# Рабочие вещества холодильных машин и тепловых насосов

НиВИЭ

Тема: Тепловые

© УГТУ-УПИ Кафедра Атомной энергетики

# ВОПРОСЫ ЛЕКЦИИ

- **1. Классификация рабочих веществ**
- **2.Система обозначений хладонов**
- **3.Термодинамические характеристики хладонов**
- **4. Взаимодействие хладагентов с окружающей средой**

# Определение

**Рабочее вещество, посредством которого в холодильной машине (ХМ) осуществля-ется термодинамический цикл, называют хладагентом холодильным агентом или**

- Влияние на показатели работы холодильных машин и тепловых насосов оказывают следующие свойства хладагентов:

- **Термодинамические, теплофизические;**
- **Токсичность, пожаробезопасность;**
- **Взаимодействие с конструкционными материалами и смазочными маслами.**

# Классификация рабочих веществ

**Виды рабочих веществ и их условные обозначения**

**В настоящее время применяют порядка 20 хладагентов**

**Наиболее доступными хладагентами являются вода и воздух**

## Причины ограничения применения

**воды**

-низкое давление водяного пара (0,796 кПа при t=2С°)

-большие удельные объемы пара при низких t-рах (226 м$^3$/кг при t=0С°)

невозможность осуществления термодинамического цикла ХМ при отрицательных t-рах .

**воздуха**

- малая теплоемкость (около 1 кДж/(кг·К)), вследствие чего в ХМ должно циркулировать большое количество воздуха.

.

# Аммиак

Применяют в ХМ средней и крупной производительности для получения средних температур охлаждения.

**Недостатки:**

**-реагирует с большинством цветных металлов;**

**-взрывоопасен;**

**-пожароопасен;**

**-токсичен.**

**Достоинства:**

**-хорошие термодинамические свойства;**

**-высокая объемная холодопроизводительность;**

**-относительно невысокие давления конденсации;**

**-давления кипения близки к атмосферному.**

# Фреоны

**- фторхлорбромпроизводные углеводородов метана, этана, пропана и бутана.**

$C_m H_n F_p Cl_q Br_r$

*Это интересно!*

***Фреон*-торговая марка, принадлежащая американской фирме «Дюпон», которая в 1928 году впервы**

**Это обобщенная химическая формула фреона, где *m, n, p, q, r* - числа атомов химических элементов, входящих в состав данного фреона.**

**Иногда вместо термина «фреон» используют термин «хладон».**

- Возможны 15 типов соединений галогенпроизводных метана, 55 - этана, 332 - пропана, более 1000 - бутана

# Система обозначений хладонов

Международный стандарт МС ИСО 817-74

Система состоит из **наименования** -

буква ***R*** или слово *refrigerant* (хладагент) -

и **цифры**, связанной со структурой молекулы хладагента.

# Хладагенты неорганического происхождения

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

**Например:**

**вода ($H_2O$), M=18; -R718**

**аммиак ($NH_3$) - R717**

**двуокись углерода ($CO_2$) - R744**

# Хладоны - производные метана

Соединения без атомов водорода записывают цифрой 1, к которой подставляют **цифру, равную числу атомов фтора**.

**Например:** $CF_2Cl_2$ - R12; $CF_4$ - R14.

При наличии атомов водорода к первой цифре прибавляют число, равное числу незамещенных атомов водорода.

**Например:** $CHFCl_2$ - R21.

При наличии в молекуле хладона атомов брома к числовому обозначению добавляют букву В и цифру, соответствующую числу атомов брома.

**Например:** $CF_2Br$- R12B2.

# Производные этана, пропана, бутана

Перед цифрой, определяющей **число атомов фтора**, для производных **этана** ставится число **11, пропана -21, бутана -31**

**Например:** $C_2F_2Cl_4$ - R112; $C_4F_7Cl$ - R317.

При наличии атомов водорода **ко второй цифре** прибавляют число, равное числу **незамещенных атомов водорода.**

**Например:** $C_2H_3F_3$ - R143.

Если в молекуле хладона 10 и более атомов фтора, последние две цифры отделяются от предыдущей чертой.

**Например:** $C_4F_{10}$ - R31-10.

# Изомеры

**Начиная с галогенпроизводных этана появляются изомеры.**

Они имеют **одинаковое** цифровое обозначение и различаются строчной буквой в конце.

**Симметричный изомер обозначается только цифрами.**

Указанием асимметрии являются строчные буквы *а, в, с* и т.д.

**Например:**

**$CHF_2$ - $CHF_2$ - R134.**

**$CF_3CH_2F$ - R134a.**

# Азеотропная смесь

- Наряду с чистыми фреонами широко применяют и их смеси

- **Азеотропная смесь** — смесь двух или более жидкостей, состав которой не меняется при **кипении**.
- Например, азеотропная смесь воды и этилового спирта содержит смесь из 95,57% $C_2H_5OH$ и кипит при температуре 78,15°C.
- Этим объясняется принятая промышленная концентрация этилового спирта 96%: это азеотропная смесь и дальнейшей перегонкой её нельзя разделить на фракции. Температура кипения для азеотропной смеси может быть как меньше, так и больше температуры кипения компонента.

# Неазеотропная смесь

- Наряду с чистыми фреонами широко применяют и их смеси

- **Азеотропными** называются смеси, состоящие из двух и более компонентов (фреонов), которые кипят и конденсируются при постоянной температуре как однородные вещества.
- **Неазеотропные смеси** характеризуются разделением равновесных концентраций компонентов в жидкой и газовой фазах. Кипение и конденсация неазеотропных смесей происходит при переменных температурах.
- Их применяют для увеличения холодопроизводительности, снижения температур конца сжатия, расширения диапазона применения по температурам кипения и конденсации.

# Неазеотропные смеси хладагентов

**В обозначении указываются виды хладагентов, входящих в смесь, и их процентное содержание в смеси.**

**Например:** **R22/R12 (90/10) представляет собой смесь, состоящую из 90% R22 и 10% R12 .**

В обозначении хладагенты располагаются в порядке повышения нормальных температур кипения.

# Рабочие растворы абсорбционных ХМ

**Не имеют условных обозначений.**

Употребляют либо их **названия**, либо химические **формулы** их компонентов.

**Например:**

**рабочий раствор -**
**водный раствор бромистого лития,**
**или $H_2O$ - LiBr;**
**раствор метанол - бромистый литий,**
**или $CH_3OH$ - LiBr.**

# Хладагенты классифицируют по

**давлениям насыщенного пара**

**нормальным температурам кипения**

**Классификации по давлениям и температурам взаимосвязаны.**

хладагенты **высокого давления**

**2 - 7 МПа при t=30 $^0$C**

**( R13, R503, R744)**

хладагенты **среднего давления**

**0,3 - 2 МПа при t=30 $^0$C**

**( R717, R12, R22, R134a)**

хладагенты **низкого давления**

**< 0,3 МПа при t=30 $^0$C**

**( R11, R718, R113)**

**низкотемпературные**

**$t_н < -60\ ^0C$**

**среднетемпературные**

**$-60\ ^0C < t_н < -10\ ^0C$**

**высокотемпературные**

**$t_н > -10\ ^0C$**

**Хладагенты высокого давления являются низкотемпературными рабочими веществами, низкого давления - высокотемпературными.**

# Термодинамические характеристики рабочих веществ парокомпрессорных холодильных машин

## Рабочие вещества низкого давления

| Рабочее Вещество | Химич. формула | Молярная масса *M*, кг/кмоль | Нормальная температура кипения $t_н$, $^0$C | Критическая температура $t_{кр}$, $^0$C |
|---|---|---|---|---|
| *R718* | $H_2O$ | *18,016* | *100,0* | *374,15* |
| *R21* | $CHFCl_2$ | *102,92* | *8,73* | *178,50* |
| *R123* | $CF_3$-$CHCl_2$ | *152,9* | *27,9* | *183,8* |
| *R142* | $C_2H_3F_2Cl$ | *100,49* | *-9,20* | *136,45* |
| *R318* | $C_4F_8$ | *200,04* | *-5,97* | *115,32* |

# Термодинамические характеристики рабочих веществ парокомпрессорных холодильных машин

## Рабочие вещества низкого давления *продолжение*

| Рабочее Вещество | Критическое давление $p_{кр}$, МПа | Удельная теплота парообразования при 98 кПа $r$, кДж/кг | Газовая постоянная $R$, Дж/(кг·К) | Показатель адиабаты $k$ |
|---|---|---|---|---|
| *R718* | *22,11* | *2259,72* | *461,51* | *1,330* |
| *R21* | *5,173* | *239,0* | *80,78* | *1,160* |
| *R123* | *3,674* | *167,6* | *54,368* | *---* |
| *R142* | *4,138* | *223,5* | *82,74* | *1,135* |
| *R318* | *2,780* | *112,0* | *41,56* | *---* |

# Термодинамические характеристики рабочих веществ парокомпрессорных холодильных машин

## Рабочие вещества среднего давления

| Рабочее Вещество | Химич. формула | Молярная масса *M*, кг/кмоль | Нормальная температура кипения $t_н$, $^0$C | Критическая температура $t_{кр}$, $^0$C |
|---|---|---|---|---|
| R12 | $CF_2Cl_2$ | 120,91 | -29,74 | 112,00 |
| R22 | $CHF_2Cl$ | 86,47 | -40,81 | 96,13 |
| R32 | $CH_2F_2$ | 52,02 | -51,7 | 78,4 |
| R125 | $CHF_2 - CF_3$ | 120,0 | -49,3 | 66,25 |
| R134a | $CF_3CH_2F$ | 102,03 | -26,80 | 101,10 |
| R143 | $C_2H_2F_2$ | 84,04 | -47,58 | 73,10 |
| R152a | $CF_2H-CH_3$ | 66,05 | -24,15 | 113,3 |
| R290 | $C_3H_8$ | 44,10 | -41,97 | 96,81 |
| R717 | $NH_3$ | 17,03 | -33,35 | 132,40 |

# Термодинамические характеристики рабочих веществ парокомпрессорных холодильных машин

*продолжение*

## Рабочие вещества среднего давления

| Рабочее Вещество | Критическое давление $p_{кр}$, МПа | Удельная теплота парообразования при 98 кПа $r$, кДж/кг | Газовая постоянная $R$, Дж/(кг·К) | Показатель адиабаты $k$ |
|---|---|---|---|---|
| R12 | 4,119 | 166,0 | 68,76 | 1,140 |
| R22 | 4,990 | 229,0 | 96,16 | 1,160 |
| R32 | 5,830 | 391,9 | 159,8 | --- |
| R125 | 3,631 | 161,9 | 69,275 | --- |
| R134a | 4,067 | 217,8 | 81,49 | --- |
| R143 | 4,110 | 226,0 | 98,93 | --- |
| R152a | 4,520 | 331,9 | 125,9 | --- |
| R290 | 4,269 | 419,0 | 88,55 | 1,130 |
| R717 | 11,397 | 1360,0 | 488,16 | 1,300 |

# Термодинамические характеристики рабочих веществ парокомпрессорных холодильных машин

## Рабочие вещества высокого давления

| Рабочее Вещество | Химич. формула | Молярная масса *M*, кг/кмоль | Нормальная температура кипения $t_н$, $^0$C | Критическая температура $t_{кр}$, $^0$C |
|---|---|---|---|---|
| *R13* | $CF_3Cl$ | *104,46* | *-81,59* | *28,75* |
| *R14* | $CF_4$ | *88,0* | *-128,02* | *-45,65* |
| *R23* | $CHF_3$ | *70,01* | *-82,14* | *26,30* |
| *R170* | $C_2H_6$ | *30,07* | *-88,53* | *32,27* |
| *R150* | $CH_2=CH_2$ | *28,05* | *-103,74* | *9,50* |
| *R744* | $CO_2$ | *44,10* | *-78,50* | *31,20* |
| *воздух* | --- | *28,95* | *-192…-195* | *-140,70* |

# Термодинамические характеристики рабочих веществ парокомпрессорных холодильных машин

*продолжение*

## Рабочие вещества высокого давления

| Рабочее Вещество | Критическое давление $p_{кр}$, МПа | Удельная теплота парообразования при 98 кПа $r$, кДж/кг | Газовая постоянная $R$, Дж/(кг·К) | Показатель адиабаты $k$ |
|---|---|---|---|---|
| *R13* | *3,868* | *149,7* | *79,59* | *---* |
| *R14* | *3,745* | *136,3* | *94,48* | *1,220* |
| *R23* | *4,811* | *239,5* | *118,76* | *---* |
| *R170* | *4,934* | *470,0* | *276,51* | *1,250* |
| *R150* | *5,056* | *465,57* | *296,37* | *---* |
| *R744* | *7,383* | *573,13** | *188,54* | *1,300* |
| *воздух* | *3,756* | *196,80* | *288,0* | *1,400* |

*** - теплота сублимации**

# 4. Взаимодействие хладагентов с окружающей средой

# Химическая стабильность фреонов

**Химическая стабильность фреонов столь высока,**

**что молекулы этих веществ не разрушаются в тропосфере (до 16 км) и достигают стратосферы (45 км).**

**Под действием ультрафиолета происходит распад молекул фреонов с выделением атомов хлора.**

**ХЛОР вступает в реакцию с озоном с образованием**

**окислов и кислорода:** $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$

# Химическая стабильность фреонов

*Характеризуется:*

1. Температурой разложения
2. Воспламеняемостью;
3. Взрывоопасностью.

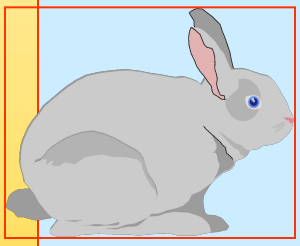
**t разложения фреонов применяемых в технике значительно выше tt, при которых работают ТН и ХМ (холод.маш).**

**Термическая устойчивость различна: АММИАК при 250 °С расп.на N и H.**

**$CO_2$ -при 1500 °С**

# Токсичность хладагентов

По степени токсичности хладагенты делятся на 6 классов.



Классификация основана на опытном изучении воздействия паров фреонов на подопытных животных.