

**Министерство сельского хозяйства РФ  
МИЧУРИНСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФГБОУ ВО  
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Бохан К. А.

## **Практикум**

**ПМ.01 Ведение процесса по монтажу, технической эксплуатации  
и обслуживанию холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)**

Учебное пособие

специальность 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация  
холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)

Брянск, 2018

УДК 621.565 (07)

ББК 31.392

Б 86

**Бохан, К. А. Практикум ПМ.01 Ведение процесса по монтажу, технической эксплуатации и обслуживанию холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям): учебное пособие / К. А. Бохан. – Брянск : Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – 41 с.**

В учебном пособии приведены основные требования по выполнению практических занятий по профессиональному модулю по ПМ 01 Ведение процесса по монтажу, технической эксплуатации и обслуживанию холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) и предназначены для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования специальности 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)

Рецензент:

преподаватель Мичуринского филиала Брянского ГАУ Н.И. Демченко.

*Печатается по решению методического совета Мичуринского филиала Брянского ГАУ протокол № 5 от 10.04.2017 г.*

© Мичуринский филиал ФГБОУ  
ВО Брянский ГАУ, 2018  
© Бохан К.А., 2018

## Содержание

	Стр.
Введение	4
Перечень практических работ	5
Правила выполнения практических работ	5
Методические указания к практическим работам для студентов	6
Практические работы	6
Используемая литература	40

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания для выполнения практических занятий предназначены для студентов специальности 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям).

Практические занятия составлены в соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ 01 Ведение процесса по монтажу, технической эксплуатации и обслуживанию холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям). Практические занятия направлены на обобщение, систематизацию, закрепление знаний; формирование умений применять полученные знания на практике; развитие общих компетенций: организовывать собственную деятельность, анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы, осуществлять поиск необходимой информации, работать в команде, эффективно общаться. Все это способствует пониманию обучающимися сущности и социальной значимости своей будущей профессии, устойчивому интересу к будущей профессии и, следовательно, повышает готовность обучающихся к решению разнообразных профессиональных задач, таких профессиональных качеств, как самостоятельность, ответственность, творческая инициатива.

**Основное назначение практических занятий** – преобразование знаний в умения и навыки, овладение способами деятельности и на этой основе подготовка обучающихся к будущей профессии техник-технолог продукции общественного питания. Основными дидактическими целями практических занятий являются формирование у обучающихся профессиональных умений пользоваться производственными приборами, работать с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию, заполнять документы, решать разного рода задачи, определять характеристики веществ, объектов, явлений. Для подготовки обучающихся к предстоящей трудовой деятельности важно развить у них аналитические, проектировочные, конструктивные умения, чтобы обучающиеся были поставлены перед необходимостью анализировать процессы, состояния, явления, намечать конкретные пути решения производственных задач. Методические указания направлены на оказание методической помощи студентам при проведении практических занятий по профессиональному модулю ПМ 01 Ведение процесса по монтажу, технической эксплуатации и обслуживанию холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)

Практические занятия являются обязательными для каждого студента и определяются учебным планом.

**Перечень практических занятий по профессиональному модулю  
ПМ 01 Ведение процесса по монтажу, технической эксплуатации  
и обслуживанию холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)**

№	Содержание практических занятий	Количество часов
1	Изучение тепловых диаграмм	2
2-4	Построение циклов и определение параметров точек циклов одноступенчатых холодильных машин по $i$ - $l$ г $r$ диаграмме. Расчеты циклов для R717; R134; R22	6
5-6	Изображение схемы и построение цикла двухступенчатого сжатия с теплообменником в промежуточном сосуде в тепловой диаграмме	4
7-8	Тепловой расчет и подбор двухступенчатого компрессора	4
9	Изучение устройства отдельных деталей и узлов поршневых компрессоров	2
10	Изучение конструкций ротационных и винтовых компрессоров	2
11	Расчет и подбор конденсаторов	2
12	Расчет охлаждающих устройств	2
13	Расчет и подбор испарителей. Определение вместимости испарителей системы по R717	2
14	Расчет и подбор аммиачных циркуляционных насосов	2
15	Определение вместимости и строительной площади камер различного назначения распределительного холодильника мясокомбината	2
16-17	Составление схем отдельных узлов холодильной установки	4
18	Определение теплопритоков $Q_1, Q_2$	2
19	Определение теплопритоков $Q_3, Q_5$	2
20	Определение холодопроизводительности компрессоров и камерного оборудования	2

### Правила выполнения практических работ

Прежде чем приступить к выполнению задания, прочтите указания к выполнению в данном методическом пособии. Ознакомьтесь с перечнем рекомендуемой литературы. Повторите теоретический материал, относящийся к теме работы. Закончив выполнение практической работы, Вы должны сдать результат преподавателю. Если возникнут затруднения в процессе работы, обратитесь к преподавателю.

Критерии оценки:

Вы правильно выполнили задание. Работа выполнена чисто – отлично;

Вы не смогли выполнить 2-3 элемента. Работа выполнена аккуратно – хорошо;

Работа выполнена неаккуратно, технологически не правильно – удовлетворительно

## Методические указания к практическим работам для студентов

### Структура методических указаний:

1. Профессиональный модуль ПМ 01
2. Тема
3. Цель работы
4. Время
5. Методика выполнения (ход работы)
6. Отчет о работе
7. Контрольные вопросы

### Практическая работа №1

**Тема:** «Изучение тепловых диаграмм»

**Цель:** Мобилизовать и закрепить знания об тепловых диаграммах. Научиться хорошо решать по тепловым диаграммам.

**Время** 2ч.

### Ход работы

#### Задание №1

Определить параметры точек 1,2 и количество теплоты, подведенное к 20 кг аммиака (R717) в процессе его кипения при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Параметры точек определяем по данным приложения 1 или по диаграмме  $i$ - $lgr$  (приложение 16) и сводим в табл. 1.

1. Таблица параметров точек процесса кипения R717 (точки 1, 2)

Точка	$t\text{ }^{\circ}\text{C}$	$p$ , МПа	$V$ , м <sup>3</sup> /кг	$i$ ,кДж/кг	$X$
1	-20	0,190	$15 \cdot 10^{-3}$	327	0
2	-20	0,190	0,62	1658	1

Количество теплоты, подведенное к 1 кг R717:

$$q = i_1 - i_2 = 1658 - 327 = 1331 \text{ кДж/кг.}$$

Количество теплоты, подведенное к 20 кг R717:

$$Q = q \cdot m = 1331 \cdot 20 = 26\,620 \text{ кДж.}$$

Например, для сухого насыщенного пара аммиака с  $t = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$  находим:

$$p = 0,290 \text{ МПа; } v = 0,419 \text{ м}^3/\text{кг; } i = 1671 \text{ кДж/кг.}$$

## Задание №2

Построить обратный холодильный цикл Карно в диаграмме  $i\text{-lg}p$ , определить параметры точек и выполнить расчет цикла для  $t_0 = -10\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_k = +30\text{ }^\circ\text{C}$ , если рабочее тело аммиак.

Построение цикла осуществляют следующим образом (рис.1). Проводят изотерму  $t_k = +30\text{ }^\circ\text{C}$ , в точке пересечения изотермы с правой пограничной кривой будет находиться точка 2, а в точке пересечения с левой пограничной кривой точка 3.

Из этих точек проводят линии  $S = \text{const}$  до пересечения с изотермой для  $t_0 = -10\text{ }^\circ\text{C}$  и ставят соответственно точки 1 и 4. Параметры точек 2 и 3, лежащих на пограничных кривых, определяют по таблице (приложение 1), а точек 1 и 4 по диаграмме  $i\text{-lg}p$  (приложение 16). Энтропии точек находят по диаграмме и записывают в табл. 2.

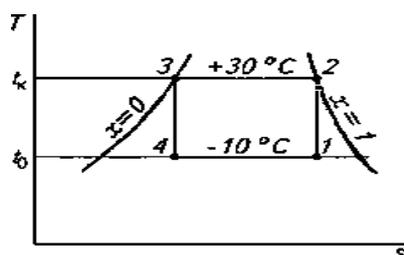


Рис. 1. К расчету обратного холодильного цикла Карно

### 2. Таблица параметров узловых точек цикла Карно (точки 1—4)

Точка	$t, \text{ }^\circ\text{C}$	$P, \text{ МПа}$	$V, \text{ м}^3/\text{кг}$	$i, \text{ кДж/кг}$	$s, \text{ кДж/кг}\cdot\text{R}$	$X$
1	-10	0,290	0,40	1525	8,5	0,88
2	+30	1,166	0,111	1706	8,5	1
3	+30	1,166	0,0017	561	4,7	0
4	-10	0,290	0,06	550	4,7	0,145

Пользуясь данными табл. 2, получим:

$$\begin{aligned}
 q_0 &= i_1 - i_4 = 1525 - 550 = 975 \text{ кДж/кг}; \\
 l_{\text{сж}} &= i_2 - i_1 = 1706 - 1525 = 181 \text{ кДж/кг}; \\
 q_k &= i_2 - i_3 = 1706 - 561 = 1145 \text{ кДж/кг}; \\
 l_p &= i_3 - i_4 = 561 - 550 = 11 \text{ кДж/кг}; \\
 l_{\text{ц}} &= l_{\text{сж}} - l_p = 181 - 11 = 170 \text{ кДж/кг}; \\
 E &= q_0 - l_{\text{ц}} = 975 - 170 = 805.
 \end{aligned}$$

### Отчет о работе

1. Определить параметры точек и количество теплоты, подведенное к т кг. Холодильного агента
2. Построить обратный цикл Карно в диаграммах  $i\text{-lg}P$

**Вопросы:**

1. Как изображается теплота и работа для адиабатического процесса в диаграмме  $i$ -lgP, T-S
2. Как определить параметры насыщенное жидкости и сухого пара по таблице хладогентов
3. Что такое холодильный коэффициент

**Практическая работа № 2,3,4,**

**Тема:** «Построение циклов и определение параметров точек циклов одноступенчатых холодильных машин по  $i$ -lgp диаграмме. Расчеты циклов для R717; R134; R22.»

**Цель:** Научиться строить циклы в диаграммах, определять параметры точек и по ним производить расчеты.

**Время бч.**

**Ход работы****Задача №1**

Определить параметры точек и провести расчет цикла паровой аммиачной компрессионной холодильной машины, если дано:

$$t_0 = -10 \text{ }^\circ\text{C}; t_k = +30 \text{ }^\circ\text{C}; t_{\text{п}} = +25 \text{ }^\circ\text{C}; t_{\text{вс}} = \pm 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

Таблица параметров точек одноступенчатого цикла для R717

точка	t, °C	p, МПа	v, м <sup>3</sup> /кг	i, кДж/кг	s, кДж/(кг·К)	x, кг/кг
1	-10	0,290	0,42	1670	8,95	1
1'	±0	0,290	0,48	1690	9,10	Перегретый пар
2	+100	1,166	0,15	1900	9,10	Перегретый пар
2'	+30	1,166	0,11	1706	8,46	1
3	+30	1,166	$1,68 \cdot 10^{-3}$	561	4,68	0
3'	+25	1,166	$1,66 \cdot 10^{-3}$	536	4,60	Переохлажденная жидкость
4	-10	0,290	0,050	536	4,62	0,14

$$1. q_0 = i_1 - i_4 = 1670 - 536 = 1134 \text{ кДж/кг};$$

$$2. l_{\text{ц}} = i_2 - i_1 = 1900 - 1690 = 210 \text{ кДж/кг};$$

$$3. q_k = i_2 - i_3 = 1900 - 561 = 1339 \text{ кДж/кг};$$

$$4. q_{\text{п}} = i_3 - i_3' = 561 - 536 = 25 \text{ кДж/кг};$$

$$5. E = q_0 / l_{\text{ц}} = 1134 / 210 = 5,4.$$

## Задания

№	$t_0, ^\circ\text{C}$	$t_k, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{п}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{вс}}, ^\circ\text{C}$
1	-50	+29	+1	$\pm 0$
2	-49	+28	+2	$\pm 0$
3	-48	+27	+3	$\pm 0$
4	-47	+26	+4	$\pm 0$
5	-46	+25	+5	$\pm 0$
6	-45	+24	+6	$\pm 0$
7	-44	+23	+7	$\pm 0$
8	-43	+22	+8	$\pm 0$
9	-42	+21	+9	$\pm 0$
10	-41	+20	+10	$\pm 0$
11	-40	+19	+11	$\pm 0$
12	-39	+18	+12	$\pm 0$
13	-38	+17	+13	$\pm 0$
14	-37	+16	+14	$\pm 0$
15	-36	+15	+15	$\pm 0$
16	-35	+14	+16	$\pm 0$
17	-34	+13	+17	$\pm 0$
18	-33	+12	+18	$\pm 0$
19	-32	+11	+19	$\pm 0$
20	-31	+10	+20	$\pm 0$
21	-30	+9	+21	$\pm 0$
22	-29	+8	+22	$\pm 0$
23	-28	+7	+23	$\pm 0$
24	-27	+6	+24	$\pm 0$
25	-26	+5	+25	$\pm 0$

### Задача №2

Определить параметры точек и провести расчет цикла паровой компрессионной машины, если дано:  $t_0 = -20 ^\circ\text{C}$ ;  $t_k = +25 ^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{вс}} = +10 ^\circ\text{C}$ . Хладагент R12.

Построим цикл диаграмме  $i$ - $lgr$  и определим параметры точек, найдя предварительно  $i_3$  и  $i_3'$ , из уравнения теплового баланса теплообменника:

$$i_1 - i_1' = i_3 - i_3'$$

По диаграмме и из таблиц (приложения 4 и 19) найдем  $i_1 = 543$  кДж/кг;  $i_1' = 555$  кДж/кг,  $i_3 = 429$  кДж/кг ; тогда:

$$i_3' = i_3 + i_1 - i_1' = 429 + 543 - 555 = 417 \text{ кДж / кг};$$

$$i_3' = +18 ^\circ\text{C}.$$

Все значения параметров запишем в таблицу

Таблица параметров точек цикла для R12

точка	t, °C	p, МПа	v, м <sup>3</sup> /кг	i, кДж/кг	s, кДж/(кг·К)	x, кг/кг
1	-20	0,150	0,110	543	4,56	1
1'	+0	0,150	0,13	555	4,612	Перегретый пар
2	60	0,743	0,030	586	4,612	1
2'	+30	0,743	0,024	565	4,55	1
3	+30	0,743	$0,778 \cdot 10^{-3}$	429	4,1	0
3'	+18	0,743	$0,749 \cdot 10^{-3}$	417	3,7	Переохлажденная жидкость
4	-20	0,150	0,022	417	4,07	0,22

Расчет основных параметров цикла:

- $q_0 = i_1 - i_4 = 543 - 417 = 126$  кДж/кг;
- $l_{ц} = i_2 - i_1 = 586 - 555 = 31$  кДж/кг;
- $q_k = i_2 - i_3 = 586 - 429 = 157$  кДж/кг;
- $E = q_0 / l_{ц} = 126 / 31 = 4,06$ .

### Задания

№	t <sub>0</sub> , °C	t <sub>к</sub> , °C	t <sub>вс</sub> , °C
1	-50	+29	+10
2	-49	+28	+10
3	-48	+27	+10
4	-47	+26	+10
5	-46	+25	+10
6	-45	+24	+10
7	-44	+23	+10
8	-43	+22	+10
9	-42	+21	+10
10	-41	+20	+10
11	-40	+19	+10
12	-39	+18	+10
13	-38	+17	+10
14	-37	+16	+10
15	-36	+15	+10
16	-35	+14	+10
17	-34	+13	+10
18	-33	+12	+10
19	-32	+11	+10
20	-31	+10	+10
21	-30	+9	+10
22	-29	+8	+10
23	-28	+7	+10
24	-27	+6	+10
25	-26	+5	+10

### Задача №3

Сравнить параметры цикла для R134a и R12. Параметры цикла для R134a сведем в таблицу.

Таблица параметров точек цикла для R134a

точка	t, °C	p, МПа	v, м <sup>3</sup> /кг	i, кДж/кг	s, кДж/(кг·К)	x, кг/кг
1	-20	0,133	0,146	385	1,736	1
1'	±0	0,133	0,151	400	1,80	Перегретый пар
2	+55	0,770	0,030	445	1,80	Перегретый пар
2'	+30	0,770	0,026	413	1,71	1
3	+30	0,770	$0,84 \cdot 10^{-3}$	241	1,14	0
3'	+19	0,770	$0,813 \cdot 10^{-3}$	226	1,10	Переохлажденная жидкость
4	-20	0,133	0,037	226	1,18	0,28

$$i_3' = i_3 + i_1 - i_1' = 241 + 385 - 400 = 226 \text{ кДж/кг};$$

согласно  $i_3' = 226 \text{ кДж/кг}$   $t_3' = 19 \text{ °C}$ .

Расчет основных параметров цикла:

1.  $q_0 = i_1 - i_4 = 385 - 226 = 159 \text{ кДж/кг}$ ;
2.  $l_{ц} = i_2 - i_1' = 445 - 400 = 45 \text{ кДж/кг}$ ;
3.  $q_k = i_2 - i_3 = 445 - 241 = 204 \text{ кДж/кг}$ ;
4.  $E = q_0 / l_{ц} = 159/45 = 4,06$ .

Вывод: с термодинамической точки зрения цикл на R134a менее выгоден цикл на R12, так как  $ER_{134a} < ER_{12}$ .

### Отчет о работе

1. Определить параметры точек и свести в таблицы по заданным вариантам
2. Произвести расчет цикла холодильной машины

### Вопросы

1. Почему в одинаковых условиях цикл Карно выгоднее цикла воздушной холодильной машины
2. Что называют «сухим» ходом компрессора
3. Работа каким ходом («сухим» или «влажным») компрессора термодинамически более выгодна и почему

### Практическая работа № 5,6

**Тема:** «Изображение схемы и построение цикла двухступенчатого сжатия с теплообменником в промежуточном сосуде в тепловой диаграмме.»

**Цель:** Научится строить циклы в диаграммах, определять параметры точек и по ним производить расчеты.

**Время:** 4ч

## Ход работы

Расчет основных параметров цикла:

1) массовый расход хладагент через ЦНД

$$m_1 = \frac{Q_0}{(i_1 - i_6')} = \frac{150000}{(1627 - 382) \cdot 10^3} = 0,120 \text{ кг/с}$$

2) массовый расход жидкости на промежуточное охлаждение пара

$$m' = \frac{(i_2 - i_3)}{(i_3 - i_{5'})} = 0,120 \cdot \frac{1830 - 1700}{1700 - 536} = 0,0134 \text{ кг/с}$$

3) массовый расход жидкости на охлаждение жидкости в змеевике

$$m'' = \frac{(i_{5'} - i_7)}{(i_3 - i_{5'})} = 0,120 \cdot \frac{536 - 382}{1700 - 536} = 0,0159 \text{ кг/с}$$

4) массовый расход пара через ЦВД

$$m = m_1 + m' + m'' = 0,120 + 0,0134 + 0,0159 = 0,149 \text{ кг/с}$$

5) теплота, отведенная от хладагента в конденсаторе

$$Q_k = m(i_4 - i_5) = 0,149(1910 - 561) \cdot 10^3 = 201000 \text{ Вт}$$

6) теплота, отведенная от хладагента в переохладителе

$$Q_{\text{п}} = m(i_5 - i_{5'}) = 0,149(561 - 536) \cdot 10^3 = 3725 \text{ Вт}$$

Построить цикл двухступенчатого сжатия в диаграмме  $i-lgr$  и определить параметры точек с помощью таблиц хладагента и диаграммы  $i-lgr$  (см. приложения 1 и 16).

Дано:

$$t_0 = 40 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_k = +30 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$t_{\text{вс}} = -30 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$t_{\text{п}} = +25 \text{ }^\circ\text{C}$$

По приложению  $i-lgr$  найдем  $P_0 = 0,071 \text{ МПа}$ ;

$$P_k = 1,166 \text{ МПа}.$$

По выражению определим  $P_{\text{пр}}$ :

$$P_{\text{пр}} = \sqrt{P_0 \cdot P_k}$$

:

$$P_{\text{пр}} = \sqrt{0,071 \cdot 1,166} = 0,287 \text{ МПа};$$

7) работа ЦНД

$$L_{\text{цнд}} = m_1(i_2 - i_1) = 0,120(1830 - 1650) \cdot 10^3 = 21600 \text{ Вт}$$

8) работа ЦВД

$$L_{\text{цвд}} = m(i_4 - i_3) = 0,149(1910 - 1700) \cdot 10^3 = 31290 \text{ Вт}$$

9) холодильный коэффициент

$$\varepsilon = Q_0 / (L_{\text{цнд}} + L_{\text{цвд}}) = 150000 / (21600 + 31290) = 2,84$$

#### Задания

№	$t_0, ^\circ\text{C}$	$t_k, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{вс}}, ^\circ\text{C}$	$t_n, ^\circ\text{C}$
1	14	+5	-5	+1
2	15	+6	-6	+2
3	16	+7	-7	+3
4	17	+8	-8	+4
5	18	+9	-9	+5
6	19	+10	-10	+6
7	20	+11	-11	+7
8	21	+12	-12	+8
9	22	+13	-13	+9
10	23	+14	-14	+10
11	24	+15	-15	+11
12	25	+16	-16	+12
13	26	+17	-17	+13
14	27	+18	-18	+14
15	28	+19	-19	+15
16	29	+20	-20	+16
17	30	+21	-21	+17
18	31	+22	-22	+18
19	32	+23	-23	+19
20	33	+24	-24	+20
21	34	+25	-25	+21
22	35	+26	-26	+22
23	36	+27	-27	+23
24	37	+28	-28	+24
25	38	+29	-29	+25

#### Вопросы

1. Когда применяют двухступенчатое сжатие в компрессоре
2. Назовите преимущества двухступенчатого сжатия по сравнению с одноступенчатым
3. Какие функции выполняет промежуточный сосуд

4. Какой процесс происходит в змеевике
5. Как определяют промежуточное давление

### Отчет о работе

1. По заданным вариантам определить параметры точек и свести в таблицу
2. Произвести расчет цикла холодильной машины для данного варианта

## Практическая работа № 7,8

**Тема:** «Тепловой расчет и подбор двухступенчатого компрессора»

**Цель:** Уметь выполнять тепловой расчет двухступенчатых компрессоров и подбирать их.

**Время** 4ч.

### Ход работы

Провести тепловой расчет двухступенчатого компрессора аммиачного холодильного бескрейцкопфного компрессора если дано:  $Q_0=170$  кВт;  $t_0=-35$  °С;  $t_k=+30$  °С;  $t_{вс.цнд}=-25$  °С;  $t_{вс.цвд}=t_{пр}+7$  °С.

Мертвое пространство для обеих ступеней составляет 5%.

Расчет промежуточного сосуда со змеевиком:

Промежуточное давление

$$P_{пр} = \sqrt{P_0 P_k} = \sqrt{93 * 1166} = 329 \text{ кПа};$$

Промежуточная температура  $t_{пр} = -7$  °С;  $t_{зм} = t_{пр} + 2$  °С =  $-5$  °С.

Таблица параметров необходимых для расчета

Удельная энтальпия, кДж/кг									Удельный объем, м <sup>3</sup> /кг		Давление, кПа	
$i_1$	$i_v$	$i_2$	$i_3$	$i_{3'}$	$i_4$	$i_5$	$i_7$	$i_6$	$i_{1'}$	$v_3$	$p_0$	$p_k$
1635	1645	1800	1690	1674	1885	561	386	396	1,18	0,38	93	1166

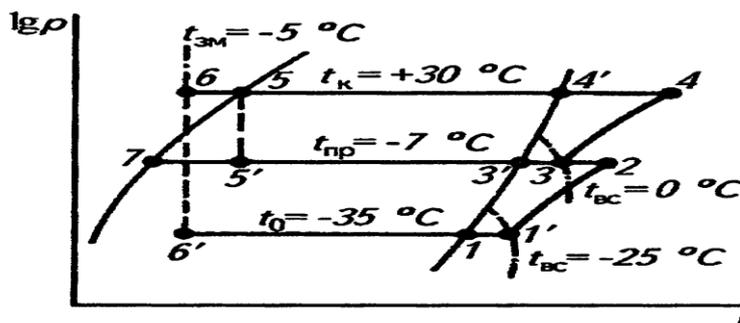


Рис. К тепловому расчету двухступенчатого компрессора

На рисунке показан цикл двухступенчатой холодильной машины в диаграмме  $i$ - $lgr$ ;

Расчет ступени низкого давления

$$1. q_0 = i_1 - i_6 = 1635 - 396 = 1239 \text{ кДж/кг}$$

$$2. m_1 = Q_0 / q_0 = 170 / 1239 = 0,137 \text{ кг/с}$$

$$3. V_d = m_1 v_1 = 0,137 \cdot 1,18 = 0,16 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$4. \lambda_i = \frac{p_0 - \Delta p_c}{p_0} - c \left( \frac{p_{np} + \Delta p_H}{p_0} - \frac{p_0 - \Delta p_{bc}}{p_0} \right) = \frac{93 - 5}{93} - 0,05 \cdot \left( \frac{329 + 10}{93} - \frac{93 - 5}{93} \right) = 0,81$$

$$5. \lambda_{w'} = T_0 / (T_{np} + 26) = (273 - 35) / (273 - 7 + 26) = 0,815$$

$$6. \lambda = \lambda_i \cdot \lambda_{w'} = 0,811 \cdot 0,815 = 0,66$$

$$7. V_{т.цнд} = V_d / \lambda = 0,160 / 0,66 = 0,24 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$8. N_a = m_1 (i_2 - i_1) = 0,137 (1800 - 1645) = 21,2 \text{ кВт}$$

$$9. \eta_i = \lambda_{w'} + bt_0 = 0,815 + 0,002(-35) = 0,745$$

$$10. N_i = N_a / \eta_i = 21,2 / 0,745 = 28,46 \text{ кВт}$$

$$11. N_{тр} = V_{т.цнд} \cdot P_{тр} = 0,25 \cdot 30 = 7,5 \text{ кВт}$$

$$12. N_e = N_i + N_{тр} = 28,46 + 7,5 = 36 \text{ кВт}$$

$$13. N_{дв} = N_e \cdot 1,1 = 36 \cdot 1,1 = 39,6 \text{ кВт}$$

Расчет ступени высокого давления

$$1. m' = m_1 \frac{i_2 - i_3}{i_3 - i_5} = 0,137 \frac{1800 - 1690}{1674 - 561} = 0,013 \text{ кг.с}$$

$$2. m'' = m_1 \frac{i_5 - i_6}{i_3 - i_5} = 0,137 \frac{561 - 396}{1674 - 561} = 0,020 \text{ кг.с}$$

$$3. m = m_1 + m' + m'' = 0,137 + 0,013 + 0,020 = 0,17 \text{ кг/с}$$

$$4. V_d = m \cdot v_3 = 0,17 \cdot 0,38 = 0,0646 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$5. \lambda_i = \frac{p_{np} - \Delta p_{bc}}{p_{np}} - c \left( \frac{p_{np} + \Delta p_H}{p_{np}} - \frac{p_k - \Delta p_{bc}}{p_{np}} \right) = \frac{329 - 5}{329} - 0,05 \left( \frac{1166 + 10}{329} - \frac{329 - 5}{329} \right) = 0,856.$$

$$6. \lambda_w = T_{\text{пр}} / (T_k + 26) = (273 - 7) / (273 + 30 + 26) = 0,81.$$

$$7. \lambda = \lambda_i \lambda_w = 0,856 \cdot 0,81 = 0,69$$

$$8. V_{\text{т.цвд}} = V_d / \lambda = 0,0646 / 0,69 = 0,0936 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$9. N_a = m(i_4 - i_3) = 0,17(1885 - 1690) = 33,15 \text{ кВт}.$$

$$10. \eta_i = \lambda_w + b t_{\text{пр}} = 0,81 + 0,002(-7) = 0,796$$

$$11. N_i = N_a / \eta_i = 33,15 / 0,796 = 41,6 \text{ кВт}.$$

$$12. N_{\text{тр}} = V_{\text{т.цвд}} P_{\text{тр}} = 0,0936 \cdot 30 = 2,81 \text{ кВт}$$

$$13. N_e = N_i + N_{\text{тр}} = 41,6 + 2,81 = 44,41 \text{ кВт}.$$

$$14. N_{\text{дв}} = N_e (1,1 - 1,12) = 44,41 \cdot 1,1 = 48,85 \text{ кВт}$$

$$15. \varepsilon_e = \frac{Q_0}{N_{\text{ецнд}} + N_{\text{ецвд}}} = \frac{170}{36,0 + 41,6} = 2,19 \text{ кВт}$$

$$16. Q_k = m(i_4 - i_5) = 0,17(1885 - 561) = 225 \text{ кВт},$$

или

$$Q_k = Q_0 + N_{\text{ист.нд}} + N_{\text{ист.вл}} = 170 + 28,46 + 39,1 = 237,56 \text{ кВт}.$$

По табл.13 подбираем два компрессорных агрегата АД55-7-4.

### Задания

1в  $Q_0 = 175 \text{ кВт}$ ;  $t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_k = +35 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{вс.цнд}} = -30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{вс.цвд}} = t_{\text{пр}} + 7$   $p_0 = 93 \text{ кПа}$ ;  
 $p_k = 1166 \text{ кПа}$ .

2в  $Q_0 = 180 \text{ кВт}$ ;  $t_0 = -45 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_k = +40 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{вс.цнд}} = -35 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{вс.цвд}} = t_{\text{пр}} + 7$   $p_0 = 93 \text{ кПа}$ ;  
 $p_k = 1166 \text{ кПа}$ .

### Отчет о работе

1. Построить циклы двухступенчатых компрессоров и определить параметры узловых точек

2. Произвести расчет двухступенчатого компрессора

### Вопросы

1. Когда применяют двухступенчатое сжатие в компрессоре

2. Какие функции применяет промежуточный сосуд

3. Какой процесс происходит в змеевике промежуточном сосуде

4. Как определить промежуточное давление

## Практическая работа № 9

**Тема:** «Изучение устройства отдельных деталей и узлов поршневых компрессоров»

**Цель:** Изучение устройства узлов и деталей поршневых. Получить навыки разборки и сборки поршневых компрессоров.

### Ход работы

Шатуны стальные, штампованные, нижняя головка разъемная под углом  $55^{\circ}30'$  к продольной оси для обеспечения демонтажа и монтажа поршня в сборе с шатуном через гильзу цилиндров. Расточка под вкладыш в нижней головке шатуна выполнена в сборе с крышкой, а комплектность обеспечивается клеймом, одинаковым для шатуна и крышки.

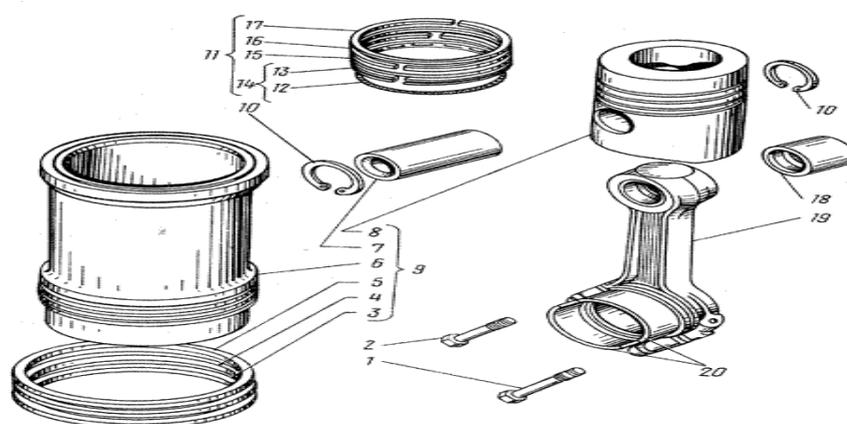


Рис. Шатунно-поршневая группа

- 1- болт крышки шатуна длинный; 2-болт крышки шатуна короткий;
- 3-кольцо уплотнительное нижнее; 4-кольцо уплотнительное верхнее;
- 5-кольцо антикавитационное; 6-гильза цилиндра; 7-палец; 8-поршень;
- 9-гильза+поршень+кольца+палец; 10-кольцо стопорное; 11-кольца поршневые(комплект); 12-расширитель; 13-кольцо маслоъемное;
- 14-кольцо маслоъемное с расширителем; 15-кольцо компрессионное третье;
- 16-кольцо компрессионное второе; 17-кольцо компрессионное верхнее;
- 18-втулка шатуна; 19-шатун; 20-вкладыши шатунные

Крышка нижней головки крепится к шатуну двумя болтами из стали 40ХН2МА. Болты затягиваются моментом 170...190 Нм. Вкладыши 20 шатунного подшипника устанавливаются в расточку нижней головки, для фиксации от проворачивания и осевого смещения вкладышей в крышке и теле шатуна выполнены пазы под специальные выступы на вкладышах. В верхнюю головку шатуна запрессовывается бронзовая втулка 18 под поршневой палец 7.



Рис. Составной поршень

Крышка нижней головки крепится к шатуну двумя болтами из стали 40ХН2МА. Болты затягиваются моментом 170...190 Нм. Вкладыши 20 шатунного подшипника устанавливаются в расточку нижней головки, для фиксации от проворачивания и осевого смещения вкладышей в крышке и теле шатуна выполнены пазы под специальные выступы на вкладышах. В верхнюю головку шатуна запрессовывается бронзовая втулка 18 под поршневой палец 7. На внутренней поверхности втулки 18 выполнена кольцевая канавка для подвода масла к трущимся поверхностям пальца 7 и втулки 18 от масляного канала, просверленного в теле шатуна. Подгонка шатуна по массе производится снятием металла с бобышек на верхней и нижней головках. Вкладыши коренных и шатунных подшипников коленчатого вала - тонкостенные, имеют стальное основание и рабочий слой из свинцовистой бронзы. Верхний и нижний вкладыши подшипника коленчатого вала невзаимозаменяемых. Для возможности ремонта коленчатого вала предусмотрено шесть ремонтных размеров вкладышей.

### **Задания**

- 1в Зарисовать пластинчатые клапаны
- 2в Зарисовать шестеренный насос

### **Отчет о работе**

1. Дать характеристику компрессоров АВ-100, П-110
2. Начертить эскизы отдельных узлов: шатунно-поршневой группы

### **Вопросы**

1. Как подразделяются компрессоры
2. Перечислите преимущества бескрейцкопфных компрессоров
3. Почему оппозиторные компрессоры имеют две системы смазки
4. Какова наиболее распространенная конструкция клапанов
5. Перечислите из каких основных узлов состоит поршневой компрессор

## Практическая работа № 10

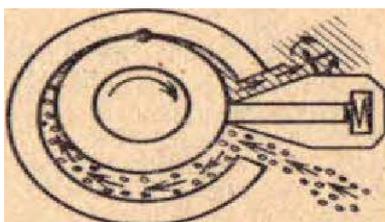
**Тема:** «Изучение конструкций ротационных и винтовых компрессоров.»

**Цель:** Изучение устройства основных узлов и деталей компрессор. Получить навыки разборки и сборки компрессоров в технологической последовательности.

**Время:** 2ч

### Ход работы

Фреоновый герметичный ротационный компрессор выпускают в унифицированных модификациях 0,35.....1 и устанавливают на агрегатах. 0,35.....1,



Вал компрессора эксцентриковый с подшипниками скольжения в торцевых крышках цилиндра. Противовесы установлены на торцах ротора электродвигателя. Ротор насажен на эксцентрик и обкатывает внутреннюю поверхность цилиндра. Лопасть прижимается к ротору пружиной. Статор электродвигателя находится в чашке, к которой снизу на трех болтах крепиться компрессор.

Выньте компрессор из кожуха, отвинтите три болта, проходящие через приливы верхней крышки цилиндра, и снимите чашку со статором. Отвинтите четыре болта, соединяющие верхнюю и нижнюю крышки цилиндра, затем отвинтите два болта, которые крепят глушитель к нижней крышке. Отвинтите упорную пластину пружины и выньте пружину лопасти.

Смазка компрессора центробежная.

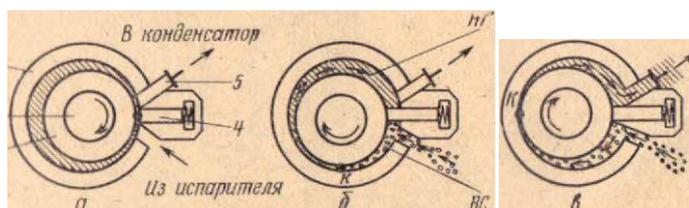


Рис. Принципиальная схема работы ротационного компрессора

1- ротор; 2- эксцентрик; 3- цилиндр; 4- лопасть;

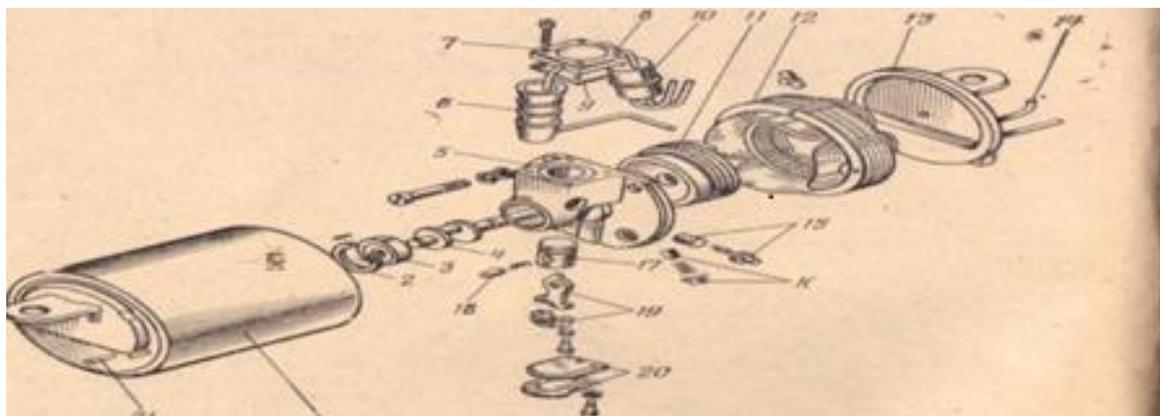
5- нагнетательный клапан; вс- всасывающая область

Во всех компрессионных бытовых холодильниках установлен герметичный компрессор ДХ1010. Этот компрессор одноцилиндровый, поршневой, не прямооточный, частота вращения вала 25 с<sup>-1</sup>. Холодопроизводительность 160 Вт.

Компрессор ФГ 0,100 отличается от компрессора ДХ1010 конструкцией. Этот одноцилиндровый непрямоточный компрессор с кулисным механизмом и вертикально расположенным валом. Холодопроизводительность 220 Вт, частота вра-

щения вала  $50 \text{ с}^{-1}$ .

Пары хладона всасываются из-под кожуха компрессора через глушитель всасывания в цилиндр. Нагнетаемые пары проходят через глушитель нагнетания. Оба глушителя выполнены в общей отливке с цилиндром. В торце вала эксцентрично оси вращения просверлено отверстие, соединяющееся со спиральной канавкой на поверхности коренной шейки, а так же со смазочным отверстием в торце шатунной шейки.



### Задания

V1 Зарисовать и дать описание схеме ротационного компрессора с катящимся ротором

V2 Зарисовать и дать описания схеме разрез ротационного пластинчатого компрессора с вращающимся ротором

### Отчет о работе

1. Дать характеристику винтовых и ротационных компрессоров
2. Начертить эскизы отдельных узлов: эксцентриковый вал; цилиндр; лопасть; нагнетательный клапан; Всасывающая область.

### Вопросы

1. Какие компрессоры называются герметичными?
2. Какая холодопроизводительность у основных компрессоров типов ФГ?
3. Из какого материала изготовлены шатуны, поршни и цилиндр компрессора?
4. Каково назначение лопасти в ротационном компрессоре?
5. Как в процессе смазки герметичного компрессора масло возвращается в картер?

## Практическая работа № 11

**Тема:** «Расчет и подбор конденсаторов».

**Цель:** Научиться подбирать конденсатор.

**Время:** 2ч

## Ход работы

Подобрать конденсатор для аммиачной холодильной установки холодопроизводительностью  $Q_0 = 175\,000$  кВт при  $t_0 = -15$  °С;  $t_{w1} = +20$  °С.

Температура конденсации зависит от температуры охлаждающей воды и принимается на 4...6 °С выше средней температуры воды:

$$t_k = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} + (4 \dots 6)$$

1. Принимаем  $t_{w2} - t_{w1} = 4$  °С, тогда

$$t_k = \frac{20 + 24}{2} + 6 = 28 \text{ °С}$$

2. Температуру всасываемого пара принимаем на 5... 10 °С выше температуры кипения  $t_0$ :  $t_{bc} = -15 + 10 = -5$  °С

3. По полученным данным строим цикл в диаграмме  $i-lgr$  и определяем необходимые параметры точек  $i_1 = 1664$  кДж/кг;  $i_2 = 1920$  кДж/кг;

$$i_3 = i_4 = 550 \text{ кДж/кг.}$$

4. Массовый расход аммиака, циркулирующего в системе

$$m_d = \frac{175000}{(1664 - 550)10^3} = 0,157 \text{ кг/с}$$

5. Тепловой поток в конденсаторе

$$Q_k = m_d(i_2 - i_3) = 0,157 \cdot (1920 - 550) \cdot 10^3 = 215090 \text{ Вт.}$$

6. Средний логарифмический температурный напор

$$\theta_m = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{2,31 \lg \frac{t_k - t_{w1}}{t_k - t_{w2}}} = \frac{24 - 20}{2,31 \lg \frac{28 - 20}{28 - 24}} = 5,8 \text{ °С}$$

7. Принимаем конденсатор горизонтальной кожухотрубный, коэффициент теплопередачи которого определяем по таблице;  $k = (700..1050)$  Вт/(м<sup>2</sup> · К).

8. Площадь теплопередающей поверхности конденсатора

$$F = \frac{Q_k}{k\theta_m} = \frac{215090}{800 \cdot 5,8} = 46,4 \text{ м}^2$$

9. По таблице 18 выбираем два конденсатора марки КТГ-25.

10. Объемный расход воды на конденсатор

$$V_w = \frac{Q_k}{c_w \rho_w (t_{w2} - t_{w1})} = \frac{215090}{4,1868 \cdot 10^3 \cdot 1000 \cdot 4} = 0,0128 \text{ м}^3 = 46,24 \text{ м}^3/\text{ч}$$

11. По таблице 45 выбираем два насоса 2к-20/30 с объемной подачей 0,0065 м<sup>3</sup>/с и один насос резервный. Для бесперебойной работы холодильной установки рекомендуется подбирать не менее двух конденсаторов с суммарной площадью поверхности охлаждения и не менее двух насосов с суммарной объемной подачей.

### Задания

В1 Q<sub>0</sub>= 165000 Вт;

t<sub>0</sub>= -10 °С;

t<sub>w1</sub>=+25 °С.

В2 Q<sub>0</sub>= 185000 Вт;

t<sub>0</sub>= -17 °С;

t<sub>w1</sub>=+23 °С.

### Отчет о работе

1. Произвести расчет аппарата
2. Дать техническую характеристику аппарата

### Вопросы

1. Дайте определение конденсатора?
2. Классификация конденсаторов?
3. Какие факторы влияют на интенсивность теплопередачи?
4. Рассказать про проточные конденсаторы?
5. Рассказать про оросительные конденсаторы?

## Практическая работа № 12

**Тема:** «Расчет охлаждающих устройств».

**Цель:** Усвоить последовательность расчета и подбора охлаждающих устройств.

**Время** 2ч.

### Ход работы

Определить площадь теплопередающей поверхности аммиачного воздухоохлаждителя из оребренных труб и объемную подачу вентилятора для камеры хранения охлажденного груза. Тепловой поток воздухоохлаждителя Q<sub>0</sub>= 45000 Вт; температура воздуха в камере 0 °С, скорость воздуха 5 м/с.

1. Температура воздуха, поступающего в воздухоохлаждитель, t<sub>B1</sub> = +2°С, относительная влажность φ= 80 % (в воздухоохлаждитель поступает воздух из верхних слоев камеры, поэтому температура его выше средней температуры камеры).
2. Температура воздуха на выходе из воздухоохлаждителя t<sub>B2</sub> = -2 °С.
3. Температура кипения аммиака на 10 °С ниже средней температуры воз-

духа:  $t_0 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

4. В диаграмме  $i$ — $d$  строим процесс охлаждения воздуха. По данным п. 1 находим точку 1 (см. приложение 19), параметры которой определяют состояние воздуха, поступающего в воздухоохладитель,  $i_1 = 11,5 \text{ кДж/кг}$ .

Принимаем температуру воздуха у охлаждающей поверхности труб на  $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$  выше температуры кипения аммиака  $t_F = -9,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . По  $t_F = -9,5 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $\varphi = 100 \text{ \%}$  определяем точку 3. Пересечение прямой 1—3 и изотермы  $t_{в2} = -2 \text{ }^\circ\text{C}$  дает точку 2, параметры которой характеризуют состояние воздуха на выходе из воздухоохладителя:  $i_2 = 5,5 \text{ кДж/кг}$ ;  $p = 1,30 \text{ кг/м}^3$ .

5. Для ребристого аммиачного воздухоохладителя с нижней подачей аммиака, при  $w = 5 \text{ м/с}$  коэффициент теплопередачи принимаем  $k = 15,2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ .

6. Площадь теплопередающей поверхности воздухоохладителя

$$F = 45 \cdot 10^3 / (15,2 \cdot 10) = 296 \text{ м}^2.$$

7. Объемная подача воздуха

$$V = 45 / [1,3(11,5 - 5,5)] = 5,77 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По таблице 44 подбираем три воздухоохладителя АВП-046/3-8-100 с частотой вращения вентиляторов  $24 \text{ с}^{-1}$ , площадью теплопередающей поверхности  $100,6 \text{ м}^2$ , объемной подачей воздуха  $2,92 \text{ м}^3/\text{с}$ .

### **Задания**

В1  $Q_0 = 40000 \text{ Вт}$ ;

Скорость воздуха  $7 \text{ м/с}$ .

В2  $Q_0 = 380000 \text{ Вт}$ ;

Скорость воздуха  $9 \text{ м/с}$ .

### **Отчет о работе**

1. Произвести расчет аппарата

2. Дать техническую характеристику аппарата

### **Вопросы**

1. Какие бывают приборы охлаждения

2. Перечислите секции батарей

3. Что собой представляет панельная батарея

4. Что собой представляет воздухоохладитель

5. Рассказать о потолочных воздухоохладителях

## **Практическая работа № 13**

**Тема:** «Расчет и подбор испарителей. Определение вместимости испарителей системы по R 717»

**Цель:** Рассчитать и подобрать испаритель

**Время:** 2ч

## Ход работы

Подобрать кожухотрубный испаритель и определить объемный расход рассола для аммиачной холодильной установки холодопроизводительностью  $Q_0 = 232600$  Вт при температуре рассола, входящего в испаритель,  $t_{p1} = -27$  °С. Понижение температуры охлажденного рассола в испарителе принимаем  $3$  °С. Тогда  $t_{p2} = t_{p1} - 3 = -30$  °С. Принимаем  $t_0 = t_{p2} - 5 = -35$  °С;  $t_3 = t_0 - 8 = -43$  °С.

1. Выбираем рассол хлорида кальция с  $t_3 = -43,6$  °С (приложение 7). Его теплоемкость при  $t_{p2} = -30$  °С составляет  $C_p = 2,70 \cdot 10^3$  Дж/(кг·К), а плотность  $\rho_p = 1,291$  кг/л =  $1291$  кг/м<sup>3</sup> (приложение 9).

2. Коэффициент теплопередачи принимаем по табл. 37:  $k = 580$  Вт/(м<sup>2</sup> · К).

3. Площадь теплопередающей поверхности испарителя

$$F = \frac{232600}{580 \cdot 5} = 80,2 \text{ м}^2$$

4. По табл. 35 выбираем два испарителя ИТГ-40.

5. Массовый расход циркулирующего рассола

$$m_p = \frac{232600}{2,70 \cdot 10^3 \cdot 3} = 28,7 \text{ кг/с}$$

6. Объемный расход циркулирующего рассола

$$V_p = 28,7/1291 = 0,022 \text{ м}^3/\text{с}$$

7. По объемному расходу циркулирующего рассола подбираем по табл. 54 два рассольных насоса рабочих и один резервный Зк-45/30а.

### Задания

В1  $Q_0 = 230600$  Вт;

$t_p = -25$  °С.

В2  $Q_0 = 231600$  Вт;

$t_0 = -23$  °С.

### Отчет о работе

1. Произвести расчет по заданным вариантам
2. По данным расчета подобрать испаритель

### Вопросы

1. Дайте определение испарителя
2. Классификация испарителя
3. Какие факторы влияют на интенсивность теплопередачи
4. Рассказать про панельные испарители
5. Рассказать про кожухотрубные испарители

## Практическая работа № 14

**Тема:** «Расчет и подбор аммиачных циркуляционных насосов»

**Цель:** Усвоить последовательность расчета и подбора аммиачных циркуляционных насосов

**Время** 2ч

### Ход работы

Подобрать аммиачный циркуляционный насос для холодильной установки, если дано  $t_0 = -10$  °С; массовая подача хладагента  $m = 0,2$  кг/с;

$U_{ж} = 0,00153$  м<sup>3</sup>/кг при  $t_0 = -10$  °С;  $a = 5$  — подача нижняя.

Объемная подача насоса

$$V_{на} = m v_{ж} a = 0,2 \cdot 0,00153 \cdot 5 = 0,00153 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По таблице 55 подбирают один рабочий герметичный центробежный насос АГ 6,3-32-1 с объемной подачей 0,00175 м<sup>3</sup>/с и диапазоном подач 0,00056...0,00264 м<sup>3</sup>/с;  $N_{дв} = 1,5$  кВт,  $H = 32$  м,  $d_{у.вс} = 50$  мм,  $d_{у.наг} = 32$  мм. Резервный насос подбирают той же марки.

### Задания

№	$t_0$ , °С	$m$ , кг/с	$V_{ж}$	$a$
1	-10	0,1	0,00152	5
2	-10	0,3	0,00154	5
3	-10	0,4	0,00155	
4	-10	0,5	0,00156	5
5	-10	0,6	0,00157	
6	-10	0,7	0,00158	5
7	-10	0,8	0,00152	
8	-10	0,9	0,00154	5
9	-10	0,1	0,00155	
10	-10	0,3	0,00156	5
11	-10	0,4	0,00157	
12	-10	0,5	0,00158	5
13	-10	0,6	0,00152	
14	-10	0,7	0,00154	5
15	-10	0,8	0,00155	
16	-10	0,9	0,00156	5
17	-10	0,1	0,00157	
18	-10	0,3	0,00158	5
19	-10	0,4	0,00152	
20	-10	0,5	0,00154	5

## Отчет о работе

1. Произвести расчет циркуляционного насоса
2. По данным расчета подобрать циркуляционный насос

## Вопросы

1. Дайте определение насоса
2. Рассказать о водяных и рассольных насосах
3. Рассказать о насосах для хладагента

## Практическая № 15

**Тема:** «Определение вместимости и строительной площади камер различного назначения распределительного холодильника мясокомбината»

**Цель:** Научиться определять площадь и вместимость распределительного холодильника

**Время:** 2ч

### Ход работы

При мясокомбинате мощностью 40 т в смену работает производственный холодильник. Работа комбината двухсменная. Определите вместимость камер. Холодильник спроектируйте одноэтажным, расположенным в главном производственном корпусе. Принятая сетка колонн 6х12 м, высота холодильника 6 м до низа несущих конструкций.

При двухсменной работе комбината суточная производительность его по мясу

$$M_{\text{сут}} = 2M_{\text{см}} = 40 \cdot 2 = 80 \text{ т/сут.}$$

Общую производительность камер замораживания и охлаждения мяса принимаем равной 50 % суточной производительности мясокомбината:

$$M_{\text{зам}} = 0,5 \cdot 80 = 40 \text{ т/сут}$$

$$M_{\text{ост}} = M_{\text{сут}} = 80 \text{ т/сут}$$

Предусматриваем на холодильнике установку морозильного аппарата для замораживания субпродуктов (печень, сердце, язык и т. п.), считая выход субпродуктов в количестве 10 % выхода мяса. Все субпродукты в период массового убоя скота будут замораживаться для создания резерва продуктов производственным цехам:

$$M_{\text{с.пр}} = 0,1 \cdot M_{\text{сут}} = 0,1 \cdot 80 = 8 \text{ т/сут.}$$

На холодильнике есть камера для хранения топленого жира в бочках, выход жира 7 % выпуска мяса:

$$M_{\text{ж}} = 0,07 \cdot 80 = 5,6 \text{ т/сут}$$

Вместимость камер хранения мяса и мясопродуктов определяется созданием необходимого запаса сырья для производственных цехов. Вместимость камер хранения мороженого мяса принимаем из условия размещения 20-суточного поступления мяса из цеха убоя скота и разделки туш:

$$V_{\text{м.мор}} = M_{\text{сут}} = 20 \cdot 80 = 1600$$

Вместимость камер хранения охлажденного мяса составляет величину, определяемую созданием 2-суточного поступления мяса из цеха убоя скота и разделки туш

$$V_{\text{м.охл}} = 2M_{\text{сут}} = 2 \cdot 80 = 160 \text{ т}$$

Вместимость камеры хранения мороженых субпродуктов (20-суточный запас)

$$V_{\text{м.с.пр}} = 20 M_{\text{с.пр}} = 20 \cdot 80 = 160 \text{ т}$$

Вместимость камеры хранения жира в бочках (15-суточный запас)

$$V_{\text{ж}} = 15M_{\text{ж}} = 15 \cdot 5,6 = 84 \text{ т}$$

Вместимость камер замораживания мяса, если цикл работы их составляет сутки

$$V_{\text{зам}} = M_{\text{зам}} = 40 \text{ т}$$

Цикл работы камеры состоит из операций холодильной обработки, загрузки и выгрузки. Принимая температуру воздуха в камерах замораживания мяса  $-35^{\circ}\text{C}$ , считаем, что продолжительность холодильной обработки будет равна  $\tau=22$  ч, продолжительность загрузки и выгрузки камеры — по 1 ч. Таким образом, цикл работы камеры замораживания мяса  $\tau_{\text{ц}}$  составит 24 ч. Для сокращения продолжительности загрузки и выгрузки, уменьшения теплопритоков в помещения перед камерой и после нее размещают накопительные и разгрузочные, причем по площади они должны быть не менее площади одной из этих камер.

$$V_{\text{зам}} = M_{\text{зам}} \tau_{\text{ц}} / 24 = 40 \cdot 24 / 24 = 40 \text{ т}$$

Продолжительность цикла работы остывочных также принимаем равной  $\tau_{\text{ц}}=24$  ч (продолжительность холодильной обработки  $\tau= 16... 18$  ч). Тогда

$$V_{\text{ост}} = M_{\text{ост}} \tau_{\text{ц}} / 24 = 80 \cdot 24 / 24 = 80 \text{ т}$$

Площадь камер хранения мороженого мяса (штабель):  
грузовой объем камер

$$V_{\text{сп}} = V_{\text{м.мор}} / g_v = 1600 / 0,35 = 4571 \text{ м}^3,$$

где  $g_v$  — норма загрузки 1  $\text{м}^3$  грузового объема,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $g_v$  — 0,35  $\text{т}/\text{м}^3$  (см. табл. 61)  
грузовая площадь камер:

$$F_{гр} = V_{гр} = 4571/5 = 914 \text{ м}^2$$

где  $h_{гр}$  — высота штабеля, м;  $h_{гр} = 5,0$  м (принято из-за ограничения подъема груза на высоту штабелеукладчиком)

строительная площадь камер:

$$F_{стр} = F_{гр} / \beta_F = 914/0,8 = 1143 \text{ м}^2$$

где  $\beta_F$  — коэффициент использования площади камеры;  $\beta_F = 0,8$ .

Так как площадь камер должна быть кратна целому числу строительных прямоугольников (строительный прямоугольник определяется принятой сеткой колонн  $6 \times 12 = 72 \text{ м}^2$ ), то

$$n = F_{стр}/72 = 1143/72 = 15,88$$

Принимаем площадь камер хранения мороженого мяса кратной 16 строительным прямоугольникам ( $F_{м.мор} = 16 \cdot 72 = 1152 \text{ м}^2$ ).

Площадь камер замораживания мяса определяем из условия, что продукты (туши или полутуши мяса) находятся на подвесных путях:

$$F_{стр} = V_{зам} / \beta_F \sim 40/0,2 = 200 \text{ м}^2,$$

где  $g_F$  — норма нагрузки от мяса на  $1 \text{ м}^2$  площади пола,  $\text{т/м}^2$ ;  $g_F = 0,2 \text{ т/м}^2$  (см. табл. 62).

Число строительных прямоугольников для камер замораживания мяса

$$n = F_{стр}/72 = 200/72 = 2,78$$

Принимаем число камер замораживания мяса равным трем, причем площадь каждой камеры соответствует площади одного строительного прямоугольника.

### Задания

№	мощность
1	50
2	55
3	60
4	85
5	90
6	120
7	130
8	150
9	160
10	170

11	180
12	250
13	380
14	430
15	500
16	600
17	650
18	700
19	750
20	800
21	850
22	900
23	1000
24	1300
25	1500

### Отчет о работе

1. Произвести расчет по заданным вариантам
2. По данным расчета определить число камер замороженного мяса

### Вопросы

1. Дайте определения холодильника?
2. Как определяют вместимость распределительного холодильника?

## Практическая работа № 16, 17

**Тема:** «Составление схем отдельных узлов холодильной установки и агрегированных машин»

**Цель:** Научиться составлять схему отдельных узлов холодильной установки

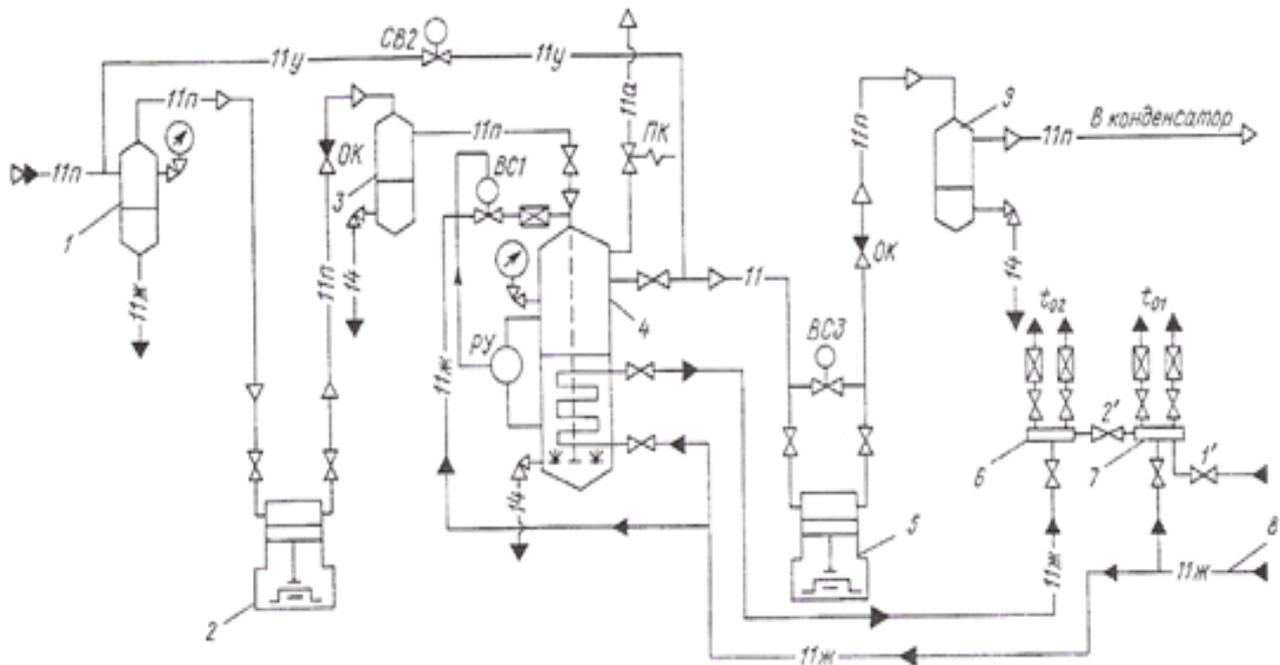
**Время** 4 ч

### Ход работы

Узел компрессоров двухступенчатого сжатия.

Схема узла двухступенчатого сжатия, состоящего из двух одноступенчатых компрессоров. В данной схеме применен промежуточный сосуд 4 со змеевиком для охлаждения жидкого хладагента.

Между компрессором ступени низкого давления и промежуточным сосудом целесообразно предусматривать маслоотделитель 3, так как это не только освобождает промежуточный сосуд от несвойственных ему функций маслоотделения, но и предохраняет поверхность змеевика от замасливания и тем самым от ухудшения теплообмена через нее. На нагнетательной стороне компрессора ступени высокого давления устанавливают свой маслоотделитель 9.



Жидкий хладагент из конденсатора или линейного ресивера поступает по линии 8, и часть его подается к коллектору 7 регулирующей станции для раздачи потребителям высоких температур кипения, входящих в систему одноступенчатого сжатия. Другая ее часть направляется через автоматический регулятор (ПУ и СВ1) непосредственно в промежуточный сосуд для охлаждения пара, нагнетаемого компрессором ступени низкого давления 2, и для охлаждения жидкости, протекающей по змеевику. Большая часть жидкости направляется в змеевик, где и охлаждается до температуры, близкой к промежуточной температуре. Для того чтобы не произошло смешения потоков жидкости с разными температурами, хладагент после змеевика направляется к отдельному коллектору 6 регулирующей станции для раздачи по низкотемпературным объектам, охлаждаемым системой двухступенчатого сжатия. В зависимости от числа ступеней охлаждения жидкости необходимо иметь соответствующее число коллекторов на регулирующей станции.

Коллектор 7 снабжен вентилем Г для зарядки и пополнения системы хладагентом. Оба коллектора 6 и 7 соединены мостом с вентилем 2', позволяющим в случае необходимости питать коллектор 6 жидкостью более высокой температуры, а также добавлять жидкость для пополнения системы низких температур.

Для обеспечения безопасных условий пуска компрессоров давление в промежуточном сосуде должно быть понижено до давления в испарительной системе.

### Отчет о работе

1. Дать техническую характеристику схемы двухступенчатого сжатия
2. Начертить узел двухступенчатого сжатия

### Вопросы

1. Какой процесс происходит в компрессоре
2. Какой процесс происходит в промежуточном сосуде
3. Расскажите принцип работы схемы двухступенчатого сжатия

## Практическая работа № 18

**Тема:** «Определение теплопритоков  $Q_1, Q_2$ .»

**Цель:** Научиться рассчитывать теплопритоки

**Время:** 2 ч

### Ход работы

Провести тепловой расчет камер хранения холодильника вместимостью 400 усл. т. Для хранения мороженого мяса используется камера № 1 ( $t_b = -20^\circ\text{C}$ ). Камеры с универсальным температурным режимом — №№: 2, 3 ( $t_b = -2/-20^\circ\text{C}$ ), ( $t_b = -2^\circ\text{C}$  — хранение яйца;  $t_b = -20^\circ\text{C}$  — хранение мороженого мяса). Сетка колонн  $6 \times 12$  м. Высота камер до низа балок 4,8 м. Район строительства — г. Санкт-Петербург. Вход в холодильник с северной стороны. Стены — железобетонные плиты (оштукатуренные светлой штукатуркой).

Расчеты всех теплопритоков свести в соответствующие таблицы.

Определяем теплоприток через ограждения.

Теплоприток от продуктов при их тепловой обработке (Вт):

$$Q_{2T} = M_{\text{т.пост}} C_T (t_{\text{пост}} - t_{\text{вып}}) \cdot 10^6 / (24 \cdot 3600)$$

Вместимость камер определяем из условия, что при  $t_b = -20^\circ\text{C}$  в камере находится мороженое мясо, а при  $t_b = 0^\circ\text{C}$  — яйцо в картонных коробках.

Камера №1:

$$V = F_{\text{стр}} \beta_f h_{\text{гр}} g_v = (18 \cdot 12) 0,7 \cdot 4,5 \cdot 0,35 = 238 \text{ т.}$$

Камеры № 2, 3:

$$V = (12 \cdot 6) 0,65 \cdot 4,5 \cdot 0,35 = 74 \text{ т (мороженое мясо).}$$

$$V = (12 \cdot 6) 0,65 \cdot 4,5 \cdot 0,24 = 51 \text{ т (яйцо в картонных коробках).}$$

Масса тары для яйца составляет 10 % массы продукта.

Температура мороженого мяса, поступающего на холодильник,  $t_{\text{пост}} = -8^\circ\text{C}$ , температура яйца, поступающего на холодильник,  $t_{\text{пост}} = 8^\circ\text{C}$ . Температура выпуска мороженого мяса  $t_{\text{вып}} = -20^\circ\text{C}$ , яйца  $t_{\text{вып}} = 0^\circ\text{C}$ .

Суточное поступление продуктов в камеру:

Камера №1:

$$M_{\text{пост}} = 238 \cdot 0,06 = 14,3 \text{ т в сутки — мороженое мясо.}$$

Камеры №2, 3:

$$M_{\text{пост}} = 74 \cdot 0,08 = 6 \text{ т в сутки — мороженое мясо;}$$

$$M_{\text{пост}} = 51 \cdot 0,08 = 4,1 \text{ т в сутки — яйцо}$$

Удельную энтальпию продуктов определяют по приложению 14.

Расчет теплопритока  $Q_1$  через ограждения камер холодильника

Ограждение	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	Размеры, м			$F, \text{м}^2$	$t_{н}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t = t_{н} - t_{в}, ^\circ\text{C}$	$k, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\Delta t_{с}, ^\circ\text{C}$	$Q_{ит}, \text{Вт}$	$Q_{ис}, \text{Вт}$	$Q_1, \text{Вт}$
		L	B	H								
Камера №1												
НС-С (платформа)		-	12	6,7	80,4	27	47	0,23	-	869	-	869
НС-В		18	-	6,7	120,6	27	47	0,23	6	1304	166	1470
НС-Ю		-	12	6,7	80,4	27	47	0,23	6	869	-	869
ВС-3 (камера №2)		12	-	6,7	80,4	-2	18	0,28	-	405	-	405
ВС-3												
Тамбур		6	-	6,7	40,2	-	33	0,23	-	305	-	305
Пол		18	12	-	216	2	22	0,18	-	855	-	855
Покрытие		18	12	-	216	27	47	0,22	14,9	2233	708	2941
итого												7714
Камера №2												
НС-Ю		-	6	6,7	40,2	27	29/47	0,4/0,23	6	466/435	96/55	562/490
ВС-3 (камера №3)		12	-	6,7	80,4	-2	0/18	0,28	-	-/405	-	-/405
ВС-С (тамбур)		-	6	6,7	40,2	-	20/33	0,39/0,23	-	318/305	-	318/305
ВС-В (камера №1)		12	-	6,7	80,4	-20	-18/0	0,28	-	-	-	-
Пол		12	6	-	72	2	4/22	0,35/0,18	-	101/285	-	101/285
Покрытие	-2/ -20	12	6	-	72	27	29/47	0,34/0,22	14,9	710/744	365/236	1075/980
итого												2056/2510
Камера №3												
НС-Ю		-	6	6,7	40,2	27	29/47	0,4/0,23	6	466/435	96/55	562/490
В-3 (компрессорный цех)		12	-	6,7	80,4	22	24/42	0,4/0,23	-	772/777	-	772/777
ВС-С (тамбур)		-	6	6,7	40,2	-	20/33	0,39/0,23	-	318/305	-	318/305
ВС-3 (камера №2)		12	-	6,7	80,4	-2/-20	0/20	0,28	-	-/450	-	-/450
Пол	-2/ -20	12	6	-	72	2	22	0,35/0,18	-	101/285	-	101/285
Покрытие		12	6	-	72	27	29/47	0,34/22	14,9	710/744	365/236	1075/980
итого												2828/3287

Теплоприток от тары для яйца (Вт)

$$Q_{2T} = M_{T, \text{пост}} C_T (t_{\text{пост}} - t_{\text{вып}}) \cdot 10^6 / (24 \cdot 3600)$$

где  $C_T = 2,3 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$  — удельная теплоемкость картона.

$$Q_{2T} = 0,41 \cdot 2,3(8 - 2) \cdot 10^6 / (24 \cdot 3600) = 65 \text{ Вт.}$$

Расчет теплопритока  $Q_2$  приводим.

Камера	$t_b, ^\circ\text{C}$	$M_{\text{пост}}, \text{ Т}$ в сутки	Удельная энтальпия продукта, кДж/кг		$\Delta i,$ кДж/кг
			поступившего	выпускаемого	
Камера №1					
Мороженого мяса	-20	14,3	39,4	0	39,4
Камера №2					
Яйца	-2	4,1	262,7	243,7	18,8
Мороженого мяса	-20	6	39,4	0	39,4
Камера №3					
Яйца	-2	4,1	262,7	243,7	18,8
Мороженого мяса	-20	6	39,4	0	39,4

Продолжение таблицы

Камера	$M_{\text{пост}}, \text{ Т}$ в сутки	$Q_{2 \text{ пр}}, \text{ Вт}$	$Q_{2T}, \text{ Вт}$	$Q_2, \text{ Вт}$
Камера №1				
Мороженого мяса	-	620	-	6520
Камера №2				
Яйца	0,41	892	65	957
Мороженого мяса	-	2736	-	2736
Камера №3				
Яйца	0,41	892	65	957
Мороженого мяса	-	2736	-	2736

### Задание

**В1** Произведите тепловой расчет камер хранения холодильника вместимостью 450 усл. т. Для хранения мороженого мяса используется камера № 1 ( $t_b = -20 ^\circ\text{C}$ ). Камеры с универсальным температурным режимом — №№: 2, 3 ( $t_b = -2/-20 ^\circ\text{C}$ ), ( $t_b = -2 ^\circ\text{C}$  — хранение яйца;  $t_b = -20 ^\circ\text{C}$  — хранение мороженого мяса). Сетка колонн 6 × 12 м. Высота камер до низа балок 4,8 м. Район строительства — г. Брянск. Вход в холодильник с северной стороны. Стены — железобетонные плиты.

**В2** Произведите тепловой расчет камер хранения холодильника вместимостью 500 усл. т. Для хранения мороженого мяса используется камера № 1 ( $t_b = -20 ^\circ\text{C}$ ). Камеры с универсальным температурным режимом — №№: 2, 3 ( $t_b = -2/-20 ^\circ\text{C}$ ), ( $t_b = -2 ^\circ\text{C}$  — хранение яйца;  $t_b = -20 ^\circ\text{C}$  — хранение мороженого мяса). Сетка колонн 6 × 12 м. Высота камер до низа балок 4,8 м. Район строительства — г. Воронеж. Вход в холодильник с южной стороны. Стены — железобетонные плиты.

## Отчет о работе

1. Произвести тепловой расчет
2. Данные расчета занести в таблицу

## Вопросы

1. Сформулируйте цель теплового расчета охлаждаемых помещений.
2. Перечислите составляющие тепловой нагрузки на камерное оборудование.
3. Назовите особенности расчета теплопритока через ограждения.
4. Как определить теплоприток от продуктов при их холодильной обработке для различных типов холодильников

## Практическая работа №19

**Тема:** «Определение теплопритоков  $Q_3, Q_5$ »

**Цель:** Научиться рассчитывать теплопритоки

**Время:** 2 ч

### Ход работы

Провести тепловой расчет камер хранения холодильника вместимостью 400 усл. т (см. рис. 140). Для хранения мороженого мяса используется камера № 1 ( $t_b = -20$  °С). Камеры с универсальным температурным режимом — №: 2, 3

( $t_b = -2/-20$  °С), ( $t_b = -2$  °С — хранение яйца;  $t_b = -20$  °С — хранение мороженого мяса). Сетка колонн 6 × 12 м. Высота камер до низа балок 4,8 м. Район строительства — г. Санкт-Петербург. Вход в холодильник с северной стороны. Стены — железобетонные плиты (оштукатуренные светлой штукатуркой).

Теплоприток от наружного воздуха при вентиляции камер хранения яйца

$$Q_z = V_{\text{ка}} \alpha_p (i_n - i_b) \cdot 10^3 / (24 \cdot 3600) = (72 \cdot 6,0) \cdot 3 \cdot 1,29(60 - 6) \cdot 10^3 / (24 \cdot 3600) = 1045 \text{ Вт.}$$

Теплопритоки  $Q_3$  на компрессор и камерное оборудование принимают одинаковыми.

Расчет эксплуатационных теплопритоков дан в таблицы.

Камера	$t_b, \text{ }^\circ\text{C}$	F, м <sup>2</sup>	A, Вт/м <sup>2</sup>	n, чел	$\sum N_{\text{эл,к}}$ Вт	B, Вт/м <sup>2</sup>	q <sub>1</sub> , Вт	q <sub>2</sub> , Вт	q <sub>3</sub> , Вт	q <sub>4</sub> , Вт	Q <sub>4</sub> , Вт	
											Км	Об
Камера №1												
Мороженого мяса	-20	216	2,3	3	4	8	497	1050	4000	1728	7275	7275
Камера №2,3												
Яйца	0	72	2,3	2	6	15	166	700	6000	1080	7946	7946
Мороженого мяса	-20	72	2,3	2	4	12	166	700	4000	864	5730	5730

Число камер на каждый температурный режим не превышает трех, поэтому,  $Q_{4км-}, Q_{4об}$

Теплоприток  $Q_5$  для данных камер не определяют. Все рассчитанные значения теплопритоков заносят в сводную таблицу теплопритоков .

#### Сводная таблица теплопритоков в камеры холодильника

камера	$t, ^\circ\text{C}$	$Q_1, \text{Вт}$	$Q_2, \text{Вт}$	$Q_3, \text{Вт}$	$Q_4, \text{Вт}$	$\Sigma Q, \text{Вт}$
Камера №1						
Мороженого мяса	-20	7714	6520	-	7275	21509
Камера №2						
Яйца	-2	2050	957	1045	7946	12004
Мороженого мяса	-20	2510	2736	-	5730	10976
Камера №3						
Яйца	-2	2828	957	1045	7946	12776
Мороженого мяса	-20	3287	2736	-	5730	11753

Для определения тепловой нагрузки на компрессор и камерное оборудование необходимо распределить его по температурам кипения, находя при этом температуры рассола и кипения хладагента.

#### Распределение тепловой нагрузки по температуре кипения

камера	$t, ^\circ\text{C}$	$t_b - t_p, ^\circ\text{C}$	$t_p - t_o, ^\circ\text{C}$	$t_o, ^\circ\text{C}$	$\Sigma Q_{0км}, \text{Вт}$			$\Sigma Q_{0об}, \text{Вт}$	
					$t_{o1}, ^\circ\text{C}$	$t_{o2}, ^\circ\text{C}$ $t_{o3}, ^\circ\text{C}$	$t_{o1}, ^\circ\text{C}$	$t_{o2}, ^\circ\text{C}$	
Камера №1									
Мороженого мяса	-20	10	5	-35	-	21509	-	21509	
Камера №2									
Яйца	-2	10	5	-15	12004	-	12004	-	
Мороженого мяса	-20	10	5	-35	-	10976	-	10976	
Камера №3									
Яйца	-2	10	5	-15	12776	-	12772	-	
Мороженого мяса	-20	10	5	-35	-	11753	-	11753	
Итого					24780	44238	24780	44238	

#### Задания

**В1** Произведите тепловой расчет камер хранения холодильника вместимостью 450 усл. т. Для хранения мороженого мяса используется камера № 1 ( $t_b = -20 ^\circ\text{C}$ ). Камеры с универсальным температурным режимом — №№: 2, 3 ( $t_b = -2/-20 ^\circ\text{C}$ ), ( $t_b = -2 ^\circ\text{C}$  — хранение яйца;  $t_b = -20 ^\circ\text{C}$  — хранение мороженого мяса). Сетка колонн 6 \*12 м. Высота камер до низа балок 4,8 м. Район строительства — г. Курск. Вход в холодильник с северной стороны. Стены — железобетонные плиты.

**В2** Произведите тепловой расчет камер хранения холодильника вместимостью 500 усл. т. Для хранения мороженого мяса используется камера № 1 ( $t_b = -20$  °С). Камеры с универсальным температурным режимом — №№: 2, 3 ( $t_b = -2/-20$  °С), ( $t_b = -2$  °С — хранение яйца;  $t_b = -20$  °С — хранение мороженого мяса). Сетка колонн 6 × 12 м. Высота камер до низа балок 4,8 м. Район строительства — г. Волгоград. Вход в холодильник с южной стороны. Стены — железобетонные плиты.

### Отчет о работе

1. Произвести тепловой расчет
2. Данные расчета занести в таблицу

### Вопросы

1. Сформулируйте цель теплового расчета охлаждаемых помещений.
2. Как рассчитывают теплоприток от наружного воздуха при вентиляции различных охлаждаемых помещений?

## Практическая работа № 20

**Тема:** «Определение холодопроизводительности компрессора и камерного оборудования»

**Цель:** Определение холодопроизводительности.

**Время** 2 ч.

### Ход работы

На диаграмму нанесите изотермы  $t_0$ ,  $t_k$ ,  $t_{bc}$  и найдите изобары  $p_0$  и  $p_k$ ; на линии ординат. На пересечении с пограничной кривой найдите точку 1', которая определяет параметры пара на выходе из испарителя. На пересечении линии  $t_{bc}$  и  $t_0$  найдите точку 1, которая определяет состояние пара, всасываемого компрессором. Через точку 1 проведите линию постоянной энтропии до пересечения с изобарой  $p_k$  в точке 2. Эта точка и определяет состояние пара в конце сжатия.

Процесс 2-2' отражает превращение перегретого пара в насыщенный в конденсаторе. Точку 2' находим на линии пересечения изобары  $p_k$  с правой пограничной кривой. На линии пересечения изобары  $p_k$  с левой пограничной кривой находим точку 3', которая определяет параметры жидкого хладагента на выходе из конденсатора. Процесс 2'-3' отражает превращение насыщенного пара в жидкость в конденсаторе.

Определите положение точки 3 на пересечении изобары  $p_k$  с изотермой  $t_{п}$ , которое устанавливают после нахождения параметров предыдущих точек. Числовые значения энтальпий в 3 точках определите, опуская перпендикуляр на ось абсцисс. Удельный объем (только для точки 1) определите по штриховым линиям, температуру - по штрихпунктирным линиям.

Найденные значения параметров цикла занесите в таблицу.

№ точки	t, °C	p, МПа	i, кДж/кг	v, м <sup>3</sup> /кг
1'				
1				
2				
2'				
3'				
3				
4				

На основании измерений расхода воды на конденсатор рассчитайте тепловую нагрузку на конденсатор (кВт)

$$Q_k = M_{\text{вд}} c_{\text{вд}} (t_{\text{вд}2} - t_{\text{вд}1})$$

где  $M_{\text{вд}}$  - массовый расход охлаждающей воды, кг/с;

$c_{\text{вд}}$  - удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·°C);

$t_{\text{вд}1}$ ,  $t_{\text{вд}2}$  - температуры воды на входе в конденсатор и на выходе из него, °C

Массовый расход хладагента, циркулирующего через конденсатор (кг/с)

$$M = Q_k / (i_2 - i_3')$$

Удельную холодопроизводительность хладагента (Дж/кг) определите по формуле

$$q_0 = i_1' - i_4$$

Найдите холодопроизводительность (кВт) для каждого режима

$$Q_0 = M q_0 = M(i_1' - i_4)$$

Определите холодильный коэффициент

$$\epsilon_1 = Q_1 / N_e$$

Значение  $N_e$  найдите по формуле

$$N_e = \sum W / \tau$$

№ режима	Холодопроизводительность $Q_0$ , кВт	Суммарная потребляемая мощность $N_e$ , кВт	Холодильный коэффициент $\varepsilon$
1			
2			
3			

**Задание**

1в  $t_{cp}=-10$  °С,  $t_k=26$  °С,  $t_{bc}=15$  °С,  $t_{п}=20$  °С

2в  $t_{cp}=-15$  °С,  $t_k=28$  °С,  $t_{bc}=15$  °С,  $t_{п}=25$  °С

**Отчет о работе**

1. Схема установки и техническую характеристику оборудования
2. Рассчитать тепловую нагрузку и данные записать в таблицу

**Вопросы**

1. Как изменяется удельный объем пара с повышением температуры конденсации
2. Как изменяется объемная холодопроизводительность с понижением температуры конденсации
3. Как влияет температура конденсации на расход электроэнергии

**Практическая работа № 21**

**Тема:** «Определение холодопроизводительности малых фреоновых компрессоров»

**Цель:** Закрепление теоретического материала по расчету циклов холодильных машин

**Время** 2ч.

**Ход работы**

Основным узлом является калориметр К. Он состоит из двух половин герметично соединенных с помощью фланцев с резиновой прокладкой. Внутри калориметра смонтированы змеевиковый испаритель И и электронагреватель Нг. Через штуцер зарядки ШЗ калориметр заряжают вторичным фреоном (R12). Перед тем как подсоединить баллон с фреоном к штуцеру ШЗ, вентиль В закрывают. Для зарядки калориметра открывают вентиль на баллоне и вентиль В. Затем включают холодильную машину, в состав которой входит испытываемый компрессор Км, или ослабляют гайку на штуцере присоединения предохранительного клапана ПК. О заполнении калориметра фреоном судят по смотровому стеклу или по указателю уровня. Затем закрывают вентиль В, отсоединяют баллон, закрывают заглушкой штуцер ШЗ и снова открывают вентиль В, контролируя давление фреона в калориметре по показательному манометру 2М.

При работе машины фреон в калориметре охлаждается и давление в нем падает. При включении нагревателя давление в калориметре растет. Если в калориметре установилось постоянное давление, то это значит, что холодопроизводительность машины равна теплопритоку от электронагревателя. Теплоприток нагревателя определяется его мощностью, т.е. произведением амперметра  $A$  и вольтметра  $V$ . Эта мощность и показывает холодопроизводительность компрессора при установившейся температуре кипения  $t_0$  (по манометру  $3M$ ). Для определения холодопроизводительности компрессора при других температурах кипения увеличивают или уменьшают мощность нагревателя лабораторным автотрансформатором (Латр), пока не установится нужное давление  $p_0$ .

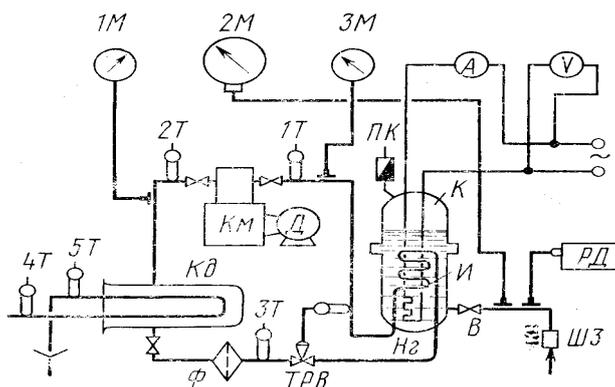


Рис. Испытание компрессора на холодопроизводительность

### Отчет о работе

1. Зарисовать схему испытания компрессора на холодопроизводительность
2. По данным испытания построить цикл

### Вопросы

1. Почему с понижением  $t_0$  падает значение  $Q_0$
2. Что такое стандартная холодопроизводительность
3. Почему с увеличением степени сжатия коэффициент подачи компрессора падает

## Список используемой литературы

1. Лашутина, Н. Г. Холодильные машины и установки: учебник / Н. Г. Лашутина, Т. А. Верховая. - М.: Колос, 2006. - 365 с.: ил.
2. Правила безопасности аммиачных холодильных установок ПБ 09-595-03. - СПб.: Профикс, 2004. - 32 с.
3. Захарцова, Л. Н. Монтаж, техническая эксплуатация и обслуживание холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям): учебное пособие / Л. Н. Захарцова. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. –108 с.

### Интернет-ресурсы (И-Р):

1. Исторический экскурс по холодильной отрасли [Электронный ресурс] / Холод.ru Интернет-газета: сайт // Режим доступа: [http://www.holodilshchik.ru/index\\_holodilshchik\\_issue\\_4\\_2008\\_History\\_refrigeration\\_branch.htm](http://www.holodilshchik.ru/index_holodilshchik_issue_4_2008_History_refrigeration_branch.htm). - Дата обращения: 08.04.2015.- Заглавие с экрана
2. Холодильник.ru [Электронный ресурс]: сайт // Режим доступа: <http://www.holodilshchik.ru>, - Дата обращения: 08.04. 2015.- Заглавие с экрана.

Учебное издание

Бохан К.А.

## **Практикум**

**ПМ.01 Ведение процесса по монтажу, технической эксплуатации  
и обслуживанию холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)**

Учебное пособие

специальность 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация  
холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 06.03.2018 г. Формат 60x84. 1/16.

Бумага печатная Усл.п.л. 2,38. Тираж 25 экз. Изд. № 5548.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ