

СОВРЕМЕННЫЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ХЛАДАГЕНТЫ НА ДЛИТЕЛЬНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Dumitru ANDON¹

Igor GÎDEI²

Artiom PAPCOV¹

Vadim LAVRIC²

¹ Технический Университет Молдовы, Факультет Инженерной Механики, Промышленности и Транспорта, Департамент Инженерной Механики, гр. MIFSC-171, Кишинёв, Республика Молдова

² Технический Университет Молдовы, Факультет Инженерной Механики, Промышленности и Транспорта, Департамент Инженерной Механики, Докторская школа Механическая и Гражданская Инженерия, Кишинёв, Республика Молдова

*Autorul corespondent: Andon Dumitru, dimon.a98@mail.ru

Аннотация. Принятые международными комитетами меры по предотвращению разрушения слоя стратосферного озона, а также возникновения парникового эффекта в атмосфере из-за выбросов хладагентов привели, начиная с начала 90-х годов, к радикальным изменениям в технологиях кондиционирования воздуха и искусственного охлаждения. Одна из этих мер является использование натуральных хладагентов, два из которых аммиак и диоксид углерода, которые не имеют никакого влияния на атмосферу и имеет хороший коэффициент холодопроизводительности.

Ключевые слова: Хладагенты, Аммиак (NH_3), диоксид углерода CO_2 , озоновый слой.

Введение

В Евросоюзе альтернативы HFC-хладагентам с низким GWP завоевали значительную долю рынка в отдельных секторах: примерно 90% новых бытовых холодильников/морозильников и около 25% новых кондиционеров воздуха в 2011г. использовали такие хладагенты. В других секторах, однако, технологии с низким GWP играют меньшую роль. Такое положение может вскоре измениться благодаря регламенту по F-газам и другим готовящимся регулирующим документам по HFC, особенно в США, Канада и Японии. Учитывая обсуждаемые в настоящее время проекты регулирующих документов в других странах и использование во многих странах хладагентов с низким GWP, доля этих хладагентов на рынке будет с большой долей вероятности возрастет по всему миру. Хладагенты с низким GWP обеспечивают уменьшение прямых эмиссий. Более того, многие технологии с использованием таких хладагентов позволяют дополнительно снизить не прямые выбросы CO_2 благодаря большей энергоэффективности, чем традиционные технологии на HFC. В целом ни одна альтернатива не может заменить HFC во всех областях их применения так же, как ни один HFC-хладагент не может быть использован сразу во всех возможных сферах применения холода. Выбор наиболее подходящего хладагента с низким GWP будет зависеть от множества факторов, таких, как экономическая ситуация и действующие регламенты, а также от климатических и других факторов. Тем не менее, очевидно, что HFC-хладагенты могут быть запрещены в большинстве секторов и заменены на безопасные, полезные и эффективные в энергетическом аспекте альтернативы в новом оборудовании.

Обзор альтернативных хладагентов

Аммиак (NH_3)

Аммиак является наиболее перспективным среди природных веществ, которые используются в качестве рабочих тел в холодильных установках и знаком под

обозначением R 717. Ниже рассмотрим положительные и отрицательные свойства аммиака, как холодильного агента, в сравнении с фреонами.

Аммиак относится к группе хладагентов среднего давления и применяется при температуре конденсации не выше 55°C в одноступенчатых холодильных машинах до температуры кипения – 30°C, в двухступенчатых – до – 60°C. Диаграмма давление-энтальпия (P-i) представлена на рис. 1.

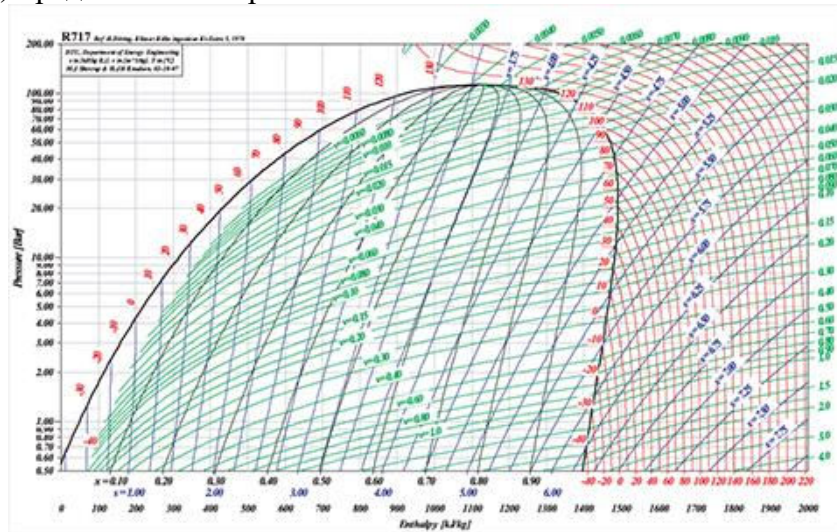


Рисунок 1. Диаграмма давление – энтальпия (lg P – i) для аммиака.

Вследствие высокого значения показателя адиабаты для аммиака ($k=1,31$) для него характерна высокая температура нагнетания, которая может привести не только к разложению масла, но и к его вспышке. Это, также, ограничивает применение в аммиачных установках воздушных конденсаторов. Одним из недостатков аммиака является то, что он вызывает коррозию медных сплавов, особенно в присутствии влаги, поэтому трубопроводы, теплообменные аппараты и арматуру данных установок выполняют из стали. Высокая электрическая проводимость аммиака ($1,1 \cdot 10^{-7} \text{ C м/м}$) затрудняет создание полу герметичных и герметичных компрессоров, работающих на аммиаке.

Поскольку аммиак является веществом природного происхождения, то он, в отличие от большинства распространенных фреонов, не оказывает никакого загрязняющего воздействия на окружающую среду.

Аммиак – это вещество с резким удушающим запахом, вредным для организма человека. Предельно допустимая концентрация R717 в рабочей зоне (ПДК) составляет 20 мг/м³, а опасное для жизни объемное содержание составляет 350...700 мг/м³. Аммиак горюч при его объемной концентрации в воздухе свыше 11% и взрывоопасен при концентрации в пределах от 15 до 28%, токсичен. Негативные свойства R717 заставляют принимать специальные меры, обеспечивающие безопасную эксплуатацию аммиачных холодильных установок, что требует от эксплуатирующей организации решения большего количества организационных и технических вопросов. При использовании фреоновых холодильных установок часть этих вопросов отпадает.

Между тем, вопросы безопасного использования аммиака успешно решаются за счет:

- использования современных систем с минимальной заправкой;
- использования систем промежуточного охлаждения;
- использования систем автоматики и предупреждения;
- вентиляция машинных отделений;
- обучение и сертификация персонала.

Резюмируя вышесказанное, можно сказать, что аммиак имеет хорошее будущее в качестве рабочего тела холодильных установок различной мощности. При его правильном

использовании может быть обеспечен не только необходимый уровень безопасности, но и высокая эффективность установок.

Диоксид углерода (CO₂)

За последние годы перспективность CO₂ как хладагента заметно возросла. Диоксид углерода - один из немногих хладагентов для холодильных систем, актуальный с точки зрения эффективности применения и безопасности для окружающей среды. Применение традиционных хладагентов ограничивается различными нормативами, причем во всём мире наблюдается тенденция к их ужесточению. В связи с этим природные хладагенты находят все большее применение. Мы начинаем рубрику, посвящённую использованию хладагента CO₂ в области искусственного холода. Хладагент CO₂ принадлежит к группе так называемых природных хладагентов (аммиак, пропан, бутан, вода и др.) имеющий нулевой потенциал разрушения озонового слоя Земли (ODP=0) и являющийся эталонной единицей при расчёте потенциала глобального потепления (GWP=1). У каждого из природных хладагентов есть свои недостатки, например, аммиак токсичен, пропан горюч, а у воды ограниченная область применения. В отличие от них CO₂ не токсичен и не горюч, хотя его влияние на окружающую среду не однозначно. С одной стороны, CO₂ содержится в окружающем нас воздухе и необходим для протекания жизненных процессов. С другой стороны, считается, что большая концентрация углекислоты в воздухе является одной из причин глобального потепления. Инициатива вернуться к использованию CO₂ в холодильной технике принадлежит скандинавским странам, где законы значительно ограничивают использование хладагентов HFC и HCFC. В качестве хладагента для промышленных установок традиционно применяется аммиак, но его количество в системе ограничено. Это не является проблемой для установок, работающих на высокие и средние температуры (до -15/-25°C), где количество аммиака сокращается применением вторичного хлад носителя. Для более низких температур применение вторичного хлад носителя неэффективно из-за больших потерь на разнице температур, в этом случае используют CO₂.

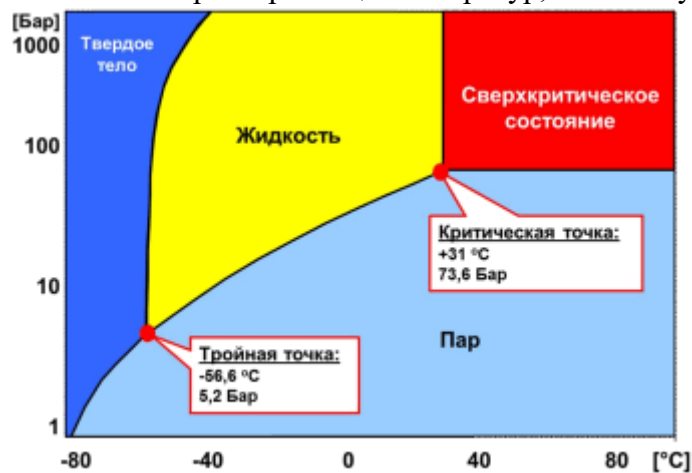


Рисунок 2. Фазовая диаграмма CO₂

На втором рисунке приведена фазовая диаграмма CO₂. Кривые линии, которые разделяют диаграмму на отдельные участки, определяют предельные значения давлений и температур для различных фаз: жидкой, твёрдой, паровой или сверхкритической. Точки на этих кривых определяют давления и соответствующие им температуры, при которых две фазы находятся в равновесном состоянии, например, твёрдая и паровая, жидкая и паровая, твёрдая и жидкая. При атмосферном давлении CO₂ существует в твёрдой или паровой фазах. При таком давлении жидкая фаза не существует. При температурах ниже - 78,4°C диоксид углерода находится в твёрдой фазе (сухой лёд). При повышении температуры CO₂ сублимирует в паровую фазу. При давлении 5,2 бар и температуре - 56,6°C хладагент достигает, так называемой, тройной точки. В этой точке все три фазы существуют в равновесном состоянии. При температуре + 31,1°C CO₂ достигает своей критической точки,

где его плотности в жидкостной и паровой фазе одинаковые (рисунок 2). Следовательно, различие между двумя фазами исчезает и CO_2 существует в сверхкритическом состоянии.

Диоксид углерода может использоваться в качестве хладагента в холодильных системах различных типов, как субкритических, так и транс критических. При использовании CO_2 в качестве хладагента необходимо учитывать, как тройную, так и критическую точку для любых типов холодильных систем. В субкритическом цикле CO_2 весь диапазон рабочих температур и давлений лежит между критической и тройной точками. Одноступенчатые холодильные циклы CO_2 аналогичны другим хладагентам, но имеют некоторые неблагоприятные факторы, связанные в первую очередь с ограничением значений температур и давлений. Транс критические холодильные системы на CO_2 в настоящее время используются в небольших и коммерческих холодильных установках, а именно: в мобильных системах кондиционирования воздуха, небольших тепловых насосах и системах охлаждения супермаркетов. Транс критические системы практически не применяются в промышленных холодильных установках. Рабочее давление в субкритическом цикле обычно находится в диапазоне от 5,7 до 35 бар при соответствующей температуре от - 55 до 0°C. При оттаивании испарителя горячим газом значение рабочего давления увеличивается примерно на 10 бар. Наиболее широко CO_2 применяется в каскадных системах промышленных холодильных установок. Это обусловлено тем, что диапазон рабочих давлений позволяет использовать стандартное оборудование (компрессоры, регуляторы и клапаны). Существуют различные виды каскадных холодильных систем на CO_2 : системы с непосредственным кипением, системы с насосной циркуляцией, системы на CO_2 со вторичным рассольным контуром или комбинации этих систем.

Вывод

В настоящее время в создании холодильных систем из-за опасности изменения климата начинают преобладать следующие тенденции:

- преимущественное применение хладагентов с низким GWP. К ним относятся углеводороды, аммиак, азот и диоксид углерода;
- совершенствование технологических процедур сервисного обслуживания холодильных систем;
- снижение выбросов хладагентов из холодильных систем;
- уменьшение количество хладагента, заправляемого в систему;
- повышение требований к качеству сборки холодильных машин и аппаратуры;
- совершенствование действующих холодильных машин в целях повышения их энергетической эффективности и разработка новых холодильных машин.

Литература:

1. Б.С.Бабакин, В.И.Стефанчук, Е.Е.Ковтунов «Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе»
2. Кириллин В.А Сычев В.В Шейндлин А.Е. «Техническая термодинамика», изд. 3, Москва «Энергоатомиздат» 1983 - 416 с.
3. Михаэль Кауффельд «31-я информационная записка 2016г.», «Современные альтернативные хладагенты на длительную перспективу и их возможные области применения»

Веб страницы:

1. <http://anerom.by/primenenie-co2-kak-hladagenta/>
2. <http://holod-proekt.com/2014/10/benefits-and-disadvantages-of-ammonia/>