

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В КАЧЕСТВЕ ХЛАДАГЕНТА

Работяга Ирина Александровна

студент, Самарский государственный технический университет, РФ, г. Самара

Едуков Дмитрий Алексеевич

научный руководитель, Самарский государственный технический университет, РФ, г. Самара

Аннотация. В настоящее время глобальное потепление вызывает серьезную озабоченность во всем мире из-за непрерывного увеличения уровня диоксида углерода в окружающей среде. Главной причиной этого являются электростанции, химическая промышленность, обрабатывающая промышленность и автомобилестроение. В настоящее время различные протоколы и нормы находятся на стадии внедрения либо для снижения уровня CO₂. В этой статье рассматривается применение CO₂, как природного хладагента, который обладает благоприятными теплофизическими свойствами и имеет самый низкий потенциал глобального потепления.

Ключевые слова: диоксид углерода, CO₂, хладагенты, охлаждение, кондиционирование, экология.

ВВЕДЕНИЕ

Производители холодильного оборудования сталкиваются с проблемами, связанными с законодательными требованиями, вынуждающими их использовать в своих новых продуктах менее традиционные хладагенты с более низким потенциалом глобального потепления (ПГП). Природные рабочие жидкости, такие как аммиак, диоксид углерода и пропан, показали себя энергоэффективными и экологически безопасными альтернативами. Системы охлаждения аммиака успешно работают на рынке уже более 140 лет. Альтернативная рабочая среда должна отвечать трем требованиям: безопасности, экологической приемлемости и применимости устройства. За годы неустанных усилий ученые разработали множество переходных или долгосрочных заменителей хлорфторуглеродов (ХФУ) и гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ), таких как R134a, R407C, R410A и R290. Соответствующие технологии и оборудование также изучаются. Некоторые из них уже широко используются в холодильной технике, а также в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Монреальский протокол требует от стран поэтапного отказа от хлорфторуглеродов (ХФУ), ГХФУ и других веществ, разрушающих озоновый слой, в установленные сроки и предусматривает период использования этих веществ для развитых и развивающихся стран соответственно.

Некоторые европейские страны запретили использование ГХФУ в областях охлаждения, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВКВ). Между тем, они также предлагают постепенно отказаться от ГХФУ из других областей. Законодательство некоторых стран строго ограничивает или требует поэтапного отказа от хладагента R134a в 2020—х годах, что фактически делает истинную дилемму для индустрии охлаждения и ОВКВ-необходимость

Таблица 1.

Анализ существующих хладагентов

№ п/п	Наименование	Достоинства	Недостатки
1.	R134a	Известная и устоявшаяся технология	Высокий прямой парниковый эффект
		Негорючий	Стоимость переработки/рекуперации
		Нетоксичен для людей и животных	Затраты на конструктивные усовершенствования для уменьшения утечки
2.	R407C	Высокая производительность	Если холодильный контур разгерметизируется (произошла утечка), оборудование нельзя будет просто дозаправить — придется сливать остатки хладагента и полностью заправлять новый хладагент
		Переживает высокие температуры куда более достойно, чем ряд иных фреонов	Высокая стоимость
		Оптимальный уровень рабочего давления в контуре охлаждения	При соприкосновении с пламенем и горячими поверхностями разлагается с образованием высокотоксичных продуктов
3.	R22	Нейтральность обозначенного фреона к металлам	Старый хладагент, основанный технологии, которая постепенно устаревает
		Нетоксичен для людей и животных	Не используется в новых и современных кондиционерах
		Пожаро - и взрывобезопасен	Вызывает разрушение озонового слоя
4.	R717	Холодильная система на основе аммиака стоит на 10-20% дешевле, чем система, использующая ХФУ, потому что можно использовать трубопроводы более узкого диаметра	Создает опасность ожогов при растворении в воде, поскольку этот процесс сопровождается выделением значительного количества тепла
		Хорошие термодинамические свойства, в результате чего идет меньшее потребление электроэнергии	Имеет высокую температуру нагнетания при сжатии

		Приемлемая стоимость	Горюч и в определенном состоянии взрывоопасен, ядовит в высоких концентрациях	
--	--	----------------------	---	--

В нынешней ситуации представляется целесообразным избегать, насколько это возможно, использование в больших количествах веществ, которые чужды природе и неизбежно будут потеряны в биосфере. Гораздо более целесообразнее будет возвращение к "естественным" хладагентам: веществам, которые уже присутствуют в нашей окружающей среде и которые, как известно, безвредны. Одной из таких возможностей является углекислый газ (CO₂).

Как природный хладагент, CO₂ имеет много преимуществ перед другими веществами, такими как:

- Низкая кинематическая вязкость
- Низкая динамическая вязкость
- Небольшой коэффициент давления (около 2.5 ~ 3.0)
- Небольшой объем
- Большая холодильная мощность на единицу объема
- Высокая теплопроводность
- Высокая теплоемкость при постоянном давлении
- Низкое поверхностное натяжение
- Защита окружающей среды
- Легко купить
- Физическая стабильность и безопасность

В настоящее время технология охлаждения CO₂ в основном применяется в трех областях: автомобильное кондиционирование воздуха, тепловые насосы и многоступенчатые холодильные системы. Поскольку CO₂ является экологически чистым хладагентом, компрессоры CO₂ были разработаны и изготовлены для различных целей. Существует шесть типов компрессоров CO₂, а именно:

- Поршневые компрессоры
- Поршневые компрессоры качения
- Качающиеся поршневые компрессоры
- Спиральные компрессоры
- Лопастные компрессоры
- Винтовые компрессоры

Сравненный с компрессорами других хладагентов, компрессоры CO₂ охарактеризованы их высоким давлением деятельности; малым размером структуры и коэффициентом давления; большими перепадами давления всасывания и нагнетания; и высокой эффективностью охлаждения и топления.

ПЛЮСЫ И МИНУСЫ ХЛАДАГЕНТА CO₂

Хладагент CO₂ (R744) - это своего рода естественная рабочая среда, бесцветная и безвкусная при нормальных атмосферных температурах. Критические температура и давление 31.1 °C и 7.37 МПа, соответственно.

Физические свойства CO₂:

- Скрытая теплота испарения CO₂ велика, а холодильная мощность на единицу объема высока (22,6 МДж/м³ при 0°C), примерно в 5-8 раз больше, чем у традиционных хладагентов.
- Кинематическая вязкость CO₂ очень низкая и может оставаться при низких температурах.

- Теплопроводность CO_2 высока, а отношение плотности жидкости к плотности пара низкое. После дросселировать, хладагент можно распределить равномерно в трубах рефрижерации. Эти превосходные представления подачи и передачи тепла CO_2 могут значительно уменьшить размер компрессора и оборудования рефрижерации, делая всю систему очень компактной.

Как хладагент, CO_2 имеет следующие три преимущества перед другими хладагентами:

- Во-первых, что касается защиты окружающей среды, потенциал разрушения озонового слоя CO_2 равен 0, а потенциал глобального потепления равен 1, что намного меньше, чем у ХФУ и ГХФУ хладагента. Поскольку большая часть CO_2 , используемого для охлаждения, является химическим и промышленным побочным продуктом, выбрасываемым с заводов, использование CO_2 в качестве хладагента похоже на переработку или задержку выброса этого выхлопного газа, что весьма полезно для окружающей среды.
- Во-вторых, по теплофизическим свойствам рабочего тела CO_2 идеально подходит для холодильных циклов и оборудования.
- В-третьих, химические свойства CO_2 стабильны. Он нетоксичен, безвреден, негорюч и не разлагается на токсичные газы при высоких температурах. Кроме того, CO_2 коммерчески доступен, прост в получении и экономичен.

Природный жидкий диоксид углерода обладает превосходными свойствами при использовании в качестве хладагента в системах охлаждения компрессионного типа или тепловых насосах: его высокая температура нагнетания в паре с высоким давлением позволяет использовать преимущества рекуперации тепла.

Рассмотрим схему, делающую акцент на использовании уникальных характеристик CO_2 на Рис. 1.

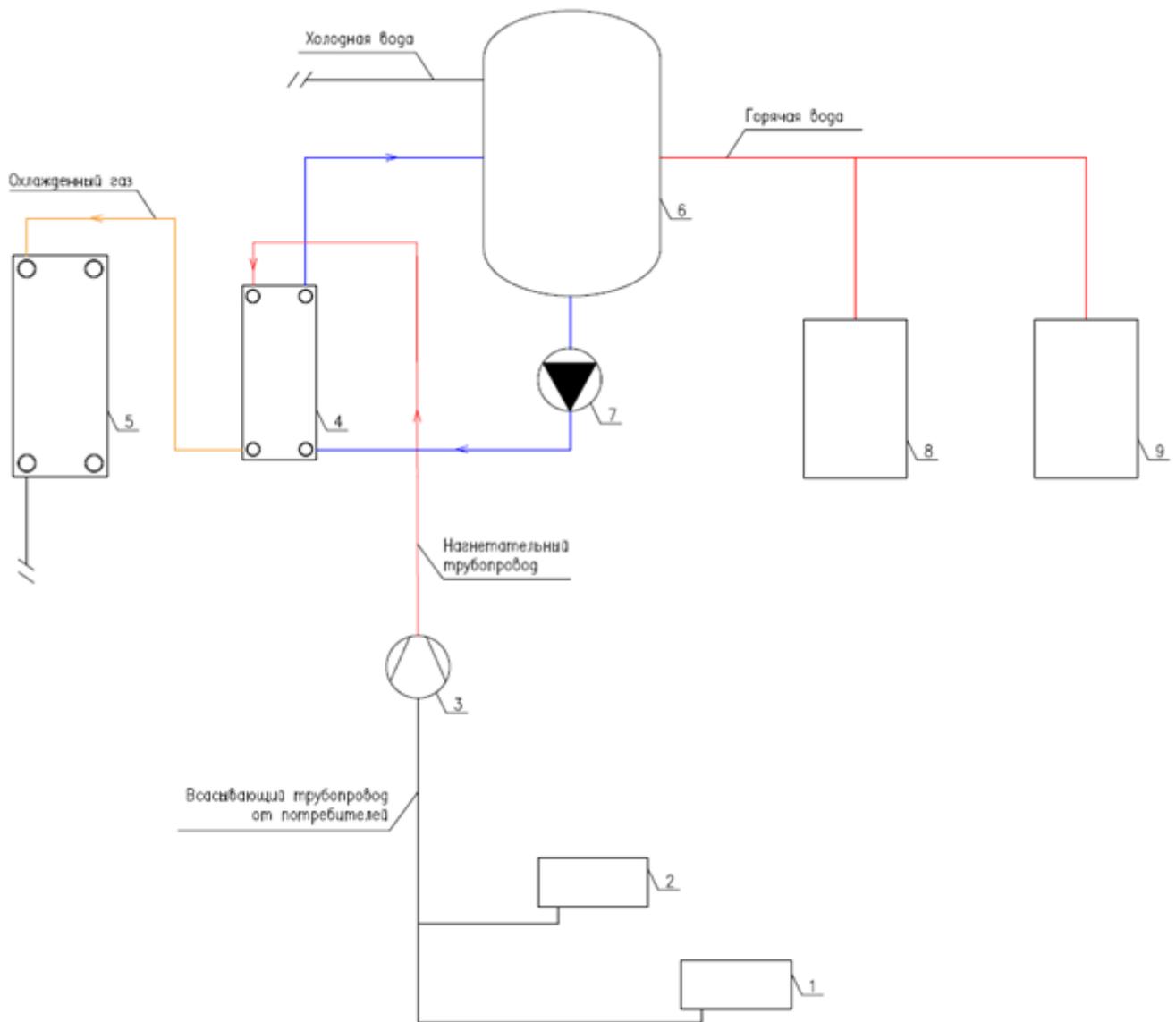


Рисунок 1 Схема системы рекуперация тепла в сочетании с использованием CO₂ в качестве хладагента: 1 - холодильное оборудование (витрины); 2 - камеры заморозки; 3 - компрессор; 4 - Тепловой модуль - утилизатор; 5 - Конденсатор; 6 - буферная емкость; 7 - циркуляционный насос; 8 - горячее водоснабжение; 9 - настенный, напольно-потолочный или каналный фанкойл.

Рекуперация тепла - практическое использование отработанной энергии.

Холодильные установки с воздушным охлаждением производят много ненужной энергии, сбрасывая энергию конденсации в окружающий воздух. При установке охладителя воздушного пара (теплообменника) большая часть этой отработанной энергии может быть превращена в горячую воду, которая может использоваться для многих целей, таких как:

- Санитарная горячая вода;
- Отопление помещений;
- Горячая вода для технологических процессов;
- Очищающая вода;

Блоки охладителя воздушного пара (теплообменника) расположены между компрессором и конденсатором для использования высокотемпературной энергии перегретого хладагента. Используя отдельный теплообменник для использования высокой температуры отводимого газа, можно нагревать воду до более высокой температуры, чем это было бы возможно в

конденсаторе.

Пароохладитель обычно сконструирован так, чтобы не конденсировать хладагент. Однако в зависимости от условий эксплуатации может образовываться некоторое количество жидкого хладагента. Эта жидкость должна подаваться в конденсатор, который в идеале должен располагаться под пароохладителем. Однако по практическим соображениям он часто размещается над пароохладителем. В паяном теплообменнике выходящие капли хладагента рассеиваются и легко переносятся доминирующей паровой фазой. Проектирование соединительной трубы от пароохладителя к конденсатору для скорости газа 5-10 м/с будет обеспечена достаточная турбулентность, чтобы избежать накопления жидкого конденсата.

Таким образом, путем грамотного проектирования системы, которая будет делать акцент на использовании уникальных характеристик CO₂ и / или исключительных особенностей различных циклов, улучшающие практическую производительность систем CO₂, она будет выгодно отличаться от традиционных хладагентов с точки зрения энергоэффективности.

Список литературы:

1. Бабакин Б.С., Показеев К.В., Выгодин В.А., Чаплина Т.О. Экология и холодильная техника. – М.: ДеЛи принт, 2009. – 532 с.
2. Глобальное потепление: доклад Гринпис/ под ред. Дж. Леггетта. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 272 с.
3. Бабакин Б.С. Хладагенты, масла и сервис холодильных систем: монография. – Рязань: Узорочье, 2003. – 470 с.
4. Цветков О.Б., Бараненко А.В., Лаптев Ю.А. и др. Озонабезопасные хладагенты / Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2014. № 3. С. 98-111.
5. Подготовка к сокращению потребления ГХФУ: основные положения, относящиеся к использованию, альтернативам, последствиям и финансированию для стран, действующих в рамках 5-й статьи Монреальского протокола. Организация Объединенных Наций по промышленному развитию. Вена, 2012 г
6. Harby K. Hydrocarbons and their mixtures as alternatives to environmental unfriendly halogenated refrigerants: An updated overview. – Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. 73. 1247-1264.
7. ASHRAE Position Document on Natural refrigerants. – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc.. 2014. с. 10.
8. Riffat S.B., Afonso C.F., Oliveira A.C. Natural refrigerants for refrigeration and airconditioning systems. – Applied Thermal Engineering. 2007. 17(1). 33-42.
9. Pearson S.F. New, natural, and alternative refrigerants. – Star Refrigeration Limited. 2003.
10. Применение природных хладагентов в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://holodcatalog.ru/news/issledovaniya-rynka/primenenie-naturalnykhkhladagentov-v-rossii/> (дата обращения: 22.02.2021).
11. Белозеров Г.А. и др. Холодильные системы с рабочими веществами, обеспечивающими промышленную безопасность и энергетическую эффективность// Холодильная техника. 2009. № 5.
12. Калм Джеймс М. Следующее поколение хладагентов// Холодильная техника. 2008. № 7 и 8.
3. Каскадные системы с CO₂ – перспективное направление холодильной техники //

Холодильная техника. 2002. № 11.

13. Рукавишников А.М. Хладагенты – настоящее и будущее холодильного дела// Ростехнадзор 2008. № 9.

14. Рукавишников А.М. и др. Реалии и перспективы применения холодильного оборудования на CO₂ в условиях России// Холодильная техника. 2006. № 1.

15. Цветков О.Б. Диоксид углерода: природный экологически безопасный хладагент// Холодильная техника. 2001. № 3.

16. Черняк В.А. и др. Каскадная холодильная установка для предприятий пищевой промышленности// Холодильная техника. 2006. № 5.

17. Lorentzen G. Transcritical vapour compression cycle device. Patent WO 90/07683, 1990.

18. Rolfsman L., Cohr Pachai A. CO₂ edition of YORK// Application and systems. 2005. № 3.