

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**



Кафедра теоретических

тепло- и хладотехники

ОСНОВ

РАСЧЕТ ВОЗДУШНОГО КОНДЕНСАТОРА ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Методические указания
к самостоятельной работе
для студентов всех специальностей
факультетов холодильной техники,
криогенной техники и кондиционирования воздуха
очной формы обучения

Санкт-Петербург
2010

УДК 536.2

Ширяев Ю.Н., Гусев К.В. Расчет воздушного конденсатора холодильной установки: Метод. указания к самостоятельной работе для студентов всех спец. факультетов холодильной техники, криогенной техники и кондиционирования воздуха очной формы обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2010. – 22 с.

Приведены пример расчета воздушного конденсатора и программа расчета на языке Фортран 90.

Рецензент

Доктор техн. наук, проф. А.Я. Эглит

Рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

© Санкт-Петербургский государственный
университет низкотемпературных
и пищевых технологий, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Перед выполнением расчета конденсатора холодильной машины студент должен изучить изложенные в лекциях и в [1] теоретические положения, характеризующие процессы теплопередачи в конденсаторах.

Настоящая работа ставит цель научить студента выполнять тепловой расчет аппарата и анализировать влияние режимных и геометрических параметров на процесс теплопередачи в конденсаторах их теплотехнические и габаритные характеристики.

В результате выполнения работы студент должен усвоить общие принципы и порядок теплового расчета теплообменного аппарата, изучить графоаналитический метод определения плотности теплового потока и уяснить условия, при которых возникает необходимость применения такого метода, разобраться в возможных способах интенсификации в рассчитываемом аппарате.

В методических указаниях рассмотрен пример расчета горизонтального конденсатора с воздушным охлаждением, внутри труб которого конденсируется хладагент R22, пучок труб омывается воздухом, который отводит теплоту конденсации. Конденсация происходит на внутренней поверхности оребренных труб. Ребра круглые, пучок труб шахматный, геометрические характеристики заданы в примере.

Расчетная методика, изложенная в методических указаниях, позволяет рассчитывать конденсаторы с коридорным пучком и квадратными ребрами, а также с пластинчатым оребрением.

Расчетная программа позволяет анализировать влияние режимных параметров работы конденсатора, а также геометрических характеристик теплообменной поверхности аппарата на коэффициент теплопередачи и расчетное значение поверхности конденсатора при одной и той же тепловой производительности.

Упрощенная конструкция конденсатора с воздушным охлаждением представлена на рис. 1.

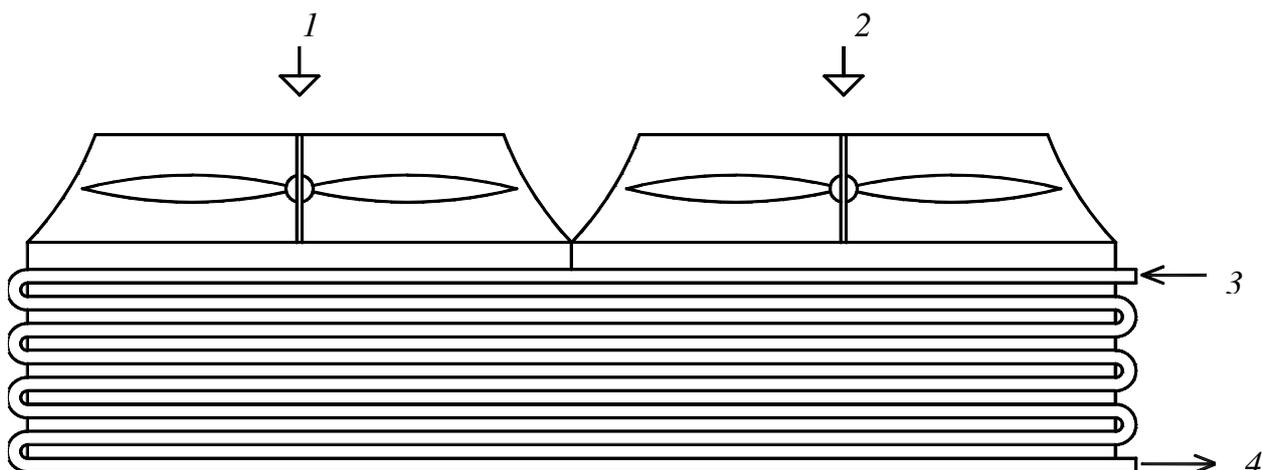


Рис. 1. Упрощенная конструкция конденсатора с воздушным охлаждением:
 1, 2 – вход воздуха; 3 – вход хладагента; 4 – выход хладагента

Принятые обозначения

- Q – тепловая производительность конденсатора, Вт
- $t_{\text{в}}$ – температура хладоносителя (воздуха), °С
- $t_{\text{к}}$ – температура конденсации хладагента, °С
- Θ – разность температур, °С
- θ_m – средняя логарифмическая разность температур, °С
- λ – коэффициент теплопроводности, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
- ν – коэффициент кинематической вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$
- μ – коэффициент динамической вязкости, Па·с
- w – скорость движения, м/с
- d – диаметр, м
- α – коэффициент теплоотдачи, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$
- s – шаг, м
- δ – толщина, м
- K_1 – частный коэффициент теплопередачи, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$
- r – теплота парообразования, кДж/кг
- ρ – плотность, кг/м³
- F – площадь, м²
- q – тепловой поток, Вт/м²
- n – число труб

K_0 – общий коэффициент теплопередачи, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

Re – критерий Рейнольдса

Nu – критерий Нуссельта

ПРИМЕР РАСЧЕТА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Цель расчета – определение коэффициента теплопередачи, удельного теплосъема аппарата (плотности теплового потока) и теплопередающей поверхности (площади поверхности аппарата).

Исходные данные

Тепловая производительность конденсатора Q , Вт	30000
Температура воздуха на входе в конденсатор $t_{в1}$, °С	20
.....	
Температура воздуха на выходе из конденсатора $t_{в2}$, °С .	22
Температура насыщения хладагента R22 t_k , °С	35
.....	
Размеры медной трубы:	
– внутренний диаметр $d_{вн}$, мм	10
.....	
– диаметр по основанию ребер d_n , мм	14
.....	
Параметры оребрения:	
– оребрение пластинчатое	
– толщина ребра δ_p , мм	0,5
.....	
– шаг ребра S_p , мм	3
Параметры пучка:	

- пучок шахматный
- поперечный шаг (горизонтальный) S_r , мм 0,20
-
- продольный (вертикальный) шаг S_b , мм 0,20

Последовательность расчета

1. Определение средней логарифмической разности температур (средний логарифмический температурный напор)

$$\Theta_m = \frac{t_{B2} - t_{B1}}{\ln \left(\frac{t_H - t_1}{t_H - t_2} \right)} = \frac{22 - 20}{\ln \left(\frac{35 - 20}{35 - 22} \right)} = 13,444 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2. Определение коэффициента теплоотдачи от воздуха к наружной поверхности трубы

Средняя температура воздуха равна:

$$\bar{t}_B = t_K - \Theta_m = 35 - 13,444 = 21,556 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Теплофизические свойства воздуха для этой температуры находим из [2]:

$$c_{pB} = 1006 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \quad \rho_B = 1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Для определения коэффициента теплоотдачи от воздуха к основной поверхности трубы принимаем скорость воздуха $w_B = 10 \text{ м/с}$ и используем уравнение Мэцумуры и Удзухаси для шахматных пучков с пластинчатым оребрением:

$$\alpha_B = 18 \cdot w_B^{0,578} = 68,120 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

3. Определение частного коэффициента теплопередачи к внутренней поверхности трубы.

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} \cdot \frac{d_{BH}}{d_H} + \frac{\delta_{CT}}{\lambda_{CT}} \cdot \frac{d_{BH}}{d_{CP}}},$$

где $\delta_{\text{ст}} = \frac{1}{2} (d_{\text{н}} - d_{\text{вн}}) = \frac{1}{2} (14 - 10) = 2$ мм – толщина стенки трубы;

$\lambda_{\text{ст}} = 384 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – теплопроводность материала трубы (медь);

$d_{\text{ср}} = \frac{1}{2} (d_{\text{н}} + d_{\text{вн}}) = \frac{1}{2} (14 + 10) = 12$ мм – средний диаметр трубы.

Тогда

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{68,120} \cdot \frac{0,01}{0,014} + \frac{0,002}{384} \cdot \frac{0,01}{0,012}} = 95,328 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

4. Определение коэффициента теплоотдачи со стороны конденсирующегося хладагента.

Теплофизические свойства фреона R22 для $t_{\text{к}} = 35$ °С находим из [2]:

$$\lambda_a = 0,082775 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}; \quad r_a = 172536 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}};$$

$$\rho_a = 1149,43 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}; \quad \mu_a = 0,0001894 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Для определения коэффициента теплоотдачи со стороны конденсирующегося хладагента используем следующие формулы:

$$\alpha_N = 0,555 \sqrt[4]{\frac{r_a \cdot \rho_a^2 \cdot \lambda_a^3}{\mu_a \cdot d_{\text{вн}} \cdot \theta_a}} \quad \text{– формула Чейто для одиночной горизонтальной трубы};$$

где $\alpha_a = \alpha \cdot N \cdot \varepsilon_{\text{зм}}$ – формула для определения коэффициента теплоотдачи при конденсации фреонов внутри змеевика,

где $\varepsilon_{\text{зм}} = 0,2 \cdot q_{F_{\text{вн}}}^{0,15}$.

После подстановки получим следующее выражение для определения коэффициента теплоотдачи:

$$\alpha_a = 0,5081 \cdot B^{1,15} \cdot \theta_a^{-0,1375},$$

$$\text{где } B = \sqrt[4]{\frac{r_a \cdot \rho_a^2 \cdot \lambda_a^3}{\mu_a \cdot d_{\text{вн}}}} = \sqrt[4]{\frac{172536 \cdot 1149,43^2 \cdot 0,082775^3}{0,0001894 \cdot 0,01}} = 2873,22.$$

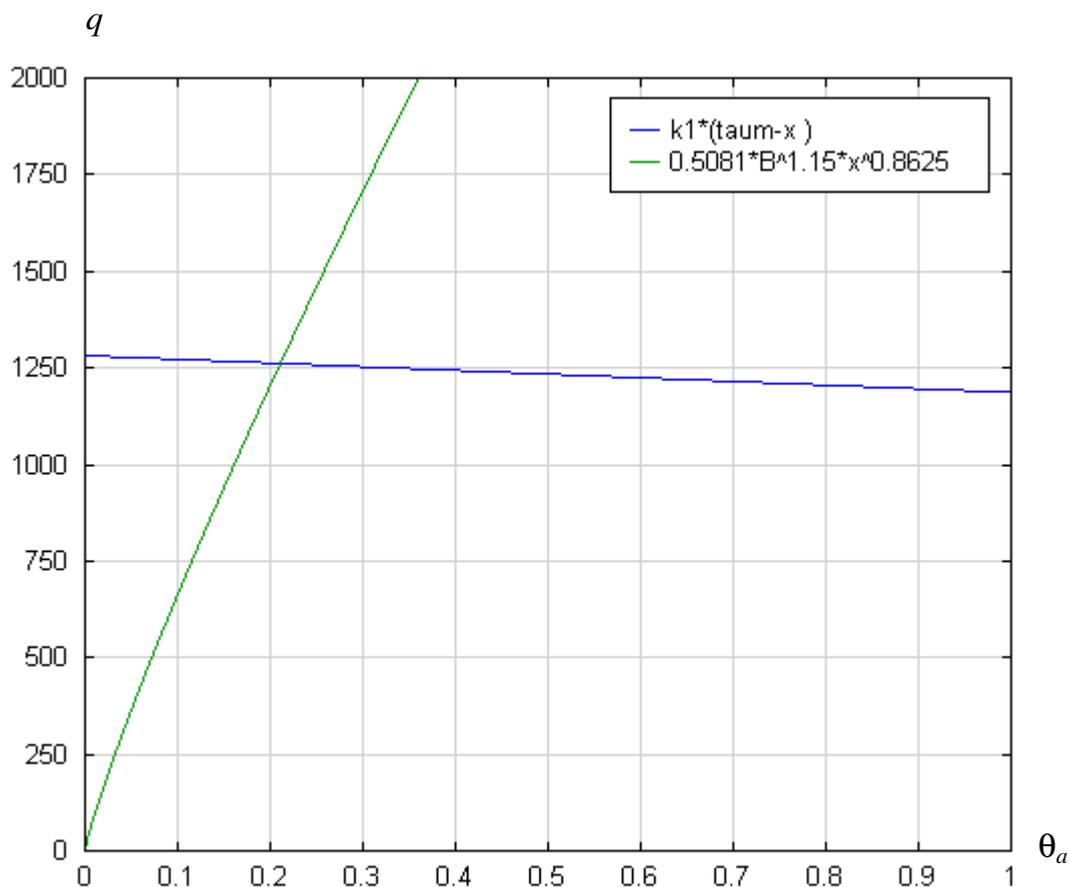
5. Исходя из вышеперечисленных уравнений можно определить удельные тепловые потоки от хладагента и воздуха:

$$q_a = \alpha_a \cdot \theta_a = 4820,29 \cdot \theta^{0,8625}$$

$$q_b = K_1 (\theta_m - \theta_a) = 95,328 (13,44 - \theta_a)$$

6. Использование графоаналитического метода для нахождения θ_a

Построим графики функций $q = f(\theta_a)$ по уравнениям из п. 5:



Принимаем $\theta_a = 0,21$.

7. Расчет общего коэффициента теплопередачи:

$$\alpha_a = 0,5081 \cdot B^{1,15} \cdot \theta_a^{-0,1375} = 0,5081 \cdot 2873,22^{1,15} \cdot 0,21^{-0,1375} = 5974,03 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} \cdot \frac{d_{BH}}{d_H} + \frac{\delta_{CT}}{\lambda_{CT}} \cdot \frac{d_{BH}}{d_{CP}} + \frac{1}{\alpha_a}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{68,120} \cdot \frac{0,01}{0,014} + \frac{0,002}{384} \cdot \frac{0,01}{12} + \frac{1}{5974,03}} = 93,831 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

8. Окончательный расчет удельного теплового потока:

$$q_f = K \cdot \theta_m = 93,831 \cdot 10,49 = 1261,48 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

9. Определение необходимой поверхности теплообмена:

$$F = \frac{Q}{q_f} = \frac{30000}{1261,48} = 23,781 \text{ м}^2$$

Тогда общая длина труб будет равна:

$$L_{\text{об}} = \frac{F}{\pi \cdot d_H} = \frac{23,781}{\pi \cdot 0,14} = 540,71 \text{ м}$$

10. Определение производительности вентилятора:

Массовый расход воздуха через вентилятор:

$$G_B = \frac{Q}{c_{pB} (t_{B2} - t_{B1})} = \frac{30000}{1006 (22 - 20)} = 9,9403 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Объемный расход воздуха

$$V_B = \frac{G_B}{\rho_B} = \frac{9,9403}{1,29} = 7,7057 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

11. Определение геометрических характеристик конденсатора:

Площадь живого сечения, соответствующая принятой скорости воздуха:

$$f_{\text{ж.с}} = \frac{V_B}{w_B} = \frac{7,7057}{10} = 0,7705 \text{ м}^2$$

Площадь живого сечения, приходящаяся на 1 метр трубы принятого пучка:

$$f_{1M} \approx S_{\Gamma} - d_{H} = 0,02 - 0,014 = 0,006 \text{ м}^2$$

Исходя из перечисленных величин необходимо иметь общую длину труб в первом слое:

$$l' = \frac{f_{ж.с.}}{f_{1M}} = \frac{0,7705}{0,006} = 128,43 \text{ м}$$

Пусть длина трубы $l = 4$ м, тогда общее количество труб

$$n = \frac{L}{l_1} = \frac{540,71}{2} \approx 270$$

При этом поперек движения воздуха нужно разместить

$$n_{\Gamma} = \frac{l'}{l_1} = \frac{128,43}{2} \approx 67 \text{ труб, а вдоль } n_{\text{в}} = \frac{n}{n_{\Gamma}} \approx 4 \text{ трубы}$$

Таким образом, пучок комплектуется из 4 по глубине секций (по 67 труб в каждой) с длиной одной трубы 2 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теплообменные аппараты холодильных установок / Г.Н. Данилова, С.Н. Богданов, О.П. Иванов и др.; Под общей ред. Г.Н. Даниловой. – Л.: Машиностроение, 1986. – 303 с.
2. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ / С.Н. Богданов, С.И. Бурцев, О.П. Иванов, А.В. Куприянова; Под общ. ред. С.Н. Богданова. – СПб.: Агропромиздат, 1999. – 308 с.

Приложение 1

Расчет труб с пластинчатым оребрением по уравнению Гоголина

Критериальное уравнение А.А. Гоголина для расчета коэффициента теплоотдачи труб с пластинчатым оребрением:

$$\text{Nu}_{\text{ж}} = c \cdot \text{Re}_{\text{ж}}^n \left(\frac{L}{d_{\text{эк}}} \right)^m,$$

где $d_{\text{эк}}$ – эквивалентный диаметр канала; L – длина пластины по ходу воздуха.

$$\text{Для } 500 \leq \text{Re}_{\text{ж}} \leq 2500, \quad 4 \leq \frac{L}{d_{\text{эк}}} \leq 50, \quad 2 \leq w \cdot \rho \leq 6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}},$$

$0,18 \leq \frac{S_p}{d_0} \leq 0,35, \quad -40 \leq t_m \leq 40 \text{ } ^\circ\text{C}$. Величины c, n, m определяются

по следующим зависимостям:

$$n = 0,45 + 0,0066 \frac{L}{d_{\text{эк}}}; \quad m = -0,28 + 0,08 \frac{\text{Re}_{\text{ж}}}{1000}.$$

Множитель c для коридорного пучка вычисляется по формуле $c = A \cdot B$, где $B = 1,36 - 0,24 \frac{\text{Re}_{\text{ж}}}{1000}$. Значение A определяется из таблицы

$\frac{L}{d_0}$	5	10	20	30	40	50
A	0,4120	0,3260	0,2010	0,1250	0,0800	0,0475

Для шахматного пучка значение c выше на 10–12%.

Приложение 2

Расчет труб с пластинчатым оребрением по уравнению Ивановой

Критериальное уравнение В.С. Ивановой для расчета коэффициента теплоотдачи труб с пластинчатым оребрением:

$$\text{Nu}_B = c \cdot \text{Re}_B^k,$$

здесь $c = 20,962 \left(\frac{L}{d_{\text{ЭК}}} \right)^{-1,69}$, $k = 0,356 + 0,0098 \left(\frac{L}{d_{\text{ЭК}}} \right)$.

Уравнение справедливо для $10 \leq \frac{L}{d_{\text{ЭК}}} \leq 65$.

Приложение 3

Расчет труб с круглыми и квадратными ребрами по уравнению Карасиной

Критериальное уравнение Э.С. Карасиной для расчета коэффициента теплоотдачи при поперечном обтекании труб с круглыми или квадратными ребрами:

$$Nu_B = c \cdot Re_B^n \left(\frac{d_0}{S_p} \right)^{-0,54} \cdot \left(\frac{h_p}{S_p} \right)^{-0,11} \cdot \psi,$$

где $\psi = 0,85$ – коэффициент, учитывающий неравномерность теплоотдачи по высоте ребра. Значения c и n приводятся в таблице:

Тип пучка	Ребра	c	n
Коридорный	Круглые	0,104	0,72
	Квадратные	0,096	0,72
Шахматный	Круглые	0,223	0,65
	Квадратные	0,205	0,65

Данное уравнение справедливо для следующих диапазонов параметров: $3000 < Re_B < 25000$; $1,5 < \frac{S_1}{d_H} = \frac{S_2}{d_H} < 2$;

$0,635 > \frac{\delta}{d_H} > 0,08$; $0,21 < \frac{S_p}{d_H} < 0,33$; $0,17 < \frac{h_p}{d_H} < 0,5$; $0,1 \leq m \cdot h \leq 1,1$;

число рядов труб по направлению движения воздуха не менее 5.

Приложение 4

Расчет труб с пластинчатым оребрением по уравнению Мэцумура и Удзухаси

Уравнение Мэцумура и Удзухаси для шахматных пучков труб с пластинчатым оребрением:

$$\alpha_B = 18 \cdot w_B^{0,578}.$$

Уравнение справедливо при выполнении следующих условий:
 $1 \leq S_p \leq 5$ мм ; $0,2 \leq \delta_p \leq 1$ мм ; $9 \leq d_H \leq 16$ мм ; $20 \leq S_r \leq 30$ мм ;
 $10 \leq S_B \leq 50$ мм ; до 4 рядов труб по ходу воздуха.

Приложение 5

Пример программы расчета на языке Фортран 90

```
program AC
  implicit none
  !Переменные
  !Исходные данные
  real Q /60000/
  real tv1 /20/
  real tv2 /28/
  real tk /35/
  !Геометрические параметры
  real wv /10/
  real d0 /0.028/
  real dvn /0.021/
  real dr /0.049/
  real u /0.0035/
  real Sv /0.052/
  real Sg /0.045/
  real hp /0.010/
  !Число рядов труб вдоль потока воздуха:
  real nv /8/
  !Для труб с круглыми или квадратными ребрами:
  !Разновидность пучка:
  !1) Коридорный
  !2) Шахматный
  integer puch /2/
  !Разновидность ребер:
  !1) Круглые
  !2) Квадратные
  integer rebr /1/
  integer vibor
  !Теплофизические свойства воздуха
  real lambdav /0.026/
  real muv /0.0000182/
  real cv /1006/
  real rhov /1.29/
  !Теплофизические свойства R22
  real lambdaa /0.082775/
  real ra /172536.003/
  real rhoa /1149.4253/
```

```

real mua /0.00018938/
!Остальные теплофизические свойства
real lambdat /386/
!Используемые переменные
real F
real thetam
real tvsr
real Rev
real nu
real alphav
real Nuv
real K1, K
real deltat
real B
real x,x1,x2
real thetaa
real qv,qa,qf
real nusselt
real L
real dek
real gogolin
real ivanova
real flm, lob,gv,vv,fzhs,FZHS1M,LS,L1M,N,NG
real meud

```

!Расчет:

!1. Средняя логарифмическая разность температур:

```
thetam=(tv2-tv1)/(log(((tk-tv1)/(tk-tv2))))
```

```
tvsr=tk-thetam
```

```
print*,'thetam=',thetam
```

```
print*,'tvsr=',tvsr
```

!2. Критерий Рейнольдса для воздуха:

```
nu=muv/rhov
```

```
Rev=vv*d0/nu
```

```
print*,'Rev=',Rev
```

!3. Величины, необходимые для расчета коэффициента теплоотдачи:

```
dek=2*Sg*u/(Sg+u)
```

```
print*,'dek=',dek
```

```
deltat=(d0-dvn)/2
```

```
print*,'deltat=',deltat
```

```
L=Sv*nv
```

```

print*,'L=',L
!4. Расчет коэффициента теплоотдачи от воздуха:
!Выбор формулы для расчета:
!1) Уравнение Мэцумура и Удзухаси для пластинчатого оребрения;
!2) Уравнение Гоголина А.А. для пластинчатого оребрения;
!3) Уравнение Ивановой В.С. для пластинчатого оребрения;
!4) Уравнение Карасиной Э.С. для круглых и квадратных ребер.
if (vibor==1) alphav=meud(wv)
if (vibor==2) Nuv=gogolin(Rev, L, dek)
if (vibor==3) Nuv=ivanova(Rev, L, dek)
if (vibor==4) call karasina(Rev, d0, hp, Sp, puch, rebr, Nuv)
!call karasina(Rev, d0, hp, u, puch, rebr, Nuv)
!print*,'Nuv=',Nuv
!alphav=Nuv*lambdav/d0
!print*,alphav
!call ivanova(Rev, L, dek, Nuv)
!alphav=Nuv*lambdav/d0
!print*,alphav
alphav=meud(wv)
!alphav=ivanova(Rev, L, dek)
!Print*,'meud=',meud(wv)
!Print*,'ivanova=',ivanova(Rev, L, dek)
!print*,'gogolin=',gogolin(Rev, L, dek)
!alphav=Nuv*lambdav/d0
!5. Расчет коэффициента теплопередачи от воздуха к внутренней
поверхности трубы:
k1=1/(1/alphav+deltat/lambdat)
print*,'k1=',k1
!6. Расчет коэффициента В входящего в состав формулы для нахождения
теплового потока от холодильного агента:
B=((ra*rhoa**2*lambdaa**3)/(mua*dvn))**0.25
print*,'B=',B
!7. Нахождение thataa методом половинного деления:
x=10
x1=0
x2=thetam
do while (abs(x)>=1)
    thetaa=0.5*(x2+x1)
    qv=k1*(thetam-thetaa)
    qa=thetaa*nusselt(B, thetaa)
    print*,'qv=',qv
    print*,'qa=',qa
    pause

```

```

x=qv-qa

if (x>0) x1=thetaa
if (x<0) x2=thetaa
if (x==0) exit

end do
qv=k1*(thetam-thetaa)
qa=thetaa*nusselt(B, thetaa)
print*,nusselt(B, thetaa)
print*,alphav
print*,'qv=',qv
print*,'qa=',qa
print*,'thetaa=',thetaa
k=1/(1/alphav+deltat/lambdat+1/nusselt(B, thetaa))
qf=k*thetam
print*,'qf=',qf
!8. Определение необходимой поверхности теплообмена:
F=Q/qf
print*,'F=', F
F1m=3.14*d0
Lob=F/F1m
!9. Определение производительности вентилятора:
Gv=Q/cv/(tv2-tv1)
Vv=Gv/rhov
!10. определение площади живого сечения, для выбранной скорости
воздуха:
fzhs=Vv/wv
!11. Площадь живого сечения на 1 м трубы принятого пучка:
fzhs1m=Sg-d0
!12. Длина труб в сечении:
Ls=fzhs/fzhs1m
l1m=4
!13. Число рядов по вертикали:
n=Lob/l1m
nv=Lob/lm
ng=n/nv
Print*,'ng=',ng
print*,'nv=',nv
!14.
pause
end
subroutine karasina(Rev, d0, hp, Sp, puch, rebr, Nuv)

```

```

real Rev
real d0
real hp
real Sp
integer puch, rebr
real Nuv
phi=0.85
if (puch==1.and.rebr==1) then
    c=0.104
    n=0.72
end if
if (puch==1.and.rebr==2) then
    c=0.096
    n=0.72
end if
if (puch==2.and.rebr==1) then
    c=0.223
    n=0.65
end if
if (puch==2.and.rebr==2) then
    c=0.205
    n=0.65
end if
Nuv=C*Rev**n*(d0/Sp)**(-0.54)*(hp/Sp)**(-0.11)*phi
end

```

```

function gogolin(Rev, L, dek)
real gogolin
real Rev, L, dek
real n, m
real A, B, C
real tablA(6) /5,10,20,30,40,50/
real tablLd(6) /0.412,0.326,0.201,0.125,0.08,0.0475/
real ld
integer z

ld=L/dek
if (ld>=5.and.ld<=50) then
    do i=0,5
        z=i
        if (ld<tablLd(i)) exit
    end do

```

```

                A=tablA(z-1)+(tablA(z)-tablA(z-1))/(tablLd(z)-tablLd(z-
1))*(L/dek-tablLd(z-1))
                end if
!                if (ld<=tablLd(0)) then
!                A=0.412
!                end if
!                if (ld>=tablLd(5)) then
!                A=0.0475
!                end if
!
!                A=0.080
!                n=0.45+0.0066*ld
!                m=-0.28+0.08*Rev/1000
!                B=1.36-0.24*Rev/1000
!                C=A*B
!                gogolin=C*Rev**n*ld**m
end
function ivanova(Rev, L, dek)
    real ivanova
    real Rev, L, dek
    real C, k

    k=0.356+0.0098*(L/dek)
    C=20.962*(L/dek)**(-1.69)
    ivanova=C*Rev**k
end
function meud(wv)
    real meud
    real wv
    meud=18*wv**0.578
end
function nusselt(B, thetaa)
    real nusselt
    real B
    real thetaa
    nusselt=0.5081*B**1.15*thetaa**(-0.1375)
end
function cheito(B, thetaa)
    real cheito
    real B
    real thetaa
    cheito=0.6854*B**1.15*thetaa**(-0.1375)
end
end

```

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Принятые обозначения	6
ПРИМЕР РАСЧЕТА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ.....	7
Исходные данные	7
Последовательность расчета	8
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	13
Приложение 1. Расчет труб с пластинчатым оребрением по уравнению Гоголина.....	14
Приложение 2. Расчет труб с пластинчатым оребрением по уравнению Ивановой	15
Приложение 3. Расчет труб с круглыми и квадратными ребрами по уравнению Карасиной.....	16
Приложение 4. Расчет труб с пластинчатым оребрением по уравнению Мэцумура и Удзухаси.....	17
Приложение 5. Пример программы расчета на языке Фортран 90.....	18

Ширяев Юрий Николаевич
Гусев Константин Викторович

РАСЧЕТ ВОЗДУШНОГО КОНДЕНСАТОРА ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Методические указания
к самостоятельной работе
для студентов всех специальностей
факультетов холодильной техники,
криогенной техники и кондиционирования воздуха
очной формы обучения

Редактор
Л.Г. Лебедева

Корректор
Н.И. Михайлова

Компьютерная верстка
Н.В. Гуральник

Подписано в печать 08.04.2010. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 1,4. Печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,25
Тираж 250 экз. Заказ № С 9

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИИК СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9