

Міністерство освіти і науки України
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет низькотемпературної техніки і інженерної механіки

Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря

О.С. Подмазко

**Методичні вказівки
та примірний розрахунок
по курсовому та дипломному проектуванню з
дисципліни "Холодильні машини і установки
спеціального призначення"**

Методичні вказівки розглянуто і схвалено на засіданні кафедри холодильних машин ,установок і кондиціонування повітря прот. №1 від 29 серпня 2019р.

Обговорено, схвалено і рекомендоване завдання на засіданні вченої ради ФНТіМ прот. № від . .2019 р.

**Варіанти
завдань на курсовий проект по ХУСП**

№ п/п	Холодо- продук- тивність $Q_0, \text{кВт}$	Темпе- рату- ра в при- міщенні $t_0, ^\circ\text{C}$	Переохо- лодження в РТО $\Delta t_{\text{пер}}, ^\circ\text{C}$	Темпе- ратура на всасу- ванні $t_1, ^\circ\text{C}$	Темпе- ратура заборг- ної води $t_{\text{зв}}, ^\circ\text{C}$	Хладагент	
						Діючий	Альтер- нативний
1	2	3	4	5	6	7	8
1	3	+5	5	7	22	R-12	R-134a
2	4	+4	6	8	23	-<<-	-<<-
3	5	+3	7	9	24	-<<-	-<<-
4	6	+2	8	10	25	-<<-	-<<-
5	7	+1	5	7	26	-<<-	-<<-
6	8	0	6	8	25	R-22	R-407
7	9	-1	-	9	24	-<<-	-<<-
8	10	-2	-	10	23	-<<-	-<<-
9	10	-3	-	7	22	-<<-	-<<-
10	9	-4	-	8	28	-<<-	-<<-
11	8	-5	7	9	27	R-12	R-134a
12	7	-6	8	10	26	-<<-	-<<-
13	6	-7	5	7	25	-<<-	-<<-
14	5	-8	6	8	24	-<<-	-<<-
15	4	-9	7	9	23	-<<-	-<<-
16	10	-10	5	6	22	-<<-	-<<-
17	11	-12	6	7	23	-<<-	-<<-
18	12	-13	7	8	24	-<<-	-<<-
19	13	-14	8	9	25	-<<-	-<<-
20	14	-15	9	5	26	-<<-	-<<-
21	15	-16	8	6	27	-<<-	-<<-
22	14	-17	-	7	28	R-22	R-407
23	13	-18	-	5	27	-<<-	-<<-
24	12	-19	-	6	26	-<<-	-<<-
25	11	-2	-	7	25	-<<-	-<<-
26	10	-19	-	8	24	-<<-	-<<-
27	9	-	-	5	23	-<<-	-<<-
28	8	-	-	6	22	-<<-	-<<-
29	7	-	-	7	21	-<<-	-<<-
30	6	-	-	8	20	-<<-	-<<-

ЗАВДАННЯ
на курсовий проект по ХМУСП

Студент _____ курсу _____ групи _____

Керівник _____

Завдання:

Холодопродуктивність, Q_o , кВт _____

Температура в приміщенні, t_o °C _____

Переохолодження в РТО, $\Delta t_{рто}$ °C _____

Температура на всасуванні, t_1 °C _____

Температура забортої води, $t_{зв}$ °C _____

Холодоагент: **R-12** **R-134A**
 діючий альтернативний

Завдання отримав _____

Студент _____
(підпис)

Оцінка захисту роботи _____

Керівник _____ „ ” _____ 200__ р.
(підпис)

ЗМІСТ

курсного проекту по ХМУСП

1) Вступ

2) Анотація.

3) Розрахунок холодильної машини на базовому холодоагенті.

- розрахунок компресора.
- розрахунок конденсатора та випарювальника.
- розрахунок газового тракту.

4) Перерахування холодильної машини на альтернативний холодоагент.

- перевірочний розрахунок компресора.
- перевірочний розрахунок конденсатора та випарювальника.
- перевірочний розрахунок газового тракту.
- перевірка деталей на міцність.

5) ТВ та ТО холодильної машини.

- освідчення деталей компресора.
- підготовка холодильної машини до пуску, первинна заправка маслом і холодоагентом.
- регулювання робочого процесу (ТРВ).
- визначення наявності повітря в системі та його вилучення.
- зупинка машини та виведення її з дії на тривалий строк.
- техніка безпеки при експлуатації ХУ.

6) Висновки.

У вступній частині виконавець повинен освітити способи одержання штучного холоду , коротко викласти проблеми екології , вплив хлор-фтористих холодоагентів на озоновий шар земної атмосфери та необхідність переведення діючих холодильних машин на озонобезпечний холодоагент.

В висновках виконавець повинен проаналізувати одержані результати і дати рекомендації по проведенню ретрофіту.

Анотація (приклад)

Найпростіша система охолодження може складатися лише з двох тіл : охолоджуючого і охолоджуємого. Штучне охолодження – це процес відводу чи поглинання теплоти , який супроводжується зниженням температури тіла, яке охолоджується до більш низького рівня, ніж температура зовнішньої середи, потребуючий витрат енергії .

Робота містить в собі 14 таблиць з розрахунками холодильної установки на базовому та альтернативному холодоагенті, побудовані цикли на $lg p, h$ діаграмі холодоагентів R-12 та HFC-134a для дійсних та стандартних умов, висновки по розрахунку, а також інформація, яка необхідна механіку для проведення робіт з холодильними установками.

Холодильні машини і установки спеціального призначення

Таблиця 1- Вихідні дані

Холодопродуктивність, Q_0 кВт	9
Холодоагент	R-12
Температура в охолоджуваному приміщенні, t_0 °C	-5
Температура переохолодження в РТО, Δt_p °C	4
Температура на усмоктуванні, t_1 °C	14
Температура забортної води, $t_{з.в.}$ °C	24

Холодильні машини і установки спеціального призначення

Таблиця 2 - Розрахунок основних параметрів циклу

№	Обумовлена величина	Познач.	Розмірн.	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
Температура забортної води на:					
1	вході в конденсатор	$t_{\omega 1}$	°C	$T_{\omega 1}=t_{зв}+(2...4)$, де (2...4) °C - нагрів охолоджуючої води в трубопроводах забортної води до конденсатора	27
2	виході з конденсатора	$t_{\omega 2}$		$T_{\omega 2}=t_{\omega 1}+(4...6)$, де (4...6) °C - нагрів охолоджуючої води під час конденсації пари в конденсатора	32
3	Температура конденсації	t_k		$t_k=t_{\omega 2}+(2...4)$, де (2...4) °C додається в наслідок того, що температура конденсації холодоагенту повинна бути більшою, ніж температура охолоджуючої води для забезпечення повної конденсації холодоагенту	34
4	Температура холодоагенту на виході з конденсатора	t_4		$T_4=t_k-(1...2)$, де (1...2) °C - температура переохолодження в конденсаторі	33
5	Температура холодоагенту на виході з РТО (рідка фаза)	t_5		$T_5=t_4-\Delta t_p$, де Δt_p – температура переохолодження в РТО	29
6	Температура випарювання холодоагенту	$t_{вп}$		$t_{вп}=t_0-(8...10)$, де (8...10) °C - віднімається в наслідок того, що температура випарювання холодоагенту повинна бути нижче потрібної температури в приміщенні, яке охолоджується, для забезпечення потрібного температурного режиму	-14
7	Температура холодоагенту на вході в РТО (парова фаза)	t_7		$T_7=t_{вп}+(3...5)$, де (3...5) °C - перегрів пари холодоагенту у випарювальнику	-10
8	Температура холодоагенту на виході із РТО (парова фаза)	$t_{7'}$		$T_{7'}=t_7+\Delta t_p$, де Δt_p – температура перегріву в РТО	-6

Побудова циклу на $lg p, h$ діаграмі

При побудові циклу на $lg p, h$ діаграмі користуватись даними з таблиці №1, таблиці №2 та алгоритмом з додатка 2.

На $lg p, h$ діаграмах холодоагентів між пограничними кривими ізобари та ізотерми співпадають, та проходять уздовж осі ентальпії.

На $lg p, h$ діаграмі холодоагенту R-22 зеленим кольором побудований цикл для заданих умов, а червоним кольором побудований цикл для стандартних умов.

Стандартні умови для холодоагентів R-12 та R-22: $t_{к ст.} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{вп ст.} = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$

Холодильні машини і установки спеціального призначення

Таблиця 3 - Параметри холодоагенту R-12 у вузлових точках циклу (при визначенні параметрів користуватись побудованим циклом на $lg p, h$ діаграмі холодоагенту R-12)

№	t, °C	P, МПа	h, кДж/кг	v, м³/кг	Спосіб визначення	Стан холодоагенту
1	+14	0,18	564	0,12	3 побудованого циклу на діаграмі R-12	Суха перегріта пара на всасуванні компресора (на виході з РТО)
2	+58	7,9	595	X		Суха перегріта пара на вході в конденсатор (на нагнітанні компресора)
3	+34	7,9	X	x		Суха насичена пара в конденсаторі
4	+33	7,9	422	x		Рідинний холодоагент на вході в РТО (на виході з конденсатора)
5	+29	7,9	420	x		Рідинний холодоагент на початку процесу дроселювання у ТРВ (на виході з РТО)
6	-14	0,18	420	X		Паро-рідинна суміш на вході у випарювальник (на прикінці процесу дроселювання у ТРВ)
7	-10	0,18	550	x		Суха перегріта пара на вході в РТО (на виході з випарювальника)
7*	-6	0,18	552	x		Суха перегріта пара на виході з РТО (на всасуванні компресора)

Холодильні машини і установки спеціального призначення

Таблиця 4 - Розрахунок технічних параметрів холодильної установки для підбору компресора (при розрахунку користуватись даними з таблиць №1, №2, №3 та побудованого циклу на $lg p, h$ діаграмі діючого холодоагенту)

№	Обумовлена величина	Познач.	Розмірн.	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
1	Питома холодопродуктивність	q_0	кДж/кг	$q_0 = h_7 - h_6$	120
2	Об'ємна холодопродуктивність	q_v	кДж/м ³	$q_v = q_0 / v_1$	1332
3	Робота стиску в компресорі	ℓ	кДж/кг	$\ell = h_2 - h_1$	30
4	Теоретичний холодильний коефіцієнт	ε_T	-	$\varepsilon_T = q_0 / \ell$	4
5	Кількість холодоагенту циркулюючого в системі	G_0	кг/год	$G_0 = 3,6 \cdot Q_0 \cdot 1000 / q_0$	270
6	Годинний обсяг пари холодоагенту усмоктуваних компресором	V_0	м ³ /год	$V_0 = G_0 \cdot v_1$	24.3
7	Відносна величина шкідливого простору	C	-	$C = 0,015 \dots 0,05$	0,02
8	Тиск конденсації холодоагенту	P_k	МПа	3 побудованого циклу на діаграмі R-12	0.9
9	Тиск випарювання холодоагенту	$P_{вп}$			0,125
10	Температура конденсації холодоагенту	T_k	К	$T_k = 273 + t_k$	307
11	Температура випарювання холодоагенту	$T_{вп}$	К	$T_{вп} = 273 + t_{вп}$	259
12	Коефіцієнт подачі компресора	λ	-	$\lambda = [1 - C(P_k / P_{вп} - 1)] \cdot T_{вп} / T_k$	0,72
13	Годинний обсяг описуваний поршнями компресора	V_h	м ³ /год	$V_h = V_0 / \lambda$	33.75
14	Адіабатна потужність компресора	N_a	кВт	$N_a = \ell \cdot G_0 / 3600$	2.25
15	Індикаторний ККД компресора	η_i	-	$\eta_i = T_{вп} / T_k + 0,0025 \cdot t_{вп}$	0,808
16	Індикаторна потужність компресора	N_i	кВт	$N_i = N_a / \eta_i$	2.78
17	Умовний питомий тиск механічного тертя	P_m	кгс/см ²	$P_m = 0,4 \dots 0,6$	0,5
18	Потужність механічних витрат	N_m	кВт	$N_m = V_h \cdot P_m / 36,72$	0.46
19	Потужність на валу компресора	N_e		$N_e = N_i + N_m$	3.24
20	Механічний ККД	η_m	-	$\eta_m = N_i / N_e$	0,86
21	Дійсний холодильний коефіцієнт	ε_d	-	$\varepsilon_d = Q_0 / N_e$	2.7
22	Стандартна температура конденсації	$t_{k ст}$	°C	Стандартне значення	30
		$T_{k ст}$	К	$T_{k ст} = 273 + t_{k ст}$	303
23	Стандартна температура випарювання	$t_{вп ст}$	°C	Стандартне значення	-15
		$T_{вп ст}$	К	$T_{вп ст} = 273 + t_{вп ст}$	258
24	Питома об'ємна холодопродуктивність при стандартних умовах	$q_{v ст}$	кВт	Для R-12 $q_{v ст} = 1226$	1226
25	Тиск конденсації холодоагенту при стандартних умовах	$P_{k ст}$	МПа	3 побудованого циклу на діаграмі R-22	0.8
26	Тиск випарювання холодоагенту при стандартних умовах	$P_{вп ст}$			0.175
27	Коефіцієнт подачі компресора при стандартних умовах	$\lambda_{ст}$	-	$\lambda_{ст} = [1 - C(P_{k ст} / P_{вп ст} - 1)] \cdot T_{вп ст} / T_{k ст}$	0,78
28	Стандартна холодопродуктивність	$Q_{0 ст}$	кВт	$Q_{0 ст} = Q_0 (q_{v ст} \cdot \lambda_{ст}) / (q_v \cdot \lambda)$	11.2

Холодильні машини і установки спеціального призначення

Таблиця 5 - Вибір компресора
(при виборі користуватись даними з таблиці №4 та підручником Ю.С. Петрова "Судовые холодильные машины и установки")

№	Обумовлена величина	Познач.	Розмірн.	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
1	Марка компресора	ПГ-7	-	З підручника Ю.С. Петрова "СУДОВЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ и УСТАНОВКИ". Таблиця 2.3, стор. 90.	-
2	Кількість циліндрів	z	-		3
3	Діаметр втулки циліндра	$D_{вт}$	мм		42
4	Хід поршня	S	мм		32
5	Частота обертання вала	n	c^{-1}		48
6	Обсяг, описуваний поршнем	V_p	$m^3/год$		22.2
7	Холодопродуктивність при $t_0 = -15\text{ }^\circ C$, $t_k = +30\text{ }^\circ C$, R-12	Q'_0	кВт		8.7
8	Споживана потужність двигуном	$N_{дв}$	кВт		3.9

Холодильні машини і установки спеціального призначення

Таблиця 6 - Розрахунок технічних параметрів холодильної установки для підбора конденсатора

(при розрахунку користуватись даними з таблиць №1, №2, №3, №4 та додатком 1)

№	Обумовлена величина	Познач.	Розмірн.	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
1	Теплове навантаження конденсатора	Q_k	кВт	$Q_k = Q_0 + G_0 \cdot (h_2 - h_1)$	11.25
2	Коефіцієнт теплопередачі віднесений до внутрішньої поверхні трубок	K_k	-	$K_k = 450 \dots 500$	480
3	Коефіцієнт запасу поверхні (на заглушку частини трубок у випадку їхнього ушкодження)	$\eta_{до}$	-	$\eta_{до} = 1,05 \dots 1,15$	1,12
4	Температурний напір	$\theta_{до}$	°С	$\theta_{до} = (t_{\omega 2} - t_{\omega 1}) / 2,31 \cdot \lg((t_k - t_{\omega 1}) / (t_k - t_{\omega 2}))$	4.98
5	Охолодна поверхня конденсатора	F_k	м ²	$F_k = 1000 \cdot Q_k \cdot \eta_k / K_k \cdot \theta_k$	5.27
6	Теплоємність води	C_{ω}	кДж/кг·К		4,187
7	Щільність води	ρ	кг/м ³		1000
8	Коефіцієнт запасу подачі насоса	η_{ω}	-	$\eta_{\omega} = 1,05 \dots 1,1$	1,1
9	Необхідна подача насоса забортної води	V_{ω}	м ³ /год	$V_{\omega} = 3600 \cdot Q_k \cdot \eta_{\omega} / C_{\omega} \cdot \rho \cdot (t_{\omega 2} - t_{\omega 1})$	2.12
10	Теплове навантаження випарювальних батарей	$Q_{вп}$	кВт	$Q_{вп} = (1,05 \dots 1,15) \cdot Q_0$	9.9
11	Коефіцієнт робочого часу випарювального апарата	b	Вт/м ² ·К	$b = 0,7 \dots 0,8$	0,8
12	Різниця температур повітря в охолоджуваному приміщенні й у випарювальнику	$\Delta t_{вп}$	°С	$\Delta t_{вп} = t_0 - t_{вп}$	-19
13	Коефіцієнт теплопередачі випарювальних апаратів	$K_{вп}$	Вт/м ² ·К	З додатка 1	13
14	Розрахункова поверхня випарювальних апаратів	$F_{вп}$	м ²	$F_{вп} = Q_{вп} \cdot 1000 / b \cdot K_{вп} \cdot \Delta t_{вп}$	286

Таблиця 7 - Вибір конденсатора

(при виборі користуватись даними з таблиці 6 та підручником Ю.С. Петрова "Судовые холодильные машины и установки")

№	Обумовлена величина	Познач.	Розмірн.	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
1	Марка конденсатора	МКТНР -16		З підручника Ю.С. Петрова "СУДОВЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ и УСТАНОВКИ". Таблица 2.12, стор. 141.	-
2	Тип	Хладоновий кожухотрубний			-

3	Площа поверхні теплообміну	$S_{\text{конд}}$	м^2	10
4	Довжина трубок	-	мм	1500
5	Кількість циліндрів	-	-	60

Холодильні машини і установки спеціального призначення

Таблиця 8 - Розрахунок газового тракту холодильної установки
(при розрахунку користуватись даними з таблиць 3, 4 та 5)

№	Обумовлена величина	Познач.	Розмірн.	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
1	Швидкість холодоагенту на усмоктуванні	$\omega_{\text{ус}}$	м/с	$\omega_{\text{ус}}=12\dots17$	15
2	Діаметр усмоктувального патрубку	$D_{\text{ус}}$	м	$D_{\text{ус}}=[(V_{\text{н}} \cdot \lambda / 3600) / (0,785 \cdot \omega_{\text{ус}})]^{1/2}$	0,02
3	Швидкість холодоагенту на нагнітанні	$\omega_{\text{н}}$	м/с	$\omega_{\text{н}}=17\dots22$	22
4	Діаметр нагнітального патрубку	$D_{\text{н}}$	м	$D_{\text{н}}=[(V_{\text{н}} \cdot \lambda \cdot v_2 / 3600) / (0,785 \cdot \omega_{\text{н}} \times v_1)]^{1/2}$	0,009
5	Площа поршня компресора	$F_{\text{п}}$	м^2	$F_{\text{п}}=\pi \cdot D_{\text{п}}^2 \cdot 10^{-6} / 4$	0,001
6	Швидкість холодоагенту в усмоктувальній щілині	$\omega_{\text{щ}}$	м/с	25...35	25
7	Середня швидкість поршня	$C_{\text{п}}$		$C_{\text{п}}=2 \cdot S \cdot n \cdot 10^{-3}$	3.1
8	Площа щілини пластинчастого клапана	$f_{\text{ус}}$	м^2	$f_{\text{ус}}=C_{\text{п}} \cdot F_{\text{п}} / \omega_{\text{щ}}$	0.00012
9	Висота підйому клапана	h	м	$h = 0,001\dots0,0015$	0,001
10	Внутрішній діаметр кільцевого клапана	$d_{\text{вн}}$		$d_{\text{вн}}=f_{\text{ус}} / \pi \cdot h$	0,04
11	Швидкість холодоагенту в отворі усмоктувального клапана	$\omega_{\text{оук}}$	м/с	$\omega_{\text{оук}}=12\dots17$	15
12	Сумарна площа отворів у всмоктувальному клапані	$f_{\text{оук}}$	м^2	$f_{\text{оук}}=C_{\text{п}} \cdot F_{\text{п}} / \omega_{\text{оук}}$	0,0004
13	Кількість отворів	n	-	$n = 24\dots36$	30
14	Діаметр одного отвору на усмоктуванні	$d_{\text{отву}}$	м	$d_{\text{отву}}=(4 \cdot f_{\text{оук}} / \pi \cdot n)^{1/2}$	0,0049
15	Швидкість холодоагенту в отворі на нагнітанні	$\omega_{\text{снк}}$	м/с	$\omega_{\text{снк}}=22\dots27$	23
16	Сумарна площа отворів у нагнітальному клапані	$f_{\text{снк}}$	м^2	$f_{\text{снк}}=C_{\text{п}} \cdot F_{\text{п}} / \omega_{\text{снк}}$	0,0007

17	Діаметр одного отвору на нагнітанні	$d_{отвн}$	м	$d_{отвн}=(4 \cdot f_{снк}/\pi \cdot n)^{1/2}$	0,0031
----	-------------------------------------	------------	---	--	--------

Холодильні машини і установки спеціального призначення

Таблиця 9 - Вихідні дані, необхідні для перерахунку на новий холодоагент

Холодоагент	HFC-134a
Заданося температурами, що відповідають заданому режиму:	
Температура холодоагенту на лінії насичення, t^{a_3} °C	34
Температура холодоагенту на лінії сухої пари ($x=1$), t^{a_7} °C	-10
Температура на усмоктуванні, t^{a_1} °C	14
Температура переохолодження в РТО, $\Delta t^{a_ж}$ °C	6

Побудова циклу на $lg p, h$ діаграмі

При побудові циклу на $lg p, h$ діаграмі користуватись даними з таблиці №2, таблиці №9 та алгоритмом з додатка 2.

На $lg p, h$ діаграмах холодоагентів HFC-134a між пограничними кривими ізобари та ізотерми співпадають, та проходять уздовж осі ентальпії.

На $lg p, h$ діаграмі холодоагентів FX-56, SUVA HP 80, SUVA HP 81 між пограничними кривими ізобари та ізотерми не співпадають (внаслідок того, що ці хладони складаються з декількох елементів, які поводять себе незалежно один від одного), ізобари проходять уздовж осі ентальпії, а ізотерми під невеликим кутом до осі ентальпій. У цьому випадку процес конденсації та випарювання хладоагента треба будувати по ізобарі.

На $lg p, h$ діаграмі холодоагента HFC-134a зеленим кольором побудований цикл для заданих умов.

Холодильні машини і установки спеціального призначення

Таблиця 10 - Перерахунок параметрів суднової холодильної установки під альтернативний холодоагент (при розрахунку користуватись даними з таблиць 1, 6, 9 та побудованим циклом на $lg p, h$ діаграмі HFC-134a)

№	Обумовлена величина	Познач.	Розмірн.	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
1	Температура в крапці початку конденсації	t^{a_3}	°C	З побудованого циклу на діаграмі HFC-134a	35
2	Коефіцієнт теплопередачі віднесений до внутрішньої поверхні трубок	K^{a_k}	-	$K^{a_k}=450\dots 500$	470
3	Коефіцієнт запасу поверхні (на заглушку частини трубок у випадку їхнього ушкодження)	η^{a_k}	-	$\eta^{a_k}=1,05\dots 1,15$	1,12
4	Теплове навантаження конденсатора	Q^{a_k}	кВт	$Q^{a_k}=F_k \cdot K^{a_k} \cdot \theta_k / 1000 \cdot \eta^{a_{до}}$	7.28
5	Ентальпія холодоагенту на усмоктуванні в компресорі	h^{a_1}	кДж/кг	З побудованого циклу на діаграмі HFC-134a	417
6	Ентальпія холодоагенту на нагнітанні з компресора	h^{a_2}			452
7	Кількість холодоагенту циркулюючого в системі	G^{a_0}	кг/с	$G^{a_0}=(Q^{a_k}-Q_0)/(h^{a_2}-h^{a_1})$	0.037
8	Питома холодопродуктивність	q^{a_0}	кДж/кг	$q^{a_0}=Q_0/G^{a_0}$	162
9	Ентальпія холодоагенту в крапці початку перегріву	h^{a_7}	кДж/кг	З побудованого циклу на діаграмі HFC-134a	402
10	Ентальпія дроселювання	h^{a_6}			240
11	Температура холодоагенту на виході з РТО (рідка фаза)	t^{a_5}	°C	З побудованого циклу на діаграмі HFC-134a	29
12	Температура дроселювання	t^{a_6}			-10

13	Температура холодоагенту на вході в РТО (рідка фаза)	t^a_4		$t^a_4 = t^a_5 + \Delta t^a_{ж}$	34
14	Ентальпія холодоагенту на вході в РТО (рідка фаза)	h^a_4	кДж/кг	3 побудованого циклу на діаграмі SUVA HP 81	245
15	Ентальпія холодоагенту на вході в РТО (парова фаза)	h^a_7			397

Таблиця 11 - Параметри та стан холодоагенту HFC-134a у вузлових крапках циклу (при визначенні параметрів користуватись побудованим циклом на $lg p, h$ діаграмі холодоагенту HFC-134a) Холодильні машини і установки спеціального призначення

№	t^a , °C	P^a , МПа	i^a кДж/кг	v^a , м ³ /кг	Спосіб визначення	Стан холодоагенту
1	14	0.2	417	0.12	3 побудованого циклу на діаграмі HFC-134a	Суша перегріта пара на всасуванні компресора (на виході з РТО)
2	68	0.85	452	0.029		Суша перегріта пара на вході в конденсатор (на нагнітанні компресора)
3	35	0.85	-	-		Суша насичена пара в конденсаторі
4	34	0.85	245	-		Рідинний холодоагент на вході в РТО (на виході з конденсатора)
5	29	0.85	240	-		Рідинний холодоагент на початку процесу дроселювання у ТРВ (на виході з РТО)

6	-14	0.2	240	-	Паро-рідинна суміш на вході у випарювальник (на прикінці процесу дроселювання у ТРВ)
7	-10	0.2	397	-	Суха перегріта пара на вході в РТО (на виході з випарювальника)
7'	-14	0.2	402	-	Суха перегріта пара на виході з РТО (на всасуванні компресора)

Холодильні машини і установки спеціального призначення

Таблиця 12 - Перерахунок технічних параметрів холодильної установки при роботі на новому холодоагенті (при розрахунку користуватись даними з таблиць 4, 10, 11 та побудованим циклом на $lg\ p, h$ діаграмі холодоагенту HFC-134a)

№	Обумовлена величина	Познач.	Розмірн.	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
1	Об'ємна холодопродуктивність	q_{av}	кДж/м ²	$q_{av}=q_{a0}/v_{a1}$	1350
2	Робота стиску в компресорі	ℓ^a	кДж/кг	$\ell^a=h_{a2}-h_{a1}$	35
3	Теоретичний холодильний коефіцієнт	ε_T	-	$\varepsilon_T=q_{a0}/\ell^a$	4.63
4	Годинний обсяг пари холодоагенту усмоктуваних компресором	V_{a0}	м ³ /год	$V_{a0}=3600 \cdot G_{a0} \cdot v_{a1}$	16
5	Тиск конденсації холодоагенту	P_{ak}	МПа	3 побудованого циклу на діаграмі SUVA HP 81	0.85
6	Тиск випарювання холодоагенту	P_{avn}			0.2
7	Коефіцієнт подачі компресора	λ^a	-	$\lambda^a=[1-C(P_{ak}/P_{avn}-1)] \cdot T_{avn} / T_k$	0.8
8	Годинний обсяг описуваний поршнями компресора	V_{ah}	м ³ /год	$V_{ah}=V_{a0}/\lambda^a$	20
9	Адіабатна потужність компресора	N_{a_a}	кВт	$N_{a_a}=\ell^a \cdot G_{a0}$	1.3
10	Індикаторна потужність компресора	N_{a_i}		$N_{a_i}=N_{a_a}/\eta_i$	1.57
11	Потужність механічних витрат	N_{a_m}		$N_{a_m}=V_{ah} \cdot P_m / 36,72$	0.27
12	Потужність на валу компресора	N_{a_e}		$N_{a_e}=N_{a_i} + N_{a_m}$	1.84

При виконанні нерівностей $|\Delta V_n| < (10...12)\%$ та $|\Delta N_e| < (10...12)\%$, можемо використовувати холодильну установку при роботі на альтернативному холодоагенті.

$$40.7\% > 12\%$$

$$38.4\% > 12\%$$

Дістаємось висновку, що холодильна установка не зможе працювати на альтернативному холодоагенті.

Таблиця 13 - Перевірочний розрахунок газового тракту

№	Обумовлена величина	Познач.	Розмірн.	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
1	Швидкість холодоагенту на усмоктуванні	$\omega^{a_{yc}}$	м/с	$\omega^{a_{yc}} = V^{a_h} \cdot \lambda^a / 3600 \cdot 0,785 \cdot D_{yc}^2$	14.15
2	Різниця швидкості на усмоктуванні між холодоагентами	$\Delta\omega_{yc}$		$\Delta\omega_{yc} = \omega_{yc} - \omega^{a_{yc}}$	0.85
3	Швидкість холодоагенту на нагнітанні	ω^{a_h}		$\omega^{a_h} = V^{a_h} \cdot \lambda^a \cdot v^{a_2} / 3600 \cdot 0,785 \cdot v^{a_1} \cdot D_h^2$	16.9
4	Різниця швидкості на нагнітанні між холодоагентами	$\Delta\omega_h$		$\Delta\omega_h = \omega_h - \omega^{a_h}$	5.1

Нерівність $\Delta\omega_{yc} < 0$ і $\Delta\omega_h < 0$ показує що газовий тракт установки не зможе працювати при новому холодоагенті.

Таблиця 14 - Перевірка деталей на міцність

Перевірка деталей на міцність зводиться до перевірки на міцність самої навантаженої деталі, якою є кришка циліндрів поршневого компресора. (при розрахунку користуватись даними з таблиць 4, 5, 8, 12 та посібником Міжнародної Академії Холоду)

№	Обумовлена величина	Познач.	Розмірн.	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
1	Максимальний тиск альтернативного холодоагенту	P^a	МПа	$P^a = P^{a_k} + 0,1 \times P^{a_k}$	1.98
2	Ширина циліндрової кришки (відстань між осями крайніх отворів)	b_k	мм	За даними обраного компресора	120
3	Товщина циліндрової кришки	δ			73
4	Довжина циліндрової кришки (відстань між осями крайніх отворів)	a			205
5	Постійний коефіцієнт, який характеризує можливу не якість виготовлення деталей	k		$k = \text{const}$	0.7
6	Напруга вигину для альтернативного холодоагенту	$G^{a_{\text{виг}}}$	Н	$G^{a_{\text{виг}}} = b_k^2 \cdot k \cdot P^a \cdot 10^6 \cdot F_n / 2 \cdot \delta^2 (1 + (b_k/a)^2)$	4991
7	Максимальний тиск фреону	P	МПа	$P = P_k + 0,1 \times P_k$	1.485
8	Напруга вигину для фреону	$G_{\text{виг}}$	Н	$G_{\text{виг}} = b_k^2 \cdot k \cdot P \cdot 10^6 \cdot F_n / 2 \cdot \delta^2 (1 + (b_k/a)^2)$	3743
9	Визначимо на скільки відсотків зміниться напруга в кришці після переведення системи на альтернативний холодоагент	$\Delta G_{\text{виг}}$	%	$\Delta G_{\text{виг}} = ((G_{\text{виг}} - G^{a_{\text{виг}}}) / G_{\text{виг}}) \cdot 100\%$	-33.3

Перевищення напруги в кришці циліндрів компресора понад 20% не дозволяє застосовувати альтернативний холодоагент для даної установки.

Дістаємось висновку, що компресор ПГ 7 не зможе працювати на альтернативному холодоагенті.

Додаток 1
Розрахункові величини коефіцієнта теплопередачі
для випарювальних апаратів

Найменування випарювальних апаратів	Температура в охолоджуваному приміщенні t_0 , °C	Коефіцієнт теплопередачі $K_{вп}$, УТ/(м ² ·К)
Батареї екранні	-12...-2	4,6...7
Батареї ребристі	0...+12	3,5...4,6
Повітроохолоджувачі	-12...-2	2,9...3,5
	-18...-2	11,6...13,8
	0...+12	16,3

Додаток 2
Алгоритм побудови циклу на $lg p, h$ діаграмі:

- 1) На нижній пограничній кривій ставимо точку, яка відповідає t_k .
- 2) Проводимо пряму лінію, яка паралельна осі ентальпій (конденсація, ізобарний процес (для холодоагентів R-12, R-22, HFC-134a цей процес також є ізотермічним)).
- 3) На цій прямій ставимо точки 4, 5, які відповідають t_4 та t_5 .
- 4) З точки 5 проводимо лінію, яка паралельна осі тиску.
- 5) На цій лінії ставимо точку 6, яка відповідає $t_{вп}$.
- 6) З точки 6 проводимо лінію, яка паралельна осі ентальпій (випарювання, ізобарний процес (для холодоагентів R-12, R-22, HFC-134a цей процес також є ізотермічним)).
- 7) На цій лінії ставимо точки 7, 7', 1, які відповідають t_7 , $t_{7'}$ та t_1 .
- 8) Проводимо через точку 1, яка паралельна лінії адіабат.
- 9) В точці перетинання ліній, проведених через точку 1 та через точки 4 та 5 отримаємо точку 2.

- 10) В точці перетинання верхньої пограничної кривої та лінії, проведеної через крапки 4 та 5, отримуємо крапку 3, яка відповідає стану насиченої пари холодоагенту.

5 Технічна експлуатація СХМ (Зразок)

5.1. Технічне використання СХМ включає в себе систему заходів, направлених на підтримання температурних режимів в охолоджуваних приміщеннях.

Необхідно, на основі лабораторних робіт, виконаних в попередньому семестрі, описати:

- підготовку холодильної машини до пуску;
- пуск машини і вивід на режим;
- регулювання ТРВ (привести рисунок);
- виявлення наявності повітря в системі та його вилучення;
- спостереження за режимами роботи, характерні їх відхилення та причини, які до цього приводять;
- зупинка.

5.2. Технічне обслуговування включає в себе систему заходів, направлених на забезпечення безвідмовної роботи ХМ.

Необхідно описати:

- первинну зарядку маслом і хладоном;
- знаходження витоків масла і хладону і їх ліквідація;
- випробування системи на герметичність;
- експлуатаційна дозарядка маслом і хладоном;

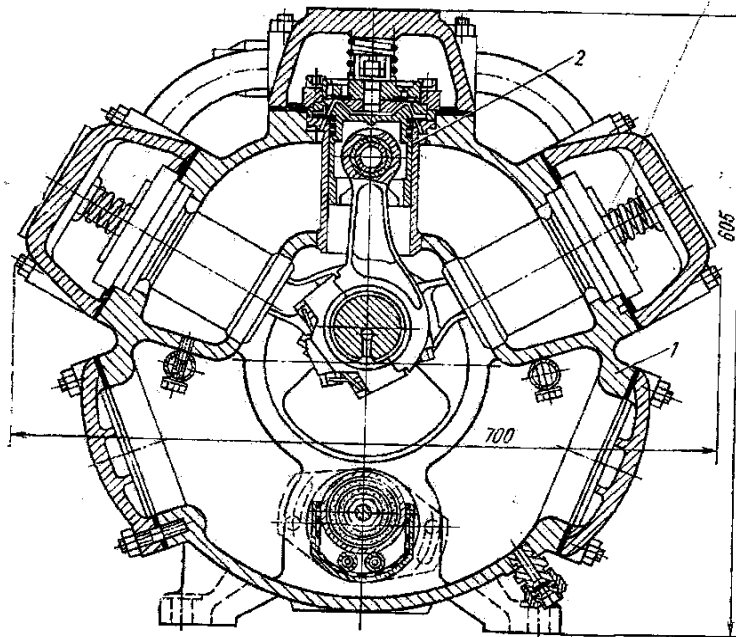
5.3. Регулювання РНТ; РВТ; РКЗ.

5.4. Представити рисунки (можна ксерокопію) компресора і конденсатора і дати повну характеристику та описати освідчення деталей ЦПГ, заміну сальника.

5.5. Правила ТБ при експлуатації СХМ.

Перелік літератури

1. Загоруйко В.О., Голюков О.А. Суднова холодильна техніка.-К.: Наукова думка, 2002.
2. Швецов Г.М., Ладин Н.В. Судовые холодильные установки и их эксплуатация. – М.: Транспорт, 1986.
- 3.Петров Ю.С.Судовые холодильные машины и установки. Л.:Судостроение, 1991.
- 4.Правила технической эксплуатации судовых технических средств.РД 31.21.30-83. М.: В/О«Мортехинформреклама», 1984.
- 5.Захаров Ю.В. Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины.- Л.: Судостроение, 1979.
- 6.Занько О.Н., Писклов В.Т., Белый В.Н. Расчет, комплектация и техническое обслуживание судовых систем кондиционирования воздуха. - М.: В/О «Мортехинформреклама», 1985.
- 7.Дудко Н.В., Абрамчук В.В. Справочник механика по судовым рефрижераторным установкам. - М.: Транспорт, 1979.
- 8.Белый В.Н., Занько О.Н., Харин В.М. Судовые холодильные установки и их эксплуатация в вопросах и ответах. Учебное пособие.- М.: Мортехинформреклама, 1992.



Безкрейцкопфний непрямочний W-образний одноступеневий без сальниковий холодильний компресор ПБ60

1 – блок-картер; 2 – циліндрові втулки; 3 – ротор; 4 – статор; 5 – фільтр; 6 – масляний насос; 7 – камера; 8, 9 – частини клапанного устрою; 10 – шатунно-поршнева група; 11 – двохопорна схема вала; 12 – фільтр.

Огляд деталей компресора

Компресор складається з наступних основних вузлів:

1. Картер литий чавунний закритого типу. Має блок циліндрів розташований на картері, з кріпленням до нього за рахунок фланцевого з'єднання.

Підшипники встановлюються з одного боку роликові, з іншого кулькові. З одного боку встановлений металевий сальник з графітовим ущільненням. З іншого боку, на торці валу встановлений сухар, що перешкоджає переміщенню колінчастого валу від пружини сальника.

Картер в нижній порожнині заповнюється маслом для мастила пар, що труться. Для огляду корінних і шатунних підшипників, а також збірки кривошипно-шатунного механізму в картері є бічні і торцеві отвори, що закриваються кришками. Через передній торцевий отвір при збірці вводять (або при розбиранні виймають) колінчастий вал.

Для спостереження за рівнем масла в картері є обрядове скло. У компресорах малої потужності (ФВ-6) картери мають одну торцеву кришку.

2. Блок циліндрів – литий, виготовляють з високоміцного чавуну, має у верхній частині фланець, для кріплення клапанної дошки. Блок кріпиться за допомогою шпильок до картера. У верхній частині циліндрів блоки циліндрів закриваються внутрішньою і зовнішньою кришками. У хладонових компресорах

внутрішня кришка(клапанна дошка), на якій розташовані клапани, закріплена між циліндром і зовнішньою кришкою.

3. Колінчасті вали виконуються, як правило, двоколінчастими і двоопорними. Корінні шийки валу встановлюють в підшипниках кочення або ковзання, розташованих в картері компресора. Підшипники кочення застосовують кулькові і роликові. Як підшипники ковзання використовують бронзові і чавунні втулки.

На шатунних шийках колінчастого валу закріплюють шатуни, кількість яких залежить від конструкції компресора. Шатунні і корінні шийки з'єднуються за допомогою щік, на яких є противаги для урівноваження сил і моментів інерції. На подовжений кінець валу встановлюється сальник і напів муфта, що закріплюється на валу гайкою.

Для підведення мастила до підшипників ковзання в компресорах з примусовою її подачею в шийках і щоках колінчастого валу просвердлені канали з виходом на поверхню шатунних і корінних шийок.

4. Поршні відкриті (тронкові) прохідні і непрохідні застосовують в безкрейцкопфних компресорах. Прохідні поршні з отворами і вікнами для проходу пари холодоагенту використовують в прямоточних компресорах, а непрохідні поршні з верхнім суцільним дном – в непрямоточних. Тронкові поршні для зменшення маси виготовляють порожнистими і відкритими з боку картера.

На внутрішній поверхні поршнів є приливи (бобишки) в місцях проходження отворів для поршневого пальця. У отворах бобишек проточені канавки для установки пружинних шайб, що обмежують осьове переміщення поршневого пальця.

Прохідний поршень має подовжену форму. У головці поршня встановлюється всмоктуючий клапан. Перегородка в поршні відокремлює порожнину всмоктування від картера. На бічній поверхні поршня зроблені канавки для установки ущільнювачів (компресорних) і маслоз'ємних кілець. Канавки для кілець, ущільнювачів, проточують у верхній частині поршня, а для маслоз'ємних кілець - в нижній частині (спідниці) поршня. Отвори в канавках поршня служать для повернення масла в картер компресора.

Непрохідний поршень відрізняється простотою конструкції і невеликою масою. Канавки для маслоз'ємних кілець роблять безпосередньо за компресійними кільцями або у нижньої кромки поршня.

5. шатун сполучає колінчастий (ексцентриковий) вал з поршнем і служить для перетворення обертального руху валу в зворотно-поступальний рух поршня. Шатуни є стрижнями двотаврового перетину з двома головками.

У отвір верхньої нероз'ємної головки шатуна запресовують бронзову втулку. Втулка є підшипником поршневого пальця (головний підшипник). Нижня роз'ємна головка шатуна служить для з'єднання з колінчастим валом. Роз'єм нижньої головки може бути горизонтальним, перпендикулярним осі шатуна, або косим. Знімна нижня частина головки з'єднується з шатуном двома шатунними болтами.

6. Шатунні болти є найбільш відповідальними деталями компресора, від яких залежить його надійна і безаварійна робота. Матеріалом для шатунних болтів служить якісна вуглецева або легована сталь.

7. Гайки шатунних болтів виконуються корончатими, при збірці вони шплінтуються щоб уникнути само відгвинчування.

8. Сальники призначені для ущільнення приводного кінця колінчастого валу в місці виходу його з картера. По конструктивному виконанню розрізняють сальфонні і одно- або двосторонні пружинні сальники, що само встановлюються з кільцями тертя. Сальники забезпечують ущільнення як по осі, так і перпендикулярно осі валу.

9. Клапанна плита з клапанами, розташована між блоком циліндрів і кришкою.

Для всмоктуючі клапанів плита є розеткою для нагнітальних сідел. Сідла і плита шліфується по площинах. Пластини нагнітальних клапанів круглі. Клапанна плита розділяється внутрішньою перегородкою кришки циліндрів на всмоктуючі і нагнітальну порожнини.

Всмоктуючі і нагнітальні клапани відокремлюють порожнини всмоктування і нагнітання компресора від його робочої порожнини. Через всмоктуючі клапани холодна пара з порожнини всмоктування компресора поступає в циліндр компресора, а через нагнітальні клапани стисла гаряча пара виходить в нагнітальну порожнину.

10. Система мастила в компресорах служить для зменшення зносу корінних і шатунних підшипників, циліндрів, поршневих кілець і поршнів, а також для створення додаткової щільності в сальниках і поршневих кільцях.

Для мастила компресорів застосовують спеціальні мінеральні або синтетичні масла, що мають високу температуру спалаху і низьку температуру застигання.

Розрізняють дві системи мастила: розбризкуванням (барботажем) і примусову. При барботажному мастилі масло, що знаходиться в картері, розбризкується нижніми головками шатуна, що обертаються, і противагами, створюється масляний туман, який осідає на поверхні деталей, що труться, змащуючи і охолоджуючи їх. Така система мастила здійснюється в малих компресорах.

Середні і крупні компресори оснащені, як правило, примусовою системою мастила. У малих герметичних компресорах також застосовується примусова система мастила, що виконується під дією відцентрованих сил або від ротаційного насоса. Відцентровий спосіб мастила простий і надійний. Вертикальний вал компресора виконує функцію насоса. У нижній частині валу, зануреній в масляну ванну, є радіальні свердлення, сполучені з вертикальними каналами, зміщеними щодо осі валу. Масло в радіальних отворах під дією відцентрової сили підходить до вертикальних каналів і по ним до шатунним і верхньому корінному підшипникам.

Підготовка холодильної машини до пуску

Перед пуском установки необхідно оглянути її зовнішній вид: переконатися у відсутності сторонніх предметів, що заважають пуску, а також перевірити по оглядових стеклах наявність в картері компресора масла. Для компресорів з примусовим змазуванням рівень масла повинен складати $\frac{1}{2}$ оглядового скла. При змазуванні розбризкуванням рівень повинен бути дещо вищий – $\frac{2}{3}$. Потім по оглядовому склу перевіряють рівень рідкого холодоагенту в конденсаторі (ресівері). Якщо оглядового скла немає, визначити, чи досить в системі хладону, можна тільки під час роботи установки.

Перед пуском автоматизованої фреонової холодильної установки після тривалої бездіяльності необхідні наступні операції: повернути від руки вал компресора і переконатися, що він обертається без заїдань; відкрити всі необхідні запорні вентиля водяної і розсолної систем; відкрити всмоктуючий і нагнітальний вентиля компресора, відкрити повністю запорні вентиля на паровому (від камерних випарників) колекторі.

Запорні вентиля на рідинному колекторі для підключення камерних випарників відкривають спочатку на $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ обороту і відразу включають компресор. Після пуску

компресора, не допускаючи зниження тиску всмоктування нижче 0,02 МПа (0,2 кгс/см²), поступово відкривають запорний вентиль конденсатора або ресивера, а потім поступово збільшують до повного відкриття запорних вентилів на рідинному колекторі. Установку переводять в автоматичний режим.

Надійність роботи холодильної установки в значній мірі залежить від міцності і щільності як її окремих вузлів, так і установки в цілому. Тому після закінчення монтажу холодильної установки на судні або ремонті, при якому з системи був повністю видалений холодильний агент, перед заповненням установки хладоном необхідно виконати наступні дії:

- продути систему стислим повітрям (при цьому потрібно використовувати осушене підігріте повітря);
- продути систему азотом для нейтралізації вологи в системі;
- випробувати систему холодильного агента на герметичність.

Випробувати систему ХУ на герметичність можна тиском і вакуумом.

При випробуванні тиском використовують сухий азот, вуглекислоту або ретельно осушене повітря (останнє в судових умовах забезпечити складно). Всі фреонові холодильні установки випробовують при надмірному тиску: на стороні нагнітання для R12-1,4 МПа (14,0 кгс /см²), для R22-2,0 МПа (21,0 кгс /см²); на стороні низького тиску для R12-1,0 МПа(10,5 кгс /см²), для R22-1,6 МПа (16,0 кгс /см²). Для випробування системи холодильного агента найчастіше використовують інертний газ – азот або вуглекислоту, що поставляються на судна в балонах.

Розглянемо, як проводиться випробування на герметичність фреонової холодильної установки з безпосереднім охолодженням. Через наповнювальний вентиль, що служить для заповнення холодильної установки хладоном, балон з газом за допомогою зарядної трубки під'єднують до системи. Випробовують систему тиском при відключених автоматичних приладах і заглушених

запобіжних клапанах. Якщо автоматичний прилад має обвідною трубопровод, для його відключення закривають запорні вентиля по обидві сторони приладу. Інакше прилад демонтують і на його місце встановлюють перемичку. Для перевірки герметичності трубних грат знімають кришки конденсаторів і кожухотрубних випарників. Перед наповненням системи газом необхідно зробити наступне: відкрити всі запорні вентиля, окрім повітряпускних і вентилів, що відсікають автоматичні прилади; замінити манометри і мановакууметри, розраховані на вимірювання тиску менших, ніж тиск випробування, манометрами з відповідними шкалами. Газ знаходиться в балоні під високим тиском порядку 12-14 МПа, тому систему наповнюють через редуційний вентиль. Наповнення ведуть поступово до тиску 1,0 МПа (10,5 кгс /см²) для R12 і 1,6 МПа (16,0 кгс/см²) для R22. Потім вентиль на балоні і наповню вальний вентиль закривають і роблять перерву на 25-30 хв, необхідну для вирівнювання тиску у всіх частинах системи. Одночасно перевіряють, чи немає в системі сильних витоків. Якщо протягом цього часу тиск в системі не знижується, закривають всмоктуючий і нагнітальний вентиля компресора і роз'єднують нагнітальні і всмоктуючі трубопроводи системи холодильного агента. Для цього закривають вентиля на рідинному колекторі або (якщо вони передбачені) запорні вентиля перед кожним камерним ТРВ. Потім, відкривши вентиль на балоні і наповню вальний вентиль, підвищують тиск тільки на стороні нагнітання до 1,4 МПа (14,0 кгс /см²) для R12 і 2,0 МПа (21,0 кгс/см²) для R22. Після цього, закривши вентиль на балоні і наповню вальний вентиль, від'єднують балон від системи, а до вентиля підключають манометр.

Далі приступають до перевірки герметичності системи. Для цього обмилюють всі роз'ємні з'єднання, а також місця паяння і зварки. Особливо ретельно обмилюють трубні грати кожухотрубних конденсаторів. Для обмилювання готують густу мильну піну. Щоб піна швидко не висихала, в неї додають декілька крапель гліцерину. Перед обмилюванням з'єднання повинне бути зовні очищено і досуха витерто. Витоки виявляються по появі міхурів. Якщо протягом 1-1,5 хв. не з'явиться бульбашок, з'єднання вважається щільним. Якщо фланцеве з'єднання має борт, ущільнювача меншого діаметру, ніж фланці, вирізують смугу газети, рясно змащують її піною і наклеюють зовні по колу на фланці, герметизуючи з'єднання труб. Потім проколюють сірником отвір в папері між фланцями, обмилюють його і протягом декількох хвилин контролюють появу бульбашок. Метод досить надійний, але він вимагає певного навичку. Якщо виток з системи немає, фіксують час, температуру приміщення і тиск в системі. Під вказаним тиском сторони високого і низького тиску витримують протягом 18 ч. Протягом цього періоду кожену годину відзначають тиск в системі і температуру навколишнього повітря. За перші 6 ч тиск в системі може знизитися, але не більше ніж на 2%. Це пояснюється тим, що при різкому підвищенні тиску в системі зростає температура газу, що заповнив системи. В процесі вирівнювання температури газу з температурою навколишнього середовища тиск в системі дещо знижується. Протягом подальших 12 ч тиск повинен залишатися постійним за умови постійності температури навколишнього повітря.

Випуск з системи азоту або вуглекислоти рекомендується здійснювати так, щоб одночасно забезпечити продування системи з метою очищення

трубопроводів від гязі і іржі. Продування розгалужених систем проводять спочатку по частинах з виключенням апаратів з частини трубопроводів, що продувається (в цілях запобігання осіданню в них гязі і окалини).

Після випробування системи холодильного агента приступають до випробування інших систем: забортної води і розсолу. Трубопровід охолоджуючої води, водяна частина конденсаторів, трубопровід, розсолу, в зборі з апаратурою і батареями, включаючи частину, розсолу випарників, випробовують гідравлічним тиском не менше 1,25 робочого тиску. Для цього системи заповнюють водою і піднімають в ній тиск за допомогою ручного гідравлічного насоса. Якщо протягом 5 хв. тиск залишається постійним, система вважається такою, що витримала випробування на герметичність. Після випробування необхідно ретельно промити систему прокачавши її робочим насосом до виходу з неї абсолютно чистої води.

Для видалення з системи повітря і неконденсуючих газів, а також для осушення її від вологи перед заповненням холодильним агентом, проводять вакуумування. При опресуванні системи холодильного агента нещільності в ній можуть закупоритися окалиною або іншими механічними частинками. Під час експлуатації нещільність, що залишилася, буде неминуче розмита хладоном і з'являться витоки. Вакуумування системи допомагає виявити ці прихованні дефекти.

Перед випробуванням системи вакуумом встановлюють на місце всі штатні автоматичні прилади, зняті на час випробування системи тиском. Випробування проводять за допомогою насоса вакууму. Перед початком вакуумування системи перевіряють, чи всі запорні і соленоїдні вентиля, окрім ventilів, що сполучають систему із зовнішнім середовищем, відкриті. Приводять в дію насос вакууму і знижують в системі абсолютний тиск. На початку випробування ретельно спостерігають за роботою і температурою насоса вакууму. Якщо вона збільшується вище допустимої, то насос на якийсь час зупиняють. Перед зупинкою обов'язково закривають вентиль на системі агента. При досягненні в системі найбільшого розрідження, насос вакууму продовжує працювати протягом 4 год.

Під час роботи насоса вакууму ретельно осушують систему від вологи. Для цього водяні і розсоли порожнини конденсаторів і випарників заливають водою з $t=50-80^{\circ}\text{C}$ або подають відпрацьовану пару при надмірному тиску не більше 0,12 МПа (1,2гкс/см²).

Якщо осушують систему безпосереднього охолодження в камерах включають електрогрівки для підвищення температури до 45-60^oC. Підігрів апаратів сприяє інтенсивному випаровуванню вологи в системі, що знаходиться під вакуумом. Через 5-6 год. припиняють нагрів системи, закривають наповнювальний вентиль, зупиняють і від'єднують насос вакууму.

Установки з безсальниковими компресорами повинні додатково випробуватися розрідженням протягом 8 год., оскільки в цьому випадку потрібна підвищена сухість системи холодильного агента.

Після того, як температура апаратів порівнюється з температурою навколишнього середовища, записують час і розрідження в системі, визначений

по вакуумметру. Випробування системи під вакуумом проводять протягом 12 год. Величину розрідження в системі записують через кожні 2 год. Якщо в продовженні 12 год. при постійній температурі навколишнього середовища залишковий тиск в системі не підвищиться, результати випробувань вважають задовільними.

Необхідно знати, що при недостатньому осушенні системи від вологи залишковий тиск в кінці випробування підвищиться за рахунок парціального тиску вологи, що випарувалася. У такому разі систему необхідно ще раз випробувати під вакуумом і просушити з подальшою витримкою під вакуумом 12 год.

Після цього система випробується на герметичність хладоном. Випробування на герметичність хладоном проводять на першому етапі зарядки системи, коли систему заповнили до 0,2 МПа (2кгс/см²). Герметичність системи, заповненої хладоном, перевіряють обмилуванням, галоїдною лампою або електронним галоїдним течейскателем.

Первинна зарядка системи холодоагентом і маслом

Первинна зарядка системи відбувається таким чином:

- балон з хладоном встановлюють вертикально, головкою вгору.
- відкривають вентиль на балоні на 1-3 с, продуваючи його.

При цьому з балона повинен виходити газоподібний, а не рідкий хладон. Вихід рідкого хладону указує на переповнювання балона, що викликає його підвищену вибухонебезпеку, оскільки тиск в балоні може опинитися в кілька разів вище нормального. В цьому випадку необхідно кілька разів відкрити вентиль на балоні до появи пароподібного хладону. Перед введенням в систему агента, незалежно від напису фарбою на балоні, необхідно переконатися в тому, що в балоні знаходиться хладон потрібної, а не іншої марки. Для цього на штуцер вентиля встановлюють манометр, відкривають вентиль і вимірюють тиск в балоні. Знаючи температуру хладону в балоні, рівну температурі приміщення, в якому тривалий час знаходився балон, звіряють тиск в балоні з табличним значенням тиску насиченої пари хладону при даній температурі.

Контроль кожного зарядженого в систему балона є обов'язковим. Для цієї мети можна використовувати манометр. Використання хладону-22 для заповнення системи холодильної установки, призначеної для роботи на хладоні-12, не вирішується зважаючи на вище робоче тиску.

Перевірений балон з хладоном, встановлений вентилям вниз, під'єднують за допомогою зарядної трубки до вентиля наповнення. Повітря із зарядної трубки продувають хладоном при ослабленій накидній гайці на штуцері вентиля. Вентиль на обвідному трубопроводі закривають, щоб хладон перед надходженням в систему обов'язково проходив через фільтр-осушувач.

Вентиль наповнення і вентиль на балоні відкривають і заповнюють систему пароподібним хладоном до тиску 0,2 МПа (2кгс/см²). Зарядку тимчасово припиняють для перевірки цих з'єднань на щільність.

Подальше наповнення системи здійснюється при звичайній роботі холодильної установки (з подачею охолоджуючої води на конденсатор,

створенням теплового потоку у випарній системі і нормальною циркуляцією розсолу). Запорний клапан на рідинному трубопроводі від ресівера закрити. При заповненні ресівера наповнення системи рідким холодоагентом припиняється, відкривається запорний клапан на рідинному трубопроводі від ресівера і частина холодоагенту пере пускається у випарну систему. Після закриття запорного клапана на рідинному трубопроводі наповнення системи продовжується. Система холодильної установки заповнюється на 90% розрахункової маси холодоагенту. В процесі пробної роботи холодильної установки визначаються заповнення апаратів і судин холодоагентом і при необхідності проводять поповнення системи. Повністю заправлену систему перевіряють на щільність, потім складають акт про її наповнення з вказівкою загальної маси холодоагенту, заправленого в систему.

Поповнення системи холодильної установки холодоагентом в процесі експлуатації проводиться аналогічно наповненню. Масу холодоагенту, заправленого в систему, фіксують у вахтовому журналі холодильної установки.

Заповнення маслом компресора виконується трьома способами, які залежать від типу машини і наявності інструменту:

- відкритий
- закритий
- за допомогою масляного насоса.

Відкритий спосіб. Запускають систему охолодження конденсатора, відкривають нагнітальний вентиль на компресор. Залишають компресор включеним при закритому всмоктуючому вентилю. Знижують тиск в камері до 0,07-0,14. Зупиняють компресор, закривають нагнітальний вентиль. Знімають манометр на компресорі і випускають той, що звідти залишився холодоагент. Знімають пробку на камері компресора і заливають маслом до необхідного рівня. Трохи відкривають всмоктуючий вентиль компресора, закривають всмоктуючий вентиль і ставлять на місце пробку для заміни масла, встановлюють манометр на місце відкритого нагнітального вентиля компресора, включають компресор. Відкривають всмоктуючий вентиль компресора, перевіряють рівень масла по оглядовому склу.

Зарядка системи холодильним агентом проводиться через спеціальний вентиль на рідинній лінії з обов'язковою установкою фільтру осушувача. Один кінець шланга приєднують до цього вентиля, а інший кінець до балона. Включають охолодження конденсатора, і закривають вентиль на рідинному трубопроводі після конденсатора. Відкривають вентиль балона з холодоагентом, випускають повітря з шланга і відкривають вентиль на рідинній лінії. Доти поки система не буде заряджена, закривають вентиль на балоні і на системі. Від'єднують шланг. Кількість холодоагенту визначають по рівню в конденсаторі, наявністю обмерзання приладів охолодження.

Регулювання робочого процесу

В процесі роботи установки тиск кипіння хладону у випарниках, тиск конденсації і температури в охолоджуваних приміщеннях поступово знижуються.

Мета регулювання роботи холодильної установки: підтримка необхідного температурного і вологісного режимів у всіх охолоджуваних приміщеннях при

найбільш економічній і безпечній роботі установки; забезпечення безвідмовної роботи приладів захисту і аварійно-попереджувальної сигналізації.

Дія механізму терморегулюючого вентиля відбувається таким чином:

При підвищенні температури термобаллона тиск пари в ньому підвищується і передається по капілярній трубці на мембрану, яка, розтягуючись тисне на шток, стискає регулювальну пружину і відкриває клапан. При пониженні температури термобаллона цей процес йде в зворотному напрямі і клапан закривається.

Регулювання перегріву здійснюється шляхом зміни стиснення регулювальної пружини за допомогою регулювальної шестерні, вмонтованої у верхній корпус вентиля. Обертаючи регулювальну шестерню по напрямку годинникової стрілки, можна підібрати регулювальну пружину і тим самим підвищити перегрів, обертаючи проти годинникової стрілки – ослабити пружину і понизити перегрів.

Визначення наявності повітря в системі

ВИЗНАЧЕННЯ ЗА НЕПРЯМИМИ ПОКАЗНИКАМИ: Візуально, за наявності повітря в системі тиск нагнітання зростає на якусь величину в порівнянні з нормальним і стрілка манометра нагнітання вібує, зменшується холодопродуктивність компресора, збільшується витрата енергії.

ТОЧНА ОЦІНКА НАЯВНОСТІ ПОВІТРЯ В СИСТЕМІ:

1. Весь фреон з системи компресора відсмоктується і заганяється в конденсатор при закритому клапані з конденсатора.

2. Закрити клапана всмоктування і нагнітання на компресорі після його зупинки.

3. Відкрити повністю клапана входу і виходу заборотної води на конденсаторі.

4. Охолоджуємо фреон в конденсаторі заборотною водою до того моменту, коли температура заборотної води на вході і виході конденсатора стане однаковою.

5. По манометру конденсатора визначаємо тиск конденсації ФРЕОНУ при конкретній температурі заборотної води.

6. За допомогою діаграми $P-h$ ентропія для Ф134а або Ф22 визначаємо який же додатковий тиск пари фреону (без наявності повітря в ньому) в тій же діаграмі.

7. Наявність повітря в системі визначаємо по парціальному тиску повітря в системі, тобто при порівнянні свідчення манометра конденсатора і одержаного з діаграми.

ВИДАЛЕННЯ: повітря з системи видаляють через спеціальний клапан, що знаходиться на верхній точці конденсатора або використовують для цієї мети будь-який штуцер на верхній частині конденсатора (наприклад, манометр і т.д.).

Теоретично необхідно випустити $1,6 \text{ кг/см}^2$ фреону. Проте в практиці випускають $0,2-0,3 \text{ кг/кв.см}$ менше з наступних причин:

щоб не втратити фреон в кінці випуску;

щоб не засмічувати атмосферу фреоном.

Зупинка холодильної машини

Зупинка машини на термін менше доби вважається короткочасною, а на термін більше 15 діб – тривалою. Для короткочасної зупинки холодильної машини малої продуктивності досить зупинити компресор, перекрити воду на конденсатор,

вимкнути живлення на щиті і закрити запорні вентиля на рідинному колекторі. Вентилі можна при короткочасній зупинці не закривати, якщо є повна упевненість в герметичності камерних соленоїдних вентилів.

При зупинці на тривалий час слідє при закритому вентилі за конденсатором (ресівером) відкачати (при необхідності кілька разів) хладон з випарників до тиску 0,02 МПа (0,2 кгс/см²) для попередження вологого ходу компресора при подальшому пуску. Після цього необхідно не зупиняючи компресора, закрити його всмоктуючий вентиль, понизивши тиск в картері до тиску в системі, відключити компресор, закрити його нагнітальний вентиль і припинити охолодження конденсатора; при небезпеці розморожування злити воду з системи охолодження конденсатора. Якщо РНД налаштований на розмикання контактів при вищому тиску, чим 0,02 МПа, контакти його замикають примусово. На середніх і великих установках на додаток до перерахованих операцій слід закрити всі запорні вентиля на системі, включаючи запорні вентиля вимірювальних і автоматичних приладів.

При консервації установки, підготовці її до ремонту, пов'язаного з розтином механізмів і апаратів, і ряду інших випадків виникає необхідність в повному видаленні хладону, який перекачують в балони, залишаючи в системі надмірний тиск близько 0,02 МПа (0,2 кгс/см²). Перед видаленням агента з системи необхідно підготувати потрібну кількість балонів. Шляхом зовнішнього огляду перевірити справність вентиля, наявність клейма і терміни раніше проведеного і подальшого огляду кожного балона.

Техніка безпеки при експлуатації СХМ

Персонал, обслуговуючий холодильну установку, забов'язаний знати і строго дотримуватися правил безпеки праці.

Рухомі частини компресорів, насосів і інших механізмів повинні вині мати огорожі. Забороняється експлуатація холодильного устаткування, рухомі частини якого мають несправні приводні паси. До рухомих частин машин забороняється торкатися як під час роботи, так і після зупинки до тих пір, поки не буде виключена можливість автоматичного пуску.

Балони з хладоном зберігають на судні в спеціальному приміщенні, а при його відсутності – в рефрижераторному відділенні або іншому місці, по можливості недалеко від холодильного агрегату. Балони повинні бути надійно закріплені. Кожен балон повинен мати заглушку на вентилі і запобіжний ковпак. У місцях зберігання балонів температура не повинна перевищувати 35°C.

Приміщення, де встановлені агрегати, повинні бути обладнані вентиляцією. Всі ремонтні роботи повинні проводитися на знеструмленому агрегаті. При роботах, пов'язаних з небезпекою поразки електричним струмом, необхідно застосовувати захисні засоби: інструмент з ізольованими ручками, діелектричні килимки, галоші, рукавички і т.д.

Рідкий хладон, потрапляючи на шкіру, може викликати обмороження, а потрапляючи в очі, привести до важкої поразки, аж до втрати зору. Тому розкривати фреонові компресори, апарати і трубопроводи можна тільки в захисних окулярах і лише після того, як тиск хладону в них шляхом не

одноразового відсмоктування понижено до атмосферного і залишається постійний протягом 30 хв.

У тих випадках, коли в процесі розтину установки повністю не виключається небезпека попадання рідкого хладону на шкіру, слід користуватися гумовими рукавичками.

При огляді внутрішніх порожнин і апаратів можна користуватися тільки переносними лампами напруги не вище 12 В або електричними кишеньковими ліхтарями. Рефрижераторне відділення повинні систематично провітрювати.

У зв'язку з тим, що при температурі вище 400ЕС хладону розкладається з виділенням фосгену, палити в рефрижераторному відділенні забороняється. Використовувати галоїдну лампу необхідно найбільш короткий час. Перш ніж користуватися лампою, приміщення ретельно провітрюють.

У рефрижераторному відділенні на видному місці повинні бути вивішені плакати з правилами надання першої допомоги при обмороженні, задусі, попаданні холодильного агента в очі. Протигаз, захисні окуляри, гумові рукавички і аптечка також повинні знаходитися в зручному місці, бажано в заklenій шафі на вході в рефрижераторне відділення.

Висновок:

Холодильна установка не зможе працювати на альтернативному холодоагенті, оскільки компресор ПГ7 не розрахований на надлишкову нагрузку, але газовий тракт зможе працювати на новому холодоагенті HFC-134a.