точки. Для чистого R744 это создает препятствия в применении, что приводит к сверхкритической работе при температурах окружающей среды выше 25°C и твердых структурах, когда он претерпевает быстрое понижение давления по отношению к атмосферному. Поскольку R-744 вводится в коммерческое охлаждение и места продаж, характеристики данной смеси могут помочь преодолеть ряд существующих проблем.

Проводилась оценка работы системы и было выявлено, что холодопроизводительность и давление были значительно выше по сравнению у R-410A, и ниже чем у чистого R-744. КП охлаждения было примерно на 6% выше чем у чистого R-744. Это повлияло на более высокую критическую температуру смеси. Дополнительно анализируется потенциальное понижение номинального значения давления системы.

Более высокая критическая температура, более низкая тройная точка и более эффективный цикл охлаждения являются существенными преимуществами, но это представляет коммерческую выгоду в связи со снижением давления конденсации, позволяя использовать герметичность серебряных паяных соединений. Реальной проблемой для инженеров-холодильщиков СК, работающих с CO_2 , является давление конденсации. На практике все стыки должны быть сделаны из нержавеющей стали, сваренной с помощью дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа, но инженеры-холодильщики СК не имеют необходимых навыков и клиенты СК, нуждающиеся в искусственном охлаждении, не подготовлены для специальной работы. Следовательно, большинство установок,

работающих на CO₂ в СК, использовали фитинги или серебряные паяные соединения с шовной трубой из мягкоуглеродистой стали. В результате большинство систем, работающих на CO₂ в СК, дают утечку более 25% в год. Вероятно, средняя ГФУ система не лучше, но 25% утечка неприемлема, хотя бы потому что недозаправленные системы используют больше энергии.

Используя сочетание моделирования новых свойств, анализа техники безопасности и имитации всей системы, был идентифицирован ряд прежде невыявленных азеотропических и почти азеотропических смесей для использования в определенных случаях, где существующие варианты охлаждения сталкиваются с рядом препятствий. Резюме характеристик данных новых смесей приводится ниже в Таблице 1.

Название	ЕСР410А	ЕСР717	ЕСР744
Молярная масса	43.6	22.9	39.0
НТК (°C)	-49.2	-89.0	-84.5
Критическая температура (°C)	94.9	41.9	37.9
НУВ (% объем.)	2.7 – 2.9	4.0 – 4.2	невоспламеняющийся
Вероятный класс безопасности	A3	A2	A1
ОРП	0	0	0
ПГП (100)	7	2	46

Таблица 1: Характеристики новых смесей

Данные новые смеси предлагают существенные преимущества по сравнению с существующими хладагентами, в частности:

- Нулевой ОРП и низкий ПГП, ниже 150, и в основном происходящие «естественно»
- Улучшенные термодинамические свойства (такие как постепенное падение критической и минимальной температуры) по сравнению с аналогичными существующими хладагентами
- Хорошая растворимость с маслами
- Низкая токсичность и пониженная воспламеняемость
- Известная и понятная химическая совместимость и совместимость материалов

В настоящее время компания Earthcare ведет переговоры по вопросу получения общих лицензий для новых хладагентов.

Влияние политиков, принимающих решения

Работа компании Earthcare ещё не завершена, так как общие выбросы CO₂ вышли из-под контроля и необходимо срочно начать замену бойлеров, работающих на ископаемом топливе, на тепловые насосы. Однако, еще не существует соответствующее оборудование, а исследования в данной области находятся на раннем этапе. Более того, те, кто думал, что Положения о Ф-Газе нейтрализовали

проблему ГФУ, должны еще раз подумать. Внутреннее лоббирование продолжает оказывать неблагоприятное воздействие, а галоидоуглеводородные выбросы всё ещё являются причиной примерно 13% глобального потепления, вызванного деятельностью человека. Для противодействия этому компания Earthcare проводит кампанию за:

- Предоставление финансирования ЕС на исследование и содействие альтернативам Ф газа, согласно обязательствам правления ЕС по экологии о приоритетных мерах программы по изменению климата об отмене Ф газа, которые никогда не были реализованы.
- Реализацию обязательства ЕС по Ф газу по содействию альтернативам
- Гарантию ЕС о том, что обзор Ф газа учитывает природные хладагенты, а не только снижение утечки.
- Рекомендацию ЕС в отношении природных хладагентов в рамках директивы экологического проекта.
- Расследование ЕС вопроса о том, как торговые стандарты препятствуют принятию природных хладагентов.
- Прекращение ЮНЕП финансирования производства озоноразрушающих хладагентов и предоставление углеродных кредитов на модернизацию заводов по производству оборудования с переходом от озоноразрушающих хладагентов на природные хладагенты.

Заключительные замечания

В заключение будет справедливым отметить, что изменения в технологии охлаждения – подгоняемые законодательством и вопросом экологии – дают пользователям не имеющую себе равных возможность принять энергосберегающее оборудование с использованием природных хладагентов. Нынешнее и предполагаемое законодательство сделают это более важным с целью удовлетворения требований передового опыта в области экологии. Компания Earthcare еще не является глобальным игроком, но будет продолжать поиски решения с корпорациями при несогласии последних с ними. Они верят, что с учетом дальновидности, действий и обязательств кампания по устойчивому будущему нашей промышленности одержит верх и они будут на стороне победителей.

Специальные термины и сокращения

ABS/АБС	Acrylonitrile Butadiene Styrene/ Акрилонитрил Бутадиен Стирол
AC/KB ACRIB/	Air-Conditioning/ Кондиционирование воздуха Air-Conditioning and Refrigeration Industry Board/ Комитет индустрии охлаждения и кондиционирования воздуха
ADR/EKC	Annual Death Rate/ Ежегодный показатель смертности
AM/OM AREP/ПОАХ	Approved Methodology/ Одобренная методология Alternative Refrigerant Evaluation Program/ Программа оценки альтернативных хладагентов
ARI/ИКИО	Air- Conditioning and Refrigeration Institute/ Институт кондиционирования и искусственного охлаждения
ASHRAE/АОИНОК	American Society of Heating, Refrigerating, and Air- Conditioning Engineers/ Американское общество инженеров по нагревательным, охлаждающим и кондиционирующим установкам
ATES/ХТЭВС	Aquifer Thermal Energy Storage/ Хранение термальной энергии в водоносном слое
ATEX/	ATmospheric EXplosible/ Директива по оборудованию и защитным системам, предназначенным для использования в потенциально взрывоопасных средах
BA/ПВ BAU/	Blowing agent/ Пенообразующее вещество Business as Usual/ Отсутствие изменений (торговля идёт/дела идут как обычно)
BIT/ТИБ	Bandung Institute of Technology/ Технологический Институт Бандунга
CDM/МЧР	Clean Development Mechanism/ Механизм Чистого Развития
CEIT's/СПЭ	Countries with Economies in Transition / Страны с переходной экономикой
CEN/EKC	Comité Européen de Normalisation/ European Committee for Standardisation/ Европейский комитет по стандартизации
CENELEC/ЕКЭС	European Committee for Electrotechnical Standardisation/ Европейский Комитет по Электротехнической Стандартизации
CER/CCB	Certified Emission Reductions/ Сертификаты по снижению выбросов
CFCs/ХФУ	Chlorofluorocarbons/ Хлорфторуглерод (фреон)

CHCP/	Combined heating, cooling and power generation/ Комбинированное производство тепла, охлаждения и электричества
CHPS/COTH	Chiller and Heat Pump System/Система охлаждения и тепловых насосов
CO ₂ / CO ₂	Carbon Dioxide/ Углекислый газ
CO ₂ e/ CO ₂ e	CO ₂ - equivalent/ Эквивалент углекислого газа
COP/КП	Coefficient of Performance/ Коэффициент производительности
COP/KC	Conference Of the Parties/ Конференция Сторон
COP/KC	Conference of the Parties/ Конференция Сторон
CPU/ЦП	Central processing unit/Центральный процессор
CTC/ЧХУ	Carbon Tetrachloride/ Четыреххлористый углерод
CUE/КСИ	Critical Use Exemptions/ Запреты на критические случаи использования
DBT/ТСyT	Dry bulb temperature/ Температура шарика сухого термометра
DC/PC	Developing Countries/ Развивающие страны
DETR/МОСТР	Department of the Environment, Transport and the Regions of the UK/ Министерства Окружающей Среды, Транспорта и Регионов при Правительстве Соединенного Королевства
DHW/БГВ	Domestic Hot Water Heating/ Бытовое горячее водоснабжения
DKV/НАТСОК	Deutscher Kalte- und Klimatechnik Verein(German Association of Refrigeration and Air Conditioning Technology)/ Немецкая Ассоциация по технологиям систем охлаждения и кондиционирования
DNA/НФВ	Designated National Authority/Назначенная Федеральная Власть
DOE/НРО	Designated Operational Entity/ Назначенные Работающие Объекты
DOT/РТНВ	Design Outdoor Temperature/ Расчетная Температура Наружного Воздуха
DX/НО	Direct Expansion/ Непосредственное охлаждения
ЕС/ЕК	European Committee/ Европейский Комитет
ЕЕ/ЭЭ	Energy Efficiency/ Энергетическая Эффективность
EER/КЭЭ	Energy Efficiency Ratio/ Коэффициент Энергетической Эффективности
EN/ЕС	European Standards/ Европейские Стандарты
EOL/ИРС	End-of-life/ Исчерпания ресурса стойкости
EPA/АООС	Environmental Protection Agency/ Агентство по охране окружающей среды
EPDB/ ЭИЭЗ	European Energy Performance of Buildings Directive/ Европейская Директива Эффективности Использования Энергии Зданий
EPS/ППС	Expanded polystyrene/ Пенополистирол

ERG/ГЭР	Energy Recourse Group/ Группа по энергетическим ресурсам
ERPA/ДПУЭ	Emission Reduction Purchase Agreement/ Договор на покупку уменьшения эмиссии
ESCO/ЭСК	Energy Service Company/ Энергосбытовая компания
EU/ЕС	European Union/ Европейский Союз
FAO/ФАО	Food and Agriculture Organization of the United Nations/ Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН
F-gases/Ф-газы	Fluorinated gases/ Фторированные газы
GDP/ВВП	Gross domestic product/ Валовой внутренний продукт
GEF/ГЭФ	Global Environment Facility/ глобальная программа защиты окружающей среды
GEIA/ГДЭИ	Global Emission Inventory Activity/ Глобальная деятельность по инвентаризации эмиссии
GHG/ПГ	Greenhouse Gas/ Парниковые газы
GSHP/ТНИЗ	Ground-Source Heat Pump/ Тепловые насосы с источником заземления
GTZ/ГТЗ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH(German Technical Cooperation)/ Объединение техников Германии
GWP/ПГП	Global warming potential / Потенциал глобального потепления
HCFCs/ГХФУ	Hydrochlorofluorocarbons/ Гирохлорфторуглероды
HCs/УВ	Hydrocarbons/ Углеводороды
HFCs/ГФУ	Hydrofluorocarbons/ Гидрофторуглероды
HPWS/ТНВН	Heat Pump Water Heaters/ Тепловые насосы водонагревателей
HSE/ИЗОТ	Health and Safety Executive/ Инспектора по вопросам Здравоохранения и Охране Труда
HTF/ЖТП	Heat Transfer Fluid/ Жидкостная теплопередача
IEA/МЭА	International Energy Agency/ Международное энергетическое агентство
IEC/МЭК	International Electrochemical Commission/ Международная электрохимическая комиссия
IEEP/	Institute for European Environmental Policy/ Институт Европейской Экологической Стратегии
IIR/МИХ	International Institute of Refrigeration/ Международный Институт холода
ILO/MOT	International Labour Organization/ Международная организация труда
IPCC AR4 4 th /	Assessment Report Change/ Оценочный отчёт по изменениям МГЭИК
IPCC/ МГЭИК	Intergovernmental Panel on Climate/ Межправительственная Группа экспертов по изменению климата

ISO/MOC	International Standardization Organization/ Международная организация по стандартизации
JARN/НЯОКВОО	Japan Air Conditioning Heating & Refrigeration/ Новости Японии в области кондиционирования воздуха, обогрева и охлаждения
JI/CB	Joint Implementation/ Совместное выполнение
kW/КВт	Kilo Watt/ Кило ватт
LBP/НОД	Low Back Pressure/ Низкое обратное давление
LCA/ОЖЦ	Life Cycle Assessment/ Оценка жизненного цикла
LCCP/ВКЖЦ	Life Cycle Climate Performance/ Воздействие Климата на Жизненный Цикл
LCD/ЖУГ	Liquid Carbon Dioxide/ Жидкий углекислый газ
LCWI/ВПЖЦ	Life Cycle Warming Impact/ Воздействие Потепления на Жизненный Цикл
LT/НТ	Low Temperature/ Низкая Температура
LVD/ДНН	Low Voltage Directive/ Директива о Низком Напряжении
MAC/АСК	Mobile Air Conditioning/ Автомобильные системы кондиционирования
MB/МБ	Methyl Bromide/Метил Бромид
MBP/СОД	Medium Back Pressure/ Среднее обратное давление
MBTOS/КТАМБ	Methyl Bromide Technical Options Committee/ Комитет по техническим альтернативам метил бромид
MDI/МДИ	Metered Dose Inhaler/ Медицинские Дозированные Ингаляторы
MLF/МФ	Multilateral Fund/ Многосторонний Фонд
МОР/ВС	Meeting of the Parties/ Встреча Сторон
MSD/ДБО	Machinery Safety Directive/ Директива о Безопасности Оборудования
MT/СТ	Medium Temperature/ Средняя Температура
MVE/АВК	Mechanically Ventilated Enclosure/ Автоматическая вентилирующая камера
N2O/ N2O	Nitrous Oxide/ Закись азота
NASA/НАСА	National Aeronautics and Space Administration/ Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства
NBP/НТК	Normal Boiling Point/ Нормальная Точка кипения
NC/НК	National Committee/ Национальный Комитет
NCEP/НЦЗОС	National Centers for Environmental Protection/ Национальный Центр по защите окружающей среды
NEA/НАОС	National Environment Agency/ Национальное Агентство по окружающей среде
NGO/НПО	Non Governmental Organization/ Неправительственная Организация
NH3/ NH3	Ammonia/ Аммиак
NOU/НОЦ	National Ozone Unit/ Национальный Озоновый центр

NO _x / NO _x	Nitrogen Oxides/ Оксиды азот
NPV/ЧПС	Net Present value/ Чистая приведенная стоимость
ODP/ОРП	Ozone depletion potential / Озоноразрушающий потенциал
ODS/OPB	Ozone-depleting substances (chemicals controlled under the Montreal Protocol)/ Озоноразрушающие вещества (вещества, регулируемые в рамках Монреальского протокола)
OECD/ОЭСР	Organization for Economic Cooperation and Development/ Организация по экономическому сотрудничеству и развитию
OEM/OEM	Original Equipment Manufacturers/Производитель оригинального оборудования
OSHA/УОТ	Occupational Safety and Health Administration/ Управление охраны труда
PDD/ПОП	Project Designed Document/ План осуществления проекта
PED/ДОРД	Pressure Equipment Directive/ Директива по Оборудованию, работающему под давлением
PEL/ДПВ	Permissible Exposure Limit/ Допустимый Предел Воздействия
PFC/ПФУ	Per fluorocarbons / Перфторуглеродах
PoA/ПД	Programme on Activities/ Программа деятельности
QPS/КПО	Quarantine and pre-shipment / Карантин и Предотгрузка
QRA/КОР	Quantitative Risk Assessments/ Количественная оценка риска
R&D/ ИиР	Research and Development/ Исследование и разработка
RAC/СОК	Refrigeration and Air Conditioning/ Система охлаждения и кондиционирования
RACE/ХКО	Refrigeration and Air Conditioning Equipment/ Холодильное и кондиционерное оборудование
SAC/СК	Stationary Air Conditioning / Стационарное кондиционирование
SCC/КР	Stress Corrosion Cracking/ Коррозионное растрескивание
SCDF/СГОС	Singapore Civil Defense Force/ Силы гражданской обороны Сингапура
SF ₆ / SF ₆	Sulfur Hexafluoride/ Гексафторид серы
SMEs/МСП	Small and Medium Enterprises/ Малые и средние предприятия
SO ₂ / SO ₂	Sulfur Dioxide/ Диоксид серы
SROC/СООК	Safeguarding the Ozone Layer and Climate Change, Special Report by the IPCC/TEAP/ Специальный Отчет МГЭИК/ГТОЭО по Озону и Климату
STEK/АПХ	Association for the Recognition of Refrigeration/ Ассоциация по признанию хладагентов

STOC/	UNEP Solvents Technical Options Committee/ Технический комитет по растворителям ЮНЕП
TAR IPCC/	Third Assessment Report/ Третий оценочный отчёт по МГЭИК
TC/TK	Technical Committee/ Техническая Комиссия
TCCC/	The Coca Cola Company/ Компания Кока Кола
TD/TP	Temperature Difference / Температурная разница
TEAP/ГТОЭО	Technology and Economic Assessment Panel/ Группа экспертов по техническому обзору и экономической оценке
TEWI/СЭВП	Total Equivalent Warming Impact/ Суммарное Эквивалентное Воздействие Потепления
TLV/ПДК	Threshold Limit Value/ Предельно допустимая концентрация
UFL/ВПП	Upper Flammability Limit/ Верхний предел возгорания
UK/СК	United Kingdom/ Соединенное Королевство
UL/ЛТБ	Underwriters Laboratories / Лаборатория по технике безопасности
UN/ООН	United Nations/ Организация объединённых наций
UN-ECE/	United Nations Economic Commission for Europe/ Европейская экономическая комиссия ООН
UNEP/ЮНЕП	United Nations Environment Programme / Программа ООН по окружающей среде
UNEP-DTIE/	UNEP's Division of Technology, Industry and Economics / Отдел технологий, промышленности и экономики ЮНЕП
UNEP-RTOC/	UNEP Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pump Technical Options Committee /ЮНЕП, отчет Комитета по техническим решениям по охлаждению, кондиционированию и тепловым насосам
UNEP-TOC/	UNEP Technical Options Committee/ЮНЕП, отчёт Комитета по техническим решениям
UNFCCC/ РКИК ООН	United Nations Framework Convention on Climate Change/ Рамочная Конвенция ООН по Изменению Климата (РКИК ООН)
US EPA/АООС США	US Environmental Protection Agency/ Агентство по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки
US FDA/АКППЛ США	US Food and Drug Administration/ Администрация по контролю за продуктами питания и лекарствами США
US/США	United States/ Соединенные Штаты Америки
UTES/ПХТЭ	Underground Thermal Energy Storage/ Подземное хранилище тепловой энергии
UV/УФ	Ultraviolet/ Ультрафиолетовый

VDA/ААПГ	German Association of the Automotive Industry/Ассоциация автомобильной промышленности Германии
VEF/ОБЭ	Very Environmentally Friendly / Очень благоприятные для экологии
WBT/ТСмТ	Wet bulb temperature/ Температура шарика смоченного термометра
WG/РГ	Working Group/ Рабочая группа
WHO/ВОЗ	World Health Organization / Всемирная организация здравоохранения
WMO/ВМО	World Meteorological Organizations / Всемирная Метеорологическая Организация
WTO/ВТО	World Trade Organization / Всемирная торговая организация

Замена R-22 в коммерческом и промышленном секторах охлаждения а так же кондиционирования воздуха ставит большую проблему перед развивающимися странами при планировании и осуществлении ускоренного сокращения потребления ГХФУ. Эта подборка статей была выполнена чтобы выдвинуть на первый план натуральные хладагенты которые могут быть применены в различных системах, которые ранее использовали R-22, доказать их энергоэффективность, экономическую выполнимость и экологическую безопасность замены ГХФУ.

Руководство содержит 31 статью подготовленную отдельными авторами и рассматривает следующие проблемы: политика и законодательство относительно Ф-газов и связанных с этим проблем (Глава 1), проблемы безопасности и методы преодоления (Глава 2), техническая оценка натуральных хладагентов в различном оборудовании (кондиционирование воздуха, коммерческое и промышленное холодильное оборудование, тепловые насосы) (Глава 3), а так же практические примеры вхождения в рынок производителей и конечных пользователей, примеры успешного перехода на природные хладагенты (Глава 4).

Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ)
GmbH
– German Technical Cooperation –
Programme Proklima
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn
T +49 6196 79-0
F + 49 6196 79 - 6318
E proklima@gtz.de
I www.gtz.de/proklima

