

Проблема отказа от хладагентов, неблагоприятных для окружающей среды

И. И. КОСТЫЛЕВ, доктор техн. наук, профессор, президент Государственной морской академии (ГМА) им. адмирала С. О. Макарова,

Н. В. ЛАДИН, канд. техн. наук, доцент кафедры теплотехники, судовых котельных и вспомогательных установок (ГМА),

С. А. КУКИН, генеральный директор ООО «МАРКОН-Вест»



Разрушение озонового слоя атмосферы Земли и изменение климата в результате глобального потепления — главные экологические проблемы, стоящие практически перед всеми видами промышленности и транспорта.

Усугублению обеих проблем способствуют гидрохлорфторуглероды, используемые, в частности, в холодильных установках на разных видах транспорта. В соответствии с международным соглашением в ближайшие 20 лет Россия должна постепенно сокращать их потребление до нуля. Однако пока меры, предпринимаемые в этом направлении, являются недостаточными, и к началу 2010 г. потребление данных веществ у нас в стране превышало допустимую квоту в 2 раза.

В 1974 г. была выдвинута гипотеза о разрушении озонового слоя Земли хладагентами, содержащими хлор. Впоследствии она получила множество опытных подтверждений, что обусловило разработку обширной программы сохранения озона стратосферы от озоноразрушающих веществ (ОРВ). К ОРВ относятся органические вещества, содержащие хлор и (или) бром и обладающие озоноразрушающим потенциалом (ОРП, или ODP). С 30-х годов XX в. эти вещества начали повсеместно производить и использовать в качестве хладагентов, вспенивателей, растворителей, аэрозольных пропеллентов, огнегасителей и пр., причем объем производства год от года быстро увеличивался.

Еще одна важнейшая экологическая проблема современности — изменение климата в ходе глобального потепления. В результате жизнедеятельности населения планеты возрастает концентрация CO₂ и других парниковых газов в атмосфере, что увеличивает количество инфракрасной радиации, которую поглощают пары воды, диоксид углерода и др. Это неизбежно ведет к повышению температуры атмосферы и последующему долговременному изменению климата. По мнению Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), глобальное потепление очевидно, что следует из

наблюдающегося роста средних температур воздуха и Мирового океана, повышения уровня его вод, таяния льдов в Арктике, Гренландии и других местах. Эксперты считают, что рост температуры связан с увеличением концентрации парниковых газов антропогенного происхождения, т. е. с влиянием человечества на окружающую среду (рис. 1).

Запрет и сокращение

Международные договоры, начиная с Венского соглашения о сохранении озонового слоя (1985) и Монреальского протокола о веществах, разрушаю-

щих озоновый слой (1987), а также соглашения, принятые в Лондоне (1990), Копенгагене (1992), Монреале (1997) и Пекине (1999), включая Монреальскую корректировку 2007 г., положили конец эре фреонов и веществ, обладающих озоноразрушающим потенциалом. Меры, принятые для сохранения озонового слоя атмосферы Земли сторонами, подписавшими Монреальский протокол и последующие соглашения, хорошо известны. Хладагенты, имеющие большой озоноразрушающий потенциал — хлорфторуглероды (ХФУ), было решено изъять из производства и применения с 1 января 1996 г. Стороны, подписавшие этот протокол, взяли на себя определенную ответственность за их выполнение. В частности, было решено, что длительное невыполнение какой-либо стороной своих обязательств по Монреальскому протоколу приостанавливает ее членство в нем с применением санкций, предусматривающих среди прочего прекращение международной финансовой помощи в модернизации химической промышленности в этой области и введение ограничений на торговые отношения. Так, наложение

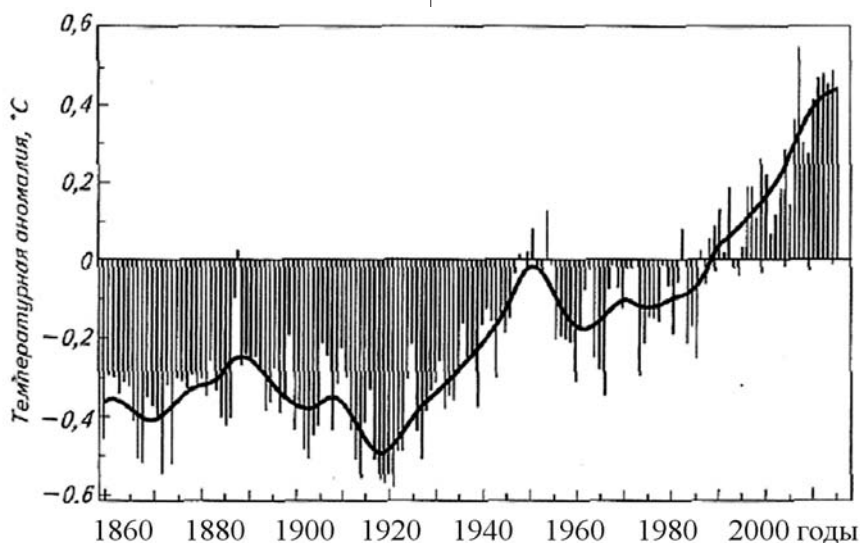


Рис. 1. Данные анализа глобального роста температуры, полученные на основе сведений об изменении годичных колец деревьев, коралловых рифов, ледников и др.

торговых санкций предполагает запрет на осуществление международных перевозок транспортом (наземным, воздушным и морским), если его холодильные установки, системы пожаротушения и кондиционирования воздуха содержат те или иные виды запрещенных ОРВ.

Запретительные меры сопровождались инициированием разработки широкого спектра озонобезопасных хладагентов, которые должны заменить запрещенные. Среди озонобезопасных хладагентов наибольшее распространение получил R134a — основной заменитель фреона R12, имеющий нулевой потенциал озоноразрушения и удовлетворительные термодинамические характеристики. Появление новых видов хладагентов повлекло за собой разработку нового оборудования и синтетических масел. Изменения также коснулись условий эксплуатации, монтажа холодильных установок и их утилизации, потребовалось обучение технического персонала.

Последние наблюдения показали, что принятые меры дают эффект: в верхних слоях атмосферы содержание ХФУ каждый год начало сокращаться на 3%. Одновременно, по той причине, что Монреальский договор предполагает значительную отсрочку по выведению из применения веществ с низким потенциалом озоноразрушения, использование последних выросло и содержание гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) в атмосфере тоже стало возрастать со скоростью до 3% в год.

Таким образом, на очереди — запрещение производства и использования гидрохлорфторуглеродов. Среди них наиболее широко — в холодильных установках на автомобильном, железнодорожном транспорте, на морских и речных судах — применяется фреон R22.

Необходимая стратегия

В соответствии с Копенгагенской поправкой к Монреальскому протоколу годовое потребление ГХФУ с 1 января 2010 г. для Российской Федерации ограничивалось уровнем 1400 т ОРП. Однако после принятия в 2007 г. Монреальской корректировки к Монреальскому протоколу этот уровень был снижен до 999,2 т ОРП. (Перевод массы вещества из метрических тонн в тонны ОРП производится путем умножения числа метрических тонн на величину озоноразрушающего потенциала данного вещества.) Этот уровень годового потребления ГХФУ будет разрешен до

31 декабря 2014 г., а затем он должен быть сокращен до 399,7 т ОРП, т. е. еще примерно в 3 раза по отношению к сегодняшнему значению, в связи с чем уже сейчас необходимы серьезные практические шаги.

Следующий этап сокращения, а фактически и окончания потребления ГХФУ в стране начнется с 1 января 2020 г.: годовой уровень потребления с этого срока установлен не выше 20 т ОРП. Потребности России в данных хладагентах (в основном связанные с сервисным обслуживанием холодильного оборудования) должны будут удовлетворяться за счет запасов, которые необходимо создать к тому сроку. И хотя до некоторого времени сохранится черный рынок гидрохлорфторуглеродов, неизбежное повышение цен на запрещенные к применению вещества приведет к постепенному их исчезновению (как в случае с хлорфторуглеродами).

Итак, уровень потребления ГХФУ, который позволит России остаться в режиме соблюдения Монреальского протокола, будет составлять:

- с 1 января 2010 г. — 950–990 т ОРП;
- с 1 января 2015 г. — 395–399 т ОРП;
- с 1 января 2020 г. — 18–19 т ОРП;
- с 1 января 2030 г. — 0 т ОРП.

Меры, которые необходимо принять в России для соблюдения этого графика, были рассмотрены на конференции «Вывод из обращения гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) — национальная стратегия Российской Федерации», проведенной в Минприроды РФ совместно с представительством ООН. Суть принятых рекомендаций сводится к следующему:

- разработать национальный план мероприятий по поэтапному сокращению производства и потребления ГХФУ в Российской Федерации в 2010–2015 гг., который должен включать обоснованный выбор (или разработку) веществ, заменяющих ГХФУ;
- провести модернизацию производства и конечной продукции, использующей заменители ГХФУ;
- проработать целесообразность введения квот на ввоз ГХФУ в РФ с 2010 г. и специальной платы за негативное воздействие на окружающую среду со стороны хозяйствующих субъектов, применяющих технологическое оборудование, работающее на ХФУ, ГХФУ и хладагентах, способствующих парниковому эффекту;
- использовать систему экономических рычагов, стимулирующих замену технологического, промышленного и

торгового холодильного оборудования, климатических установок, работающих на ХФУ и ГХФУ, на новое оборудование, а также проведение регенерации, ретрофита и рециклирования фреонов, опасных для озонового слоя и климата Земли;

- в связи с широким распространением в развитых странах принципиально нового поколения холодильного оборудования на аммиаке и необходимостью его освоения российской промышленностью рассмотреть возможность изменения соответствующих требований или их унификации с законодательством ЕС.

Можно констатировать, что будущее за безвредными заменителями хладагентов, и в дальнейшем меры по защите озонового слоя Земли будут только ужесточаться.

Так, в решении парламента ЕС № 20372000 от 16 января 2009 г. вводятся дополнительные ограничения на использование фреона R22 в холодильных установках на судах, заходящих в порты Европы с 1 января 2010 г. с последующим запретом их входа в порты Европы с 1 января 2015 г. Ограничения касаются запрета использования в холодильных установках нерегенерированного, вновь произведенного фреона R22. Разрешено пользоваться регенерированным фреоном R22, который уже был в употреблении в системах и получен при опустошении этих систем во время модернизации. Последствиями этого постановления стало исчезновение на европейском рынке регенерированного фреона R22 и повышение цен на обычный фреон R22.

Если уже сейчас не начать модернизацию судовых холодильных установок по замене фреона R22 на разрешенные хладагенты, для судов под российским флагом ситуация может стать критической. Достаточно вспомнить сравнительно недавнюю историю с фреоном R12, когда только экстраординарные меры российского правительства позволили остаться России в рамках Монреальского протокола и избежать серьезных международных санкций.

Пока же меры, предпринимаемые в России для снижения потребления ГХФУ, не приносят необходимого эффекта. В докладе президента Международной академии холода А. В. Бараненко указывается, что потребление ГХФУ в России к началу 2010 г. превышало допустимую квоту в 2 раза. Немалый вклад в данном случае вносят автомобильный и железнодорожный транспорт, морской и речной флоты страны, где кроме

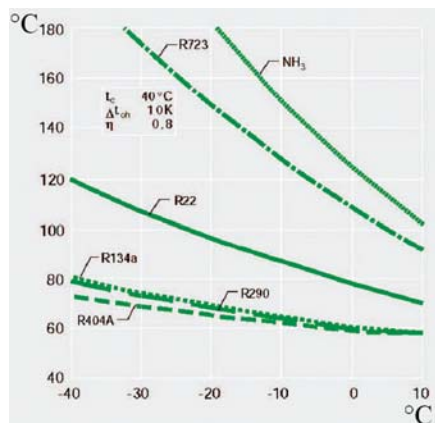


Рис. 2. Зависимость температуры нагнетания от температуры кипения для различных хладагентов

обычных холодильных установок для хранения провизии и кондиционирования воздуха используется множество рефрижераторных судов и рефрижераторных вагонов, требующих большого объема хладагентов.

Как показывает практический опыт, в 2010 г. замена фреона R22 на озонобезопасные хладагенты проводилась на судах различных стран, кроме судов под российским флагом, что существенно повышает общую количественную оценку потребления ГХФУ в России и свидетельствует о недостаточности правительственных мер, направленных на значительное снижение потребления ГХФУ. Постановление Правительства РФ № 918 от 16 ноября 2010 г. о временном количественном ограничении ввоза в Россию озоноразрушающих веществ не может коренным образом изменить ситуацию, поскольку служит временным мероприятием.

Национальной стратегии выбора хладагента в России в настоящее время вообще не существует. Его закупка ведется в рамках приобретения холодильного оборудования, работающего на хладагенте, который является приемлемым для данной конкретной технологии и холодильной системы и должен пополняться в процессе эксплуатации. При этом не учитывается ни ближайшая перспектива применения данного оборудования, ни долгосрочные интересы России. Отсюда резкий рост оборудования на R22, ввезенного в Россию из европейских стран, старающихся избавиться от этого становящегося неперспективным хладагента, и, как следствие, значительное превышение квоты Монреальского протокола.

Для того чтобы остаться в режиме соблюдения данного международного соглашения и сокращать потребление

ГХФУ, нужно действовать в двух направлениях.

Во-первых, в действующих холодильных установках, которые работают на R22 и срок службы которых продлится еще не менее 10 лет, требуется замена существующего хладагента на синтетические озонобезопасные вещества, поскольку перевод работы действующих установок на аммиак и диоксид углерода без замены всех узлов невозможен. Одной из причин (но не основной) является в данном случае высокий адиабатический показатель ($NH_3 = 1,31/R22 = 1,18/R12 = 1,14$), что отражается на температуре нагнетания, которая у R22 существенно выше, чем у всех остальных хладагентов (рис. 2). Поэтому при работе с температурой кипения примерно в 10 °C и ниже одноступенчатое сжатие уже невозможно.

При замене R22 на новые синтетические хладагенты также следует учитывать ряд их недостатков. В частности, они требуют использования в холодильных машинах специальных дорогих синтетических масел, которые обладают более низкой эффективностью, что приводит к повышенному энергопотреблению компрессоров и холодильных систем в целом. Все современные синтетические хладагенты (кроме R134a) являются многокомпонентными смесями; в процессе эксплуатации при утечках в них может происходить изменение концентрации компонентов, вызывающее дополнительное падение их эффективности. В некоторых случаях из-за значительной утечки требуется полная перезаправка системы хладагентом, связанная с крупными финансовыми затратами. Кроме того, многокомпонентность большинства смесей приводит к так называемому температурному глайду — непостоянству значений температуры кипения и конденсации при фазовых переходах, что влечет за собой изменение условий эксплуатации оборудования.

Во-вторых, в новых холодильных установках наряду с новыми озонобезопасными хладагентами, имеющими невысокие потенциалы глобального потепления (например, DP-1 фирмы Du Pont), нужно как можно шире использовать аммиак и диоксид углерода. Применение природных рабочих хладагентов не только решает экологические проблемы, но и повышает уровень энергоэффективности холодильных машин и систем холодоснабжения, поскольку соотношение расхода энергоресурсов для получения единицы холода при использовании аммиака и

энергорасхода при использовании фреонов выглядит примерно как 40 : 60. Это подтверждают данные расчетов Всероссийского научно-исследовательского института холодильной промышленности (рис. 3).

Каскадный цикл R744/R717 с аммиачной верхней ветвью и диоксидом углерода в нижней, а также традиционные двухступенчатые аммиачные циклы имеют значительно более высокую энергетическую эффективность, чем одноступенчатые циклы на R22, R404A, R507A.

Выдвинутые предложения не противоречат итогам VIII Международной конференции им. Г. Лорентцена по природным рабочим веществам, которая проходила 7–10 сентября 2008 г. в Копенгагене. На ней была сформулирована современная стратегия выбора хладагентов, благоприятных для окружающей среды. Для крупных холодильных систем и установок (в том числе и с промежуточным хладоносителем) рекомендуется аммиак; для средних — CO₂ (каскадные и комбинированные системы) или углеводороды (пропан, бутан и др.) с промежуточным хладоносителем. Мелкие холодильные агрегаты и установки (торговый или коммерческий холод) рекомендуется эксплуатировать с углеводородами.

Таким путем идут промышленно развитые страны Европы. Они ориентированы на запрет выпуска и использования озоноразрушающих и «парниковых» хладагентов и переход к природным веществам (аммиаку и диоксиду углерода). В настоящее время более 70% промышленного холодильного оборудования Европы работает на аммиаке, и эта тенденция укрепляется с введением в строй каскадных систем на аммиаке в сочетании с диоксидом углерода либо двухконтурных систем, где диоксид углерода работает как хладоноситель.

Одним из практических шагов к снижению уровня потребления ГХФУ в России стало бы создание региональных центров по замене фреона R22 на озонобезопасные хладагенты.

Курс на энергосбережение

Правительства многих развитых стран уже прилагают усилия, чтобы сократить выбросы парниковых газов и повысить энергетический КПД. Так, в США некоторые штаты заключили объединенный пакт для введения максимальных ограничений по эмиссии парниковых газов на электростанциях и поддерживают обмен квотами на эмиссию между предприятиями. Кроме того,

они пришли к соглашению о «Западной региональной инициативе по воздействию на климат».

В 2004 г. Россией был ратифицирован Киотский протокол, который, в частности, предполагает практические шаги по сокращению выбросов в атмосферу парниковых газов: диоксида углерода (CO₂), метана (CH₄), закиси азота (N₂O), гидрофторуглеродов, перфторуглеродов и гексафторида серы (SF₆). Таким образом, в перечень парниковых газов, определенный Киотским протоколом, не включены ни гидрофторуглероды, ни ГХФУ, ни галлоны (средства огнегашения) в связи с тем, что они подлежат регулированию в рамках Монреальского протокола. В настоящее время вклад всех гидрофторуглеродов в глобальное потепление составляет менее 1% (по другим оценкам — около 3%). Однако ожидается, что к 2050 г. выбросы в атмосферу этих веществ развивающимися странами будут в 800 раз превосходить выбросы развитых государств, так что общий их объем значительно увеличится.

Попыткой объединить интересы Монреальского и Киотского протоколов является инициатива США, Канады и Мексики, а также ряда островных государств, представленная в секретариат Монреальского протокола в виде так называемых североамериканских предложений. Суть их заключается в поэтапном сокращении производства и потребления гидрофторуглеродов, считавшихся еще совсем недавно приемлемыми альтернативами озоноразрушающим веществам, но обладающими значительным потенциалом глобального потепления. В этом случае новые получившие распространение хладагенты, имеющие высокий потенциал глобального потепления, могут в большинстве своем попасть под долговременную программу ограничения и последующего запрета.

Например, известные хладагенты R404A и R507A имеют потенциал глобального потепления (GWP) 3800 и 3900 соответственно, в то время как у аммиака он вообще равен нулю. Уже сейчас в Европе предпочитают использовать хладагенты с пределом GWP < 1500 и стремятся довести это значение до 150, а фирма Du Pont заявила о готовности поставлять на рынок хладагенты с GWP менее 150. В этом случае будущее уже созданного и получившего широкое распространение хладагента R134a (GWP = 1300) также находится под большим вопросом. В Европе принята директива, по которой начиная с 2011 г. запрещено использовать R134a в системах кондиционирования воздуха в новых моделях автомобилей, а с 2017 г. — во всех новых автомобилях. Очевидно, что с течением времени эти меры будут только ужесточаться, что обусловит переход на следующее поколение хладагентов, отвечающих требованиям, связанным с глобальным потеплением.

Дальновидность при переходе на озонобезопасные вещества продемонстрировали европейские страны на рынке бытового холодильного оборудования. В этом секторе основное внимание было уделено веществам, отличным от ГФУ (R134a, R404A, R410A, R407A и др.), что позволило ведущим мировым производителям полностью перейти на углеводороды (в частности, изобутан) в качестве хладагентов и вспенивателей. В этом случае выбор европейцами изобутана, обусловленный его значительно меньшим потенциалом глобального потепления, оказался более выигрышным по сравнению с выбором государств, остановившихся на R134a — в основном из соображений пожарной безопасности конечной продукции (США, Япония и др.).

В России 23 ноября 2009 г. вышел Федеральный закон № 261-ФЗ, утверждающий основы стимулирования энергосбережения и повышения эффективности работы организаций. В соответствии с ним вводится обязательное энергетическое обследование организаций, осуществляющих транспортировку природного газа, нефти и нефтепродуктов с оценкой их энергоемкости по так называемому «энергетическому паспорту». Обследование предполагает получение объективных данных об объеме используемых энергоресурсов, определение показателей и потенциала повышения энергоэффективности. Кроме того, оно будет служить основой для проведения плановых проверок соблюдения требований энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Несмотря на конкретную конечную дату организации и проведения первого энергетического обследования — 31 декабря 2012 г., — действия по реализации этого закона на транспорте еще не начались. Между тем предстоит разработать энергетические паспорта для судов, автомобилей и железнодорожных составов, перечисленных в ст. 16 закона; провести исследование и выбрать энергосберегающее оборудование для транспортных энергетических установок, в том числе с использованием вторичных энергоресурсов; разработать и ввести в учебные образовательные программы дисциплины, включающие изучение принципов энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Закон может быть выполнен только при комплексном подходе с использованием потенциала ученых, занимающихся теоретическими разработками, и практиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белозеров Г. А., Медникова Н. М., Пытченко В. П., Серова Е. Н. Холодильные системы с рабочими веществами, обеспечивающими промышленную безопасность и энергетическую эффективность // Холодильная техника. — 2009. — № 5.
2. Калм Дж. М. Следующее поколение хладагентов // Холодильная техника. — 2008. — № 7.
3. Холод — итоги и перспективы. Доклад президента МАХ А. В. Бараненко // Вестник МАХ. — 2010. — № 2.
4. Целиков В. Н. Оценка уровня потребления в России гидрохлорфторуглеродов до 2020 г. и перспектив использования гидрофторуглеродов до 2033 г. // Холодильная техника. — 2009. — № 11.
5. Рекомендации конференции «Вывод из обращения ГХФУ — национальная стратегия Российской Федерации» // Холодильная техника. 2009. — № 11.
6. Belozerov G. A., Mednikova N. M., Pytchenko V. P., Serova E. N. Cascade type refrigeration systems working on CO₂/NH₃ for technological processes of products freezing and storage / IIR Ammonia Conference. Ohrid, 2007.

ε, холодильный коэффициент

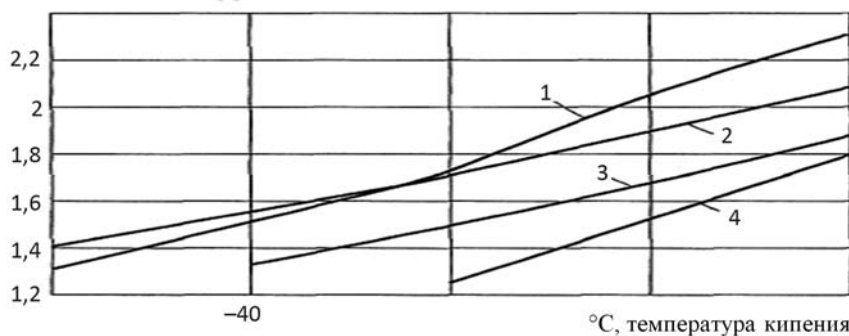


Рис. 3. Холодильные коэффициенты различных циклов получения холода:

- 1 — двухступенчатый аммиачный цикл (с экономайзером в верхней ступени);
- 2 — каскадный цикл CO₂/NH₃ (с экономайзером в аммиачной ветви);
- 3 — одноступенчатый цикл (R404A, R507A);
- 4 — одноступенчатый цикл (R22)