

*Чучулина В.В.,*

*Студент*

*3 курс, факультет «Энергетический»*

*Ростовский государственный университет путей сообщения*

*Россия, г. Ростов-на-Дону*

*Сысоев А.Н.,*

*Студент*

*3 курс, факультет «Энергетический»*

*Ростовский государственный университет путей сообщения*

*Россия, г. Ростов-на-Дону*

*Научный руководитель Старовойтов С.В.*

## **АЛЬТЕРНАТИВА ФРЕОНУ В ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ**

***Аннотация:** В статье поднимается актуальная проблема загрязнения окружающей среды фторсодержащими производными метана. Рассматривается более экологичная и надежная замена фреонам. Также приводится детальный анализ преимуществ и недостатков использования CO<sub>2</sub>.*

***Ключевые слова:** Холодильные установки, хладагент, экологическая безопасность, фреон, диоксид углерода.*

***Annotation:** The article rises the actual problem of environmental pollution with fluorine-containing methane derivatives. There is a more environmentally friendly and reliable replacement for freon. There is also a detailed analysis of the advantages and disadvantages of using CO<sub>2</sub>.*

***Keywords:** refrigeration plants, refrigerant, environmental safety, freon, carbon dioxide.*

На сегодняшний день холодильная промышленность является важнейшим звеном национальной безопасности любой страны. Её продукция используется практически во всех отраслях хозяйства: агропромышленном, оборонном и ракетно-космическом комплексе, в нефтегазовом и химическом секторе, в медицине, торговле и т.д.

По данным Международной академии холода, только в промышленном секторе России работает около 170 тыс. холодильных установок, в агропромышленном комплексе – 400 тыс., в торговле – более 3 млн. В стране функционирует более 3 млн. центральных кондиционеров, около 130 тыс. транспортных рефрижераторов и более 62 млн. домашних холодильников.

В настоящее время подавляющее большинство холодильных систем работают на основе гидрофторуглерода (ГФУ). К хладагентам данного типа относятся фреоны такие как, R404A, R507A, R134A. К сожалению, они оказывают огромное влияние на истощение озонового слоя и усиление парникового эффекта.

Фреоны - техническое название фторсодержащих производных насыщенных углеводородов этана и метана, которые применяют чаще всего в качестве хладагентов и растворителей. Они могут содержать атомы фтора, хлора или брома, их известно более 40 видов, большая часть из них выпускается промышленностью.

Фреоны — могут быть в виде бесцветных газов или же жидкостью без запаха. Также они хорошо растворимы в неполярных органических растворителях и очень плохо — в воде и других полярных растворителях.

Фреоны не горят на воздухе, не являются взрывоопасными даже при контакте с открытым огнём, устойчивы к действию кислот и щелочей, активно взаимодействуют с щелочными металлами, чистым алюминием, магнием, а также сплавами магния.

Хладагенты (фреоны) не ядовиты, но при нагреве образуют токсичные продукты такие как фосген. При исследовании причин разрушения озонового

слоя было обнаружено, что даже небольшие концентрации фреона приводят к реакциям разрушения озонового слоя. Для оценки фреона используются 2 критерия: озонразрушающий потенциал (ODP) и потенциал глобального потепления (GWP).

Одним из основных факторов потепления атмосферы, вызывающих тревожные тенденции, являются парниковые газы. Кроме миллиардов метрических тонн  $\text{CO}_2$ , ежегодно попадающих в атмосферу, на увеличение температуры у поверхности земли влияют фреоны. Это хлорфторуглероды, широко используемые в промышленности.

При ремонте или утилизации холодильных установок, кондиционеров и рефрижераторов хлорфторсодержащие соединения попадают в атмосферу.

Не смотря на то, что в атмосфере количество этих соединений невелико, опасность представляет не только их концентрация, но и способность молекул улавливать тепло. Всего лишь одна молекула в 20000 раз эффективнее справляется с этой задачей, нежели молекула  $\text{CO}_2$ . Таким образом, даже при малой концентрации ХФУ, способны значительно повысить температуру у поверхности. По подсчетам, участие фреонов в потеплении климата составляет около 11%. Они эффективно взаимодействуют с лучами солнца, которое приводят к изменению терморегима атмосферы.

Не смотря на это, замещение фторов водородами и углеродами в производстве не снизит эффект потепления в ближайшие 100 лет. Именно такова продолжительность жизни молекул в атмосфере, а в верхних слоях достигает около 100 лет. Следовательно, в атмосферу они будут продолжать поступать из резервуара тропосферы даже после прекращения выбросов.

Уже имеющееся количество опасных молекул продолжает влиять на размеры дыры стратосферного озона, что приводит к нагреву океана. Теплая вода вызывает отбеливание кораллов, что является губительным для всей экосистемы мировых океанов.

Но холодильная промышленность не стоит на месте. Развитие технологий идет в сторону повышения безопасности и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. Следствие чего за последние годы перспективность использования CO<sub>2</sub> в холодильном оборудовании заметно выросла. Диоксид углерода является прекрасной альтернативой других природных хладагентов, а именно аммиака, воды, пропана, бутана и так далее, с точки зрения эффективности применения и безопасности для природы.

Таблица 1 – Сравнение CO<sub>2</sub> с наиболее распространенными хладагентами

Хладагент		R134A	R404A	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
Природный хладагент		НЕТ	НЕТ	ДА	ДА
Озоноразруш. Потенциал (ODP)		0	0	0	0
Потенциал глобал. потепл.(GWP)		1300	3260	0	1
Критическая точка	бар	40,7	37,3	113	73,6
	°C	101,2	72	132,4	31,1
Тройная точка	бар	0,004	0,028	0,06	5,18
	°C	-103	-100	-77,7	-56,6
Горючесть или взрывоопасность		НЕТ	НЕТ	ДА	НЕТ
Токсичность		НЕТ	НЕТ	ДА	НЕТ

Дополнительная популяризация CO<sub>2</sub> вызвана ужесточением нормативов использования традиционных хладагентов. Поскольку они обладают рядом недостатков, например, аммиак токсичен, вода имеет ограничения в области применения, пропан горюч. Диоксид углерода наоборот лишен этих недостатков, он не токсичен, не горюч, хотя его избыток в воздухе повышает возникновения глобального потепления. Также CO<sub>2</sub> является эталонной единицей при расчете потенциала глобального потепления (GWP = 1), имеет

нулевой потенциал разрушения озонового слоя Земли ( $ODP = 0$ ) и содержится в окружающем нас воздухе.

Диоксид углерода может использоваться в качестве хладагента в холодильных системах различных типов, как субкритических, так и транскритических. В последних  $CO_2$  применяется для небольших и коммерческих холодильных установок: в мобильных системах кондиционирования воздуха, небольших тепловых насосах и системах охлаждения супермаркетов, а для промышленных холодильных установок практически не применяется. Также отличительной чертой транскритического холодильного цикла является возможность получать существенно больше тепла по сравнению с фреоновым циклом, при условии неизменности показаний потребления электроэнергии. Данное преимущество играет главную роль в сфере ритейла, ведь это позволяет повысить уровень энергоэффективности системы, например, обеспечивая магазин отоплением, и горячим водоснабжением. Также мы можем увидеть экономические преимущества с точки зрения эксплуатационных затрат и окупаемость вложенных инвестиций.

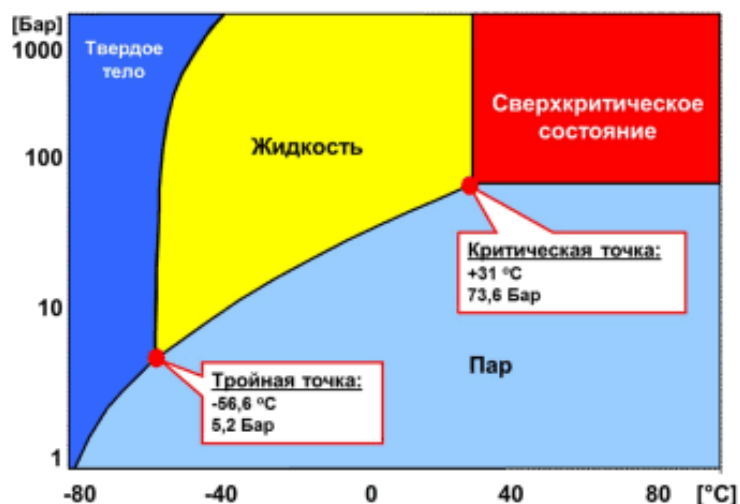


Рисунок 1 – Фазовая диаграмма  $CO_2$

Достаточно часто  $CO_2$  используются в каскадных системах промышленных холодильных установок. Применение данного природного хладагента в каскадных системах имеет целый ряд преимуществ:

- рабочее давление  $\text{CO}_2$  в каскадных системах не высокое 40...45 бар;
- эффективность такой системы высока даже в условиях жаркого климата;
- для высокотемпературного контура требуется маленькое количество хладагента;
- разность температур у каскадного теплообменника относительно низкая;
- возможность использования стандартного оборудования (компрессоров, регуляторов, клапанов).

Существуют различные виды каскадных холодильных систем на углекислом газе: системы с непосредственным кипением, системы с насосной циркуляцией, системы на  $\text{CO}_2$  с вторичным рассольным контуром или комбинации этих систем.

Каскадные системы, в которых рассол применяется в среднетемпературном контуре, а  $\text{CO}_2$  в низкотемпературном контуре постепенно уходят в прошлое и заменяются каскадными или транскритическими системами.

Высокая эффективность каскадных среднетемпературных систем на  $\text{CO}_2$  с насосной подачей и небольшим размером трубопроводов, как для низкотемпературных, так и для среднетемпературных применений, по сравнению с рассольными системами, делает эти установки уникальными.

Наиболее выгодным вариантом для применения этих систем являются установки с относительно высокой производительностью. В установках с небольшой производительностью или с сильно изменяющейся производительностью управление насосами системы является затруднительным.

### **Список использованных источников:**

1. Булавин Ю.П. Учебно-наглядное пособие – тематические иллюстрации по дисциплине «Холодильные и теплонасосные установки». РГУПС. - Ростов н/Д, 2020.
2. Учебник по холодильной технике. В. Маке, Г.-Ю. Эккерт, Ж.-Л. Кошпен.. Перевод с французского д.т.н В.Б. Сапожников. М., 1998.-1142 с.
3. Сайт – «Анером холод» Применение CO<sub>2</sub> как хладагента. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://anerom.by/primenenie-co2-kak-hladagenta/>