

УДК 697.911

Хладагенты и хладоносители систем кондиционирования воздуха

Канд. техн. наук, доцент **Никитин А.А.** andyquest@mail.ru

Рябова Т.В., Василенок А.В., Павловская В.А.

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

В статье рассмотрено основное назначение хладагентов и хладоносителей в системе кондиционирования и холодильной технике. Также рассмотрен стандарт, введенный международной организацией для обозначения хладагентов. Рассмотрена классификация хладагентов по воздействию на озоновый слой Земли, которая была предложена Монреальским протоколом в 1987 году. Классификация подразумевает в себе 3 основные группы хладагентов: хлорфторуглероды, хлористоводородные фторуглероды, гидрофторуглероды. Описаны и представлены в таблице основные свойства хладагентов: состав, потенциал истощения озонового слоя земли и глобального потепления, температурный глайд и горючесть. На основе PI диаграмм реальных азеотропного хладагента R22 и неазеотропного R407C описан основной смысл температурного глайда. Обозначена классификация теплоносителей по их назначению, агрегатному состоянию, диапазону рабочих температур, температуре замерзания. В последней таблице сведены температуры замерзания водных растворов хладоносителей в зависимости от их концентрации.

Ключевые слова: хладагент, хладоноситель, температурный глайд.

Refrigerants and coolants of air conditioning systems

Ph.D. **Nikitin A.A.**, andyquest@mail.ru

Ryabova T.V., Vasilenok A.V., Pavlovskaya V.A.

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

Considerated are the main mean of refrigerants and coolants in air conditioning and refrigeration equipment. Also considered the standard set by international organizations for designation to refrigerants. Are considerate the classification of refrigerants impact on the ozone layer of the Earth, which was proposed by the Montreal Protocol in 1987. Classification implies three main groups of refrigerants: chlorofluorocarbons, hydrochloric fluorocarbons, hydrofluorocarbons. Are described and presented basic properties of refrigerants in table: composition, the potential depletion of the ozone layer and global warming, temperature glide and flammability. Are described the basic meaning of the temperature glide based on PI diagrams real azeotropic refrigerant R22 and zeotropic R407C. Are designated classification coolants for their intended purpose, state of aggregation, operating temperature range, freezing point? The final table are summarized the freezing point of aqueous solutions of refrigerants depending on their concentration.

Keywords: refrigerants, coolants, temperature glide.

В настоящее время, как в различных отраслях промышленности, так и в повседневной жизни человека широко используется искусственный холод. Хранение продуктов питания на предприятиях торговли, технологические процессы промышленных предприятий, системы кондиционирования воздуха зданий различного назначения - далеко не полный перечень сфер применения холодильной техники.[1]

Любая система кондиционирования содержит в своем составе систему холодоснабжения. Более 90 % систем холодоснабжения используют в качестве хладагента фреоны. Хладагенты во многом определяют важные характеристики систем кондиционирования.[2]

Хладагент является легко летучим веществом, играющим роль передатчика тепла при циркулировании внутри контура охлаждающей системы, поглощает тепло от тел с низкой температурой, для того, чтобы передать его телам с более высокой температурой. В различных частях холодильного контура он изменяет своё агрегатное состояние. При переходе из жидкого состояния в газообразное, который осуществляется в испарителе, хладагент отбирает тепло у окружающей среды, вырабатывая тем самым холод. Потом отобранное тепло удаляется из холодильной машины в результате последующей конденсации хладагента в конденсаторе и передаётся другой среде. Чтобы какое-то вещество могло выполнять функции хладагента, необходимо, чтобы при атмосферном давлении его температура кипения была как можно ниже, объёмов паров, образующихся при испарении, а давление конденсации - не слишком высоким и легко достижимым. Кроме того, хладагент должен быть неагрессивным по отношению к конструкционным материалам и маслам, как можно менее токсичным, невоспламеняемым и взрывобезопасным. Другими словами, найти такое вещество, удовлетворяющее всем этим требованиям одновременно, невозможно. [3,4]

Международной организацией по стандартизации (ИСО) введен международный стандарт МС ИСО 817-94 на систему обозначения хладонов (ГОСТ 29265-91).[5,6] Эта система включает наименование и число. Буква *R* означает холодильный агент или хладагент (refrigerant), а цифры связаны со структурой молекулы хладагента.

Число атомов фтора N_F : 1-я цифра справа.

Число атомов водорода N_H : 2-я цифра справа – 1.

Число атомов углерода N_C : 3-я цифра справа + 1. (Если $N_C=1$, то 3-я цифра отсутствует).

Число атомов хлора N_{Cl} : $k * N_C - (N_H + N_F)$. Если $N_C = 1, 2, 3$, то $k = 4, 6, 8$ соответственно.

Если в молекуле есть бром, то после цифр добавляется буква *B* и число атомов брома.

Пример:

Например, *R022* означает: $C_{0+1=1}H_{2-1=1}F_2Cl_{4-3=1}$, то есть CHF_2Cl

R134a означает: $C_{1+1=2}H_{3-1=2}F_4Cl_{6-2-4=0}$, то есть $C_2H_2F_4$

У хладагентов неорганического происхождения цифры соответствуют их молекулярной массе увеличенной на 700.

Пример: аммиак NH_3 , $R717 \{14+3=17\}$, вода $R718$, углекислый газ $R744$.

Для хладагентов органического происхождения соединения без атомов водорода записывают цифрой 1, к которой прибавляют цифру, определяющую число атомов фтора. Их серия 600.

16 сентября 1987 г. в Монреале (Канада) представители 46 стран подписали Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой.

В связи с тем что к этому времени роль как хлора, так и брома в воздействии на стратосферный озон уже была доказана, в приложения к Протоколу были включены хлорфторуглероды (ХФУ) и бромсодержащие галоны, подлежащие регулированию его сторонами посредством обязательств по ограничению потребления, производства, импорта и экспорта.[7]

По воздействию на озон хладагенты делятся на 3 основные группы: CFC (ХФУ), HCFC (ГХФУ), HFC (ГФУ).

Первая группа CFC (ХФУ) – это хлорфторуглероды. Они являются разрушительными для озонового слоя. К данной категории относятся, такие хладагенты как $R113$, $R11$, $R12$ и другие хладоны, содержащие более одной молекулы хлора.

Следующая группа HCFC (ГХФУ) – это хлористоводородные фторуглероды, разрешены к ограниченному применению в переходные периоды. Самый известный из группы переходных хладонов HCFC – $R22$.

И наконец, заключающая группа, которая была разработана в качестве альтернативных хладагентов - гидрофторуглероды HFC (ГФУ). Они не содержат хлора и не реагируют с озоном.

Хладагенты обладают рядом свойств, которые представлены в таблице 1. Из приведенной таблицы видно, что для хладагента существует ряд критериев, по которым можно оценить его полезность, опасность и другие, необходимые при его использовании параметры. На примере хладона $R410a$, рассмотрим важные параметры хладагентов.

Фреон $R410a$ – это квазиазеотропная смесь $R125$ и $R32$. Хладон $R410a$ является фреоном нового поколения, который обладает рядом преимуществ перед такими хладагентами как $R22$ и др.[8]

Потенциал истощения озонового слоя атмосферы (ODP) $R410a$ равен нулю, в то время как у $R22$ он составляет 0,05. Потенциал глобального потепления (GWP) 2340, и сравнивая с другими хладагентами, например $R23$, видно, что его воздействие на климат не является таким высоким и опасным как у $R23$.

Температурный глайд – это физическое явление, когда хладагенты не взаимодействуют как одиночные субстанции, а процессы испарения и конденсации этих хладагентов происходят с изменением температуры и приводят к различному составу жидкой и паровой фазы.

Это важная характеристика хладагента, определяющая его эксплуатационные свойства и конструкцию соответствующей холодильной техники.

Наличие температурного глайда говорит о том, что состав жидкой и газообразной фазы, при определенной температуре, будет различный.[9,10]

$R410A$ является негорючим, как и $R22$, но в отличие от них, $R717$ и $R290$ – взрывоопасны, поэтому при работе с ними нужно обязательно соблюдать технику безопасности.

Таблица 1

Сводная таблица свойств хладагентов

Хладагент	Состав	ODP	GWP	Глайд	Горючесть
R22	-	0,05	1700	0	Нет
R134a	-	0	1320	0	Нет
R404a	R143/R125/R134a 52/ 44/ 4	0	4540	0,8	Нет
R407c	R32/125/R134a 23/ 25/ 52	0	1980	7,4	Нет
R410A	R32 / R125 50 / 50	0	2340	0,2	Нет
R507	R143/R125 50/ 50	0	4600	0	Нет
R23	-	0	12100		
R32	-	0	543	0	Да
R290 (пропан)	-	0	~20	0	Да
R717 (аммиак)	-	0	0	0	Да
R744 (CO ₂)	-	0	1	0	Нет

На рис 1. и рис 2. представлены P-I диаграммы реального азеотропного и неазеотропного хладагентов *R22* и *R407C*. На диаграммы нанесены основные линии постоянных параметров, которые используются для построения циклов холодильной машины: изобара, изотерма, изохора, адиабата и изоэнтальпа.

Существуют некоторые области фазового состояния хладагентов: переохлажденная жидкость, насыщенная жидкость, смесь жидкости и пара, насыщенный пар и перегретый пар, которые также нанесены на представленные диаграммы. Рассмотрев и внимательно сравнив диаграммы двух различных хладагентов, можно отметить, что в фазовой области «Смесь жидкости и пара» изобара и изотерма не совпадают у хладона *R407C*.

Это говорит о наличии температурного глайда *R407C* – в процессе испарения и конденсации, которого температура изменяется при одном и том же давлении.

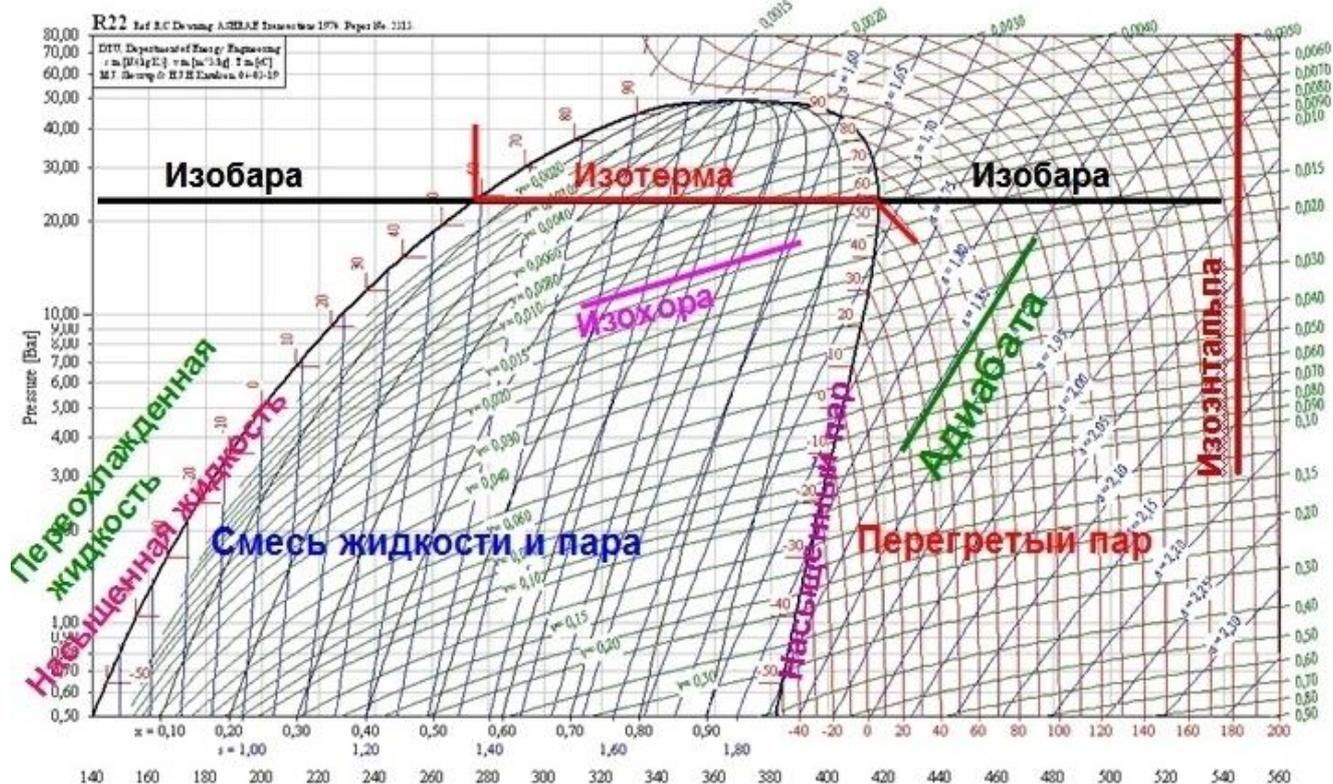


Рис 1. P-h диаграмма реального азеотропного хладагента R22

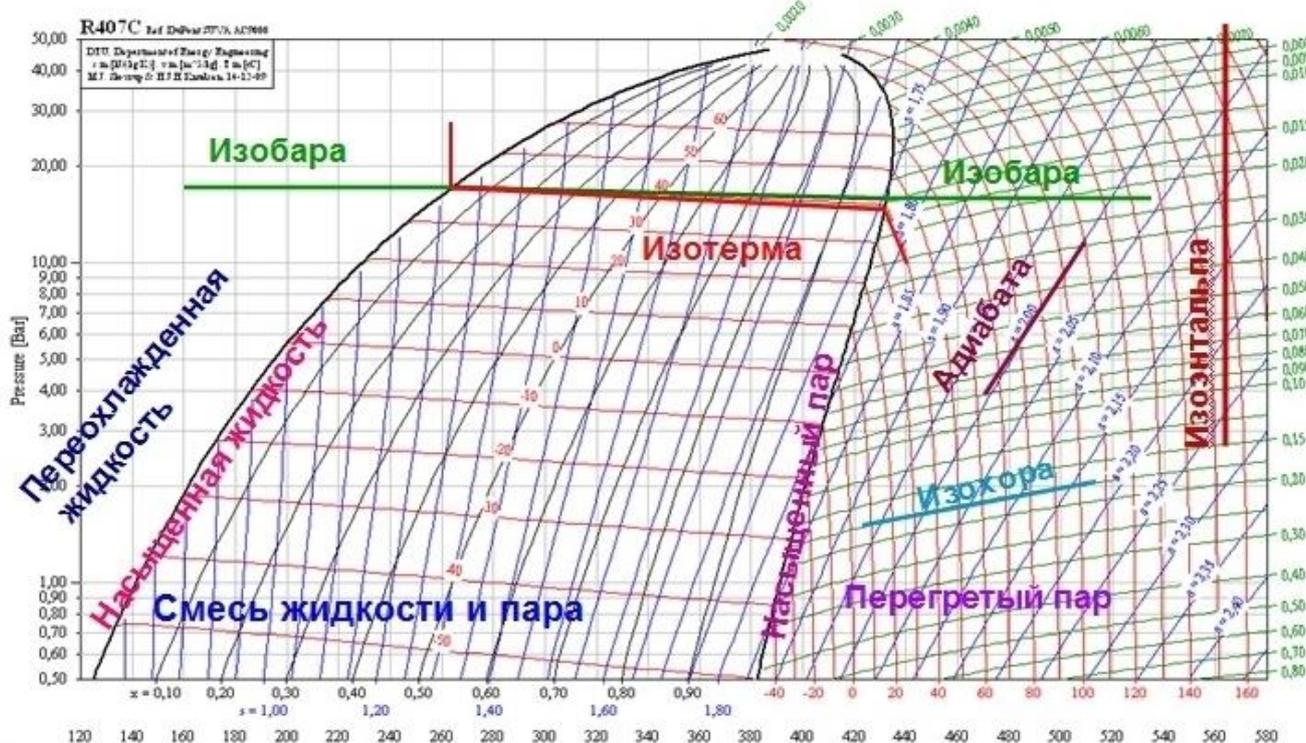


Рис 2. P-h диаграмма реального неазеотропного хладагента R407C

Хладоносители подразделяются на несколько групп. Классифицируют их по назначению, агрегатному состоянию, диапазону рабочих температур, температуре замерзания. По назначению выделяют хладоносители: греющий, охлаждающий, промежуточные тепло - и хладоносители. По агрегатному состоянию различают однофазные и многофазные (чаще двухфазные) хладоносители. По

диапазону рабочих температур выделяют высоко-, средне-, низкотемпературные и криогенные хладоносители. Наиболее распространенными из них являются вода, водяной пар, воздух, дымовые и топочные газы. По веществу, обуславливающему температуру замерзания (основа хладоносителя). Температура замерзания – температура, при которой вещество переходит в твердое состояние. Сопровождается, как правило, разрушением оборудования (размораживанием системы).

Таблица 2

Температуры замерзания водных растворов хладоносителей

Пропиленгликоль		Этиленгликоль		Хлорид натрия		Хлорид кальция	
Концентрация %	Температура замерзания °С	Концентрация %	Температура замерзания °С	Концентрация %	Температура замерзания °С	Концентрация %	Температура замерзания °С
10	-2,7	10	-5,6	10	-6,7	10	-9,3
15	-4,7	15	-8	15	-11	15	-10,9
20	-7,1	20	-10,3	20	-16,7	20	-16,1
25	-10,1	25	-12,8	23,3	-21,2	25	-29,3
30	-13,5	30	-15,8	25	-8,8	29,87	-55
35	-17,5	35	-19,6			30	-46
40	-21,7	40	-24,4				
45	-30,3	45	-30,6				
50	-35,1	50	-38,3				

В таблице 2. представлены температуры замерзания водных растворов хладоносителей в зависимости от их концентрации.

В настоящее время существует огромное количество различных хладагентов и хладоносителей. Каждый имеет определенные физические и химические свойства, достоинства и недостатки. Поэтому для совершенствования необходимо разрабатывать новые, улучшенные хладоносители и хладагенты.

Список литературы

1. <http://chillers.ru/about.php>
2. Харитонов Б.П., технический директор, А.Б. ХАРИТОНОВ, главный специалист, компания Daichi, <http://www.c-o-k.ru/articles/hladagenty-v-central-nyh-sistemah-kondicionirovaniya-korporacii-daikin>
3. Андрей Блинников «Какие бывают хладагенты и как они влияют на окружающую среду» <http://vatan.ru/freon.html>
4. «Холодильные агенты(хладоны) и хладоносители» <http://studopedia.org/2-79792.html>
5. ГОСТ 29265-91 <http://vsegost.com/Catalog/38/38482.shtml>
6. Большаков С.А. «Холодильные агенты и хладоносители» http://www.holodilshchik.ru/index_holodilshchik_issue_8_2005_Freon.htm
7. Монреальский протокол http://ru.wikipedia.org/wiki/Монреальский_протокол
8. «Хладагенты» http://www.ozonprogram.ru/upload/files/r/ruk/8_rukovodstvo_unido.pdf
9. «Хладагент R407C» <http://www.fuji-su.info/articles/1/>
10. <http://www.mir-klimata.info/archive/number07/article/article05/>