

Рабочие вещества ХОЛОДИЛЬНЫХ машин и ТЕПЛОВЫХ насосов

НИВИ

Э

Тема:

ТЕПЛОВЫЕ

ВОПРОСЫ ЛЕКЦИИ

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Рабочее вещество, посредством которого

в холодильной машине (ХМ)

осуществля-

ется термодинамический цикл,

называют **хладагентом**

хлазодильным 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

настоящее
время
применяю
т
порядка
20

хладагент
ОВ

ВОДЫ

Наиболее доступными хладагентами
являются вода и воздух

Причины ограничения применения

воздуха

-низкое давление водяного пара (0,796 кПа при $t=2C^{\circ}$)
-большие удельные объемы пара при низких t -рах (226 м³/кг при $t=0C^{\circ}$)
невозможность осуществления термодинамического цикла ХМ при отрицательных t -рах .

- 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_tH_nF_pCl_qBr_r *Эт. Финт. ере. но!*

Фреон-торговая марка, принадлежащая

американской фирме «Дюпон»,
где *t, n, p, q, r* - числа атомов химических элементов,
которая в 1928 году **входящих в состав данного фреона.**

впервые 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:



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

Например:



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

Например:



Производные этана, пропана, бутана

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

Например:



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

Например:



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

Например:



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 *a*, *b*, *c* и т.д.

Например:



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 $78,15^{\circ}C$.
- 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 $\text{H}_2\text{O} - \text{LiBr}$;
раствор метанол - бромистый литий,
или $\text{CH}_3\text{OH} - \text{LiBr}$.

Хладагенты классифицируют по

давлениям
насыщенного
пара

нормальным
температурам
кипения

**Классификации по давлениям
и температурам взаимосвязаны.**

хладагенты **высокого** давления

2 - 7 МПа при $t=30\text{ }^{\circ}\text{C}$
(R13, R503, R744)

низкотемпературные

$$t_{\text{H}} < -60\text{ }^{\circ}\text{C}$$

хладагенты **среднего** давления

0,3 - 2 МПа при $t=30\text{ }^{\circ}\text{C}$
(R717, R12, R22, R134a)

среднетемпературные

$$-60\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{H}} < -10\text{ }^{\circ}\text{C}$$

хладагенты **низкого** давления

$< 0,3$ МПа при $t=30\text{ }^{\circ}\text{C}$
(R11, R718, R113)

высокотемпературные

$$t_{\text{H}} > -10\text{ }^{\circ}\text{C}$$

**Хладагенты Высокого давления
являются низкотемпературны-
ми рабочими веществами, низ-
кого давления - высокотемпера-
турными.**

Термодинамические характеристики рабочих веществ парокompрессорных холодильных машин

Рабочие вещества низкого давления

Рабочее Вещество	Химич. формула	Молярная масса M , кг/кмоль	Нормальная температура кипения t_n , °C	Критическая температура $t_{кр}$, °C
---------------------	-------------------	-------------------------------------	---	---

<i>R718</i>	<i>H₂O</i>	<i>18,016</i>	<i>100,0</i>	<i>374,15</i>
-------------	-----------------------	---------------	--------------	---------------

<i>R21</i>	<i>CHFCl₂</i>	<i>102,92</i>	<i>8,73</i>	<i>178,50</i>
------------	--------------------------	---------------	-------------	---------------

<i>R123</i>	<i>CF₃-CHCl₂</i>	<i>152,9</i>	<i>27,9</i>	<i>183,8</i>
-------------	--	--------------	-------------	--------------

<i>R142</i>	<i>C₂H₃F₂Cl</i>	<i>100,49</i>	<i>-9,20</i>	<i>136,45</i>
-------------	--	---------------	--------------	---------------

<i>R318</i>	<i>C₄F₈</i>	<i>200,04</i>	<i>-5,97</i>	<i>115,32</i>
-------------	-----------------------------------	---------------	--------------	---------------

Термодинамические характеристики рабочих веществ парокomppressorных 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
<i>R718</i>	<i>22,11</i>	<i>2259,72</i>	<i>461,51</i>	<i>1,330</i>
<i>R21</i>	<i>5,173</i>	<i>239,0</i>	<i>80,78</i>	<i>1,160</i>
<i>R123</i>	<i>3,674</i>	<i>167,6</i>	<i>54,368</i>	<i>---</i>
<i>R142</i>	<i>4,138</i>	<i>223,5</i>	<i>82,74</i>	<i>1,135</i>
<i>R318</i>	<i>2,780</i>	<i>112,0</i>	<i>41,56</i>	<i>---</i>

Термодинамические характеристики рабочих веществ парокompрессорных холодильных машин

Рабочие вещества среднего давления

Рабочее Вещество	Химич. формула	Молярная масса M , кг/кмоль	Нормальная температура кипения t_n , °C	Критическая температура $t_{кр}$, °C
<i>R12</i>	<i>CF₂Cl₂</i>	<i>120,91</i>	<i>-29,74</i>	<i>112,00</i>
<i>R22</i>	<i>CHF₂Cl</i>	<i>86,47</i>	<i>-40,81</i>	<i>96,13</i>
<i>R32</i>	<i>CH₂F₂</i>	<i>52,02</i>	<i>-51,7</i>	<i>78,4</i>
<i>R125</i>	<i>CHF₂-CF₃</i>	<i>120,0</i>	<i>-49,3</i>	<i>66,25</i>
<i>R134a</i>	<i>CF₃CH₂F</i>	<i>102,03</i>	<i>-26,80</i>	<i>101,10</i>
<i>R143</i>	<i>C₂H₂F₂</i>	<i>84,04</i>	<i>-47,58</i>	<i>73,10</i>
<i>R152a</i>	<i>CF₂H-CH₃</i>	<i>66,05</i>	<i>-24,15</i>	<i>113,3</i>
<i>R290</i>	<i>C₃H₈</i>	<i>44,10</i>	<i>-41,97</i>	<i>96,81</i>
<i>R717</i>	<i>NH₃</i>	<i>17,03</i>	<i>-33,35</i>	<i>132,40</i>

Термодинамические характеристики рабочих веществ парокomppressorных холодильных машин

Рабочие вещества среднего 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
<i>R12</i>	<i>4,119</i>	<i>166,0</i>	<i>68,76</i>	<i>1,140</i>
<i>R22</i>	<i>4,990</i>	<i>229,0</i>	<i>96,16</i>	<i>1,160</i>
<i>R32</i>	<i>5,830</i>	<i>391,9</i>	<i>159,8</i>	<i>---</i>
<i>R125</i>	<i>3,631</i>	<i>161,9</i>	<i>69,275</i>	<i>---</i>
<i>R134a</i>	<i>4,067</i>	<i>217,8</i>	<i>81,49</i>	<i>---</i>
<i>R143</i>	<i>4,110</i>	<i>226,0</i>	<i>98,93</i>	<i>---</i>
<i>R152a</i>	<i>4,520</i>	<i>331,9</i>	<i>125,9</i>	<i>---</i>
<i>R290</i>	<i>4,269</i>	<i>419,0</i>	<i>88,55</i>	<i>1,130</i>
<i>R717</i>	<i>11,397</i>	<i>1360,0</i>	<i>488,16</i>	<i>1,300</i>

Термодинамические характеристики рабочих веществ парокompрессорных холодильных машин

Рабочие вещества высокого давления

Рабочее Вещество	Химич. формула	Молярная масса M , кг/кмоль	Нормальная температура кипения t_n , °C	Критическая температура $t_{кр}$, °C
<i>R13</i>	<i>CF₃Cl</i>	<i>104,46</i>	<i>-81,59</i>	<i>28,75</i>
<i>R14</i>	<i>CF₄</i>	<i>88,0</i>	<i>-128,02</i>	<i>-45,65</i>
<i>R23</i>	<i>CHF₃</i>	<i>70,01</i>	<i>-82,14</i>	<i>26,30</i>
<i>R170</i>	<i>C₂H₆</i>	<i>30,07</i>	<i>-88,53</i>	<i>32,27</i>
<i>R150</i>	<i>CH₂=CH₂</i>	<i>28,05</i>	<i>-103,74</i>	<i>9,50</i>
<i>R744</i>	<i>CO₂</i>	<i>44,10</i>	<i>-78,50</i>	<i>31,20</i>
<i>воздух</i>	<i>---</i>	<i>28,95</i>	<i>-192...-195</i>	<i>-140,70</i>

Термодинамические характеристики рабочих веществ парокompрессорных холодильных машин

Рабочие вещества высокого 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
<i>R13</i>	<i>3,868</i>	<i>149,7</i>	<i>79,59</i>	<i>---</i>
<i>R14</i>	<i>3,745</i>	<i>136,3</i>	<i>94,48</i>	<i>1,220</i>
<i>R23</i>	<i>4,811</i>	<i>239,5</i>	<i>118,76</i>	<i>---</i>
<i>R170</i>	<i>4,934</i>	<i>470,0</i>	<i>276,51</i>	<i>1,250</i>
<i>R150</i>	<i>5,056</i>	<i>465,57</i>	<i>296,37</i>	<i>---</i>
<i>R744</i>	<i>7,383</i>	<i>573,13*</i>	<i>188,54</i>	<i>1,300</i>
<i>воздух</i>	<i>3,756</i>	<i>196,80</i>	<i>288,0</i>	<i>1,400</i>

*** - 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: $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$

Химическая стабильность фреонов

Характеризуется:

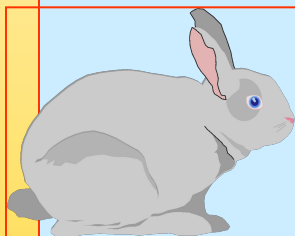
1. Температурой разложения
2. Воспламеняемостью;
3. Взрывоопасностью.

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

**Термическая устойчивость различна: АММИАК при 250 °С расп.на N и H.
CO₂ -при 1500 °С**

Токсичность хладагентов

По степени токсичности хладагенты делятся на 6 классов.



Классификация основана на опытном изучении воздействия паров фреонов на ПОДОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ.