

■ ■

‘  
«  
»  
« »



31.363  
88  
621.165.013

： . . . . . )， ( . . . . . ，  
， . . . . . ，  
， . . . . . ， . . . . . ，

． ． ， ． 3．

88

ISBN 5-283-00162-8

： . . . . .  
， 1994— 288 ， . . . . .

31.363

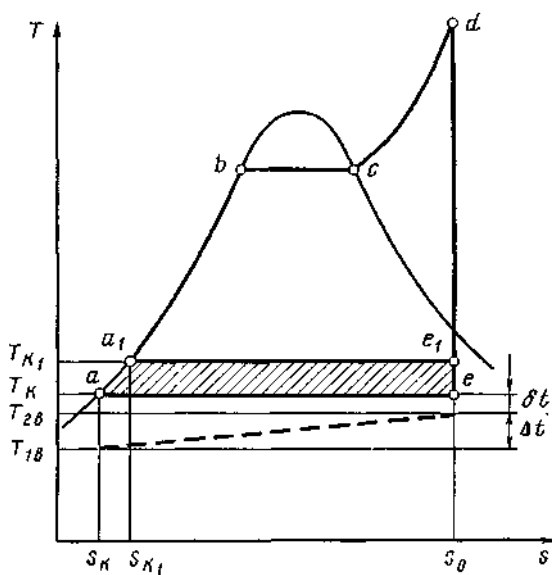
ISBN 5-283-00162-8

© ， 1994





1.1.



1.1.

, S-

abcdea

( ),

$a_1 b$   $d e_1 a_1$   
1.1

1 1

1  
1,5—2,0%. 1%,

1.1.

±1

-50-90	50	0,45	0,90
-100-90	100	0,90	0,90
-110/120-130	120*	1,25	0,73*
-200-130	200	1,90	0,95
-250-300-240	300*	1,83	0,70*
-300-240-	300	2,76	0,92
-300-240-	300	3,34	1,11
-500-240-	500	3,88	0,78
-750-65/3000	750	8,91	1,19
-800-240	800	4,94	0,62
.-500-65/3000	500	8,00	1,60
-220-44	220	4,06	1,85
-1000-60/1500-1	1000	12,75	1,28
(3 )			
*			

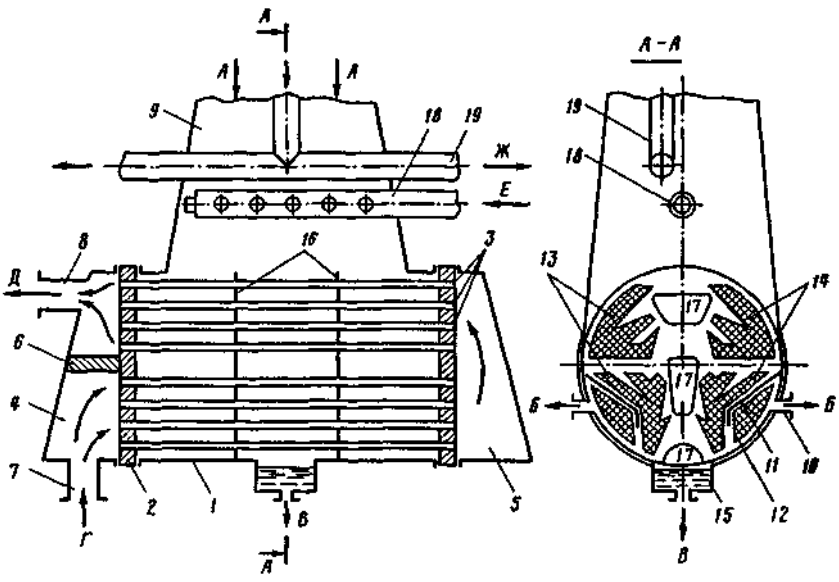






1.2.

13 ( -500-60/1500 . 1 . 3). ( )  
2,  
3, . ( ,  
3).  
4 5 ( ) 6 .  
( )  
,



- 1.3. ; 2 — ; 3 — ; 4 — ; 5 —
- ( ) ; 6 — ; 7 —
- ; 9 — ; 8 — ; 10 — ; 13, 14 —
- ; 11 — ( ) ; 12 — ; 15 — ; 16 —
- ; 17 — ; 18 —
- ; 19 — ; — ; — ; — ; —
- ( ) ; — ; — ; — ; — ; —

. 2, 3.

7

180° 5, 7

( 4 ( 8 )

-1200-240

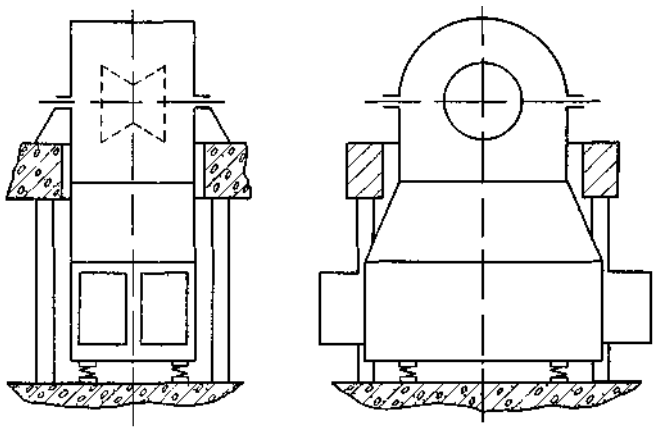
-800-240

, ( ) ) 9' (  $\neg$   
 , 9, 3, 10. . 13  $\neg$   
 ( , 12, 11,  $\neg$   
 . 10, ,  $\neg$   
 , ( . . 13) .  $\neg$   
 , , ) (  $\neg$   
 ( )  $\neg$   
 . 13 13 14 .  $\neg$   
 ( — ).  $\neg$   
 , , , -  
 15. ,  $\neg$   
 ,  $\neg$   
 16, , ( . . 3).  $\neg$   
 17. -

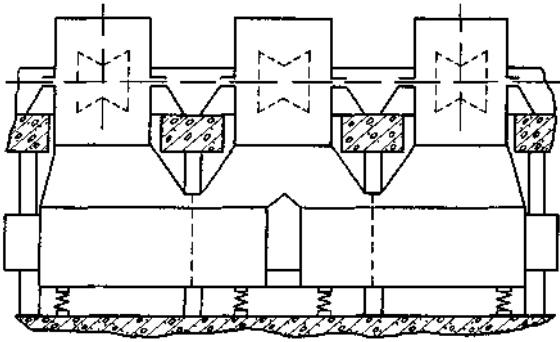


); ( );  
 ( ).  
 :  
 ) ( :  
 ( . 1.4).

" — " :  
 , ( )  
 , -  
 ( . . 5).

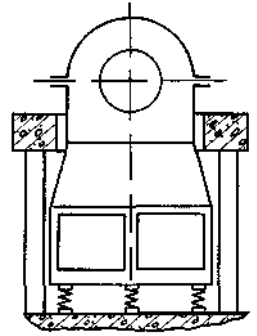


( . 15).

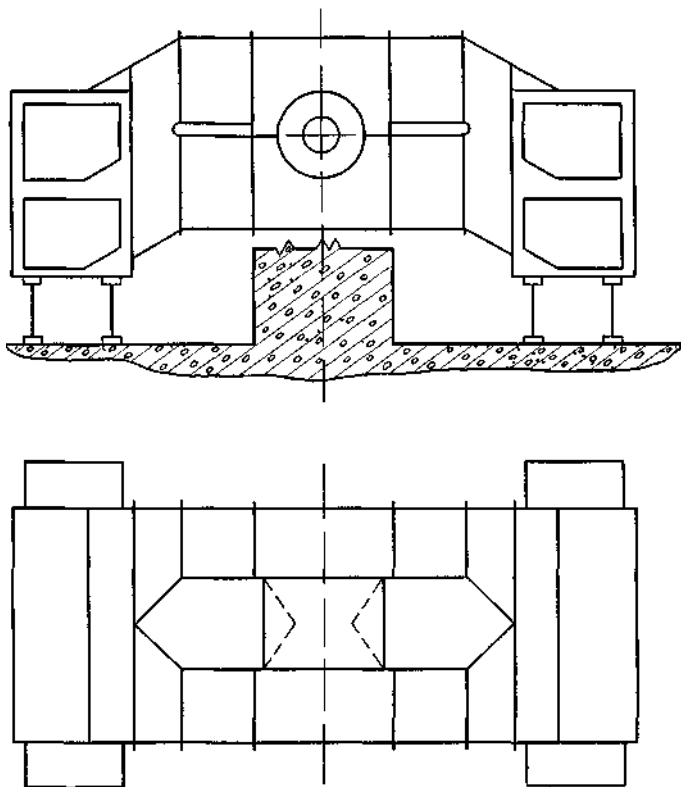


15

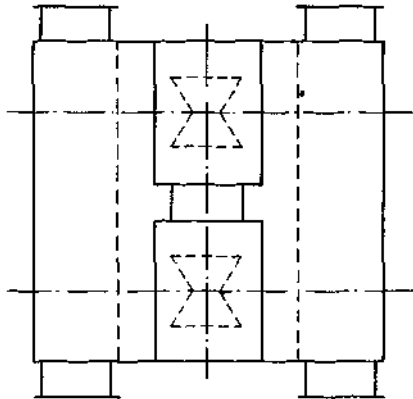
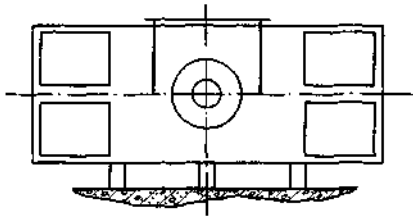
( . 16)



14



1.6



. 17.

(

).

( . 17)

" — "

" — "



" — — "

2 — . 1.8. :

; 2 — ; 1 —

300 ( . . 3).

( 1), ( 2, 1) ( 1, 3, 2) ( 2, ) ;

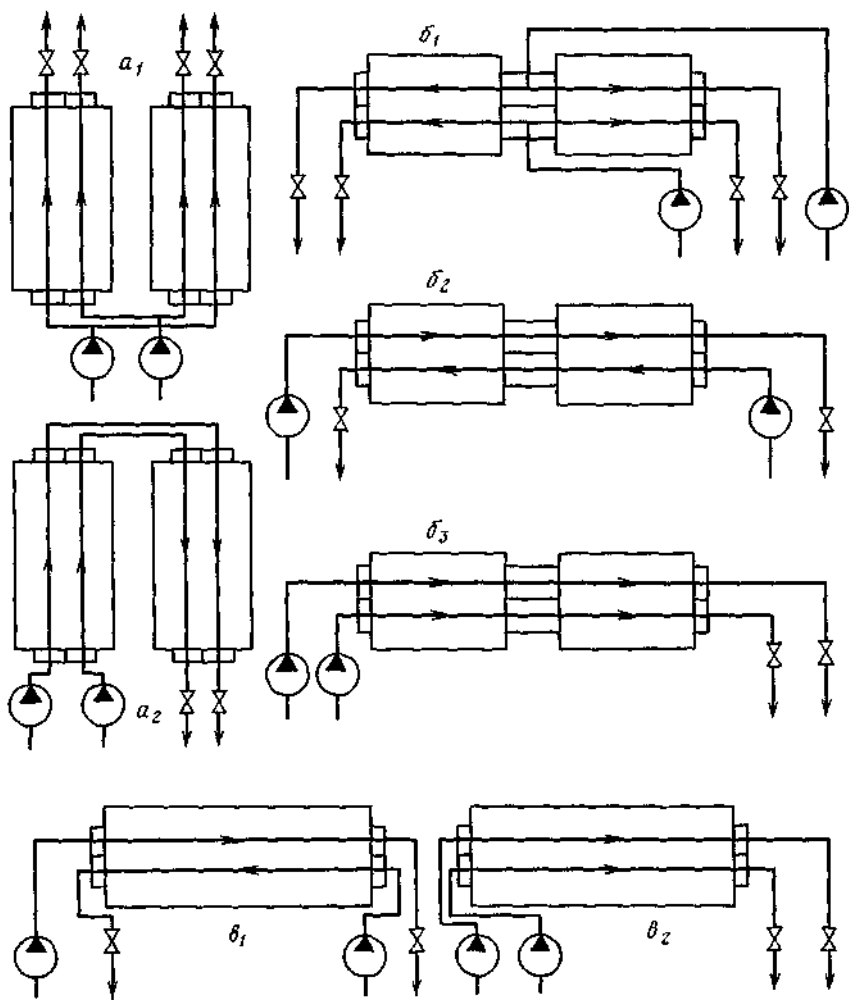
1.9

1

[73],  
-1000-60/3000  
15 °

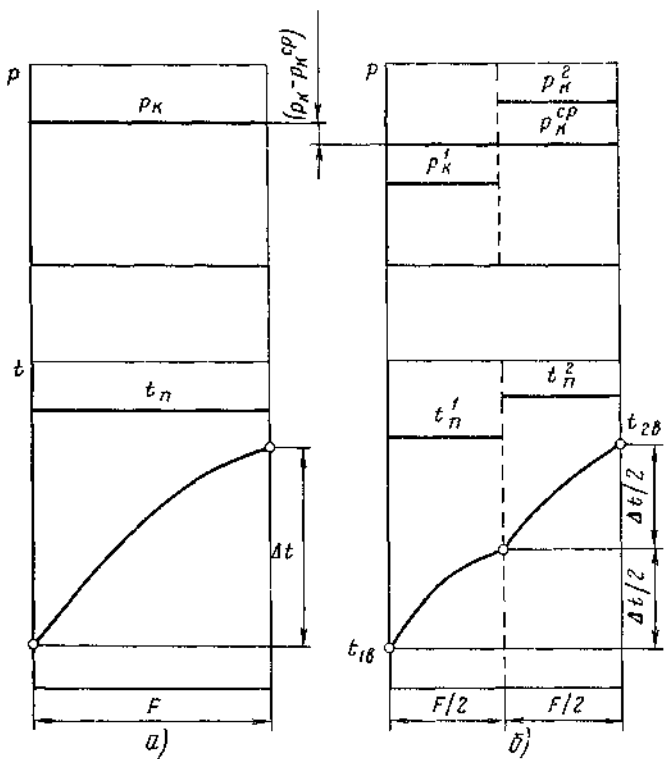
0,25%.

0,7%.



.1.8.)

(



. 19.

( ) ( ) ( )

-800-240, -1200-240 -1000-60/3000

1.3.

§1.4).

$$F = ; D' = 0)$$

$$(G_B =$$

( ) —

$$t = 32,90^\circ$$

28,2

$$= 5 ( . ) .$$

3—6

§1.7.

$D$

$D_K$

$$P_K = P_{\Pi} + P_{\text{возд}} \quad (1.1)$$

$$(pV = DRT),$$

$$V_{\text{возд}} = V_{\Pi} = \bar{V}, \quad V \text{ — } , \quad T_{\Pi} = T_{\text{возд}},$$

$$\frac{P_{\text{возд}}}{P_{\Pi}} = \frac{D_{\text{возд}}}{D_{\Pi}} \cdot \frac{R_{\text{возд}}}{R_{\Pi}} \quad (1.2)$$

$$\begin{aligned} R_{\text{возд}} / R_{\Pi} &\approx 0,622, \\ \varepsilon &= D_{\text{возд}} / D_{\Pi}, \end{aligned}$$

$$P_{\Pi} = \frac{P_K}{1 + 0,622\varepsilon} \quad (1.3)$$

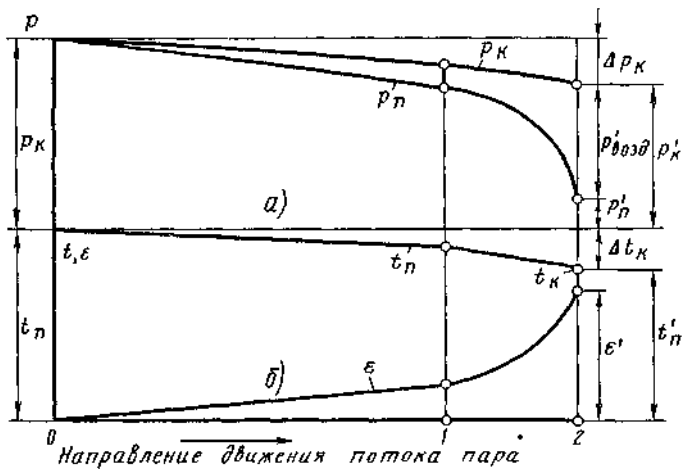
$$\varepsilon = 0,01,$$

$$p = 4,0 \quad \varepsilon \approx 0,01 \quad ( \text{ — } ) = 0,064$$

$$\begin{aligned} & \quad ( \quad ) \\ & \quad ( \quad ) \\ & \quad -300-240 \quad , \quad 0,3 \quad / , \\ & \quad D = 560 \quad / \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 0,00005\% \quad (1.3), \\ & ( \quad . 1.10, ) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \quad 60-70\% \\ (1.3) & \quad ( \quad ) \end{aligned}$$



. 1.10.

; 1 —

; 2 —

; 0 —

( )

$$\Delta p_{\Pi} = (p_k - p'_k) \cdot$$

. 1.10,

$t$

( . 1.10):

( 0—1)

( 1—2)

;

$t$

$t_K$

(1.10):

$$\Delta t_K = t_{\Pi} - t_K \quad (1.4)$$

(1.3)

$t_K$

$6-7^\circ$

1.1.

$\tau = 4$

$t = 29,0^\circ$

(1.3)

$$p_{\Pi} = \frac{4}{1 + 0,622 \cdot 0,7} = 2,79 \text{ кПа.}$$

$t = 23,2^\circ$

$$\Delta t_K = 29,0 - 23,2 = 5,8 \text{ }^\circ\text{C.}$$

, ( ).  
 .  
 ; ,  
 ,  
 .  
 ,  
 .  
 —  
 , .  
 ( .  
 , , ).

. 3.

**1.4.**

,  
 ( ). ( )  
 V,  
 . . :

$$V = B - p_k. \tag{1.5}$$



V  
:

$$V = \frac{B - p_k}{B} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{p_k}{B}\right) \cdot 100\%. \quad (1.6)$$

( § 1.3),

t,

G ( )  $\dot{F}$ ,

$$\Delta t_B = t_{2B} - t_{1B} \quad (1.7)$$

$$\delta t = t_H - t_{2B}. \quad (1.8)$$

( . . . 1.1)

$$t_H = t_{1B} + \Delta t_B + \delta t. \quad (1.9)$$

( )

$t_{1B}$

1.2.

, , □  
 : — 20 27° . — 10, 12, 15 20° , □  
 2-30° . □  
 , 40° . □  
 1 2. □  
 ,° □

		- □	
	10-12	15-20	18-22
	10-12	15-20	20-24
	6-10	12-15	18-22
	8-15	13-18	20-26

t □  
 [14, 16, 35, 41]

$$\Delta t_B = t_{2B} - t_{1B} = \frac{D_K(h_{\Pi} - h_K)}{G_B c_p} = \frac{h_{\Pi} - h_K}{c_p m}, \quad (1.10)$$

$D_K$  — ;  $h$  ,  $h_K$  —  
 ;  $G_B$  —  
 ;  $c_p$  —

$$m = G_B / D_K. \quad (1.11)$$

1 , .  
 , m,  
 ( .).  
 ( . 1.3).

13.

	/	, °
-	80-120 50-70 40-50	5-7 7-10 10-13

$(h - h_K)$  (1.10),  
 , p = 3-6 ,  
 2430 / . ,  
 = 4,19 / ( • ),  
 (1.10)  
 :

$\Delta t_B \approx 580 / m.$  (1.12)

t

[14, 16, 35, 41]

$$\delta t = \frac{t_{2B} - t_{1B}}{\frac{3,6kF}{e^{G_B c_p} - 1}} = \frac{\Delta t_B}{\frac{3,6k}{e^{m d_K c_p} - 1}}, \quad (1.13)$$

$$d_K = D_K / F \quad ( \quad ) \quad ; F \quad ;$$

$$St \quad \square$$

$$( \quad ) \quad \square$$

$$t=3-10 \quad \square$$

$$(1.9) \text{---}(1.13), \quad \square$$

$$p_K(t_H) = f(t_{1B}, m, k, d_K). \quad (1.14)$$

§1.3),

$$(1.14)$$

1.2.  $t_1 = 10^\circ$ ,  $d_K = 40$  (2\*),  $m = 50$  / ,  $k = 2534$  (2\*),  $p = 4,19$  (\*).

$$(1.12)$$

$$\Delta t_B = t_{2B} - t_{1B} = \frac{580}{50} = 11,6^\circ \text{C}.$$

(1.13)

$$\delta t = \frac{11,6}{\frac{2534 \cdot 3,6}{e^{50 \cdot 4,19} - 1}} = 5,8^\circ \text{C}.$$

(1.9)

$$t_H = t_{1B} + \Delta t_B + \delta t = 10,0 + 11,6 + 5,8 = 27,4^\circ \text{C}.$$

$$t_H = 27,4^\circ \text{C} \quad p_K \cong 3,7$$

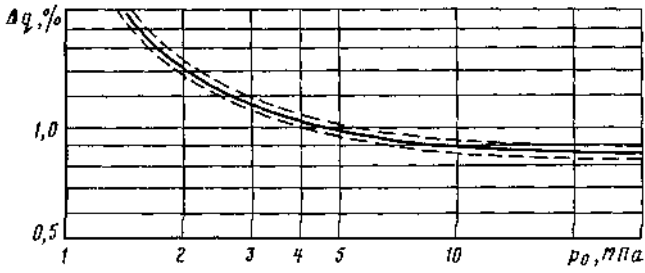
1.5.

. 1.11,

[8],

$q$ .

$p_0 = 12,8 - 23,5$



. 1.11.

[46, 58, 61, 74]

60—70 ° ,

[61, 74]

85 ° .

-250/300-240,

[38]

80—120 ° .

$$(1.14), \quad P_K$$

(1.9).

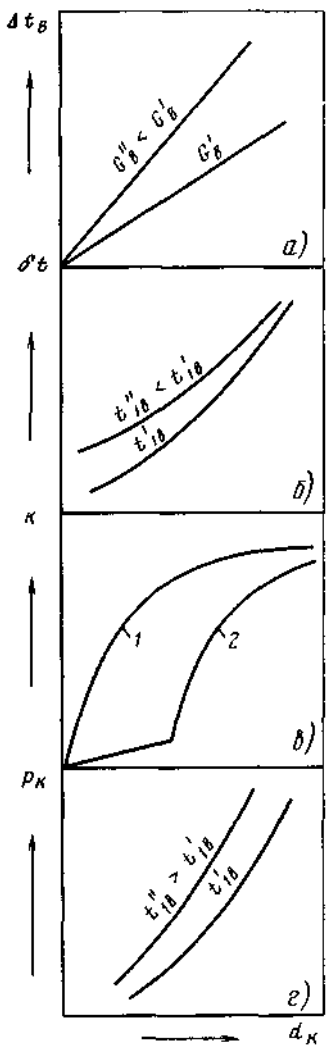
1.12

( $d_K$ ).

(1.10),

$$t_B = \frac{D_K \Delta h}{G_B c_p} \frac{F_K}{F_K} = \frac{\Delta h F_K}{G_B c_p} d_K .$$

$$G_B = \text{const} \\ \Delta t_B = f(d_K) .$$



1.12,a).  $\frac{(\Delta h F)}{(G_B c_p)} \Delta t_B$

$k = f(d_K)$   $t_{1B} =$

$= \text{const}$  . 1.12, .

$d_K \approx 0,7 d_K^{\text{HOM}}$   $d_K^{\text{HOM}}$

( . 1.12, , I).

( . 1.12, , 2),

. 1.12.



(1.13)

$$\delta t \approx f(d_K).$$

=const.

1.13.

$k \approx \text{const}$ ,

(1.13, )

( $d_K$ )

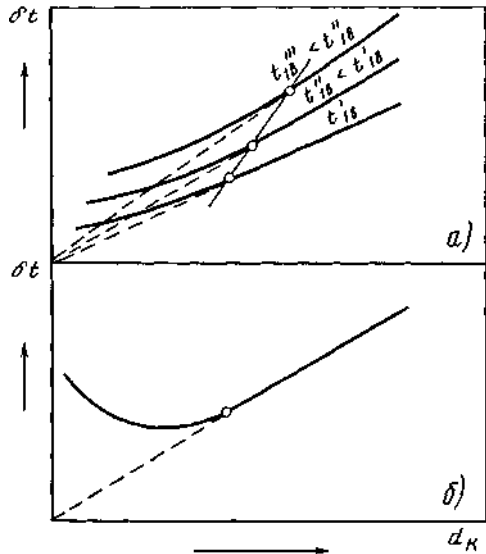
$$\delta t = f(d_K, t_{1B})$$

(1.12, )

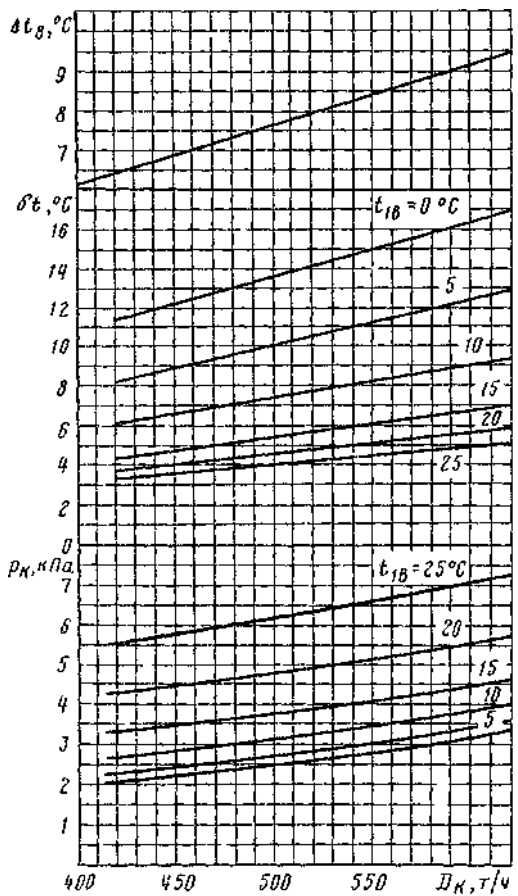
1.13, )

$\delta t$

$d_K$  (



1.13.



$P_K$  (1.9) (1.14)

1.12, .  
( )  
(1.9)

1.14.  $t_{1B}, \Delta t_B, \delta t.$   
( $G=73\ 000 \text{ } ^3/$ ) -300-240-1

1.14  
( )  
-300-240-3.

1.6.

,  
 .  
 , 90—94%.  
 , 1,5—1,7 , .  
 , .  
 1 \* 130  
 200 .  
 . 14  
 .  
 ( )  
 1 ( . §1.4).  
 10—12%  
 1 .  
 - .  
 .  
 : ,  
 - ,

1.4.

	3/
-50-90	8000
-60/75-130/13, 50/60-130	8000
-100-90, -110/120-130	16 000
-135/165-130/15	12 500
-200-130	25000
-220-44	36000
-250/300-240	28 000
-300-240	36 000
-500-240	52 000
-500-166	55 000
-500-65/3000	83 000
-750-65-3000	120 000
-800-240	73 000
-1000-65/1500	170 000
-1200-240	108 000

$$5-9 \quad 2/$$

;

$$3^\circ, \quad 5^\circ \quad ( \quad )$$

$$\Delta t = t_{2B} - t_{1B}.$$

$$( \quad 6 \quad )$$

$$12 \quad .$$

$$( \quad ) ,$$

$$( \quad ) .$$

(

)

—

( ) ( . §1.4, 1.7).

[28, 53, 62, 64].

**1.7.**

$$\begin{aligned}
 & \varphi_{\text{патр}} \\
 & p_2 = p_k \left[ 1 - (\varphi_{\text{патр}} - 1) 0,038 \left( \frac{C_{2a}}{100} \right)^2 \right]. \tag{1.15}
 \end{aligned}$$

[66], (2a).  
 $(\varphi_{\text{патр}} = 0,7 \div 1,8)$

$$p_2 \approx p_k, \quad \varphi_{\text{патр}} = 1.$$

[57, 66]

$$p_k \approx 0,328 \cdot 10^{-3} \frac{D_k}{F_2}, \quad (1.16)$$

$D_K$  — , / ;  $F_2$  —

[57, 66],

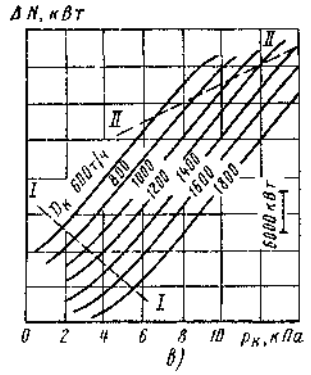
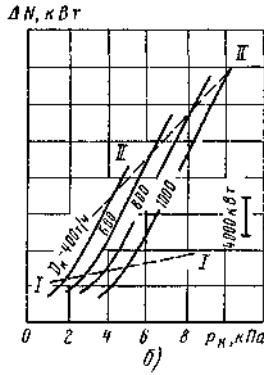
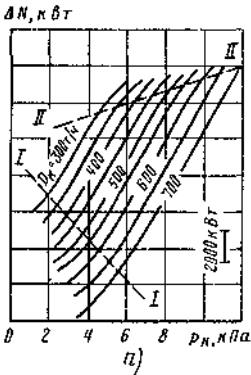
$p_0, t_0$

$D_K$

$$\Delta N = f(p_k), D_k = \text{const}, p_0 = \text{const}, t_0 = \text{const}. \quad (1.17)$$

1.15

[38, 43, 46]



1.15

I-I-II-II—

- 500-240

; — -800-240

; —

-300-240

( ,  $I-I$   $II-II$ ).

66, 73, 74].

[57, 58,

( ) :

),

( ).

$D_K$



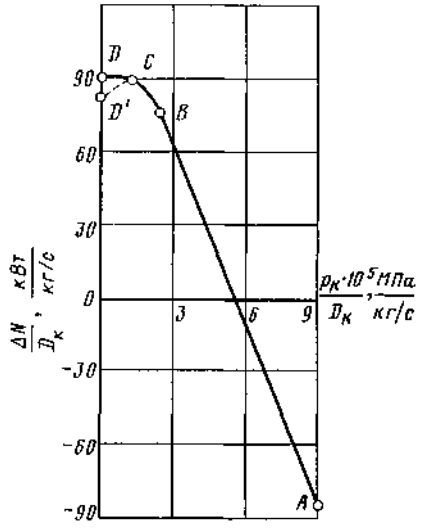
( )

[57, 66, 73, 74]

$$\frac{\Delta N}{D_k} = f\left(\frac{p_k}{D_k}\right) \quad (1.18)$$

( . . . 1.15).  
 . 1.16  
 [38]

-300-240



. 1.16.

-300-240

1.5.

└

		└	└		°	,	,
		2	,				
-200-130	200- -2	4500	2	2	10		3,43
-300-240	300- -	15400	1	2	12		3,43
-300-2240	-15240	15240	1	2	12		3,43
-500-240-2	-11520-2	11520	2	2	12		3,63
-800-240-3	800-	20600	2	1	12		3,43*
-1200-240	1200-	31300	2	1	12		3,58*
-220-44	-12150	12150	2	2	22		5,
-500-60/1500	-22550	22550	2	2	22		5,88
-500-65/3000	-10120	10120	4	2	12		3,92
-750-65	-16160	16160	4	2	15		4,41
-1000-60-1	-45600	45600**	6	1	15		3,92
-1000-60	-1000	22000	4	2	20		5.09
*							
**							
	91 200		(				);

CD,

CD')

. 15

6,0-9,0

3,5—5,5 ;

±1  
1%.

( 0,9%),

2,0%),  
(

±1

. 1.1.

1.3.

-500-240,

$D_k=800 /$

-5 '=6

-500-240

( . . 1.15,6).

4500

=5

'=6

$D_k=800 /$

$$\Delta N' = \frac{4500}{500000} \cdot 100\% = 0,9\%.$$

[58, 59, 62]

$$Z = \sum_{i=1}^n K_i (E_{H_i} + 1,18\alpha_i) + Z_{np}, \quad (1.19)$$

$Z$  — , / ; — , 1/ ;  
 $K_i$  —  $i$   
 , ;  $i$  —  
 ;  $i$  ; 1,18  
 ; — ,



19. l'=5  
 =0,6.
20. ,
21. ? , -  
 ? -
22. ? ? :  
 $t_{IB}=5$  °C; = 60 / ;  $d_K=40$  / (  $2^*$  ); =2534 / (  $2^*$  ); =4,19 /  
 (  $^*$  ).
23. ? -
24. ? -
25. ? , ? -
26. ? ,
27. ?
28. ,  $p =5$   $p ' =4$  -500-240,
29.  $D =800$  / . -
30. ? -
- ( $\Delta t_B, \delta t, k, p_K$ ).  
 ( $d_K$ ).

## 2.1.

$$Q_k = D_k(h_{\text{п}} - h_k) = G_B c_p (t_{2B} - t_{1B}), \quad (2.1)$$

$Q$  — , ( ) .

$$Q_k = kF\Delta\bar{t}, \quad (2.2)$$

[35] ;  $\Delta \bar{t}$  — ;  $F$  —

$$\Delta \bar{t} = \frac{\Delta t_{\text{B}}}{\ln[(\Delta t_{\text{B}} + \delta t) / \delta t]} \quad (2.3)$$

(2.1) (2.2)

§1.4—1.7,

(2.1) (2.2).

(2.2)

$$F = Q_{\kappa} / (k \Delta \bar{t}). \quad (2.4)$$

$p_{\kappa}$   $t_{1\text{B}}$   $D_{\kappa}^{\text{в}}$   $G_{\text{R}}$



па, [39].

1.

-220-44, -500-65 -300-240, -500-240,  
9

40 ( ).

12—

14 .

2.

$$\eta = (0,866 t^2 n_z z) / F_n, \quad (2.5)$$

$t$  — ;  $z$  — ;  $n_z$  — ;  $F_n$  —

( , )

3.

( §17)

[39].

$F$

$$N = n_z z = \frac{4zG_B}{\pi d_{BH}^2 W_B}, \quad (2.6)$$

$z$  — ,  $G_B$  — ;  $W_B$  — ,  $d$  — ,  $3/$  ;  $d$  — ,  $1/$  .

— 14—17 , 22—28 .

1,6—2,0 / .  
2,5—2,7 / [75].

2,0—2,2 /

§3.1 3.4.

$$L = \frac{F}{\pi d_{нар} N} = \frac{F}{\pi d_{нар} n_z z}. \quad (2.7)$$

$D_y$ ,

$$D_y = d_{нар} \sqrt{\frac{N}{u_{тп}}}, \quad (2.8)$$

u = 0,24-0,32 —  
 , §3.2.

F,  
 D<sub>K</sub>

t<sub>IB</sub> ; z

N,

(d<sub>K</sub>) (

t<sub>IB</sub>

§2.6.

## 2.2.

( ) ,

[35] 1 ° .

$$k = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_b + R_{ct} + R_n} = \left( \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_{ct}}{\lambda_{ct}} + \frac{1}{\alpha_n} \right)^{-1} .$$

$$k = \left( \frac{1}{\alpha_b} \frac{d_{нар}}{d_{BH}} + 1,15 \frac{d_{нар}}{\lambda_{ct}} \lg \frac{d_{нар}}{d_{BH}} + \frac{1}{\alpha_n} \right)^{-1} , \quad (2.9)$$

$$R_B = \frac{1}{\alpha_B} \frac{d_{Hap}}{d_{BH}} \quad (2.8)$$

$$M^2 \cdot K/BT; R_{cT} = 1,15 \left( d_{Hap} / \lambda_{cT} \right) \lg \left( d_{Hap} / d_{BH} \right) \quad (2.9)$$

$$\lambda_{cT} / ( \dots )$$

(2.9)

[33, 34, 55],  
[8—13, 33, 36, 48, 54, 75].

[35, 55]

$$\alpha_B = 0,023 Re_B^{0,8} Pr_B^{0,4} \frac{\lambda_B}{d_{BH}} \quad (2.10)$$

$$Re_B = \frac{W_B d_{BH}}{v_B}$$

$$; v_B \text{ —}$$

$$; W_B \text{ —}$$

$$/ ( \dots )$$

$$(2.10)$$

$$Re=1 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^6$$

$$=0,6-2500.$$

**Пример 2.1.** Определить коэффициент теплоотдачи с водяной стороны конденсатора при следующих исходных данных:  $W_b=1,8$  м/с;  $d_{\text{вн}}=24$  мм;  $\bar{t}_b=10$  °С.

По таблице физических свойств воды при  $\bar{t}_b=10$  °С находим  $\nu_b=1,306 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;  $Pr_b=9,52$ ;  $\lambda_b=57,4 \cdot 10^{-2}$  Вт/(м<sup>2</sup> · К).

Коэффициент теплоотдачи согласно формуле (2.10)

$$\alpha_b = 0,023 \left( \frac{1,8 \cdot 0,024}{1,306 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,8} \cdot 9,52^{0,4} \cdot \frac{57,4 \cdot 10^{-2}}{0,024} = 5584,65 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

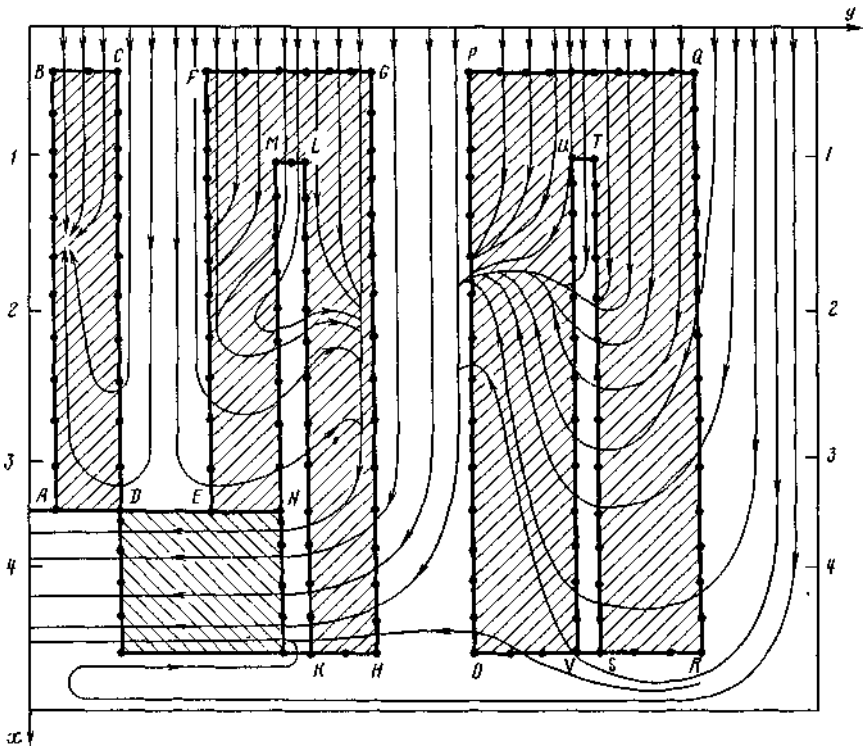
[2, 20]

. 2.1—2.4

. 2.5

[2, 20].  
[44, 75]

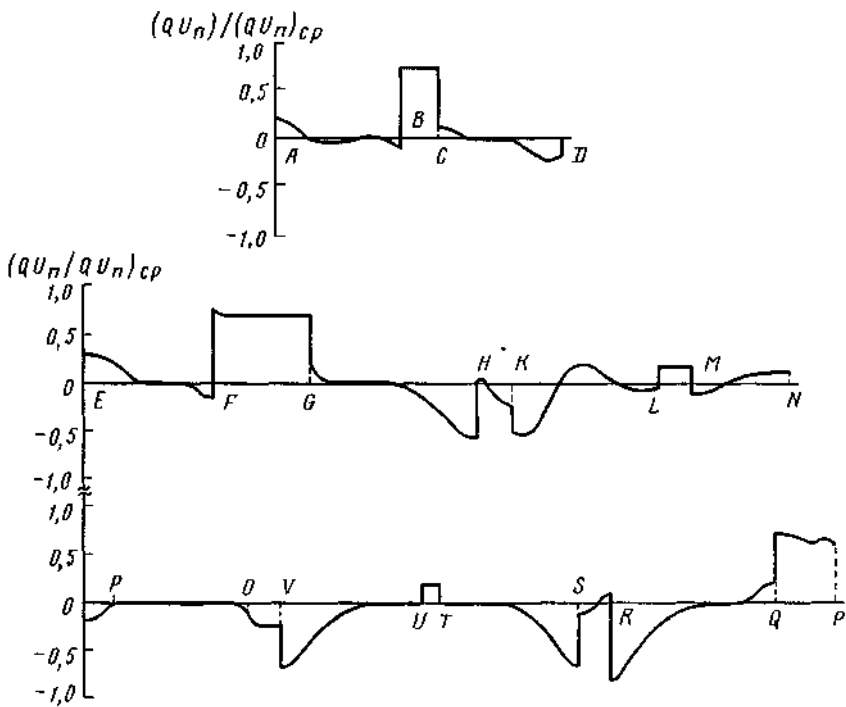
-300-240



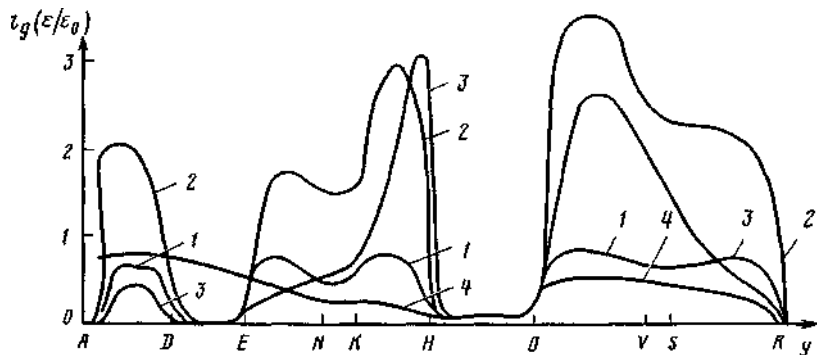
. 2.1.

1-4-

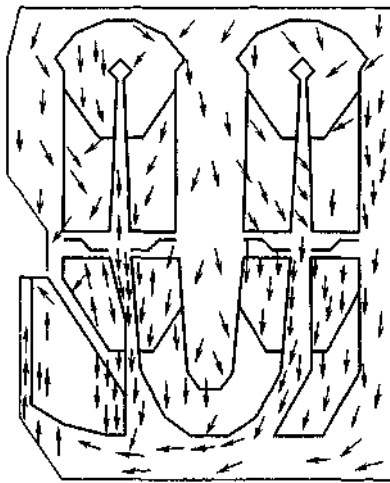
; A-V-



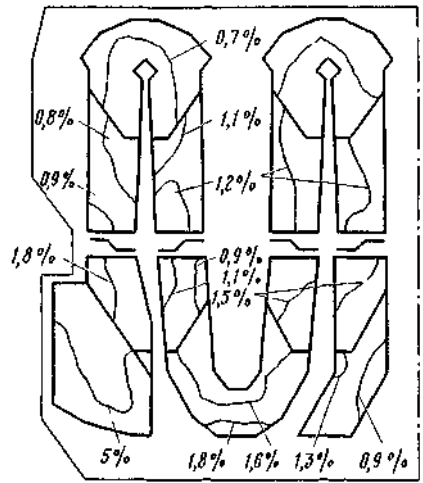
. 2.2.  
( . . . 2.1)



. 2.3.  
( $\epsilon_0 = 5 \cdot 10^{-3}$ ; . . . 2.1)



a)



б)

. 24

( )  
-200-130

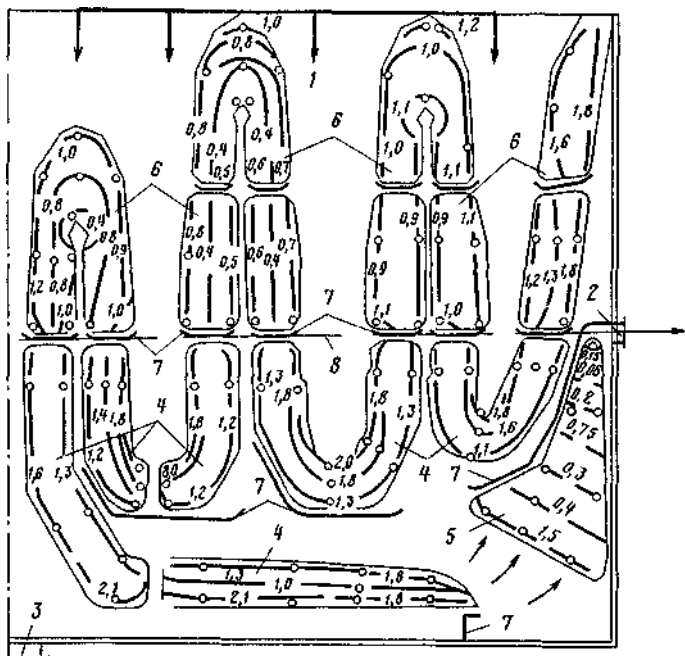
( )

[2, 20]

$$\alpha_{Nu} = 0,725 \left( \frac{\lambda_K \rho_K^2 r g}{\mu_K \Delta t_{\text{pec}} d_{\text{нар}}} \right)^{0,25}, \quad (2.11)$$

$\lambda_K, \rho_K, \mu_K$  —





2.5.

$$-300-240 \quad \frac{Q_{TP}}{Q_{TP}^{CP}}$$

$$D_k = 583 \text{ т/ч}; G_b = 29700 \text{ м}^3/\text{ч}; t_B = 13 \text{ }^\circ\text{C}; p_k = 4,1 \text{ кПа}; D_{\text{ном}} = 64 \text{ кг/ч}; Q_{TP}^{CP} = 18,9 \cdot 10^5 \text{ Вт};$$

1 — ; 2 — ; 3 —

; 4 — ; 5 — ; 6 — ; 7 —

( ) ; 8 —

/( \* ), /<sup>3</sup>, \* / 2; r —

( ), / ; g — , /<sup>2</sup>;

$\Delta t_{nc} = (t_H - t_{CT})$  — , ; d —

$$(2.11)$$

$$Nu = (\alpha_{Nu} d_{нар}) / \lambda_k = 0,725 (Ga_k Pr_k K)^{0,25}, \quad (2.12)$$

Nu,  $Ga_k$ ,  $Pr_k$ , K —

( . ) .

$\mu_k, Pr_k$ 

$$t_{пл} = (t_n + t_{сг})/2, \quad \text{—}$$

**Пример 2.2.** Определить коэффициент теплоотдачи при конденсации чистого неподвижного пара на одиночной горизонтальной трубе при следующих исходных данных:  $p_k = 5$  кПа;  $t_{сг} = 27,1$  °С;  $d_{нар} = 26$  мм.

По таблицам физических свойств воды и водяного пара на линии насыщения при  $p_k = 5$  кПа находим  $t_n = 32,9$  °С;  $r = 2423,4$  кДж/кг. Средняя температура пленки конденсата  $t_{пл} = (27,1 + 32,9)/2 = 30$  °С. По этой температуре ( $t_{пл} = 30$  °С) находим  $\lambda_k = 61,8 \cdot 10^{-2}$  Вт/(м·К);  $c_p = 4,174$  кДж/кг;  $\nu_k = 0,805 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;  $Pr_k = 5,42$ .

Определяем безразмерные числа

$$Ga = (gd_{нар}^3)/\nu^2 = (9,8 \cdot 0,026^3)/(0,805 \cdot 10^{-6})^2 = 265,8 \cdot 10^6;$$

$$K = r/(c_p \Delta t_{пл}) = 2423,4/(4,174 \cdot (32,9 - 27,1)) = 100,1.$$

(2.12)

$$\alpha_{Nu} = 0,725 \cdot \frac{61,8 \cdot 10^{-2}}{0,026} \left( 265,8 \cdot 10^6 \cdot 5,42 \cdot 100,1 \right)^{0,25} = 10616,75 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

(2.11)

[34].

(2.11)

[75].

( 0,7 0,4 )

( . 2.6).

20 (Re =6,3 - 12,5).

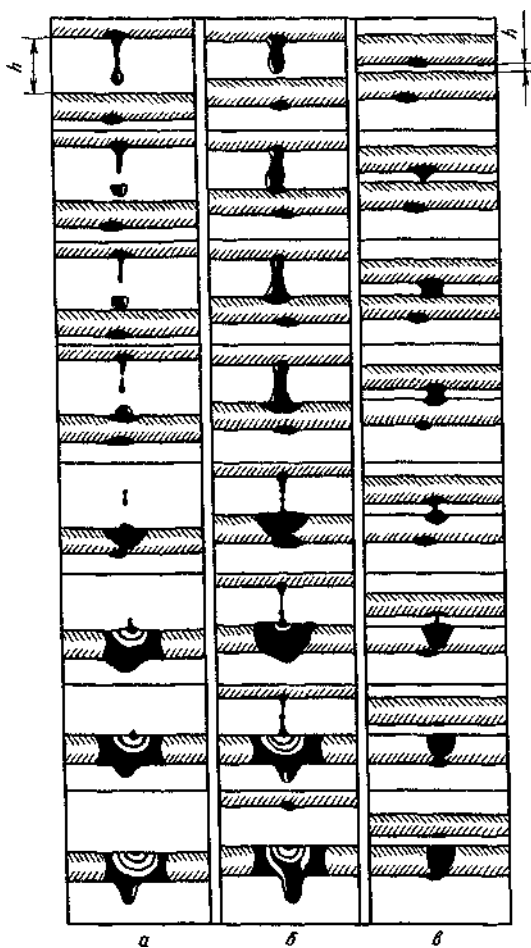
50 (Re =2,5 - 5,0)

Re > 14

25 (Re )  
Re 30

[75].

[34]



. 2.6.

-24 ; -16 ; -4 )h :

[10]

[10, 13, 36, 75],

150—200 / .

$$\begin{aligned} p_n &= 4,5 \div 105 \\ \Delta t_{nc} &= 2,5 \div 15,0^\circ \end{aligned}$$

$$Re_n = 350 \div 6000$$

$$\alpha_n / \alpha_{Nu} = 28,3 \Pi^{0,08} Nu^{-0,58}, \quad (2.13)$$

$$\Pi = \left( \rho_{\text{п}} W_{\text{п}}^2 \right) / \left( \rho_{\text{к}} g d_{\text{нар}} \right) \quad ; \quad W_{\text{п}} \text{ — } \\ \text{ ; } d_{\text{нар}} \text{ — } / \text{ }^3 \text{ ; } g=9,81 \text{ ' } / \text{ }^2 \text{ ; } \rho_{\text{п}} \text{ , } \rho_{\text{к}} \text{ — } \text{ ; } \\ \text{Nu} = (\alpha_{\text{Nu}} d_{\text{нар}}) / \lambda_{\text{к}} \text{ — } \text{ ; } \lambda_{\text{к}} \text{ — } \text{ ; } \\ \text{ , } / ( * ) \text{ ; } \alpha_{\text{Nu}} \text{ — } \text{ .} \quad (2.11).$$

### 2.3.

$p_{\text{к}}=5$  кПа;  $\bar{W}_{\text{п}}=80$  м/с;  $d_{\text{нар}}=26$  мм;  $\bar{\alpha}_{\text{Nu}}=5000$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

По таблицам физических свойств пара на линии насыщения при  $p_{\text{к}}=5$  кПа находим:  $t_{\text{н}}=32,90$  °С;  $v_{\text{п}}=28,20$  м<sup>3</sup>/кг;  $v_{\text{к}}=0,0010$  м<sup>3</sup>/кг. Определяем безразмерные числа

$$\Pi = \frac{\rho_{\text{п}} W_{\text{п}}^2}{\rho_{\text{к}} g d_{\text{нар}}} = \frac{v_{\text{к}} W_{\text{п}}^2}{v_{\text{п}} g d_{\text{нар}}} = \frac{0,0010 \cdot 80^2}{28,20 \cdot 9,8 \cdot 0,026} = 0,89;$$

$$\text{Nu} = \frac{\alpha_{\text{Nu}} \alpha_{\text{нар}}}{\lambda_{\text{к}}} = \frac{5000 \cdot 0,026}{61,8 \cdot 10^{-2}} = 210,36.$$

(2.13)

$$\frac{\alpha_{\text{п}}}{\lambda_{\text{Nu}}} = 28,3 \cdot 0,89^{0,08} \cdot 210,36^{-0,58} = 1,26.$$

( $\text{Re}_{\text{п}}=45 \div 845$ )

$$\alpha_{\text{п}} / \alpha_{\text{Nu}} = 1 + 9,5 \cdot 10^3 \text{ Re}_{\text{п}} 11,8 \sqrt{\text{Nu}} \text{ .} \quad (2.14)$$

$$\bar{W}_\pi = \frac{1}{F} \int W_\pi dF.$$

[2, 20],

$$\bar{\alpha}_\pi = \frac{W_{\text{по}}}{W_{\text{по}} = \text{const}} \left( \dots \right). \quad [75]$$

$$\frac{f}{F} = \frac{s_{y3k} L}{\pi d_{\text{нар}} N L} = \frac{s_{y3k}}{\pi d_{\text{нар}} N} = \bar{s}, \quad (2.15)$$

$f$  —

;  $F$  —  
;  $s_{y3k}$  —

(  $s_{y3k} = 6,5 \div 12,0$  );  $N$  —  
;  $L$  — ;  $\bar{s}$  —

$\bar{s}$ ,

$s_{y3k}$

(  $\pi d_{\text{нар}} N$  ).

[75]

$\bar{s}$

$W_{\text{по}}$ ,

[75]

$\bar{\alpha}_n$ ,

$\bar{\alpha}_n$

$$= 15 \div 300 \quad / \quad ,$$

$$t_{1B} = 0,4 \div 34,0 \quad p_n = 4 \div 400$$

$$W_n = 8 \div 70 \quad / \quad , \quad \varepsilon = 2 \cdot 10^{-4} \div 5 \cdot$$

$$\cdot 10^{-5} \quad /$$

$$\frac{\bar{\alpha}_n}{\alpha_{Nu}} = 19 \Pi^{0,1} \cdot Nu^{-0,5} \left(1 + \frac{z}{2}\right)^{0,33} (\bar{s})^{0,15}, \quad (2.16)$$

$$\Pi = \left(\rho_n W_{no}^2\right) / \left(\rho_k g d_{нар}\right); \quad W_{no} \text{ —}$$

$$0,004 \quad 0,020.$$

$$\bar{s} = f/F$$

[10, 31, 75],

( §3.2).



$$P = \frac{P_{\text{тp n}}}{P_{\text{тp л}}}; \quad K_* = \frac{A}{(t_1 t_2)^{0,5}}, \quad (2.17)$$

$$K_* = \frac{P_{\text{тp n}}}{P_{\text{тp л}}}; \quad A = \frac{P_{\text{тp n}}}{t_1 t_2} \quad (2.18)$$

$$\Pi_* = \frac{\rho_{\text{n}} W_{\text{по}}^2}{4 \rho_{\text{к}} g d_{\text{нар}}}; \quad T = \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{лв}}}{t_{\text{н}}}, \quad (2.18)$$

$$\Pi_* = \frac{W_{\text{по}}^2}{4 g d_{\text{нар}}}; \quad T = \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{лв}}}{t_{\text{н}}}$$

$$\frac{\alpha_{\text{n}}}{\alpha_{\text{Nu}}} = \frac{\Pi_*^{0,64}}{T^{0,64} K_*^{0,15} [1,068 - 0,622P + 0,161P^2 - 0,012P^3] [8,184 \Pi_* + 0,331]} \quad (2.19)$$

[48].

±5%

$$\alpha_{\text{CM}}/\alpha_{\text{Nu}} = 1 - 4,716 \varepsilon^{0,477}, \quad (2.20)$$

$$\varepsilon = D_{\text{возд}} / D_{\text{к}}$$

[8, 21, 34, 75].

3, 24, 31, 41].

$$\frac{[65]}{50} \quad 40-200 \quad / ( \cdot ) \quad 0,65$$

$$200 \quad / ( \cdot )$$

$$\alpha_{\text{вибр}} / \alpha_{\text{Nu}} = (\text{Pr} \cdot \text{K})^m \left( 1 + 0,32 \cdot 10^{-3} \text{Re}_{\text{вибр}} - 0,73 \cdot 10^{-5} \text{Re}_{\text{вибр}}^2 \right), \quad (2.21)$$

где  $m = 6,82 \cdot 10^{-6} \text{Re}_{\text{вибр}}^2 - 1,85 \cdot 10^{-4} \text{Re}_{\text{вибр}}$ , Pr, K — числа Прандтля и фазового перехода конденсата соответственно;  $\text{Re}_{\text{вибр}} = (A f d_{\text{нар}}) / \nu$  — вибрационное число Рейнольдса; A — амплитуда колебаний трубок; f — частота колебаний труб;  $\nu$  — коэффициент кинематической вязкости конденсата.

Уравнение (2.21) справедливо при  $30 \leq (\text{Pr} \cdot \text{K}) \leq 600$  и при  $0 \leq \text{Re}_{\text{вибр}} \leq 1200$ . Определение всех чисел и параметров в этом

( )



$$k = 4070 a \left( \frac{1,1 W_B}{d_{\text{вн}}^{0,25}} \right)^{x \tau} \left[ 1 - \frac{0,52 - 0,002 d_k \sqrt{a}}{1000} (35 - t_{1\text{в}})^2 \right] \times \\ \times \left[ 1 - \frac{z-2}{10} \left( 1 - \frac{t_{1\text{в}}}{35} \right) \right] \Phi_d, \quad (2.22)$$

при  $t_{1\text{в}} = 35 \div 45 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$k = 4140 \left( \frac{1,1 W_B}{d_{\text{вн}}^{0,25}} \right)^{0,6a} [1 + 0,002(t_{1\text{в}} - 35)] \times \left[ 1 - \frac{z-2}{10} \left( 1 - \frac{t_{1\text{в}}}{45} \right) \right] \Phi_d. \quad (2.23)$$

Здесь  $a=0,65 \div 0,85$  — коэффициент состояния поверхности теплообмена конденсатора (учитывает загрязнение трубок, а также косвенно отражает плотность вакуумной системы);  $W_B$  — скорость охлаждающей воды в трубках, м/с;  $d_{\text{вн}}$  — внутренний диаметр трубок, мм;  $x=0,12a(1+0,15 t_{1\text{в}})$ ;  $t_{1\text{в}}$  — температура охлаждающей воды на входе,  $^\circ\text{C}$ ;  $d_k$  — удельная паровая нагрузка конденсатора,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ;  $z$  — число ходов воды в конденсаторе;  $\Phi_d$  — коэффициент, учитывающий влияние паровой нагрузки конденсатора ( $d_k$ ). При нагрузке от  $d_k^{\text{н о н}}$  до  $d_k^{\text{г р}} = (0,9 - 0,012 t_{1\text{в}}) d_k^{\text{н о н}}$  значение  $\Phi_d = 1$ ; при нагрузке  $d_k < d_k^{\text{г р}}$  значение  $\Phi_d = \delta(2 - \delta)$ , где  $\delta = d_k / d_k^{\text{г р}}$ .

0,85;             $\begin{pmatrix} \phantom{0} \\ - 0,95; \\ - 0,90. \end{pmatrix}$             — 0,92;            :            -            —

( ) [18]:

$$k = k_{01} \beta_t b_M, \quad (2.24)$$

где  $k_{01} = c\sqrt{W_B}$  — коэффициент теплопередачи при температуре воды на входе  $t_{1в} = 21$  °С; Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $c=2747$  при  $d_{нар} = 16 \div 19$  мм;  $c=2706$  при  $d_{нар} = 22 \div 25$  мм;  $c=2665$  при  $d_{нар} = 28 \div 32$  мм;  $W_B$  — скорость охлаждающей воды в трубках, м/с;  $\beta_1$  — поправка на температуру воды на входе (рис. 2.7);  $b_M$  — коэффициент, учитывающий материал и толщину стенки трубок конденсатора (табл. 2.1).

$$2.1 \qquad b, \qquad (2.24)$$

		<1,24	1,47	1,65
-70-1	-68	1,00	0,98	0,96
-90-10		0,90	0,87	0,84
-70-30		0,83	0,80	0,76
		0,58	0,56	0,54

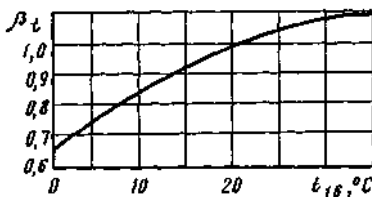
(2.24)

[18]

$$\beta_3 = 0,75 \div 0,85; \qquad (2.24)$$

$$k = k_{01} \beta_1 b_M \beta_3 \qquad (2.25)$$

\* [75]



(2.9).

(2.10).

$$\beta_p \qquad (2.24)$$

\*

$$\alpha_{cM} = 0,56 \bar{\alpha}_n \varepsilon^{-0,05}, \quad (2.26)$$

$\bar{\alpha}_n$  —

—

(2.16); —

(

—

. . 5), / .

( $s_{y3k}, \bar{s}$  .),

,

$\alpha_{Nu}$  — . ).

( —

,

,

,

(2.9).

$\alpha_n$  ( —  $\alpha_{cM}$ ).

$$\alpha_n = \alpha_{Nu} \Phi_W \Phi_i \Phi_\varepsilon \Phi_f \Phi_{kII}, \quad (2.27)$$

$\alpha_{Nu}$  —

( . §2.2), / (  $^2 \cdot$  );  $\Phi_W$  — ,

;  $\Phi_i$  — ,

;  $\Phi_\varepsilon$  — -

;  $\Phi_f$  — ,

;  $\Phi_{kII}$  — -

$$\Phi_W, \quad (2.13).$$

36],

$$(2.27) \quad (\Phi_j=1).$$

(2.20).

$$(\Phi_\varepsilon, \quad \text{§2.2}),$$

(2.27)

$\Phi_W$   
)

$$(2.21) \quad \Phi_f,$$

(2.19)

$$(2.17) \quad \Phi_{\text{кп}}, \quad (2.18).$$

),

2.8—2.10  
(

—  
)

(,  
-



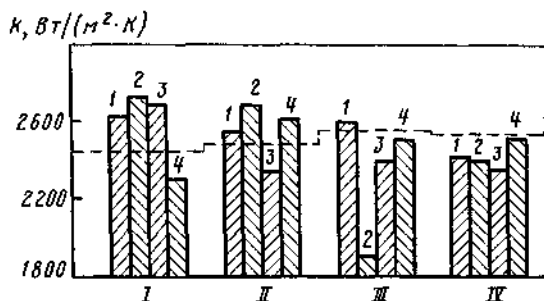


Рис. 2.8. Сравнение опытных и расчетных значений коэффициента теплопередачи в конденсаторах на номинальном режиме работы ( $D_k = D_k^{ном}$ ;  $G_b = G_b^{ном}$ ;  $t_{1B} = 12^\circ\text{C}$ ): I — методика ВТИ ( $a=0,8$ ); 2 — методика ИТО США ( $\beta_3=0,8$ ); 3 — методика КТЗ (ε взято по максимально допустимому ПТЭ); 4 — методика УПИ. Конденсаторы турбин: I — К-200-130; II — К-500-240-2; III — К-800-240-3; IV — Т-110/120-130; ----- — обобщенные опытные данные [38, 43, 46]

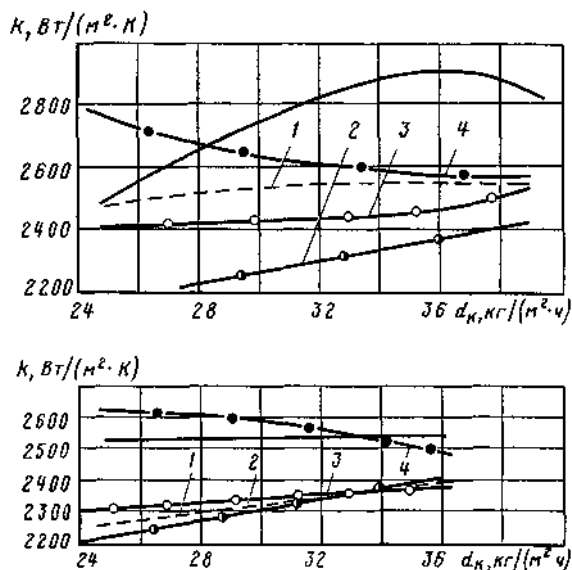


Рис. 2.9. Зависимость коэффициента теплопередачи от удельной паровой нагрузки конденсаторов ( $G_b = G_b^{ном}$ ;  $t_{1B} = 12^\circ\text{C}$ ): ————— — обобщенные опытные данные [38, 43, 46]; а — конденсатор турбины К-100-90; б — К-800-240-3. Остальные обозначения см. рис. 2.8.

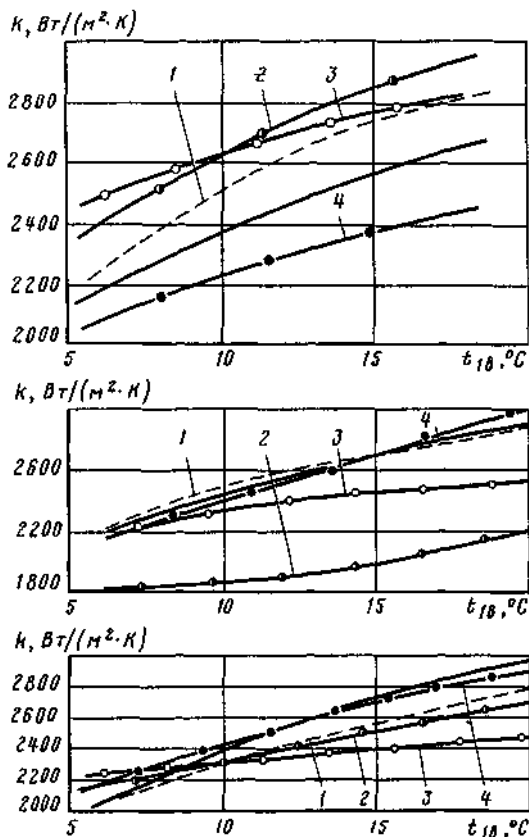


Рис. 2.10. Зависимость коэффициента теплопередачи от температуры охлаждающей воды на входе в конденсатор ( $G_2 = G_2^{\text{ном}}$ ;  $D_k = D_k^{\text{ном}}$ ): — обобщенные опытные данные; а — конденсатор турбины Т-110/120-130; б — К-500-240-2; в — К-800-240-3. Остальные обозначения см. рис. 2.8

[1]

$$k = 1096 \sqrt{W_B} \sqrt{\frac{t_{1B} + t_{2B}}{2} + 17,8}, \quad (2.28)$$

$W_B$  —

, / ;  $t_{1B}$ ,  $t_{2B}$  —

(2.28)

(2.28)

0,7—0,8.

(2.28)

(2.9)

$$(R_{\text{загр}} = \delta_{\text{загр}} / \lambda_{\text{загр}}),$$

(2.22)

(2.23) —

=0,75 0,90.

-68 (

-68).

$$(2.22) \quad (2.23) \quad G_B = G_B^{\text{НОМ}}; D_K = D_K^{\text{НОМ}}; a=1,0; t_{1B}=20^\circ$$

-68,

$$k = \left[ \frac{1}{k_{\text{чист}}} + (R_{\text{ст}} - R_{\text{ст}}^{\text{Л-68}}) \right]^{-1}; \quad \Sigma R_{\text{чист}} = k^{-1}. \quad (2.29)$$

$R_{\text{ст}}^{\text{Л-68}}$   
-68.

=0,75 0,90;

$$R_{\text{загр}} = (a k)^{-1} - \Sigma R_{\text{чист}}. \quad (2.30)$$

$$k_{\text{загр}} = \left[ \frac{1}{k} + R_{\text{загр}} \right]^{-1} \quad (2.31)$$

$$R = \text{const} = 0,90$$

$$= 0,75$$

« - »,

(2.28),

$$k_{\text{вп}} = \left[ \frac{1}{k_{\text{чист}}} + (R_{\text{ст}} - R_{\text{ст}}^{\text{л-68}}) \right]^{-1} \beta_{\text{зап}} \beta_d \beta_{\text{в.охл}} \quad (2.32)$$

$$k_{\text{чист}} = \frac{19}{-68,} \quad (2.28); \quad R_{\text{ст}}^{\text{л-68}} = \frac{0,75}{(2.28); \beta_{\text{зап}} = 0,85}$$

$$; \beta_d = 0,974 \quad (0,970)$$

$$\frac{19}{24} \quad \frac{25}{25} \quad ; \beta_{\text{в.охл}} =$$

$$= \left[ 1 - 0,225 \left( \frac{F_{\text{в.охл}}}{F_{\text{в.п}}} \right) \right]^{-1}$$

$$\frac{(F_{\text{в.охл}})}{(F_{\text{в.п}})} \cdot \beta_{\text{в.охл}}$$

110/120-130      -250/300-240,      ,      0,94.

(2.29)—(2.31).

75],

[17, 18,

30%.

### 2.4.

(H)

( ) .

( . . 4).

( ) )

( )

$$H_k = z(h_1 + h_2) + h_3 \cong z \left( \frac{L}{d_{BH}} \lambda + \xi \right) \frac{\rho_B W_B^2}{2g} + \rho_B W_{KOM}^2 / 2g, \quad (2.33)$$

$z$  — ;  $h_1$  — ;  $h_2$  —

$$\lambda = 0,316 \operatorname{Re}^{-0,25} \quad \text{---}$$

$$\lambda = 0,025 + 0,037); L \quad \text{---} \quad ($$

$$\xi = 1,0 + 1,5 \quad \text{---} \quad (2.7), \quad ; \quad d_{BH} \quad \text{---}$$

$$\xi \approx 1,0); \rho_B \quad \text{---}$$

$$W_{KBM} \quad \text{---} \quad ; \quad W_B \quad \text{---} \quad , \quad / \quad , \quad ( \quad \cdot \quad \S 2.1);$$

$$W_{KBM} \approx (0,15 - 0,30) W_B.$$

$$H_K \cong 10z(bLW_B^{1,75} + 0,135W_B^{1,5}), \quad (2.34)$$

$b$  ---

$$(\bar{t}_B) \quad \text{---} \quad \cdot \quad 2.2, \quad \bar{t}_B \neq 20 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$\varphi = 1 + 0,007 (\bar{t}_B = 20 \text{ }^\circ\text{C});$$

2.2.

$d$ ,	19	24	26	28
$b$	0,093	0,070	0,064	0,058

2.4.

$$z=2; L=9,0 \text{ м}; W_B=1,8 \text{ м/с}; t_B=20 \text{ }^\circ\text{C}; d_{BH}=26,0$$

2.2

$$(t_B=20 \text{ }^\circ\text{C}), b=0,064; \quad (2.34)$$

$$H_K=10 \cdot 2 (0,064 \cdot 9,0 \cdot 1,8^{1,75} + 0,135 \cdot 1,8^{1,5}) = 38,73 \text{ кПа.}$$

(

)

$\Delta p_K$

[41]

$$\Delta p_K = c_K \left( \frac{D_K \sqrt{v_2}}{L d_{\text{нар}} \sqrt{N}} \right)^{2,5}, \quad (2.35)$$

DK  $\frac{c_K}{N}$

$$c_K = (0,16 - 0,24) \cdot 10^{-4}$$

[1, 14, 29, 41, 75]

$\Delta p_K$

(2.30).

$\Delta p_k$

[1, 14, 29, 41, 57, 75],

$(D_k^{HOM})$

0,45—0,50

2.5.

$c_k = 0,16 \cdot 10^4$ ;  $D_k^{HOM} = 250 \cdot 10^3$  кг/ч;  $p_k = 5,0$  кПа;  $L = 9,0$ ;  $d_{доп} = 30$  мм;  $N = 6000$ ;

$p_k = 5$   
 $v_2 = 28,20$  м/с  
(2.30)

$$\Delta p_k = 0,16 \cdot 10^{-4} \left( \frac{250 \cdot 10^3 \sqrt{28,20}}{9,0 \cdot 30 \cdot \sqrt{6000}} \right)^{2,5} = 0,51 \text{ кПа.}$$

2.5.



( )

; ;

;

-

-

-

-

-

-

-

. 2.11, 2.12

(

[

(2.22)].

### 2.6.

#### 2.6.

p=3,7

: t<sub>1</sub>=12° ; G=34800<sup>3/</sup> ;

D<sub>k</sub> =563 600 / ;

-5-1; 25x23 ;

=0,90; z=2.

W<sub>B</sub>=2,0 / ( . §2.1),

$$(2.22) \quad d_K=40 \quad / ( \cdot ) \quad \Phi_d = 1,$$

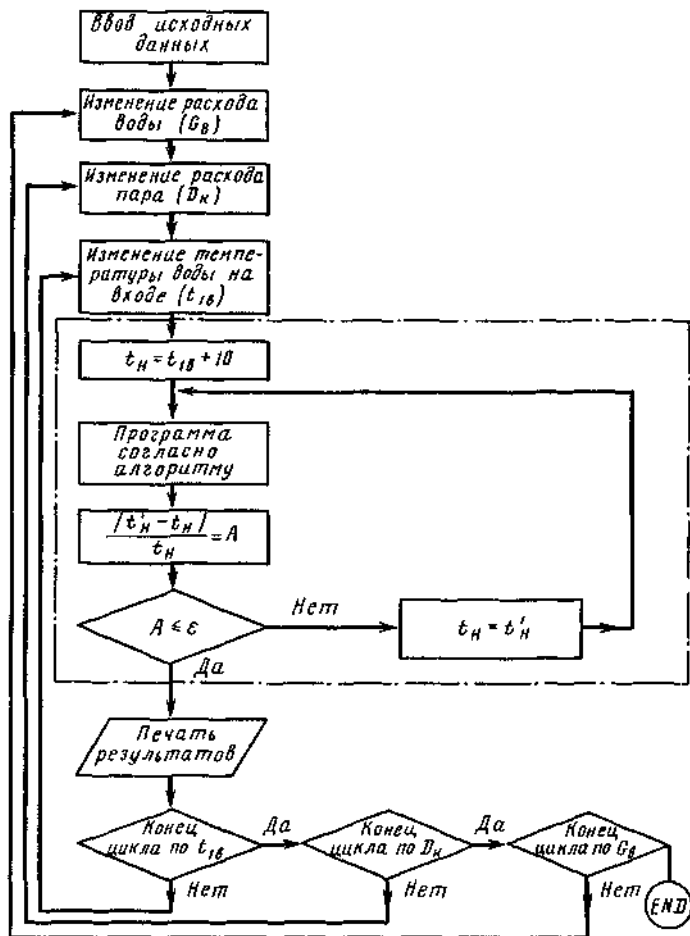
$$D_K = D_K^{HOM}$$

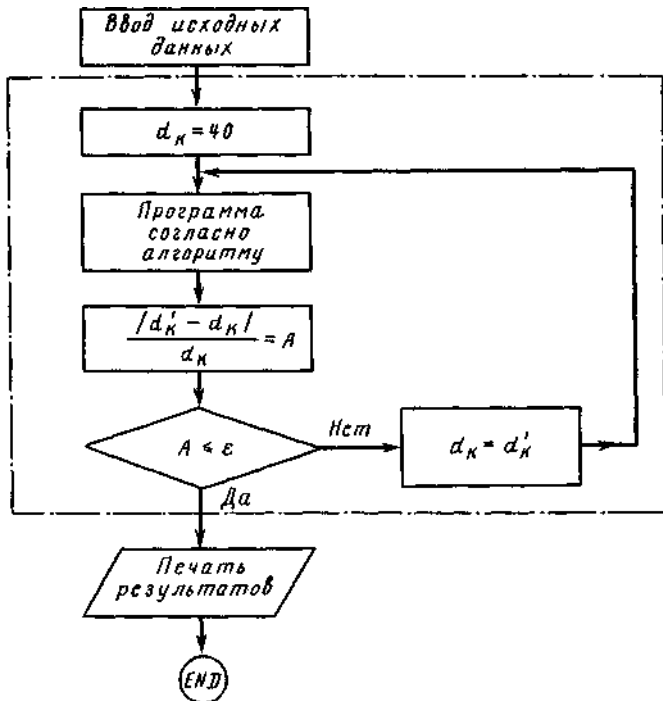
$$k = 4070 \cdot 0,90 \cdot 0,95 \left( \frac{1,1 \cdot 2,0}{23^{0,25}} \right)^{0,287} \left[ 1 - \frac{0,52 - 0,002 \cdot 40 \sqrt{0,90 \cdot 0,95}}{1000} \right] \times$$

$$\times (35 - 12)^2 \left[ 1 - \frac{2 - 2 \left( 1 - \frac{12}{35} \right)}{10} \right] \cdot 1 = 2662,06 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$x = 0,12 \cdot 0,90 \cdot 0,95 (1 + 0,15 \cdot 12) = 0,287.$$

$$t_H=27, 61^\circ \quad =3,7$$





. 2.12. )

$$r = (h_{II} - h_K) = 2435,94 \quad / \quad (1.9) - (1.11)$$

$$\Delta t_B = \frac{2435,94 \cdot 563600}{4,19 \cdot 34800 \cdot 10^3} = 9,41 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\delta t = t_H - t_{IV} - \Delta t_B = 27,61 - 12,00 - 9,41 = 6,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

(2.1) — (2.4)

$$F = \frac{34800 \cdot 10^3 \cdot 1,163 \ln\left[\frac{(9,41 + 6,2)}{6,2}\right]}{2662,06} = 13987 \text{ м}^2.$$

1,163 —

$$d_K = 40,29 \text{ м} \quad (2.22) \quad d_K = 563 \cdot 600 / 13987 = 40,29 \text{ м}$$

$$F = 13 \cdot 985 \text{ м}^2 \quad k = 2662,41 \text{ м}^2 \cdot \text{с} / \text{м}^3$$

$$d_K = 40,30 \text{ м} \quad (2.6) \quad d_K = 40 \text{ м} \quad (2.22)$$

$$0,7\% \quad 0,02 \quad 0,1\% \quad F = 13 \cdot 985 \text{ м}^2$$

$$N = \frac{4 \cdot 2 \cdot 34 \cdot 800}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,023^2 \cdot 2} = 23 \cdot 278 \text{ шт}$$

(2.7)

$$L = \frac{13 \cdot 985}{3,14 \cdot 0,025 \cdot 23 \cdot 278} = 7,65 \text{ м}$$

$$n_{TP} = 0,32,$$

$$D_Y = 0,025 \sqrt{\frac{23 \cdot 278}{0,32}} = 6,74 \text{ м}$$

2.7.

$$t_1 = 20^\circ \text{C} \quad F = 13985 \text{ м}^2, \quad (1.11)$$

$$m = \frac{34 \cdot 800 \cdot 10^3}{563 \cdot 600} = 61,75.$$

(1.12)

$$\Delta T_B = \frac{580}{61,75} = 9,39 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$(1.10) \quad \left( \quad \right) \quad \Delta t_B = 9,41 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (2.22)$$

$$k = 4070 \cdot 0,90 \cdot 0,95 \left( \frac{1,1 \cdot 2,0}{23 \cdot 0,25} \right)^{0,410} \left[ 1 - \frac{0,52 - 0,002 \cdot 40,30 \sqrt{0,9 \cdot 0,95}}{1000} \times \right. \\ \left. \times (35 - 20)^2 \right] \left[ 1 - \frac{2 - 2}{10} \left( 1 - \frac{20}{35} \right) \right] \cdot 1 = 3137,12 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ К}); \\ x = 0,12 \cdot 0,90 \cdot 0,95 (1 + 0,15 \cdot 20) = 0,410. \quad (1.13)$$

$$\delta t = 9,41 / \left( e^{\frac{3137,12 \cdot 3,6}{61,75 \cdot 40,30 \cdot 4,19}} - 1 \right) = 4,85 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (1.9)$$

$$t_H = 20,0 + 9,39 + 4,85 = 34,24 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$34,24 \text{ }^\circ \quad , \quad p = 5,4 \quad . \quad t = 12 \text{ }^\circ \quad 20 \text{ }^\circ \\ \Delta p_K = 5,4 - 3,7 = 1,7 \quad . \quad F = 13985 \quad 2 \quad 50\% \\ 2.8. \quad 2.6 \quad (1.11)$$

$$m = \frac{34 \ 800 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 563 \ 600} = 123,5. \quad (1.12)$$

$$\Delta t_B = 580 / 123,5 = 4,7 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (1.10). \quad (2.22)$$

$$k = 4070 \cdot 0,90 \cdot 0,95 \left( \frac{1,1 \cdot 2,0}{23 \cdot 0,25} \right)^{0,287} \left[ 1 - \frac{0,52 - 0,002 \cdot 20,15 \sqrt{0,9 \cdot 0,95}}{1000} \times \right.$$

$$\times (35 - 12)^2 \left] \left[ 1 - \frac{2-2}{10} \left( 1 - \frac{12}{35} \right) \right] \cdot 0,886 = 2284,49 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$d_K^{\Gamma P} = (0,9 - 0,012 \cdot 12) \cdot 40,30 = 30,77 \text{ кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Так как  $d_K < d_K^{\Gamma P}$ , определим  $\delta = 20,15/30,47 = 0,66$ ;

$$\Phi_d = 0,66 (2 - 0,66) = 0,886.$$

(1.13)

$$\delta t = \frac{4,7}{\frac{2284,49 \cdot 3,6}{e^{123,5 \cdot 20,15 \cdot 4,19} - 1}} = 3,92 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

(1.9)

$$t_H = 12,0 + 4,7 + 3,92 = 20,62 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t = 20,62 \text{ } ^\circ$$

$$\begin{aligned} & \left( \begin{array}{l} = 2,4 \\ \Delta p'_K = 3,7 - 2,4 = 1,3 \end{array} \right) \quad 50\% \\ & 2,9 \quad \quad \quad 2,6 \quad \quad \quad F = 13985 \text{ } ^2, \\ & \quad \quad \quad 50\%. \end{aligned} \quad (1.11)$$

$$m = \frac{0,5 \cdot 34\,800 \cdot 10^3}{563\,600} = 30,87.$$

(1.12)

$$\Delta t_B \cong 580/30,87 \cong 18,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$(1.10). \quad k \left( \quad \right) \Delta t_B \quad (2.22)$$

$$\begin{aligned} k &= 4070 \cdot 0,90 \cdot 0,95 \left( \frac{1,1 \cdot 1,0}{23 \cdot 0,25} \right)^{0,287} \left[ 1 - \frac{0,52 - 0,002 \cdot 40,30}{1000} \times \right. \\ & \left. \times \sqrt{0,9 \cdot 0,95} \cdot (35 - 12)^2 \right] \left[ 1 - \frac{2-2}{10} \left( 1 - \frac{12}{35} \right) \right] \cdot 1 = 2180,06 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}). \end{aligned}$$

(1.13)

$$\delta t = \frac{18,8}{\frac{2180,06 \cdot 3,6}{e^{30,87 \cdot 40,30 \cdot 4,19} - 1}} = 5,36 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

(1.9)

$$t_h = 12,0 + 18,8 + 5,36 = 36,16 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t = 36,16 \text{ } ^\circ$$

$$p = 6,0$$

50%

$$\Delta p'_k = 6,0 - 3,7 = 2,3$$

1.

2.

3.

4.

5.

$$: W_B = 1,8 \text{ м/с}; d_{BH} = 24 \text{ мм}; \bar{t}_B = 25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

6.

7.

$$: p_k = 5 \text{ кПа}; t_{CT} = 12,6 \text{ } ^\circ\text{C}; d_{нар} = 26 \text{ мм}.$$

8.

9.

10.

$$: p_k = 5 \text{ кПа}; \bar{W}_\Pi = 60 \text{ м/с}; d_{нар} = 26 \text{ мм}; \bar{\alpha}_{Nu} = 4000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

11.

12.

13.

14.

15. ? -
16. ?  
:  $z \approx 2$ ;  $L = 9,0$  м;  $W_B = 2,0$  м/с;  $t_B = 20$  °C;  $d_{BM} = 26,0$  мм. -
17. ) ( -
18. ?
19. ?
20. :  $D_K^{HOM} = 250 \cdot 10^3$  кг/ч;  $p_K = 5,0$  кПа;  $L = 9,0$  м;  $d_{нар} = 30$  мм;  $N = 8000$ . -
21. ?
22. ? -
- ? -





[53, 63, 75]

1.

2.

3.

. 1.10)

)

( — )

( ) .

( 60—70 / .

( . §1.3

4. )

□

c ( )

,

,

□

40—50 / ,

,

□

5.

.

,

,

□

,

.

,

6.

.

-

,

( )

□

□

7.

,

.

-

□

,

-

.  
 ,  
 -  
 .  
 ,  
 .  
 ( )  
 .  
 ,  
 ,  
 ,  
 ( )  
 .  
 ( )  
 ,  
 —  
 ,  
 .  
 ,  
 .  
 .  
 " — "  
 ,  
 ,  
 ,  
 ,  
 ,  
 .  
 ( . . 1).  
 ,  
 .

### 3.2.

( ) , -  
( ) , -  
, , -  
.

§3.1).

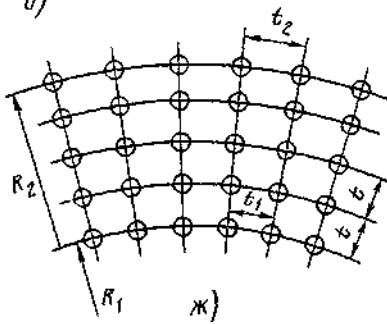
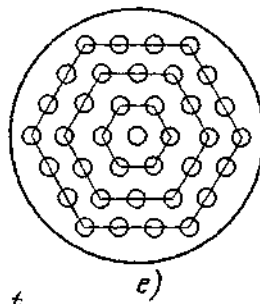
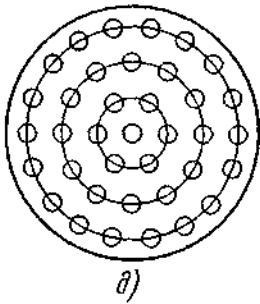
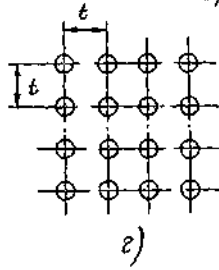
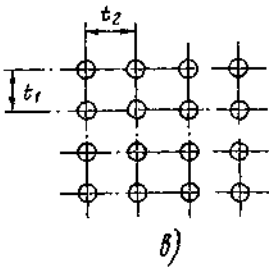
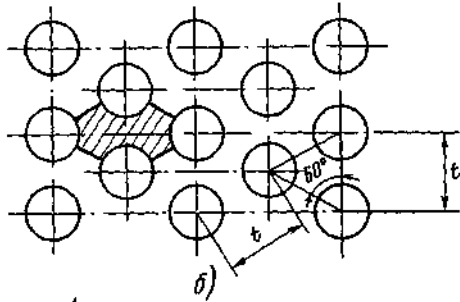
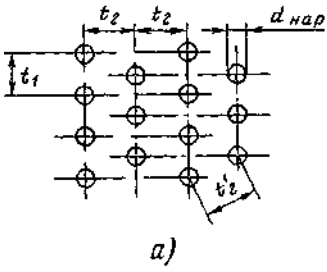
, ( ) -  
( ), -  
( ) -  
— . §2.4). -  
( — . §2.4). -  
.

$$\psi = t/d_{\text{нар}},$$

1,60.

) ( $\psi$  , 1,25—

— ; ( . 3.1):  
 ; ( . 3.1, )  
 (  $t_1$  и  $t_2$  )  
 (  $\psi_1$  и  $\psi_2$  ).  
 ,  
 t ( . 3.1, ).  
 , t ( . 3.1, ).  
 3.1, ), ( . t  
 ( . ),  
 t.  
 .  
 ( . ) . 3.1, ).  
 , . . .  $t=t_1$   
 , ( . ).  
 , .  
 ,  
 $s = t^2 \sin 60^\circ = 0,886 t^2$ ,  $s = t^2$ .  
 ,  
 15,5% 1,155 , . . .  
 . ,



.3.1.

— ; — ; — ; — ; — ; — ; —

).

( 1

$$f_{\Delta} = \frac{\pi d_{\text{нар}}}{0,866 t^2} = 3,63 \frac{d_{\text{нар}}}{t^2} = \frac{3,63}{\psi^2 d_{\text{нар}}}; \quad (3.1)$$

$$f_{\square} = 3,14 \frac{d_{\text{нар}}}{t^2} = \frac{3,14}{\psi^2 d_{\text{нар}}}; \quad (3.2)$$

$$\psi \quad (3.1) \quad (3.2)$$

$\eta_{\text{тр}}$

$N$ ,

$$D_y \left( \text{§ 2.1} \right),$$
$$0,866 t^2 N,$$

$$- \pi D_y^2 / 4.$$

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{0,866 t^2 N}{\pi D_y^2 / 4} = 1,1 \cdot \frac{t^2 N}{D_y^2}. \quad (3.3)$$



$$u_{\text{тп}} = \frac{N \left( \pi d_{\text{нар}}^2 / 4 \right)}{\left( \pi D_y^2 / 4 \right)} = N \left( \frac{d_{\text{нар}}}{D_y} \right)^2. \quad (3.4)$$

(3.3) (3.4),

$$\eta_{\text{тп}} / u_{\text{тп}} = 1,1 \psi^2. \quad (3.5)$$

$$\eta_{\text{тп}} = 0,56 \div 0,72; \quad u_{\text{тп}} = 0,24 \div 0,32. \quad (3.3) \quad (3.4)$$

$$D_y = \sqrt{1,1 \frac{t^2 N}{\eta_{\text{тп}}}} = 1,05 t \sqrt{\frac{N}{\eta_{\text{тп}}}} = d_{\text{нар}} \sqrt{\frac{N}{u_{\text{тп}}}}. \quad (3.6)$$

$$F = 2,85 \frac{LD_y^2 \eta_{\text{тп}}}{\psi^2 d_{\text{нар}}} = 3,14 \frac{LD_y^2 \mu_{\text{тп}}}{d_{\text{нар}}}; \quad (3.7)$$

$$D_y = 0,593 \psi \sqrt{\frac{Fd_{\text{нар}}}{L\eta_{\text{тп}}}} = 0,564 \sqrt{\frac{Fd_{\text{нар}}}{L\mu_{\text{тп}}}}. \quad (3.8)$$

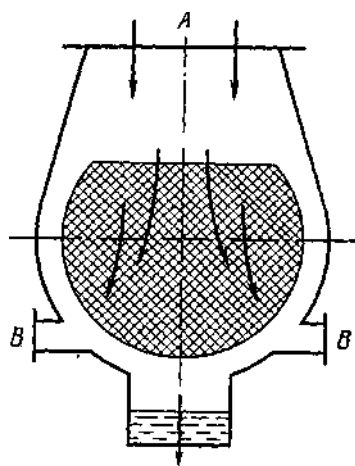
[14]

( . 3.2).

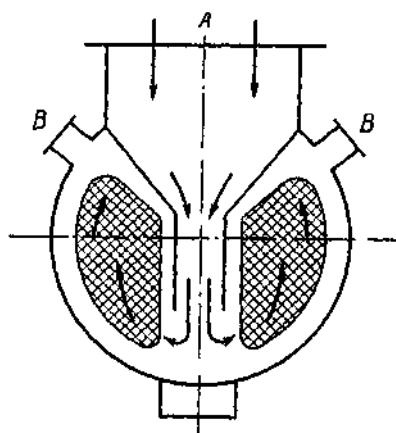
( . 3.2, )

( ( ) ),

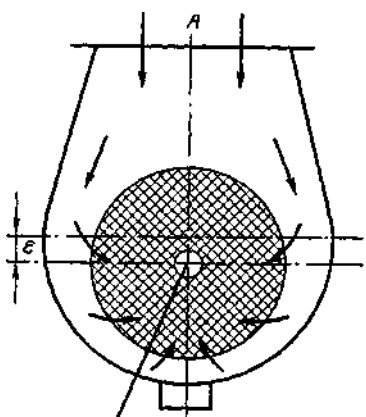
( . 3.2, )



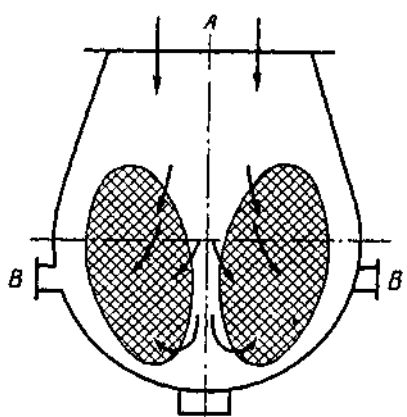
a)



d)



b)



e)

.32.

— ; — ; — ; — ; — ; —

180° ( , ),

.3.2,

( ).

( ),

),

( . 3.2, )

( ( . ) , ) ,

. 3.2,

[1, 14, 16].

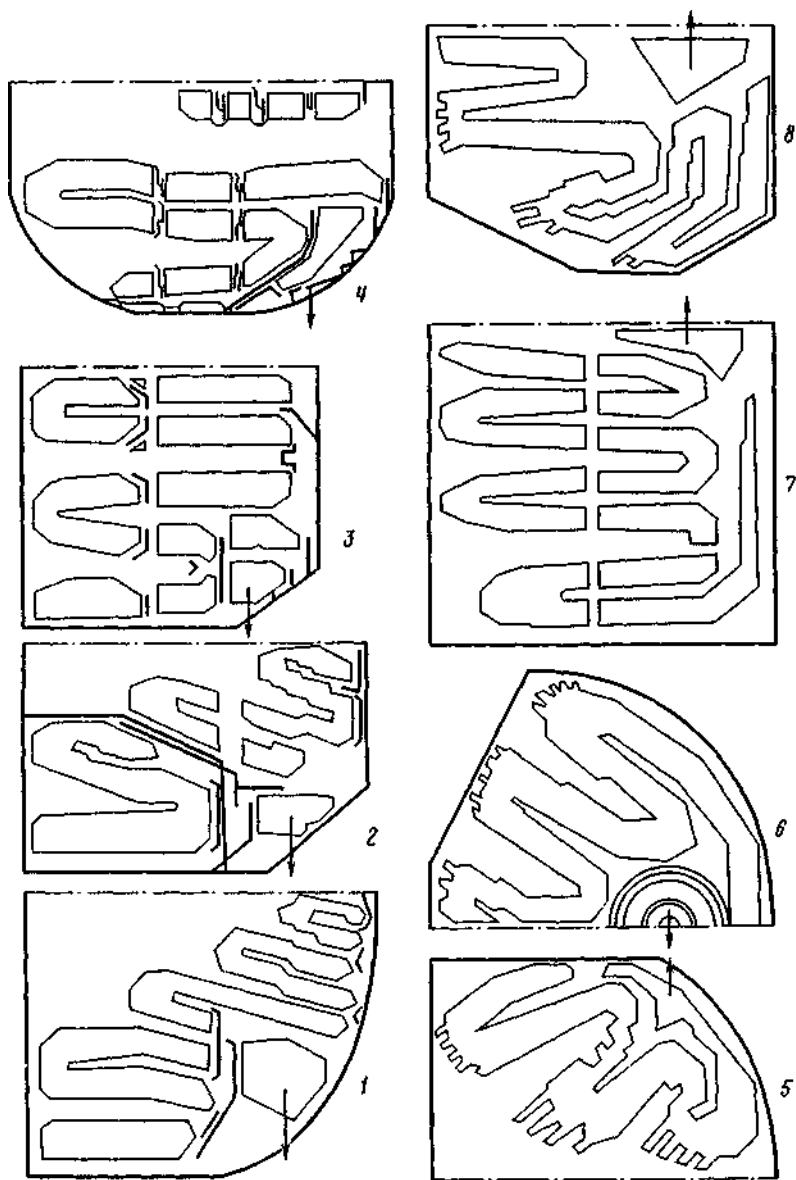
[52, 53],

§3.1.

. 3.3, 3.4

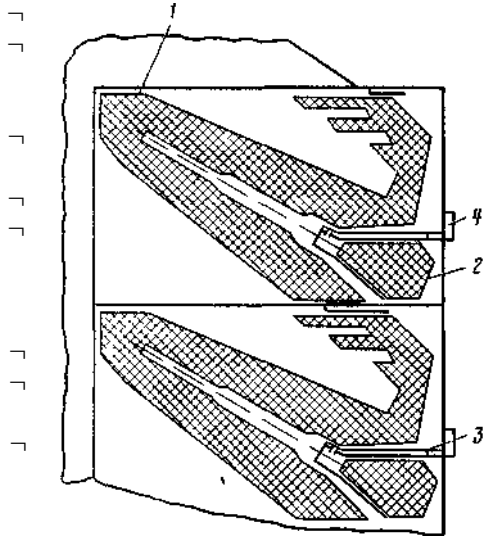
-150-9115

( . ).



3.3. ( ):  
 1-100-4( -100-90-2 ); 2-200-2( -200-130 ); 3-300-1  
 ( -300-240 ); 4- 2-6200-1 ( -110/120-130 ); 5- -100-3685 ( -100-90  
 ); 6- -15 -9115( -160-130-2 ); 7- -15240( -300-240 ); 8- -11520  
 ( -500-240 ).

coca



-110/120-130

18%

.3.4.

1—

;2—

;3—  
;4—

),

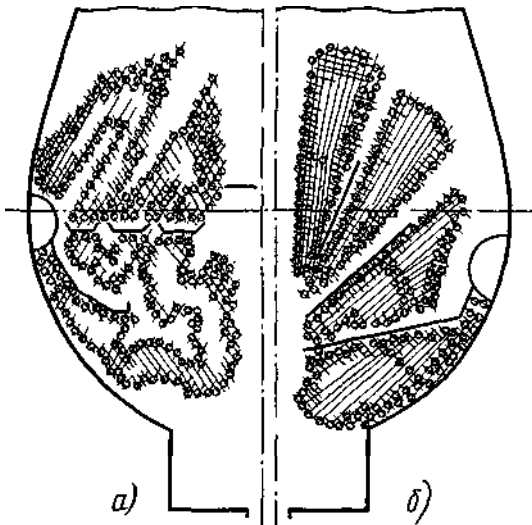
10—15%

Controflo.

3.5

-540

Controflo.



[75].

800

a)

b)

. 3.5.

( )

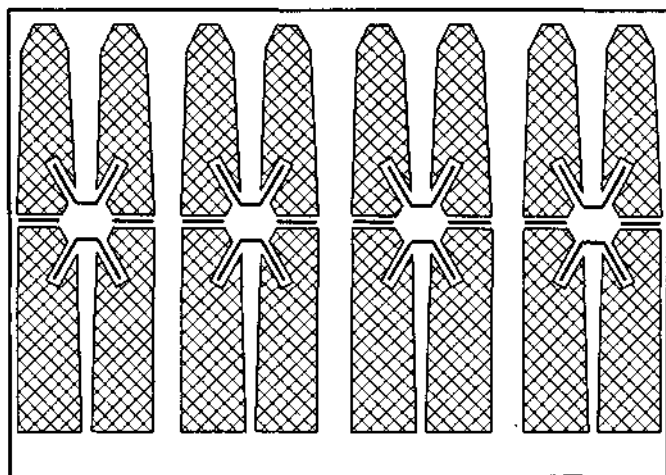
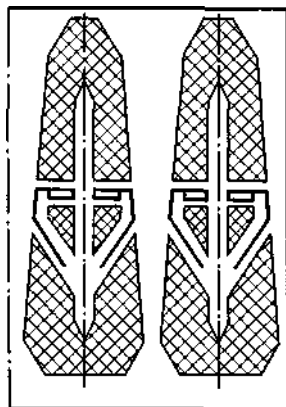
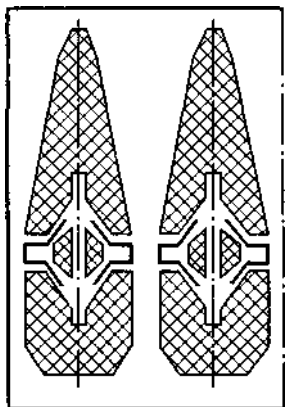
( )  
-540

( . 3.6)

( ),

( ).





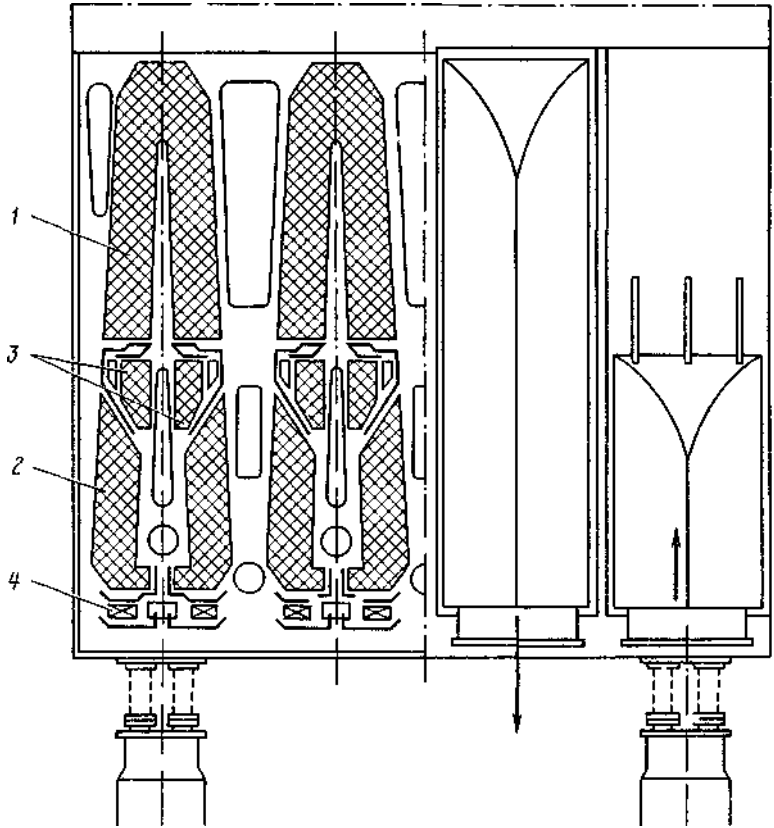
.3.6.

. 3.7 3.8.

-750-65/3000

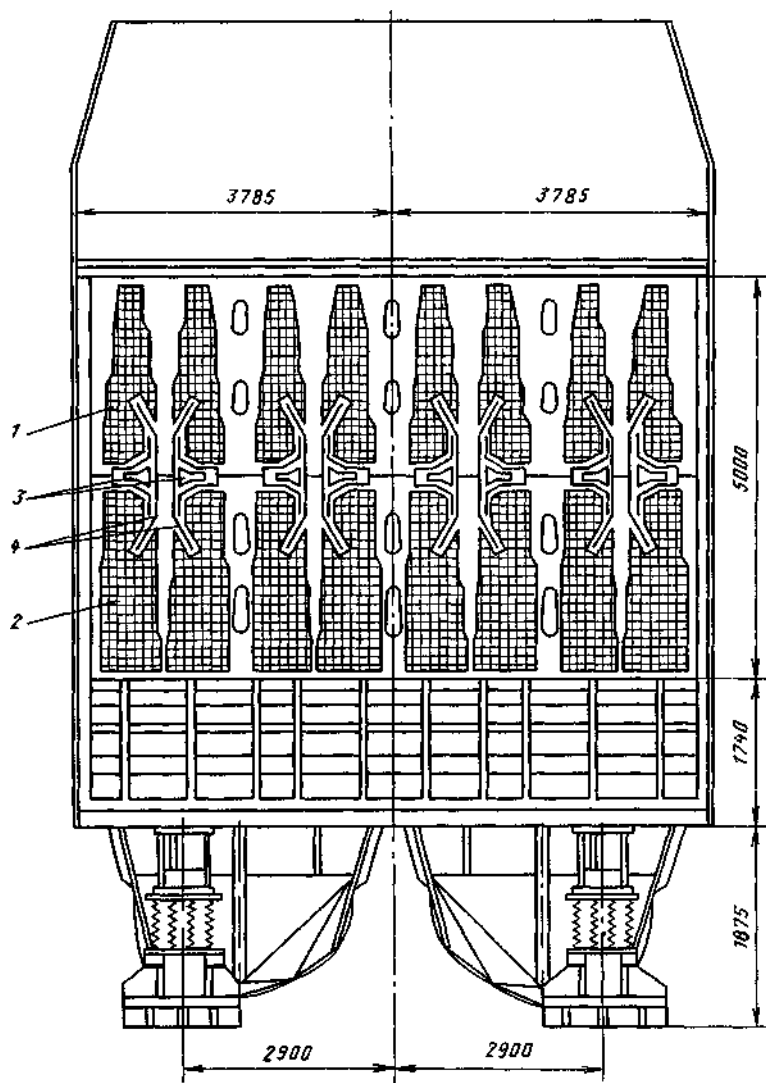
( ( . 3.7),

— )



. 3.7  
1, 2—  
, 4—

-750-65/3000  
; 3—



.3.8.  
1, 2 —

; 4 — ,

-800-240 :  
, 3 — ,

3.8)

$$\frac{-800-240}{1000}$$

1000

(

)

$$-1200-240$$

1.

—

( $\psi$ )

2.

( , . )  
(  
,  
)

§3.1.

15—25%  
( )

[1, 29]

3.

( ),  
( —  
)

4.

5.

§3.1.

( )

6.

( , ,  
),  
( , ) ,  
, ,  
, ,  $\eta_{TP}$   $u_{TP}$   
, ,  
.

### 3.3.

. 3.1

.  
, .  
, .  
, .  
, .  
, .  
, .  
, .  
, .  
-100-90 -300-240 -500-240 -160-130 ( ( )  
-200-130 )  
, -300-240 -160-130  
,

50—300 )

500, 800 1200

( ) .

( ( -500-240 -800-240),  
( -1200-240).

( . §1.2).

-750-65 (3000 1/ )

-220-44

-220-44, -500-65

## 3.1.

Марка конденсатора	Марка турбины	Количество корпусов	Поверхность охлаждения одного корпуса, м <sup>2</sup>	Конденсаторные трубки, мм		Число ходов по воде
				Диаметр	Длина в одном корпусе	
<b>Турбины металлического завода (ЛМЗ)</b>						
50-КЦС-3	К-50-90-1 (2)	1	3000	25×1	6650	2
50-КЦС-4	ПТ-50-2 (3)	1	3000	25×1	6650	2
50-КЦС-5	К-50-90-3	1	3000	25×1	6650	2
К2-3000-2	Т-50-130	1	3000	25×1	7330	2
60-КЦС	ПТ-60-130/13	1	3000	25×1	6600	2
80-КЦС	ПТ-80/100-130/13	1	3000	25×1	6600	2
100-КЦС-2 (4)	К-100-90-2 (6)	2	3000	25×1	6650	2
180-КЦС	Т-180/210-130	1	9000	28×1	9000	2
200-КЦС-2 (3)	К-200-130	2	4500	30×1	8065	2
300-КЦС-1 (3)	К-300-240	1	15 400	28×1	8930	2
500-КЦС-4	К-500-240-4	2	11 250	28×1	8930	1
800-КЦС-3 (4)	К-800-240-3 (4)	2	20 600	28×1	12 000	1
1200-КЦС-3	К-1200-240-3	2	30 000	28×1	12 000	1
1000-КЦС-1	К-1000-60/3000	4	22 000	28×1	12 000	1
<b>Турбины Харьковского турбинного завода (ХТЗ)</b>						
К-100-3685	К-100-90	2	3685	25×1	7350	2
К-150-9115	К-160-130	1	9115	28×1	8850	2
К-10120	К-220-44	2	10 120	28×1	8890	2
К-12150	К-220-44	2	12 150	28×1	8850	2
К-8170	К-220-44-2	2	8170	28×1	8890	2
К-15240	К-300-240	1	15 240	28×1	8850	2
К-11520	К-500-240	2	11 520	28×1	8890	2
К-12150	К-500-65/3000	4	12 150	28×1,5	8890	2
К-10120	К-500-65/3000	4	10 120	28×1,5	8890	2
К-22550	К-500-60/1500	2	22 550	28×1	9800	2
К-16560	К-750-65/3000	4	16 560	28×1	11 460	2

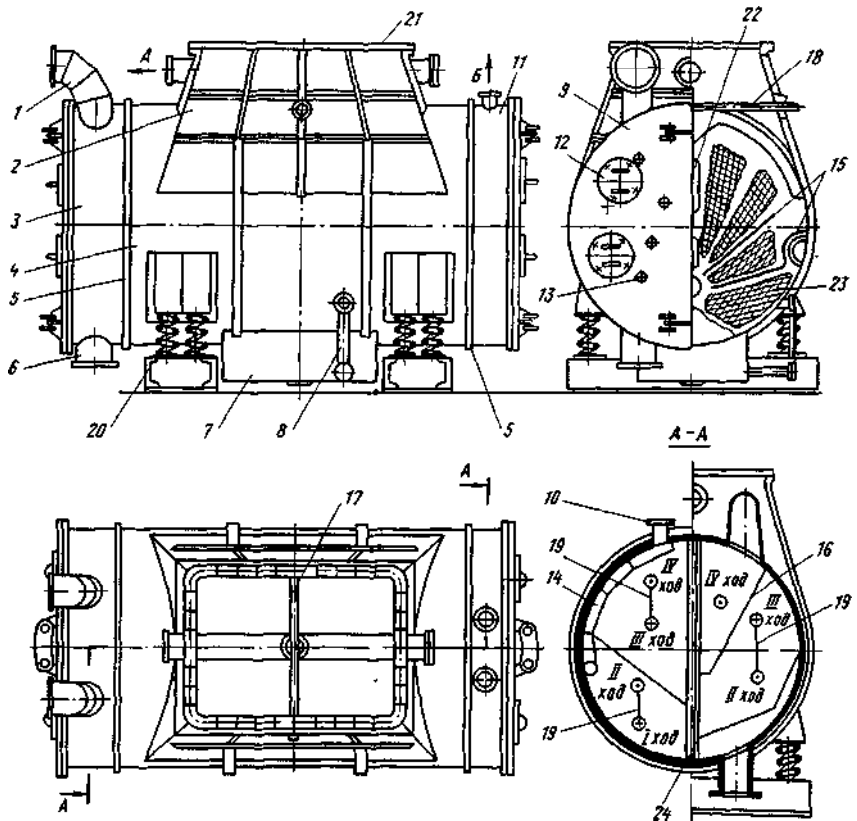


Удельная паровая нагрузка, кг/(м <sup>2</sup> · ч)	Кратность охлаждения всей конденсационной установки	Температура охлаждающей воды, °С	Давление пара в конденсаторе, кПа	Гидравлическое сопротивление, кПа	Расположение корпусов относительно оси турбины
46,7	57,1	10,0	2,95	35,3	Подвальное, поперечное
55,0	48,5	20,0	5,98	35,3	
46,7	57,1	10,0	3,43	35,3	
46,7	50,0	15,0	3,92	37,3	
60,0	44,4	15,0	3,92	35,3	
73,3	36,4	20,0	5,88	35,3	
46,7	57,1	10,0	3,43	35,3	
51,2	47,7	20,0	6,27	48,1	
44,4	62,5	10,0	3,43	37,3	
37,2	62,8	12,0	3,43	47,1	
39,6	57,7	12,0	3,50	44,1	Подвальное, продольное; последовательное соединение корпусов по воде
35,8	50,7	12,0	3,43	58,8	
35,7	48,8	12,0	3,38	58,8	
36,1	53,5	20	5,09	70,2	Подвальное, поперечное; две группы последовательно соединенных по воде двух корпусов
36,2	61,4	10,0	2,95	32,4	Подвальное, поперечное
36,3	62,9	12,0	3,43	39,2	
36,0	60,4	12,0	3,43	39,1	
31,5	72,5	12,0	5,09	39,2	
44,0	50,9	5,0	2,94	39,1	
37,0	61,7	12,0	3,43	42,2	
41,7	53,6	15,0	4,42	39,3	
36,3	53,8	18,0	4,90	35,6	
40,6	51,6	12,0	3,92	35,7	
39,1	53,8	22,0	5,88	42,2	
38,3	48,3	15,0	4,41	50,52	Подвальное, поперечное

Марка конденсатора	Марка турбины	Количество корпусов	Поверхность охлаждения одного корпуса, м <sup>2</sup>	Конденсаторные трубки, мм		Число ходов по воде
				Диаметр	Длина в одном корпусе	
К-16360	К-1000-60/1500-1	6	16 360	28×1	8890	1
К-33160	К-1000-60/1500-2	3	33 160	28×1	14 000	2
<b>Турбины турбомоторного завода (ТМЗ)</b>						
КГ2-6200	Т-110/120-130	2	3100	24×1	7500	2
К-2-6000-1	ПТ-135/165-130/15	1	6010	24×1	9000	2
КГ2-12000-1	Т-175/210-130	2	5980	24×1	9000	1
К2-14000-1	Т-250/300-240-2	1	13 800	24×1	9000	2
<b>Турбины Калужского турбинного завода (КТЗ)</b>						
КП-540	К-6-35 ПТ-12-35/10М	1	540	19×1	4000	2
КЛ-935	ПТ-12-90/10 К-12-35М	1	935	22×1	5000	2
КП-935-1	ПТ-25-90/10М	1	935	22×1	5000	2
КП-1220	ПТ-12-35/13Т ПТ-25-90/14	1	1220	22×1	5000	2
*						
**						
***						

Удельная паровая нагрузка, кг/(м <sup>2</sup> · ч)	Кратность охлаждения всей конденсационной установки	Температура охлаждающей воды, °С	Давление пара в конденсаторе, кПа	Гидравлическое сопротивление, кПа	Расположение корпусов относительно оси турбины
34,3	47,4	15,0	3,92	68,21	Боковое, продольное; две группы последовательно соединенных по воде трех корпусов
34,7	49,2	15,0	3,92	74,38	Подвальное, поперечное
45,3*	57,1*	20,0	5,6	59,96	Подвальное, поперечное Подвальное, поперечное; последовательное соединение корпусов по охлаждающей воде
53,2**	38,8**	20,0	7,3	54,91	
42,6**	48,6**	20,0	5,0; 6,4***	74,53	
38,7**	52,3**	20,0	5,8	54,91	Подвальное, поперечное
46—89	65—41	20,0	5,0—9,0	29—44	Подвальное, поперечное
45,0	81,0	20,0	5,0	49,0	
80,0	45,0	20,0	9,0	49,0	
39,0	79,0	40,0	14,0	42,0	
-68;	-70-1;	-5-1;	-30-1-1.		

-500-60/1500  
 -1000-60/1500-1



.3.9. -540 ( ):

. 3.9 .  
 ).  
 ( ) 20  
 21. ( . §3.2 . 3.5)  
 ) 17  
 /5,  
 23. 14 '  
 10,  
 ) .  
 16 ( ' ) .  
 24, 9  
 ) . 12 ( 13  
 9.

-540  
(6—12

11

7,

22,

15,

14 '

(

16 ( ' ) .

24,

9

) .

12

(

13

9.

18,

( )

8.

-150-9115 3.10

-160-130

14,

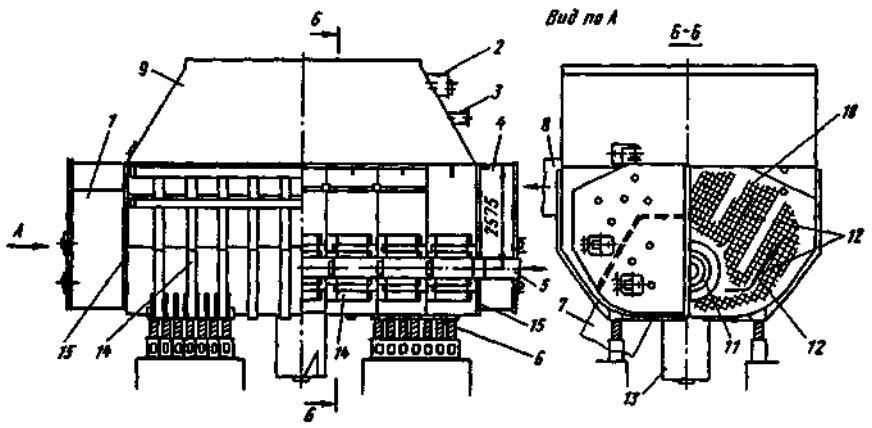
9,

15

1, 4.

10

11



3.10.  
1,4—

-150-9115

; 2—  
; 6—

; 3—  
, 7, 8—

14—

; 11—

; 15—

; 9—  
; 12—

; 13—

; 10—

( ) 4, 5

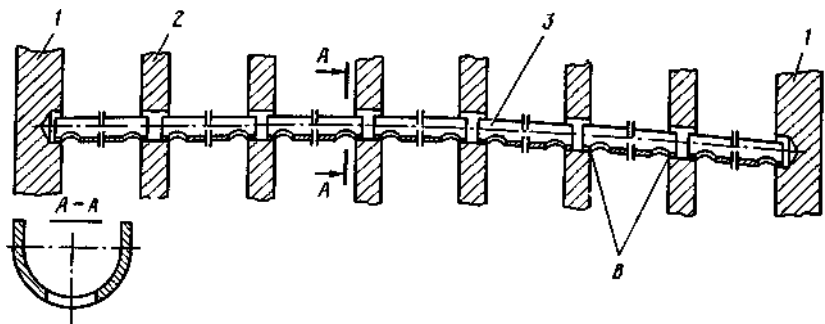
12, ( )

. 3.11.

[74],

( . 3.10 ),

); ( )



. 3.11.  
1— ; 2— ; 3— ;

(8).

(7),

§3.4

3.21).  
3.12  
-300-240

( .  
-15240

(

. §3.6).

2 , — 1 ,

( 6,

) 8

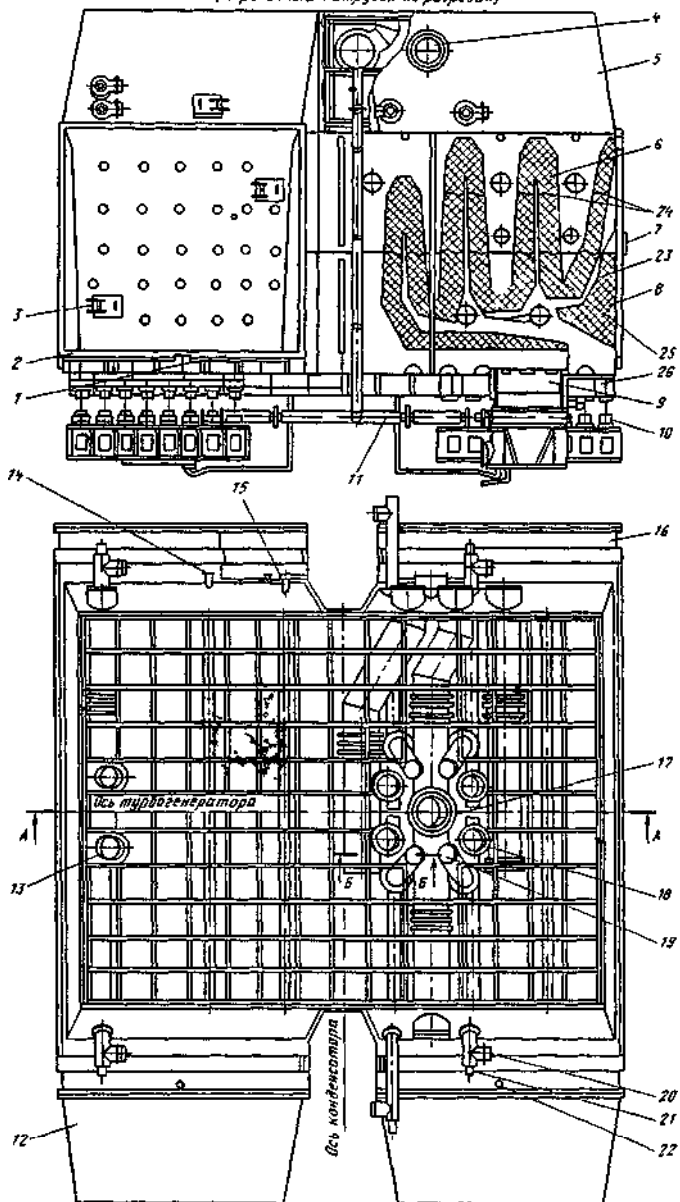
( . §3.1).

8—12.<sup>8.</sup>

8.



А-А      Б-Б  
(переходный патрубок не разрезан)



. 3.12.  
1,2—

-15240 :

;3— ;4—  
;5—

;7—  
;9—

(4 );8— ; —

;12,16—

;10—

;11—  
;13,17,18,19—

7,6,8 9-  
;15—

;14—

;20—

;22—  
;24—

(8 );21—

;23—

;26—

( ;25— ,

,

,

8

6

23,

)

(

24)

(

( . 3.11)

,

—

( )

)

12

16

,

,

,

16

25. , . 3.12 ( — )  
5 , □

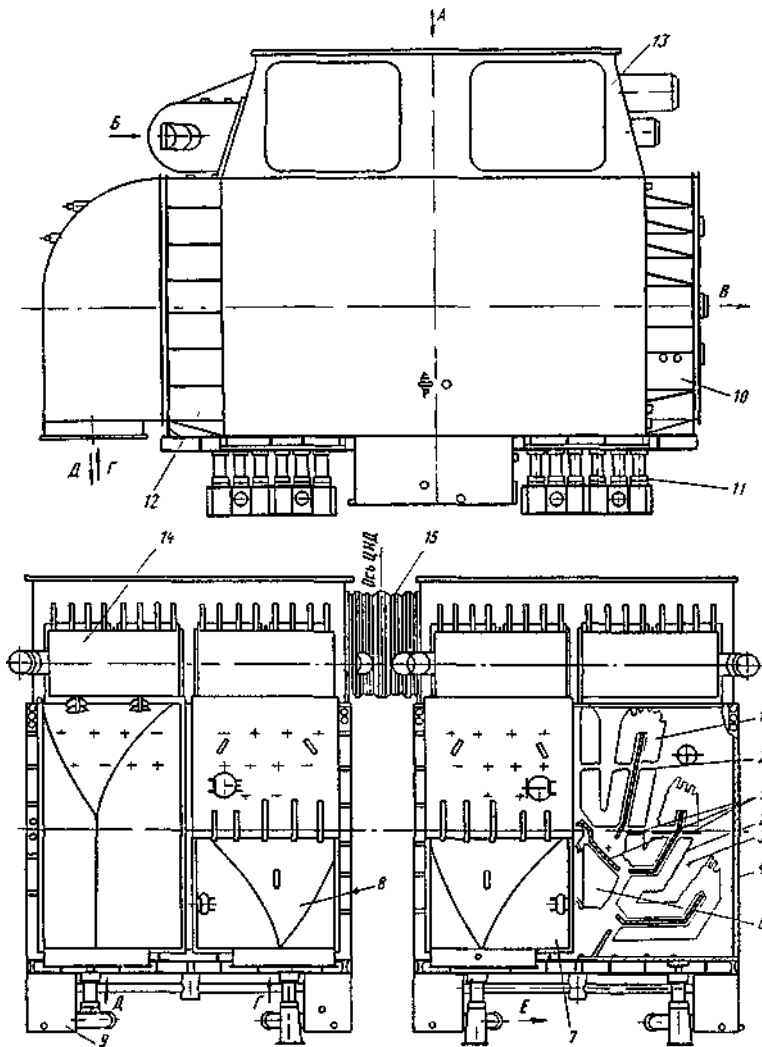
,  
,  
,  
- 20. □

26, □  
□  
□  
□  
10 ( □  
)

. 3.13  
-220-44, -500-240 -500-65/3000 . □  
,  
□  
□

, . 3.1. □  
, □  
( □  
) , □  
, □  
, □  
( □  
) . — □

15) ( □  
) □  
, □  
, □  
— - , □  
□ □



.3.13. -220-44, -500-240, -500-65/  
 3000 ;  
 1— ; 2— ; 3— ; 4— ;  
 ; 5— ; 6— ; 7— ;  
 8— ; 9— ; 10— ( ) ;  
 ; 11— ; 12— ; 13— ;  
 ( ) ; 14— - ; 75— ; - ;  
 ; - ; - ; - ; -

(I ), — (II ).  
1 . §3.6.

( , ).  
3 4 , [58]

120-130 / .

, [58]  
50—60 / .

— 1' ). 2 ( —  
( , )  
12—14.

8—10% 6  
6  
( 5),

, — 2, 5,  
( . §3.7)

' . 3.14. —  
, .

. 3.14)

( . )

,

.

,

□

( . )

.

□

,

□

.

□

,

□

,

□

,

□

,

( , )

□

)

( ) —

,

( )

),

□

,

.

□

□

□

□

.

□

,

( )

□

,

( )

.

13

( . . 3.13).

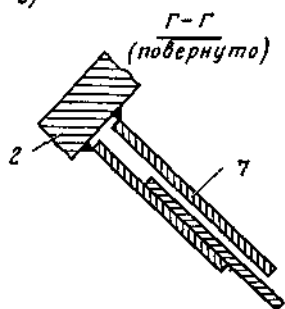
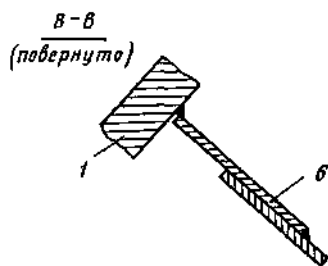
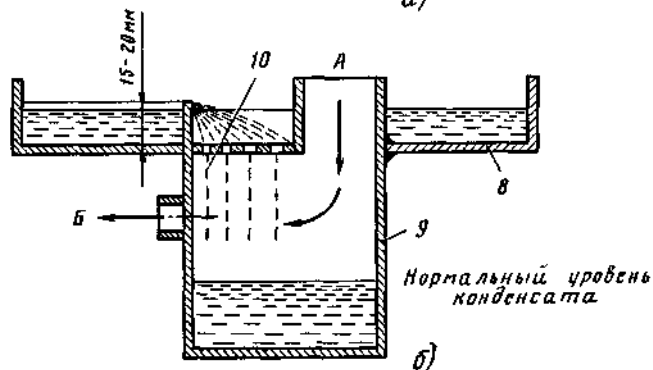
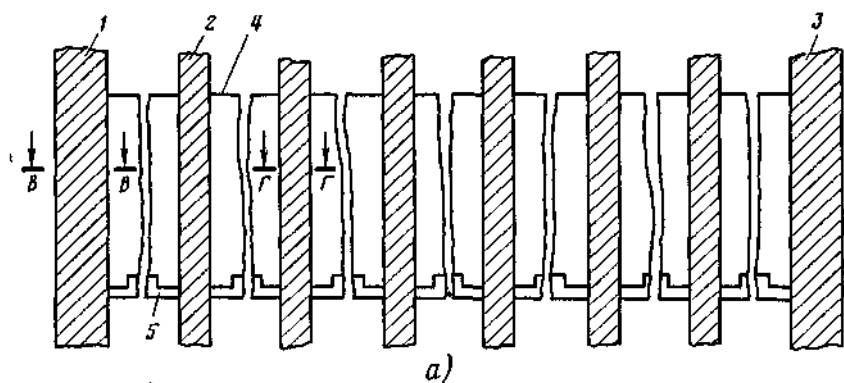
□

(

),

,

□



.3.14.

3— ; 1— ; — ; 2— ;  
 ; 4— ; 5— ; 6— ;  
 ; 7— ; 8— ;  
 ; 9— ; 10— ;

14,

3.15.

( )

11,

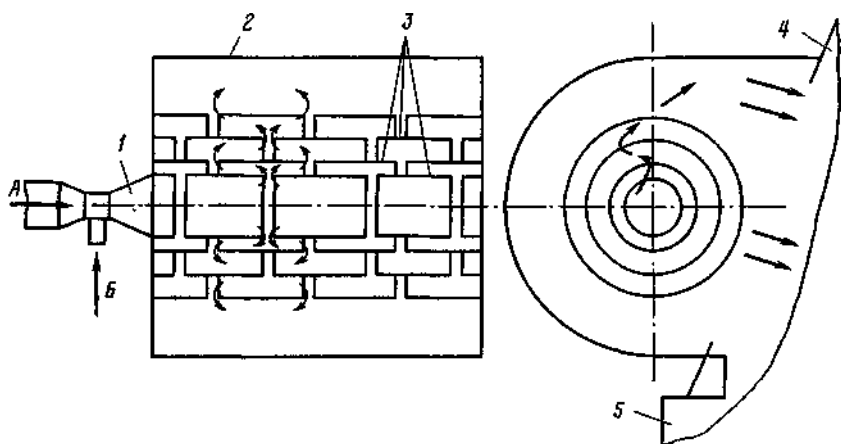
3.16  
K-500-60/1500

-22550

7,

10, 11,





. 3.15.

1 — ; 2 — ; 3 — ; 4 — ; 5 —

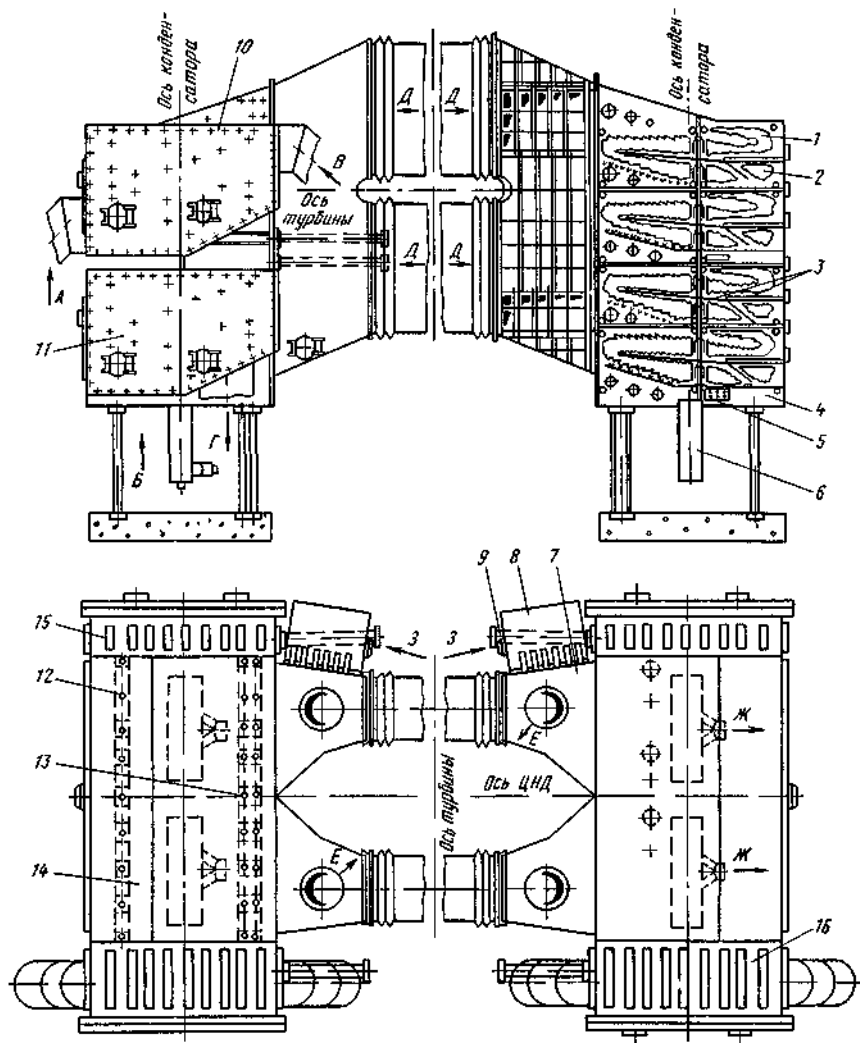
11

2,

( )

( )

1



. 3.16. -22550 :

$1 -$  ;  $2 -$  ;  $3 -$  ;  $4 -$   
;  $5 -$  ;  $6 -$  ;  $7 -$   
( ;  $8 -$  ) ;  $9 -$  ;  $10 -$  ;  $11 -$  ;  $12 -$   
;  $13 -$  ;  $14 -$   
 $15 -$  ( ) ;  $16 -$  ;  
;  $-$  ;  $-$  ;  $-$  ;  
- ; - ; - ; - ;  
, , , ( .

. 3.4).  
,  
.  
,  
,  
.

2, .  
1. .  
2, .  
, .  
, .  
, .  
, .  
, .  
, .  
, .  
, .  
, .  
, .  
, .  
, .

( . §3.7).

), — ( 5  
 7, — 7 7  
 0,1  
 500  
 3.16 ) [58]. ( 12, 13,  
 — 12 13.  
 ( ) 7  
 ( ) ( 8  
 , . .3.15).

60%  
D<sub>0</sub>.

[53]

:

;

,

;

,

,

-1000-60/1500-1

,

,

( -

).

:

;

,

,

[73].

-1000-60/1500-2

-33160

14,1

. 3.7.

—

,

. 3.17

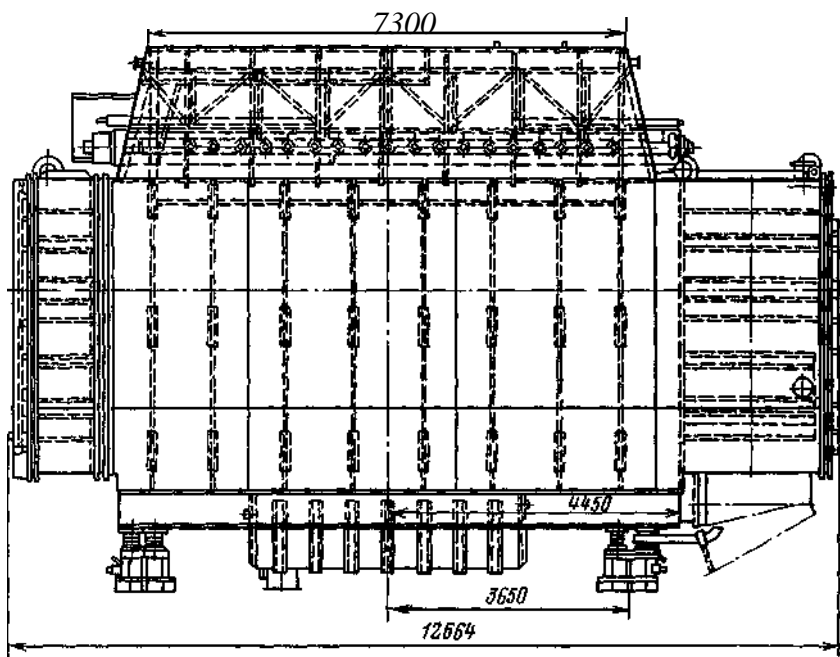
-300-240

300-

-1 (3)

( . . 3.3).

28



.3.17.

300- -1 (3)

0 600

0 150

-800-240

-800-240-2

35 025 <sup>2</sup>.

-800-240-3

41 200 <sup>2</sup>.

3 °15' (

§6.3).

( )

( ),

(

)

-800-240-3

, . . .

.

,

.

.

,

).

[46]

60° .

,

-800-240

. 3.8

§3.2.

. 3.18

800-

-4

-800-240-4 .

—

.

-(

)

,

.

—

,

,

,

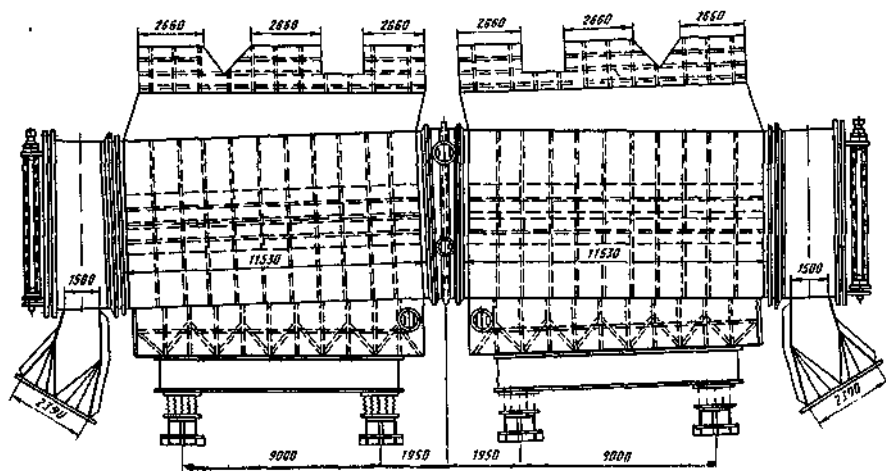
( . §1.2).

3.8),

( .

,





.3.18.

800- -4

),

(

. §3.7).

(

┌  
┌  
┌  
┌  
┌  
┌  
┌  
┌  
┌  
┌  
┌  
┌  
┌  
┌  
┌

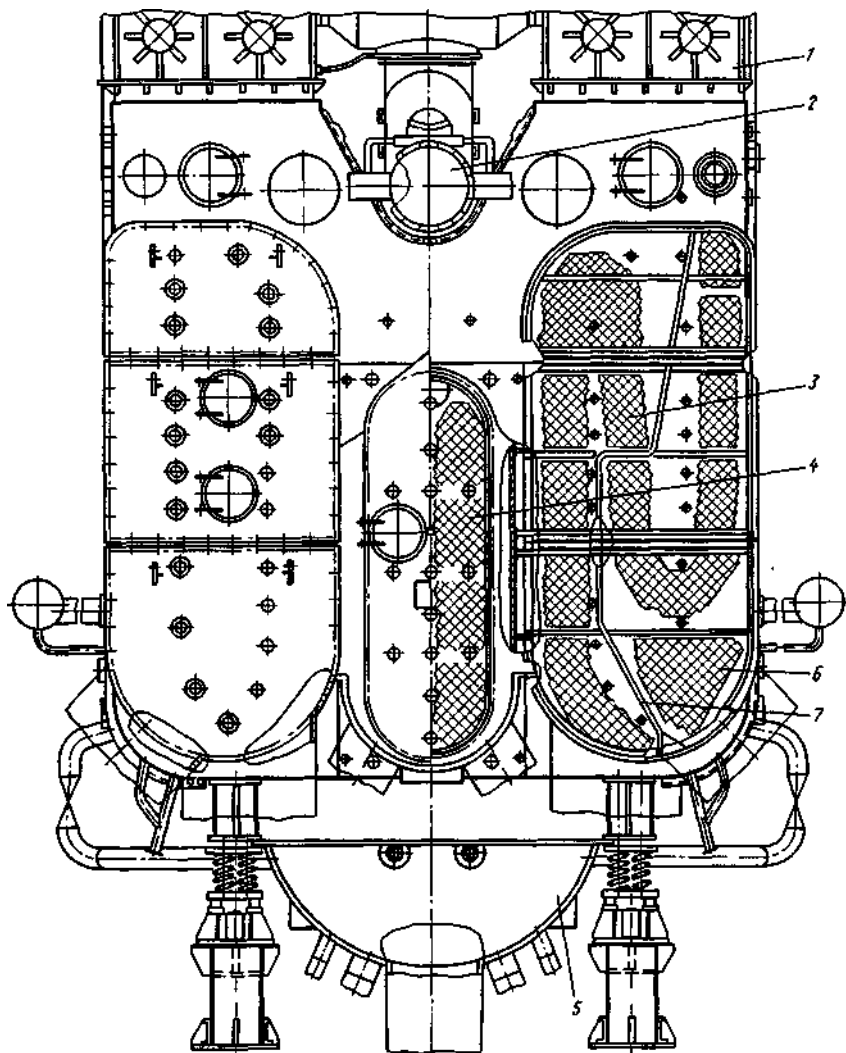
1100 ,  
 430 ,  
 , 1700 .

( ),

( ) 15—25%

15 — 23%, -110/120-130 - 18%, -135/165-130/  
 -250/300-240-2 — 24%.

,  
 .  
 ,  
 ,  
 ,  
 ,  
 ,  
 .  
 ,  
 ( )  
 ,  
 .  
 ,  
 .  
 ,  
 .  
 3.19  
 2-14000-1 -250/300-240-2  
 ,  
 .  
 3  
 ;  
 6  
 ( )  
 ;  
 7  
 ,  
 6  
 .  
 4  
 ,  
 .  
 ,  
 .



.3.19.

2-14000-1 (

):

1 —

; 2 —

; 3 —

; 6 —

; 4 —

; 5 —

; 7 —

, ( )  
 .  
 ,  
 ( -1).  
 ( . §3.7).

**3.4.**

,  
 - ,  
 .  
 ( )  
 , - ,  
 .  
 50  
 24—30 ,  
 16—19  
 1 .  
 , , ,  
 1,5—2,0 ,  
 .  
 ,  
 .

( 25 ),

( ),

( ),

( , )

(

),

[37].

, 1960 . , 10% — 60%  
, 25% — ; -

(18% , 9% Ni) -  
90% Cu/10% Ni. 1980 ,, 5%, ,

35, 50 10%.  
( ) —

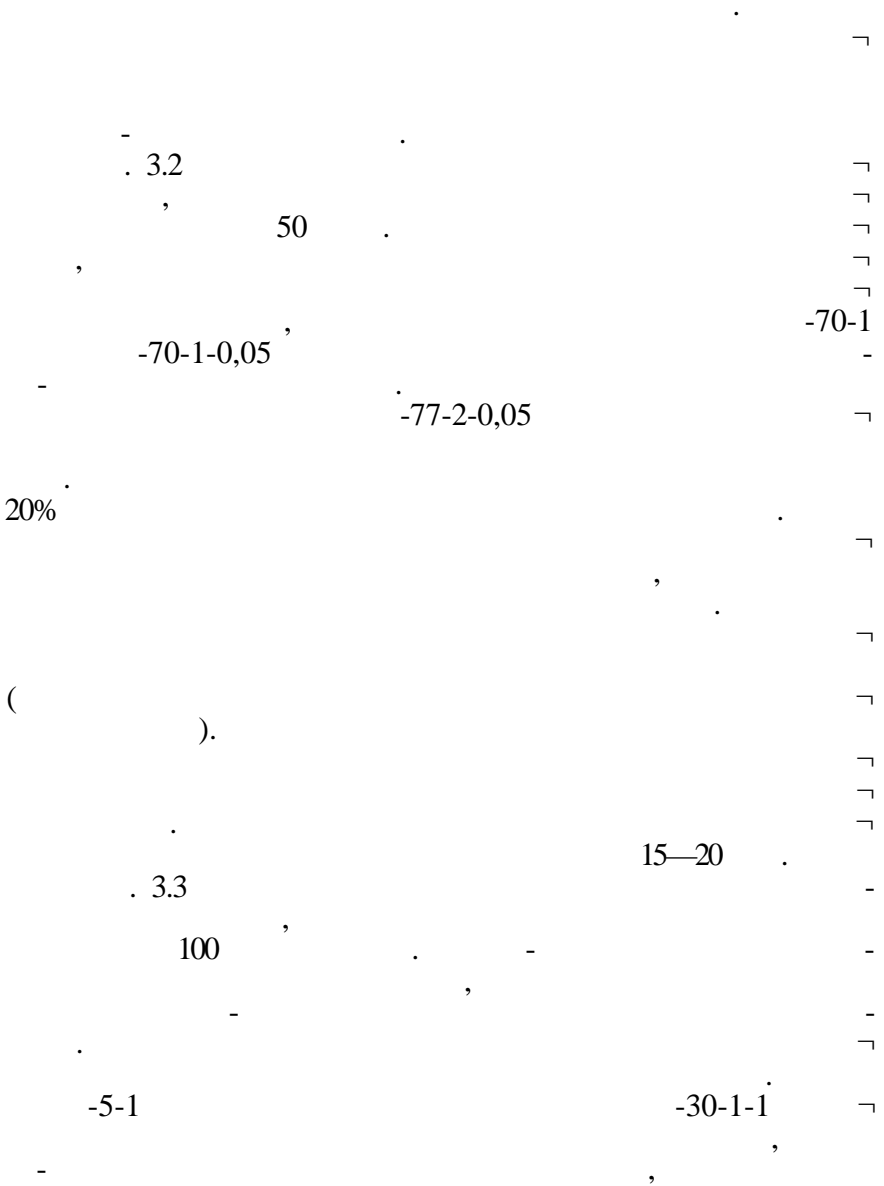
, , 0,5—0,7  
1,6—1,9 ,

- , ,

) , -  
, .

, ,

( . §3.9).





	, %							, %	, %
			1	Sn	As	-	Zn		
-68	67-70	—	—	—	—	0,3		29 (34)*	40 (35)*
-70	69-72	—	—	—	—	0,2		34	35
-70-1	69-71	—	—	1-1,5	—	0,3		32 (36)*	45 (40)*
-70-1-0,05	76-79	—	—	1-1,5	0,025-0,06	0,3	□	32	45
-68-0,05	67-70	—	—	—	0,025-0,06	0,3		29	40
-77-2	77-79	—	1,75-2,5	—	—	0,3		32 (37)*	45 (40)*
-77-2-0,05	76-79	—	2-1,5	—	0,025-0,06	0,3		32	42
*									

3.3. - - ( 10092-75,  
492-73, 48-21-562-76)

	, %				
	Fe	n	Ni+Co		
-30-1-1 ( )	0,5-1,0	0,5-1	29-33	0,6	
-5-1	1,0-1,4	0,3-0,8	5-6,5	0,7	

	, %			HV,
-30-1-1 ( )	37 (50)*	30 (10)*		90-130
-5-1	30	8		(140-190)
*				

-5-1,

3000 /  
3000—5000 /

( ) 2,5—2,7 / 2,0—2,2 /

— □

, ' 5 / 2 .

, ' 3—4

, ' □

, ' □

, ' □

, ' □

, ' □

, ' □

, ' □

, ' □

, ' □

, ' □

, ' □

, ' □

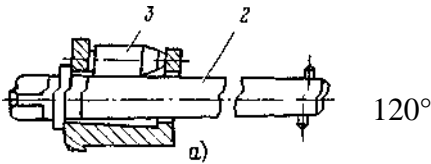
, ' □

, ' □

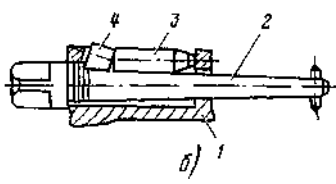
( ) (

—

.



120°



3.20.  
 — ; —  
 ; 1 — ; 2 —  
 ( ; 3 —  
 ; 4 —

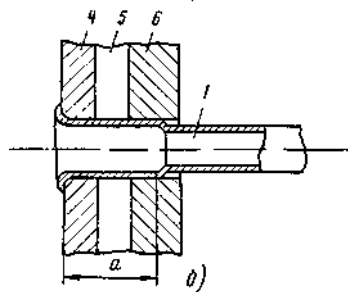
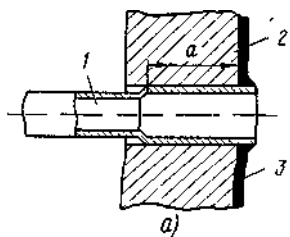
$$\rho = \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{d_0} \cdot 100\% = (1,0 - 1,5)\%$$

$d$  — ;  $\Delta_1$  — ;

$\Delta_2$  — ( 0,2—0,4 ) .  
 ( . 3.21)

0,75—0,90

7—8



.3.21.

( ) (5)

1— ; 2— ; 3—

; 4, — ; 5—

( . 3.21,6).

( )  
 ( . 3.21, ),  
 « » ( . 3.21, ).  
 , ( ),

,  
 ,  
 ,

.  
 ,  
 ,  
 ,  
 .  
 ( )  
 ),

**3.5.**

, — 5 ( )  
 ), 12, 18 9  
 ).

3000),

( ,

-500-65/

25—40 .

25

0,2—0,4

(  
).

, ,

.

.

, ,

,

( . §3.6).

,

— . §3.9),

25 ,

0,2—0,3

[24]

15

10

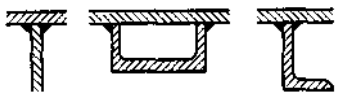
5),



,  
 ( ) . ,  
 $0,15-0,25$   
 $10-15$  .

( . 3.22).

( )



322

, . 3.13). ( . ,

§3.5),

100—250

( )

) ( . )  
( . )  
,  
( . §3.3).

§3.3,

.  
,  
( . §3.3).  
, ( )  
,  
( . 3.23, ).  
( . )  
,  
( . 3.23,6).

3.23.

:

—

;6—

; —

; 1 —

;2—

;3—

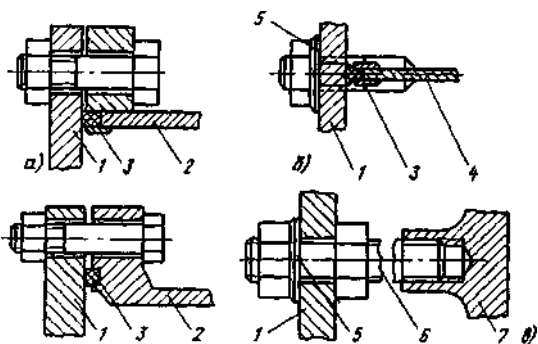
;4—

;5—

;

6—

;7—



( )

, ,

( . 3.23, ).

(

).

( . ).

,

).

(

,

(

45° ) 75°

. 3.4

[50].

-250/300-240	71	64
-500-240-2	71	49
-450/500-60	52	50
-800-240-3	54	45

— ( ) , ) , ) .

,

,

.

,

,

,

.

,

.

3.7 3.13.

.

,

,

,

2—3 / .



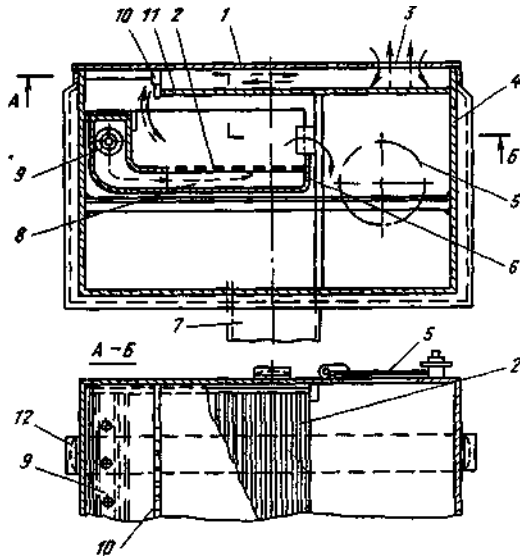
( ) , ( )

[75].

.3.24

-300-240

2 ( ) 6.  
 ( )  
 ) 10 11,  
 1 3.



324  
 1—  
 4—  
 (

,2— ,3—  
 ,5— ( ),6—  
 ,8— ,9—  
 ),11— ,12—

-300-240  
 ( ),7—  
 ,10—

9<sup>8</sup>

9.

$1,2 \cdot 10^5$

3

2

10.

. 3.14

-220-44,

-500-240,

-500-65/3000

10

10.

15—20

( . . 3 7)

3 4,

( . . 3.16).

)

( . 3.25).  
1

3,

8

4.

2

4

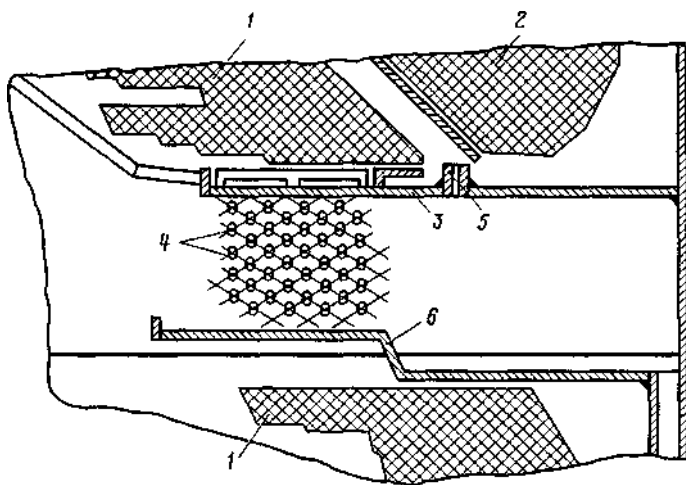
5

6

-750-65/3000 ( . . .

3.7).

. 1,



. 3.25.  
1—

; 2—  
; 5—

; 3—

-22550 :

; 6—

; 4—



3.26

I

II

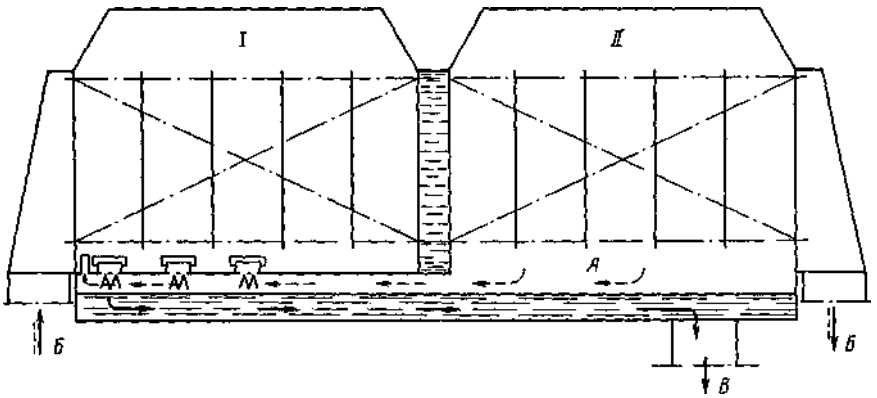
I

I ( )

II

I,

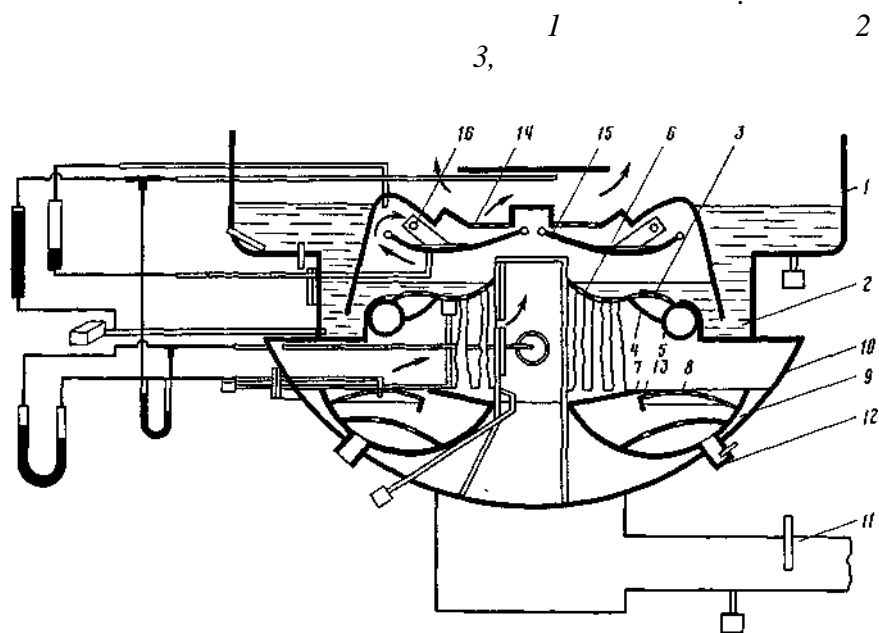
II.



3.26.

: — ; — ; —

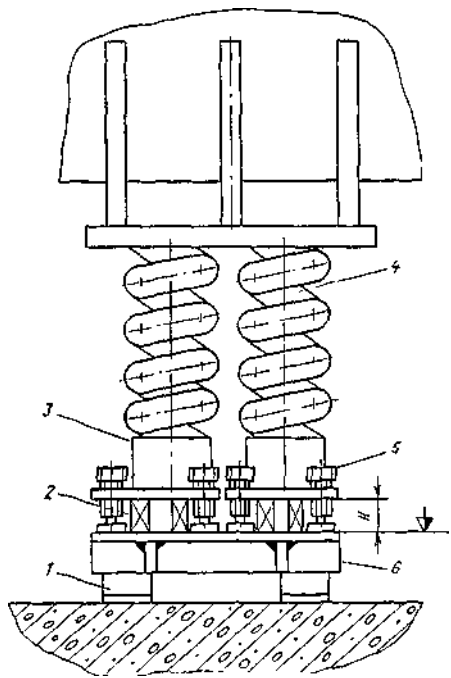
(. 3.27).



.3.27.

-175/210 130 ( )

, , 4 5.  
 6, 7, 8 10 11.  $\neg$   
 8 12 13  $\neg$   
 , , 14 ,  $\neg$   
 15. 16,  $\neg$   
 , .  $\neg$   
 [41, 44, 53, 75].  $\neg$   
 , ,  $\neg$   
 , .  $\neg$   
 3.8.  $\neg$   
 , . ,  $\neg$   
 . - ; ,  $\neg$   
 ( , ) ,  $\neg$   
 , ,  $\neg$   
 ( . 3.28), , -



3.28.  
 1— ; 2— ; 3— ;  
 4— ; 5— ; 6—

10

)

( 4

2 ( . . 3.28)

( )

5. ( ),

( -

)

,

,

,

-

.

□

□

□

□

□

□

□

□

□

### 3.9.

, [4, 6, 16, 41].

,

,

,

.

,

.

.

—

,

.

,

.

,

,

.

,

,

,

.

,

,

.

,

.

,

.

$\sigma_{\text{доп}}$

,

—

$$\sigma_{\text{доп}} \quad ( \sigma_{\text{в}} )$$

$$60-70^\circ$$

$$\sigma_{\text{доп}} = \sigma_{\text{в}} / n_{\text{в}}, \quad (3.9)$$

$$n_{\text{в}} \quad (\sigma_{\text{в}} = 2,6 \div 3,0)$$

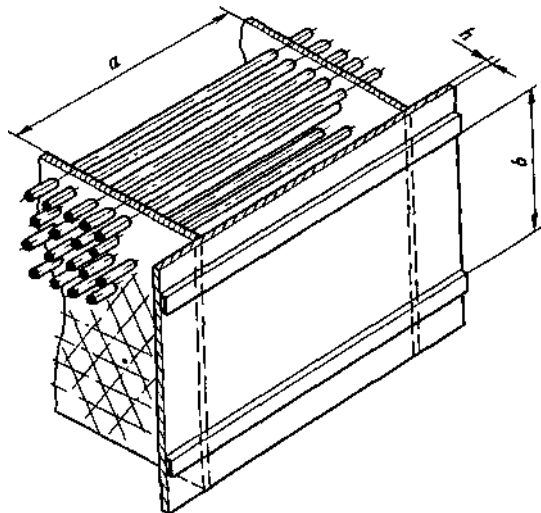
[4, 6, 16, 41],

( , , 3-6 )

( , . 3.22).

. 3.29.

.3.29.



( , ) h ( ), ( , ) , ( ) [15]

$$\sigma_{\max} = \frac{0,5\rho_6 b^2}{h^2 [1 + 0,623(b/a)^6]} \leq \sigma_{\text{дон}} \quad (3.10)$$

(3.10)

b

h.

[16]

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{\rho_{\text{в}}}{3,6} \frac{1 - 1,8d_c/l_c}{1 - 0,7d_c/l_c} \left( \frac{l_c}{s'} \right)^2 \leq \sigma_{\text{доп}}, \quad (3.11)$$

( ), ;  $d_c$  — ( , ;  $l$  —  $l$  ( анкерную связь), м;  $s' = \frac{D^2 - Nd_{\text{нар}}^2 - n_1 d_{\text{ср}}^2}{D^2} s$  — эквивалентная , ;  $D = \sqrt{4F/\pi}$  — , ;  $F$  — , ;  $N$   $d_{\text{нар}}$  —  $s$  — ( ) ;  $n_1$  — ;  $d$  —

[16]

$\sigma_{\text{доп}}=100$



$$\sigma = \frac{\varphi p_B (F - 0,785 N d_{BH}^2)}{0,785 n_1 d_6^2} \leq \sigma_{доп}, \quad (3.12)$$

$F$  — ;  $p_B$  — ;  $d_{BH}$  — ;  $d_6$  — ;  $\varphi$  —  
 ( $\varphi = 0,5 \div 0,7$ ).

[24].

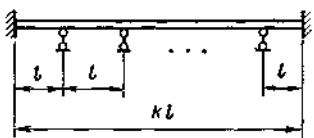
25 (50 1500 / ). 3000 /

$$f_s = \frac{1}{2\pi} \frac{\alpha_s^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}}, \quad (3.13)$$

— , 4; J —  
 ( —  
 ), / ;  $\alpha_s$  —  
 ; l — , ; s —  
 (s = 1, 2, 3 ...).

$\alpha_s$  . 3.5.

3.S.

Схема закрепления трубки	Число пролетов	Номер формы колебаний $S$				
		1	2	3	4	5
	4	3,393	3,927	4,461	4,744	6,535
	5	3,299	3,707	4,147	4,555	4,744
	6	3,267	3,550	3,927	4,304	4,587
	7	3,236	3,456	3,770	4,084	4,398
	8	3,205	3,393	3,644	3,927	4,210
	9	3,205	3,330	3,550	3,801	4,053
	10	3,205	3,299	3,487	3,707	3,927
	11	3,173	3,267	3,424	3,613	3,832
	12	3,173	3,267	3,393	3,550	3,739

$\alpha_s$

$f_s$

+25%.

[24].

(sh),

$$-(t_1/d_{\text{нар}}) = 2,0 \quad ( \dots \dots 3.1)$$

[51]

$$y_{\max}^{\text{вихр}} = \frac{c_y d_{\text{нар}} \rho_{\text{п}} u^2}{8\pi^2 f_1^2 m \sqrt{\left[1 - (f_p/f_1)^2\right]^2 + (\delta f_p/\pi f_1)^2}}, \quad (3.14)$$

$c_y$  — ,  $c_y = 0,4$  (  $= 0,6$  );  
 $\rho_{\text{п}}$  — , /  $^3$ ;  $u = W_{\text{п}} t_1 / (t_1 - d_{\text{нар}})$  —  
 , / ;  $W_{\text{п}}$  —  
 , / ;  $f_p = (sh \cdot u) / d_{\text{нар}}$  —  
 ;  $10^3 < [Re = (ud_{\text{нар}})/\nu] < 10^5$   
 $(t_1/d_{\text{нар}}) \geq 1,15$

$$sh = 0,9(t_1/t_2) \left\{ 0,2 + \exp\left[-0,44(t_1/d_{\text{нар}})^{1,8}\right] \right\},$$

$m = m_1 + m_2 + m_3$  —  $m_1$ ,  $m_2$

$m_3 = \pi \rho_{\text{п}} d_{\text{нар}}^2 \psi / 4$ ;  $\psi$  —  
 (  $(t_1/d_{\text{нар}}) \geq 1,2$

$\psi = \left[ (1,05t_1 + d_{\text{нар}}) / (1,05t_1 - d_{\text{нар}}) \right]$ ;  $\delta$  — ;  $f_{\Gamma}$  —  
 , ...  
 ( —  
 $\delta_{\kappa}$ )  
 (  $\delta_{\Gamma}$  ).

[51]

$$\delta = \delta_{\kappa} \sqrt{\frac{m_1}{m}} + \delta_{\Gamma}.$$

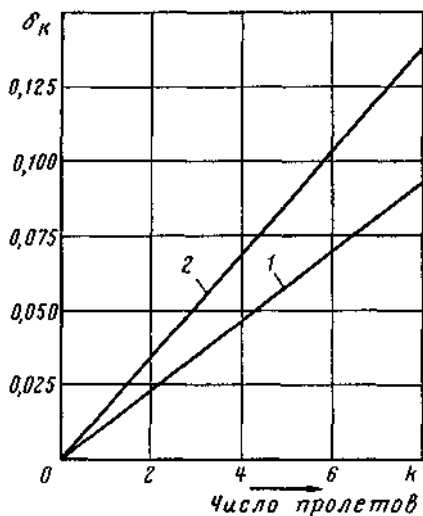
3.30  $\delta_k$

$\delta_k$   $\delta_r$  [51]

$$\delta_r = 0,5\zeta / (mf_1).$$

$$(t_1 / d_{\text{нар}}) \geq 1,2$$

$$\zeta = \zeta_0 \left[ 1 - (1,05t_1)^{-2} d_{\text{нар}}^2 \right]^2,$$



3.30.

1—

$\delta_k$ :

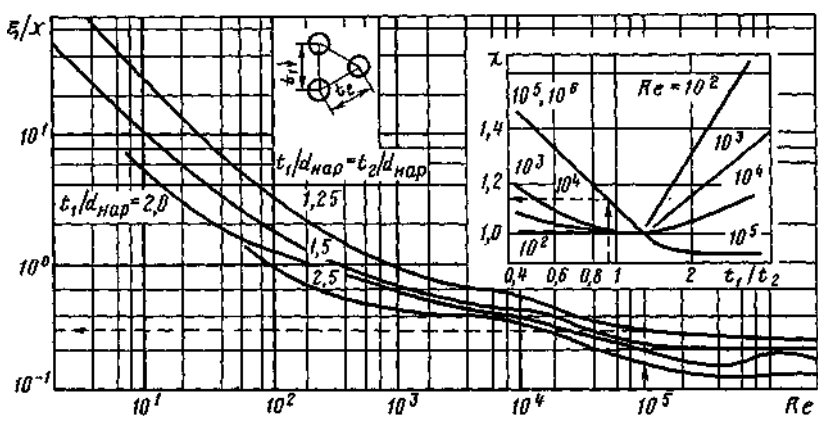
; 2—

$$\zeta_0 = \frac{11,14 \mu d_{\text{нар}}}{\sqrt{\nu f_1^{-1}}} = \frac{1 + \exp(-28,4 \sqrt{\nu f_1} / (\xi W_n))}{1 - \exp(-28,4 \sqrt{\nu f_1} / (\xi W_n))}$$

$\mu, \nu$  и  $W_n$  —

;  $\xi$  — (3.31).

[51]



.3.31.

[32]

$$y_{\max}^{\text{труб}} = 0,06 \frac{\rho_{\text{п}} d_{\text{нар}}^2}{m} \sqrt{\left(\frac{u}{f_1}\right)^3 \frac{c_D^2}{\delta / \text{sh}} G(\varphi)}, \quad (3.15)$$

$c_D$  —

параметрах разбивки трубок в пучках конденсаторов  $c_D=0,7$  при  $10^3 < \text{Re}_{\text{п}} < 10^4$ ;  $c_D=296 \text{Re}_{\text{п}}^{-0,65}$  при  $10^4 < \text{Re}_{\text{п}} < 5 \cdot 10^4$ ;  $c_D=0,26$  при  $\text{Re}_{\text{п}} > 5 \cdot 10^4$ ;  $G(\varphi)$  — величина так называемого безразмер-

[51],

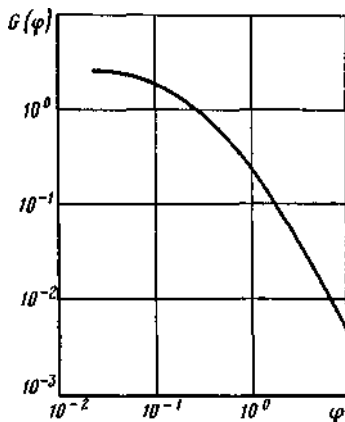
$$\varphi = (f_1 d_{\text{нар}}) / (u \text{ sh})$$

3.32.

0,997

[51]

$$y_{\max} = \sqrt{(y_{\max}^{\text{вихр}})^2 + (y_{\max}^{\text{труб}})^2}. \quad (3.16)$$



3 32



$$u < u^* = (0,8 + 1,7t_1/d_{\text{нар}}) f_1 \sqrt{(m\delta)/\rho_{\text{п}}} \quad (3.17)$$

(2.14)—(3.17)

$$y_{\text{max}} < 0,5(t_1 - d_{\text{нар}}) \quad (3.18)$$

$y_{\text{max}}$

$$\sigma = \left[ (24 y_{\text{max}} EJ) / (l^2 W) \right] < \sigma_{\text{доп}},$$

$$\sigma = \left[ (9 y_{\text{max}} EJ) / (l^2 W) \right] < \sigma_{\text{доп}},$$

—  
, , ;<sup>4</sup> J —  
; W — , 3.

[51].

**3.10.**

, —  
, , , , , — □  
□  
. □  
: □  
, , , , . . □  
, ; □  
; □  
, — □  
— □  
, , , , , □  
□  
, □  
, , , □  
, □  
, □  
□  
, □  
□

，

，

，

（ ），

，

／

（ ’ ． ． ）．

，

，

，

．

，

，

，

，

．

，

，

，

．

，

，

，

，

．

，

，

，

，

．

，

，

，

．

，

，

，

，

．

，

，

．

( ).

1.

2.

3. ?

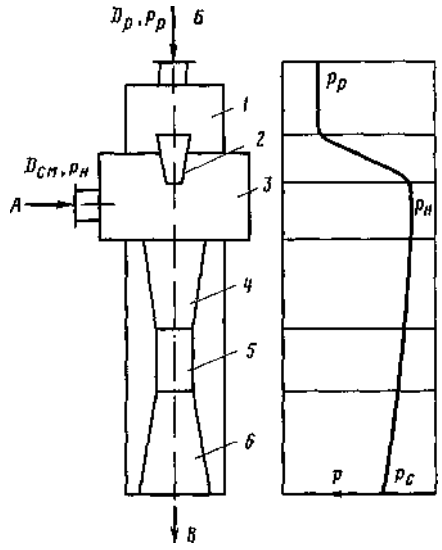
4.

5. ? ,
6. ?
7. ?
8. .
9. ? •  $\neg$
10. ? ;
11. ?
12. , ' . 3.13?  $\neg$
13. .
14. ?  $\neg$
15. ?
16. ? ? ?
17. ? ? ?
18. ? ? ?
19. ? ?
20. ? ?
21. ? ? ,
22. . 3.26.
23. ? ?
24. , ,
25. ? ?  $\neg$
26. ? ? ?
27. ? ?  $\neg$

[7, 38],  
[67, 70, 75].

#### 4.1.

20—30  
);



4.1.

( )  
1,  
)

2 (

4.1.

3,

—  
); —

4,

5

6,

( )

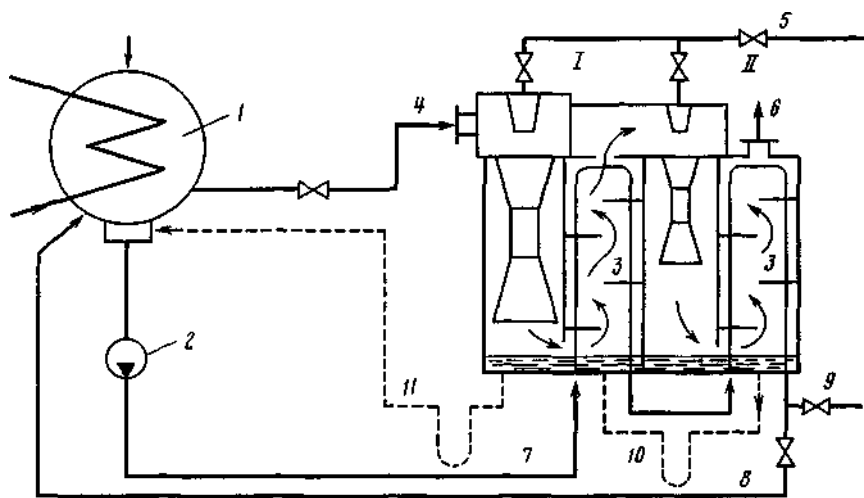
4

4—6

4.2.

( ),

20—25%

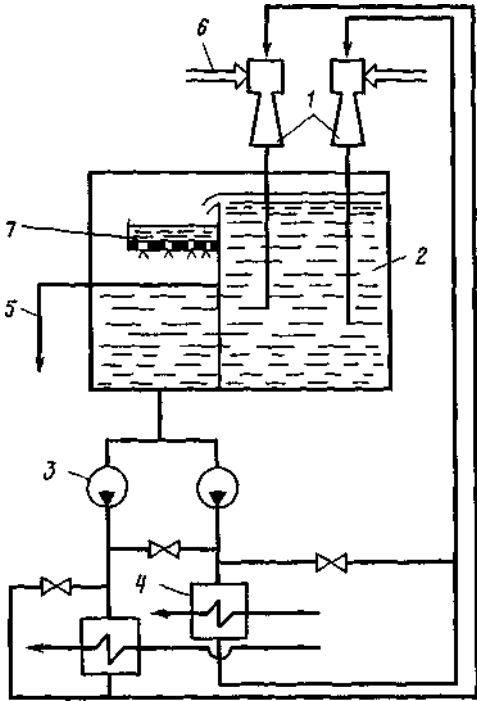


4.2.  
 I, II — ; 1 — ; 2 —  
 ; 3 — ; 4 — ; 5 —  
 ; 6 — ; 7 — , 8 — ;  
 9 — ; 10 — ; 11 —



10%

( ) . ( 4.3),  
— )

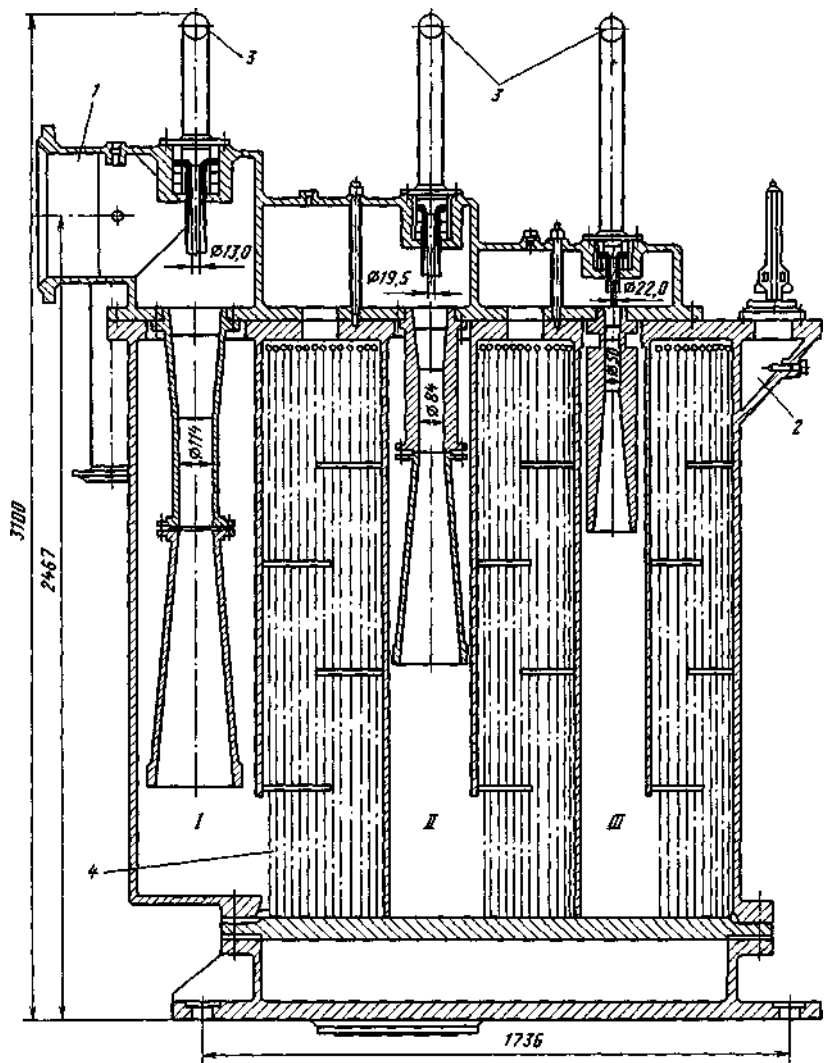


.4.3.

- 1 — ; 3 —  
 2 — ; 4 —  
 4 — ; 5 —  
 5 — ; 6 —  
 ; 7 —

.4.4

-3-50/150.



4.4.  
 1 — ; 2 — ; 3 — ;  
 4 — ; I, II, III —

3

110

. 4.2).

150,

0,5

158 ° .

-3-55/150  
-3-135

-3-50/

( 50 ° )

Таблица 4.1. Техническая характеристика основных пароструйных эжекторов

Наименование	Марка эжектора														
	ЭП-3-25/75			ЭП-3-55/150			ЭП-3-50/150			ЭП-3-3			ЭП-3-135		
	Ступень			Ступень			Ступень			Ступень			Ступень		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Производительность на паровоздушной смеси, кг/ч	75			166,5			175			135			135		
Производительность на сухом воздухе, кг/ч*	25/75			40/150			50/150			85/135			135		
Расход охлаждающей воды, кг/ч	165024			500000			500000			69840			70000		
Расход рабочего пара, кг/ч	176	332	527	1224	1392	937	385	1004	1452	300	300	230	296	296	258
Давление рабочего пара, МПа	0,49			0,49			0,51			0,49			0,49		
Давление смеси на входе в эжектор, кПа	2,68			3,53			3,06			3,33			3,3		
Температура смеси на входе в эжектор, °С	17,5			21,0			17,0								
Давление за эжектором, МПа	0,108			0,123			0,108			0,108			0,108		
Поверхность охладителя, м <sup>2</sup>	15	10,3	8,1	61,4	44,7	30,6	40,7	31,2	25,2	14,2	8	5,1	15,3	17,9	17,9
* В числителе номинальная, в знаменателе — перегрузочная.															

. 4.1.

. 4.5,  
-4-1400,

1

4

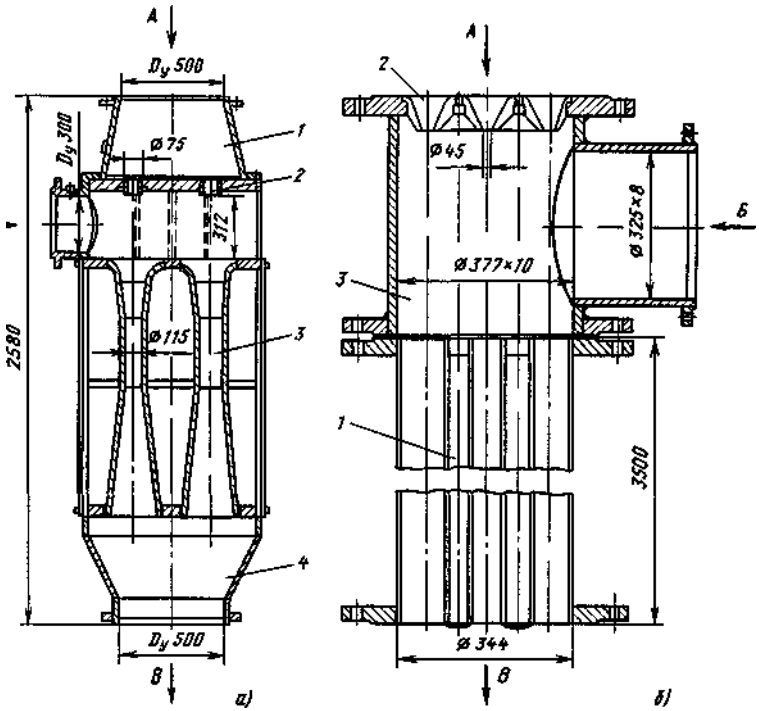
2

3,

-300-240  
-4-1400

32- -19.

7,1



4.5

— -4-1400, — -7-1000, —

4.5,6

-7-100,  
-4-1400

1,5—2

1 2

3,

-7-1700,

( 4.2).

4.2.

4 2

Наименование	Марка эжектора			
	ЭВ-4-1400	ЭВ-7-1000	ЭВ-7-1700	ЭВ-4-1100
Диаметр рабочего сопла, мм	75	46	56	64,5
Количество рабочих сопл	4	7	7	4
Диаметр камеры смешения, мм	115×4	100×7	125×7	115×4
Расчетная температура рабочей воды, °С	10	20	12	26,5
Номинальное давление рабочей воды, кПа	343,2	343,2	343,2	441
Объемная производительность на сухом воздухе, м <sup>3</sup> /ч	2160	3500	5950	2000
Расчетный расход рабочей воды, м <sup>3</sup> /ч	1545	1000	1700	1260
Давление всасывания, кПа	3,42	3,42	3,92	6,77
Массовый расход воздуха, кг/ч	70	90	167	65
Давление за эжектором, МПа	93,2	93,2	93,2	88,2

$$), \quad (U_o = V_{cm}/V_p) \quad (p_c/p_p), \quad (\dot{U} = D_{cm}/D_p),$$

$$2,9 \quad 9,0 \\ 1,3 \quad 0,5$$

( . . . 4.1).

$$D_p = 347 \frac{D_{cm}}{H_a} \frac{p_c}{p_H}$$

$D_{CM}$  —

, / ; —  
, ; , —

10—20

0,1%

$U_p$ ,

$$P_p = 330 \left( \frac{F}{f} - 1 \right)$$

$F, f$  —



0,735 ( . . . 2—3 . 4.2).

0,342—

( , 3/ , )

$$V_p \approx V_{CM} / \left( 0,85 \sqrt{\frac{p_0 - p_H}{p_c - p_H}} - 1 \right).$$

3,5% 4 10%.

1

( . §1.3).

(1.1),

$$p_H = p_{II} + p_{\text{возд}} = p_{II} + 0,287 \frac{T_{\text{возд}}}{V_{\text{возд}}} D_{\text{возд}} = p_{II} + a D_{\text{возд}}, \quad (4.1)$$

$T_{\text{возд}}, V_{\text{возд}}, D_{\text{возд}}$  — , , 3/ , / .

$$p_H = p_K - \Delta p_K - \Delta p_{\text{ТР}}, \quad (4.2)$$

$\Delta p_K, \Delta p_{\text{ТР}}$  —

$D_{CM}$  / ,

$D_{\text{см}}$

$D$

$$D_{\text{см}} = D_{\text{возд}} + D_{\text{п.см}} = \left( 1 + 0,622 \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{возд}}} \right) D_{\text{возд}}, \quad (4.3)$$

$p_{\text{п}}, p_{\text{возд}}$

$V_{\text{см}},$

$V_{\text{возд}},$

$$V_{\text{см}} = V_{\text{возд}} = \frac{R_{\text{возд}} T_{\text{возд}} D_{\text{возд}}}{p_{\text{возд}}} = \frac{0,287(273 + t_{\text{см}})}{p_{\text{возд}}} D_{\text{возд}}. \quad (4.4)$$

$$D_{\text{п.см}} = V_{\text{см}} / v_{\text{п}},$$

$v_{\text{п}}$

**Пример 4.1.** Определить количество и состав удаляемой эжектором из конденсатора паровоздушной смеси при  $t_{\text{см}}=20^\circ\text{C}$ ;  $D_{\text{возд}}=10$  кг/ч;  $p_{\text{к}}=5,6$  кПа;  $\Delta p_{\text{к}}=0,5$  кПа;  $\Delta p_{\text{гр}}=0,1$  кПа.

Давление паровоздушной смеси в приемной камере эжектора определим по формуле (4.2)

$$p_{\text{н}} = 5,6 - 0,5 - 0,1 = 5,0 \text{ кПа.}$$

$$v = 57,84 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \left( \frac{t_{\text{см}} - 20^\circ\text{C}}{100} \right) p = 2,337 \text{ кПа},$$

(4.1)

$$p_{\text{возд}} = p_{\text{н}} - p_{\text{п}} = 5,0 - 2,337 = 2,663 \text{ кПа.}$$

(4.4)

$$V_{\text{см}} = 10 \frac{0,287(273 + 20)}{2,663} = 315,8 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$D_{\text{п.см}} = \frac{V_{\text{см}}}{v_{\text{п}}} = \frac{315,8}{57,84} = 5,5 \text{ кг/ч}.$$

(4.3)

$$D_{\text{см}} = 10 + 5,5 = 15,5 \text{ кг/ч}.$$

$$D_{\text{возд}} P_{\text{H}}$$

( . 4.6).

$$( b, . 4.6), D_{\text{возд}}^*$$

$$( bc), D_{\text{возд}} > \bar{D}_{\text{возд}}^*$$

( ) ( )

( )

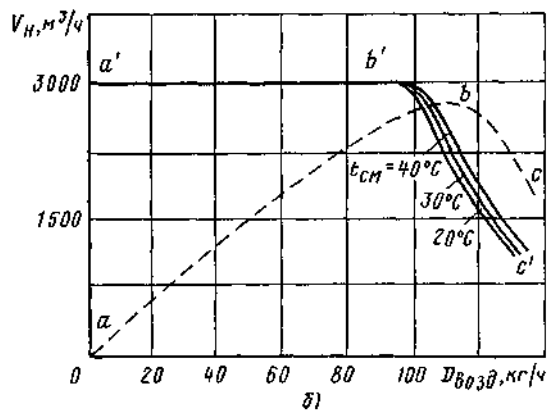
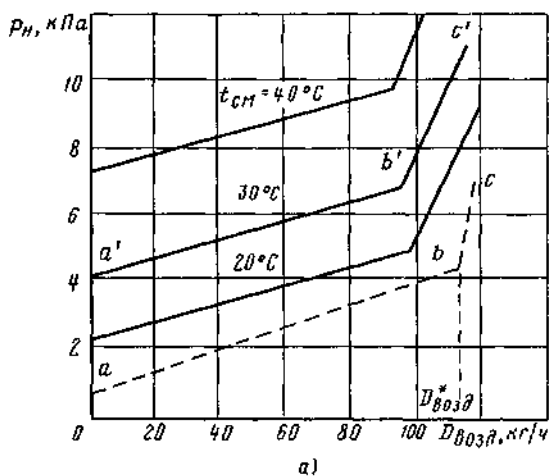


Рис. 4.6. Характеристики пароструйного эжектора ЭП-3-75:

— паровоздушная смесь; - - - - -  
сухой воздух

$$p_{ap} = \frac{f}{F} p(1+u),$$

$f, F$ —

$D_{\text{возд}}$

(4.1).

( . 4.6).

$V_H$

$V_H = \text{const}$ ,

(4.3),

$(D_{\text{возд}} = D_{\text{возд}}^*)$

$D_{\text{ВОЗД}}^*$ 

$$p_{\text{H}} = p_{\text{П}} + \frac{p^* - 0,45}{0,95 D_{\text{ВОЗД}}^*} D_{\text{ВОЗД}},$$

$$p^*, \quad D_{\text{ВОЗД}}^*, \quad / , \quad -$$

( 4.6).

$$p_{\text{H}} V_{\text{ВОЗД}} = D_{\text{ВОЗД}}^* R_{\text{ВОЗД}} T_{\text{ВОЗД}};$$

$$p_{\text{H}} V_{\text{СМ}} = D_{\text{СМ}} R_{\text{СМ}} T_{\text{СМ}}.$$

$$(V_{\text{СМ}} = V_{\text{ВОЗД}}),$$

$$D_{\text{СМ}} = D_{\text{ВОЗД}} \frac{R_{\text{ВОЗД}}}{R_{\text{СМ}}} \frac{T_{\text{ВОЗД}}}{T_{\text{СМ}}} = D_{\text{ВОЗД}}^* \frac{T_{\text{ВОЗД}}}{T_{\text{СМ}}} \left( 1 - 0,378 \frac{p_{\text{П}}}{p_{\text{СМ}}} \right). \quad (4.5)$$

$$V_{\text{H}} = \frac{85 D_{\text{ВОЗД}}^*}{p^* - 0,45} \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (4.6)$$

4.2.

$$t_{\text{CM}} = 20^\circ,$$

$$p^* = 4$$

$$D_{\text{ВОЗД}}^* = 115 \text{ / .}$$

$$t_{\text{CM}} = 20^\circ$$

$$p_{\text{II}} = 2,34$$

$$p_{\text{ВОЗД}} = p_{\text{II}} - p_{\text{II}} = 4,00 - 2,34 = 1,66 \text{ кПа.}$$

(4.5)

$$D_{\text{СМ}} = 115 \frac{293}{293} \left( 1 - 0,378 \frac{2,34}{4,00} \right) = 89,6 \text{ кг/ч.}$$

$$T_{\text{ВОЗД}}$$

$$, \quad 20^\circ .$$

(4.3)

$$D_{\text{ВОЗД}} = \frac{89,6}{1 + 0,622 \frac{2,34}{1,66}} = 47,7 \text{ кг/ч.}$$

(4.6)

$$V_{\text{II}} = \frac{85 \cdot 115}{4 - 0,45} = 2754 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

( . 4),

$$D_{\text{ВОЗД}}^*$$

3

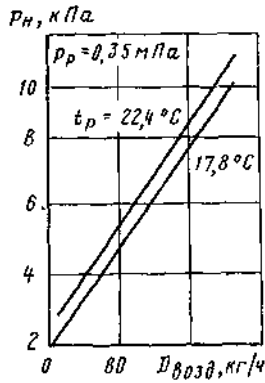
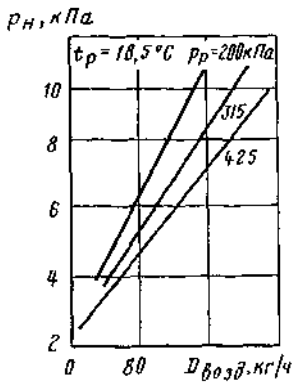
( . §5.1).

$$D_{\text{ВОЗД}}^*$$

(4.1)

$$t_p \quad (4.7).$$
$$D_{\text{возд}}=0$$

( ( 4.7,a),



4.7, )

. 4.7.  
-4-1400



(4.1)

$$p_H = p_{t_p} + \frac{R_{\text{возд}}(273 + t_p)}{V_{\text{возд}}} D_{\text{возд}}, \quad (4.7)$$

 $p_{t_p}$  — $t_p$ , $(D_{\text{возд}}=0)$  $D_{\text{возд}}=0$ ). $(t_{\text{см}}=\text{const})$  $(t_{\text{см}}$ 

(1.1) 1.3)

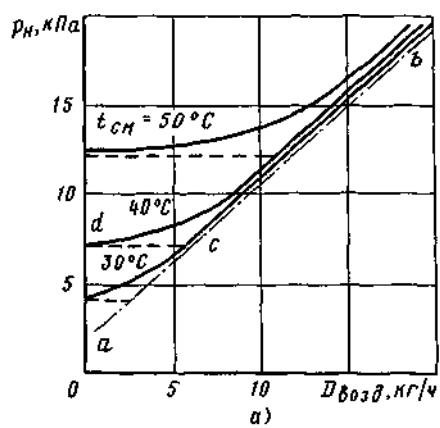
$$p_H = p_H^* \left( 1 + 0,622 \frac{D_{\text{возд}}}{D_{\text{п}}} \right),$$

 $D_{\text{п}}$  —

(

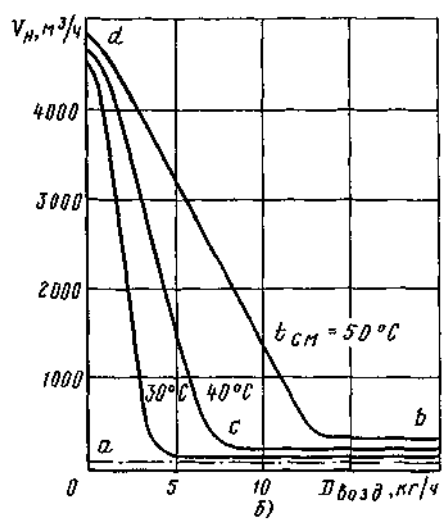
( )

$$D_{\text{возд}} = D_{\text{возд}}^*$$



( ),

4.8



$$p_H = f(D_{\text{возд}})$$

$$( V_{\text{возд}} = 100 \text{ } ^3/ )$$

4.8.

( )

4-1400

— b,

$$(4.7)$$

$$D_{\text{возд}} = 0.$$

$$\left( \begin{array}{l} d \\ p_H \end{array} \right)_{t_{\text{CM}}=40^\circ} , \quad p_H = \text{const.}$$

$$d \text{ — — b,}$$

$$p_c,$$

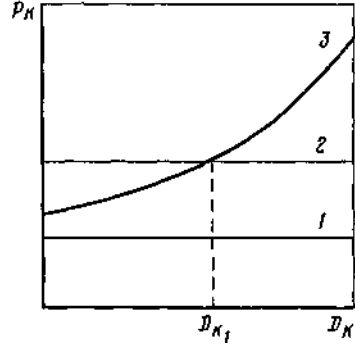
$$p_{\text{CM}}, \quad / \quad ^3,$$

$$\Delta p_{\text{TP}}, \quad :$$

$$p_c = B - h\rho_{\text{CM}}g \cdot 10^{-3} + \Delta p_{\text{TP}},$$



4.9



( )

( 1, 4.9)

4.9.

1, 2—

$$D_{\text{возд}_2} > D_{\text{возд}_1} \quad (2, 4.9)$$

$D_{k1}$

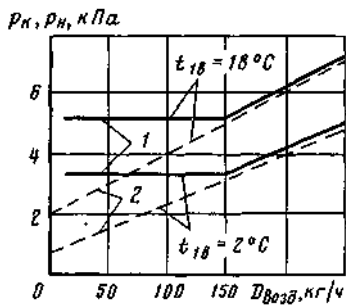
$$D_{\text{возд}} (D_{\text{возд}_1} < D_{\text{возд}_2});$$

)

$D_{\text{возд}}$

$$D_k > D_{k1}$$

4.10



.4.10.

300 -1 -4-1400

1 — ;  
2 — ;

( . 4).

20—30-

-300-240

,

.

┌

,

,

┌

┌

┌

-

,

,

┌

,

,

┌

.

,

.

┌

,

.

┌

,

,

┌

,

,

┌

,

,

┌

,

.

┌

,

┌

.

,

┌

.

-

,

,

.

,

[75],

— [67].

## 4.2.

,

┌

-





cace

;

—

: □

, □  
.

, - □

( 1000—1500 / )

, □  
,

,

. □  
,

, - □  
,

, □  
,

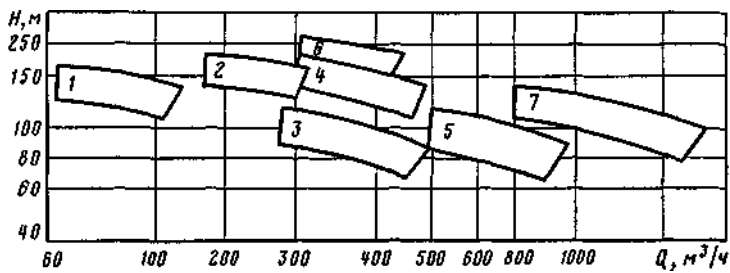
, 50—60% □  
,

100%- □  
.

$Q-H$  . 4.3 . 4.11. (

10%

3%.



.4.11.

(

.4.3)

## 4.3.

Марка насоса	Номер насоса на рис. 4.1	Допускаемый кавитационный запас, м	Частота вращения об/мин	Мощность, кВт	КПД, %	Температура жидкости на входе в насос, °С	Давление на входе в насос (не более), МПа
Кс 125-140	1	1,6	3000	77	62	125	0,4
КсВ 320-160	2	2,0	1500	186	75	135	1,0
КсВ 500-85	3	1,6	1000	154	75	125	1,0
КсВ 500-150	4	2,5	1500	272	75	125	1,0
КсВ 1000-95	5	2,5	985	333	76	70	0,6
КсВА 500-220	6	2,5	1500	400	75	125	1,0
КсВА 1500-120	7	2,3	740	600	80	70	0,2

50<sup>3/</sup> 55 — 50-55  
 (6000-79);  
 1000<sup>3/</sup> 95 — 1000-95.

1500<sup>3/</sup> 240 — 1500-240  
 (24465-80)  
 500<sup>3/</sup> 220 — 500-220.

10%

20%

15-20%.

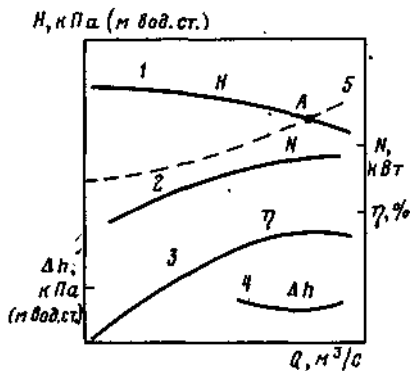
### 4.3.

— 200 / ( ' • ). 130 / ( \* ),  
(90—97%),  
. 14.  
50% 10%, —  
:  
0  
( ).



( ) ( ) .

^



.412.

3).

$\Delta h > 0,1$

$\Delta h < 0,1$

$H_{в.с \text{ доп}} = (\Delta h - 0,1) \text{ МПа.}$

( , . 4.12),

( ) ( ) -

H—Q

( . 4.12);

( 2).

( 4)

( 5)

4.13 ( )  
( ).

( ) :  
( ).

( ), ( )  
( 4)

( ),

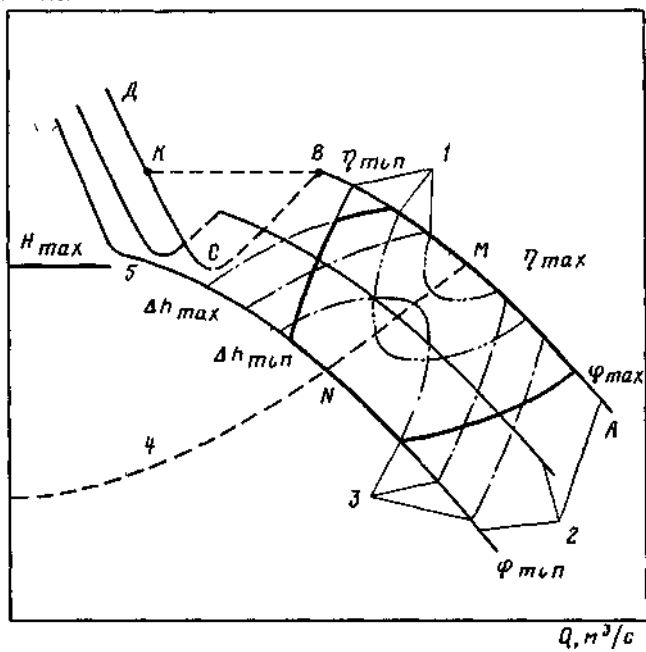
( ),

( 40—60%

( )  
( ).

(5)

$H, \text{ м вод.ст.}$



4.13.

(2).

( )

( 5 )

)

(

( )

2)

(

100 70%

N).

(



□

,

,

”

,

,

.

,

□

.

,

.

,

□

,

,

□

.

,

□

.

,

□

.

□

,

□

,

.

.

. 4.4

□

.

## 4.4.

Марка насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Допустимый кавитацион- ный запас, м	Потребляемая мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД насоса, %	Угол установки лопастей
Д-3200-20	3200	20	—	250	730	—	—
ОПВ 2-110	18000	15	12	1000	485	86	+2°—10°
ОПВ 3-110	18700	22	13	1600	585	86	+1°30'—4°
ОПВ 5-110	19200	10,5	11	1000	485	85	+2°30'—6°30'
ОПВ 2-145	30500	14,7	12	1600	365	86	+2°—10°
ОПВ 10-145	33500	17	12	2500	365	86	+3°—10°
96-ДПВ	16200	23	12	1160	485	88	—
130-ДПВ	28800	23	13	2000	365	88	—
170-ДПВ	43200	22	12	3500	300	88	—
220-ДПВ	68400	23	14	4930	250	88	—

1. ,  $D_{\text{возл}}=0?$  ?
2. , ? ?
3. ? ?
4. , ? -
5. ? -
6. ? ?
7. , ? ?
8. ? -
9. ? -
10. ? ?
11. ? ?
12.  $P^*=4$  ,  $D_{\text{возл}}^*=115$  / .,  $30^\circ$  , -
13. ? - ? ?
14. ? ? ?
15. ? ?
16. ? ?
17. ?



;

(

),

, / ,  
40—100%

$$G_{\text{возд}} = 8 + 0,065N,$$

N —

, ;

;

\

)

(

60

. - ,  
 , -  
 ,  
 .  
 :  
 ( , - / : .....0,5  
 .....1,0—3,0  
 , , / .....20  
 / .....0,5

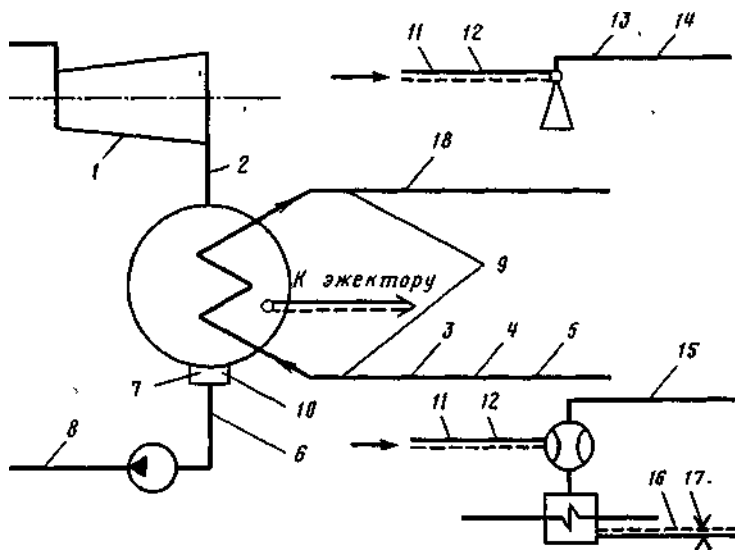
, □  
 , □  
 , . □  
 , - □  
 , □  
 , □  
 ( ) □  
 ( , □ -  
 , □  
 - □  
 ). □  
 □  
 □

5.2.

( §1.4),

$P_K$

$\delta t$



5.1.

1 —  
3, 4 —

; 7, 8 —

; 9 —  
; 11, 12 —

; 13, 14 —

16 —

; 15 —

; 2 —

; 5 —

; 6 — ;

; 10 —

; 18 —

; 17 — ;

## 5.1.

Измеряемый параметр	Первичный измерительный прибор (датчик)	Вторичный измерительный прибор
Давление отработавшего пара в конденсаторе	Вакуумный зонд, ртутный чашечный одностекольный вакуумметр, ртутный баровакуумметр	Ручная регистрация параметра
Давление паровоздушной смеси на входе в эжектор	Электрический манометр абсолютного действия «Сапфир-22»	Автоматический миллиамперметр КСУ-4
Давление пара в контрольной ступени; разрежение в верхней точке водяной камеры (сливной трубы) конденсатора; давление охлаждающей воды; давление рабочего пара перед эжектором	Пружинный манометр (мановакуумметр) для точных измерений (МТИ) Сифонный электрический манометр (мановакуумметр)	Автоматический миллиамперметр КСУ-4
Гидравлическое сопротивление конденсатора	Ртутный U-образный дифманометр Мембранный электрический дифманометр (ДМЭ)	Автоматический миллиамперметр КСУ-4
Температура охлаждающей воды, основного конденсата, паровоздушной смеси на выходе пароструйного эжектора; рабочей воды перед водоструйным эжектором	Ртутный лабораторный термометр Медный термометр сопротивления	Автоматический мост КСМ-4
Расход охлаждающей воды на конденсатор	Сегментная диафрагма Мембранный электрический дифманометр	Автоматический миллиамперметр КСУ-4
Расход воздуха, удаляемого пароструйным эжектором	Измерительная нормальная диафрагма	Водяной U-образный дифманометр



5.1 . 5.1

400—5000

[63],

[43, 56],

( — ) ( 0,7 )

800

-3

-800-240-3

0,9—1,4

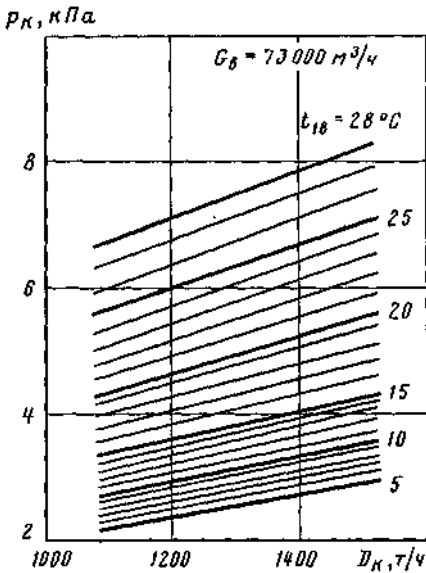
( . 5.2, 5.3).

0,5

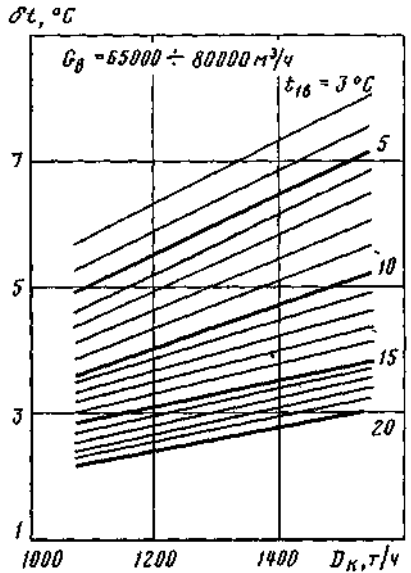
( . )

( . 5.4),

( . . 1.14 1.15).



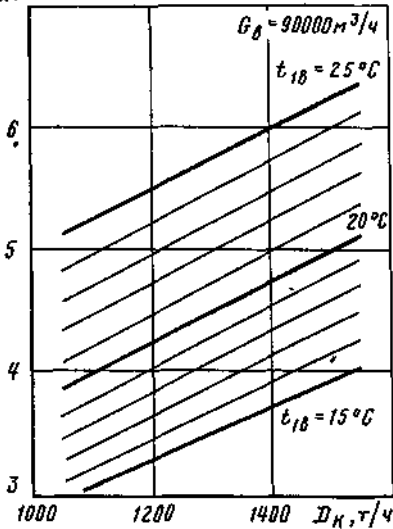
.5.2.



800 -3

-800-240-3

$p_k, \text{кПа}$



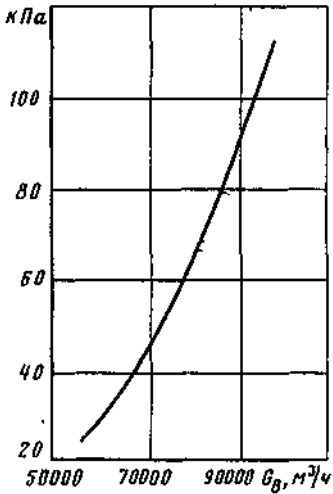
5.3.

800 -3 -800-

240-3

$G_B = 1,2 G_B^{\text{ном}}$

$H, \text{кПа}$



5.4.

800 -3

-800-240-3

5.1.

800 -3

-800-240-3

$t_1 = 20^\circ, G_B = 80000 \text{ м}^3/\sqrt{4}$

$D = 1300 / \dots = 4,9$ ,  $H = 80$   
 $t_1 = 20^\circ$ ,  $D = 1300 / \dots$  (5.2)  
 $90000 \text{ м}^3/\sqrt{4}$  (5.3) — 4,5

5,0

80000  $\text{м}^3/\sqrt{4}$

$$p_k = 5,0 - \frac{(5,0 - 4,5)}{(90000 - 73000)} (80000 - 73000) = 5,0 - 0,235 = 4,765 \text{ кПа.}$$

(5.4)  $0,135 / 15$   
 (1.15)

$$\Delta N = 4940 \cdot 0,135 = 667 \text{ кВт.}$$



5.2.

<p>)</p> <p style="text-align: right;">□</p> <p style="text-align: center;">□</p>	<p>(</p> <p style="text-align: right;">□</p> <p style="text-align: center;">□</p> <p>,</p> <p>)</p>	<p>.</p>
<p>)</p> <p style="text-align: right;">□</p> <p style="text-align: center;">□</p> <p>(</p> <p>)</p>	<p>.</p> <p>( )</p> <p style="text-align: right;">□</p> <p>.</p> <p>-</p>	
<p>)</p>	<p>-</p> <p>( , )</p> <p style="text-align: right;">□ ;</p> <p style="text-align: right;">□</p> <p style="text-align: right;">□</p>	<p>:</p> <p>,</p> <p style="text-align: right;">□ ;</p> <p style="text-align: right;">□ ;</p> <p>.</p> <p>:</p> <p>.</p> <p style="text-align: right;">□</p> <p>,</p>

)		
□		
)		( )
,	-	( )
□	( □	) □
□	)	( )
)	,	,
,	,	,
□	□	□
)		( )
,		
□		
	□	
	□	□

§1.3. ( -1) .

( -1) .

( -1) .

0,1—0,15%, — 0,2%. 5°

( . §5.1).

5.2 , , .

**5.3.**

4 ,

- , ,

,

:

;

;

;

,

§5.1.

0,001%

( )

$$\Pi = \frac{D}{G_B} \frac{X_K}{(X_B - X_K)} = \frac{D}{G_B} \frac{C_K}{(C_B - C_K)}, \quad (5.1)$$

D —

; , —

800 -3, <sup>5.2.</sup> D=1500 / , G<sub>B</sub>=90000 <sup>3/</sup> , =3,6, =0,4

$$\Pi = \frac{1500}{90000} \frac{0,4}{(3,6 - 0,4)} 100 = 0,2\%$$

( 70%),

)

(

)

15—20

( 3—5 )





20%

;

┐

.

┐

,

,

┐

.

(

┐

);

;

┐

,

(

┐

);

,

┐

,

┐

§3.7.

┐

┐

:

┐

,

-

┐

┐

-

0,5

┐

┐

,

┐

┐

┐

50—80

┐

,

-

( . §4.1)

10—20 / .

§1.1, 1.3, 1.4.

$$p_H = f(D_{\text{БОЗН}})$$

[38, 53, 76].

0,39—0,52      0,13—0,26 /

#### 5.4.

( , , ),

- ' .  
 - , □  
 . □  
 — . ,  
 - ( , ' ) -  
 . , □  
 , □  
 . □  
 , □  
 . □  
 , □  
 1—14 / , □  
 . □  
 . □  
 - , □  
 , □  
 . □  
 , □  
 . □  
 ( ), □  
 -

( )  
:

).

(

,

:



;

,

,

,

.

,

,

.

( )

—

,

.

,



[45]

$$B_{\text{затр}} = (p_{\text{к}}^* - p_{\text{к}}') \Delta N b_1 t c + r + m,$$

$B_{\text{затр}}$  —

затраты на приобретение, эксплуатацию и ликвидацию объекта, тыс. руб.;  $p_{\text{к}}^*$  — цена приобретения, тыс. руб.;  $p_{\text{к}}'$  — цена реализации, тыс. руб.;  $\Delta N$  — изменение количества объектов, шт.;  $b_1$  — коэффициент, учитывающий изменение стоимости объекта в течение срока его эксплуатации, руб./шт.;  $t$  — срок эксплуатации, лет;  $r$  — расходы на эксплуатацию, тыс. руб.;  $m$  — расходы на ликвидацию, тыс. руб.

$B_{\text{экон}}$

( )

$$B_{\text{экон}} = \frac{\Delta p}{2} \Delta N b_{\text{нс}} \cdot 2,4,$$

$$\Delta p \text{ — } ; b_0 \text{ — } , \quad / ( * ) ; \text{ — } , \quad :$$

$$\delta_p = \left( \frac{1 - 10,19 p'_{\text{кн}}}{1 - 10,19 p'_k} - \frac{1 - 10,19 p_{\text{кн}}}{1 - 10,19 p_k} \right) \tau^{-1},$$

$$p_{\text{кн}}, p'_{\text{кн}} \text{ — } ,$$

5—7 ).

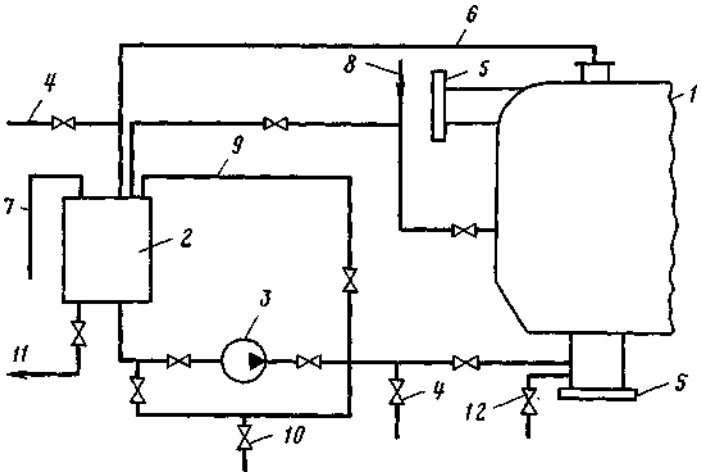
$$B_{\text{экон}} = B_{\text{затр}}$$

$$n = \frac{\left( B \delta p + \sqrt{(B \delta p)^2 + 2 A B \delta p (1 - 10,19 p_{\text{н}}) \cdot 100} \right) z}{A \delta p (1 - 10,19 p_{\text{н}}) \cdot 100},$$

где  $B = B_{\text{затр}}$ ;  $A = 2,4 \Delta N b_0 c$ ;  $z = (1 - 10,19 p_{\text{кн}})(1 - 10,19 p_k)^{-1}$ .

$0,2 \cdot 10^{-3}$  3 1 2

0,1 / .



- 5.5.  
 1— ; 2— ; 3— ; 4— ;  
 5— ; 6— ; 7— ; 8— ;  
 ; 9— ; 10—  
 ; 11— ; 12—

4 2

1.

5—7%

-1-

0,2—0,5%

□

2.  
-5 2-5%-  
0,35

),  
(100%- ) 1

,

( -2

□

□

0,5%-

2

1 -

4—5  
-1-

,

1 -

,

,

, 0,3—

-

3.  
-2),

,

( -5

2%-

.

,

. 2.

,

□

,

□

□

.

.

□

□

,

-

(

50—60 ° ).

,

□

80%.

,

75—

50 ° .

,

□

3—8 .

□

□

,

□

-

29—39

18 <sup>3/</sup>

$$\Pi = 1,33 \cdot 10^{-6} \sigma_{\text{сж}} p^{0,96} \delta^{-0,24} d^{1,8},$$

— <sup>3/</sup> ;  $\sigma_{\text{сж}}$  —  
;  $\delta$  — ;  $d$  —

$$p = (0,4 \div 0,75) \sigma_{\text{сж}}.$$

(

□

.

□

,

,

(

)

.

□

□

.

□

.

□

□

,

,

,

.

(

)

□

( . 5.6).

5,

,

3

□

.

□

.

,

□

.

□

,

.

.

□

□

□

□

6.

,

6

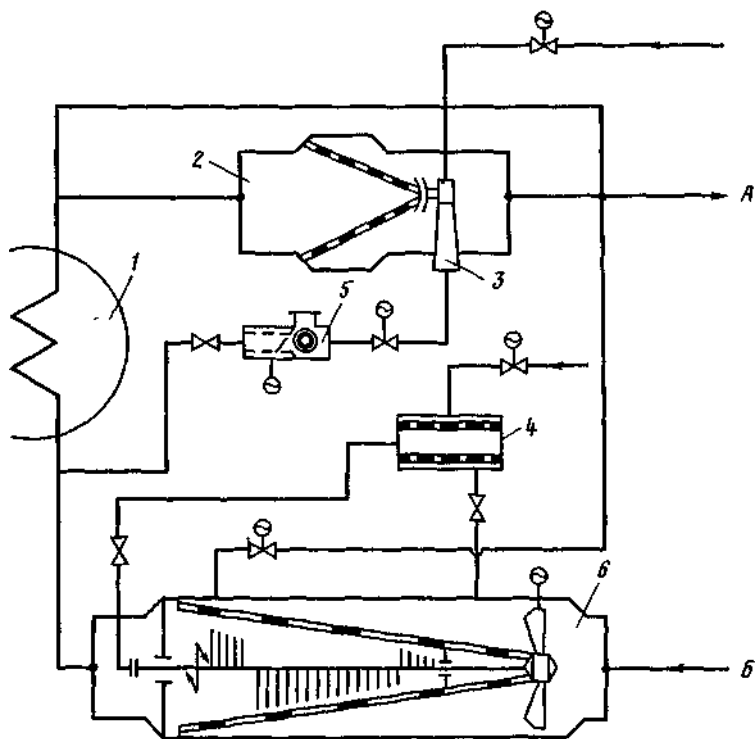
4.

.

□

, 1—2

.



5.6.  
 1 — ; 2 — ; 3 —  
 4 — ; 5 — ; 6 —

1-2



( ). □

,

□

,

.

□

,

,

□

□

.

□

,

,

.

□

.

,

□

( )

□

□

,

,

.

□

—

□

.

,

□

,

□

.

□

.

50

.

□

.

□

.

(

,

□

).

-

, . :  
 , . ,  
 10—15%  
 30—40 , 5  
 18 20 10 2 / ,  
 ) , (

, .  
 0,005 0,02 / .  
 400—900  
 ) . (

2 ) . ,  
 4—6 , ,

, ,  
 , ,  
 , ,  
 , ,

(. 6—9% ),

10%,

-100-130  
0,6

5 ,

[26].

40—60  
1,9 ° .

8,3%  
0,14 <sup>3/</sup> ,

1,67 <sup>3/</sup> ).





:

(3—4 ) ,

;

-1200-240

,

,

.

,

.

.

.

1200

5—6° .

15—16°

,

§5.4).

( $\neg$  .

$\neg$

1.

?

,

,

$\neg$

2.

3.

?

4.

?

?

5.

$\neg$

6.

7.

8.

9.

?

?

?

?

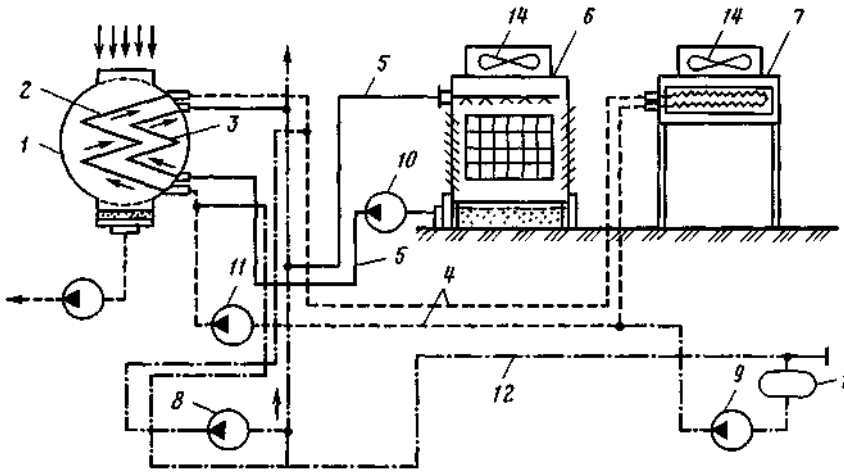
6.1.

"Wyodek" (330  
( )

"San Juan III".

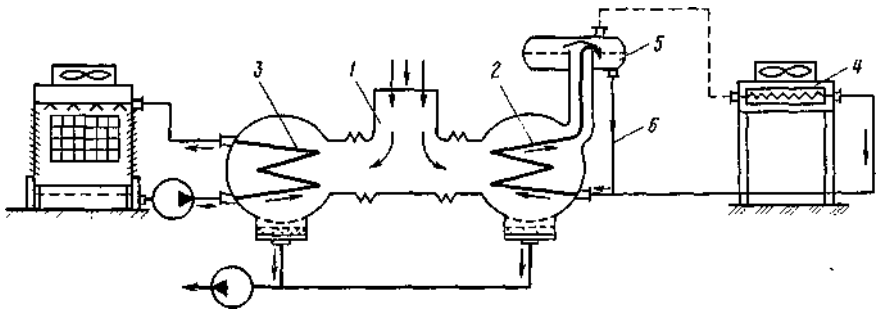






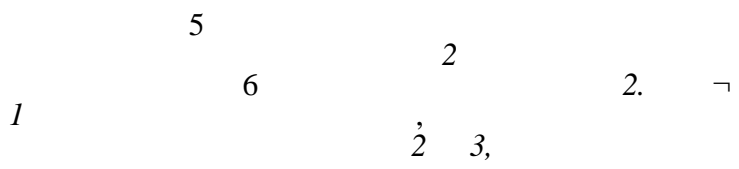
.6.1.

( . . . )



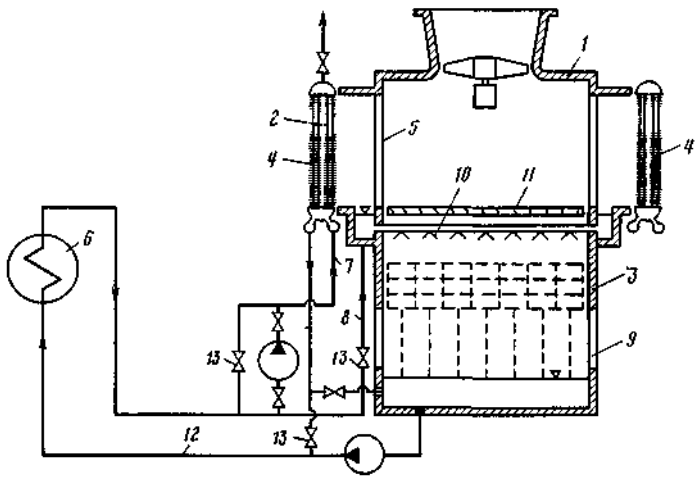
.6.2.

( . . . )



.6.3





.6.3.

( . . . )

4,  
5.

3

┌  
1.

7 8

6,

2

3

5

9

1

┌

3

11.

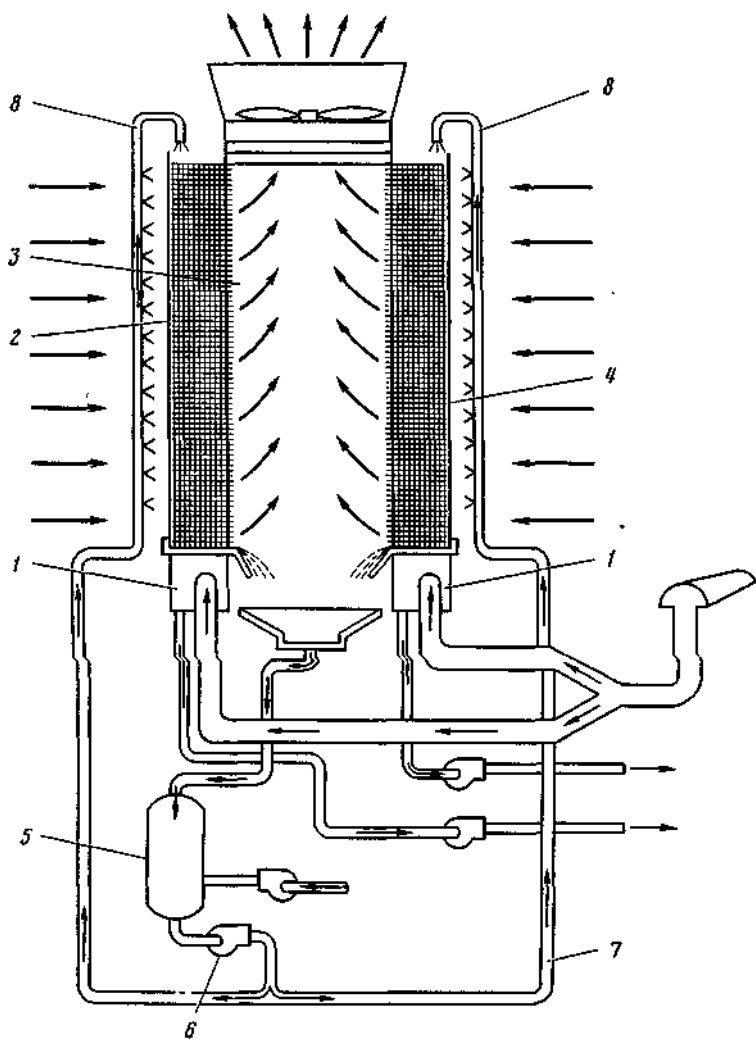
10

12

2 13 3

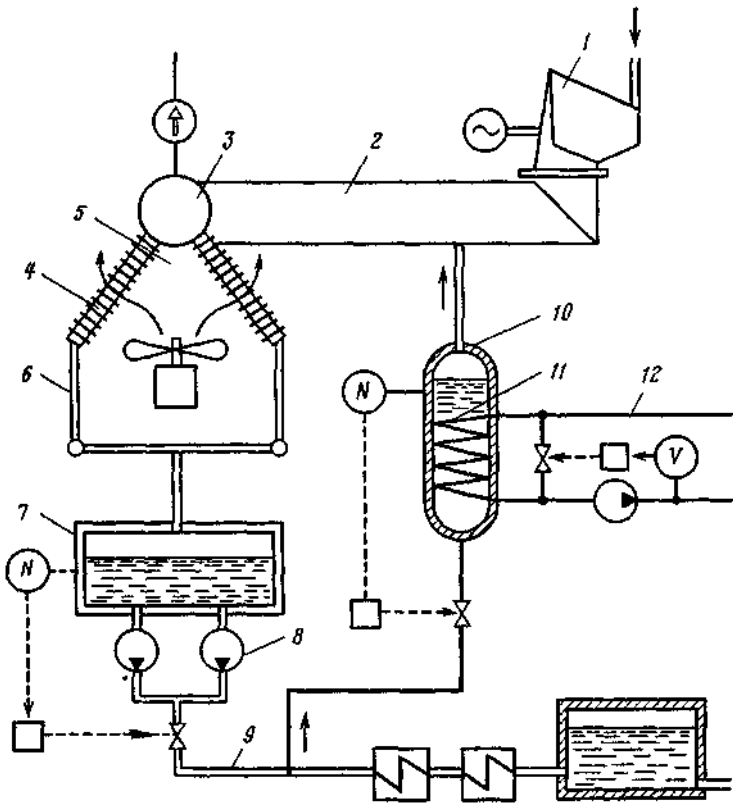
┌

	,	.	□
	,	,	□
	,	,	□
	,	.	□
	.	.	□
	. 64	.	
		1,	
		2,	
		,	3
	.		□
	1,	4	
	,	.	□
	5	6	7
		8	□
	4	,	.
	-		2
	,	.	□
	. 65	,	1,
2	.	3,	4
		5.	
	7,	6	8
		8	□
	8	10,	12
	11,		-



. 6.4.

( . )



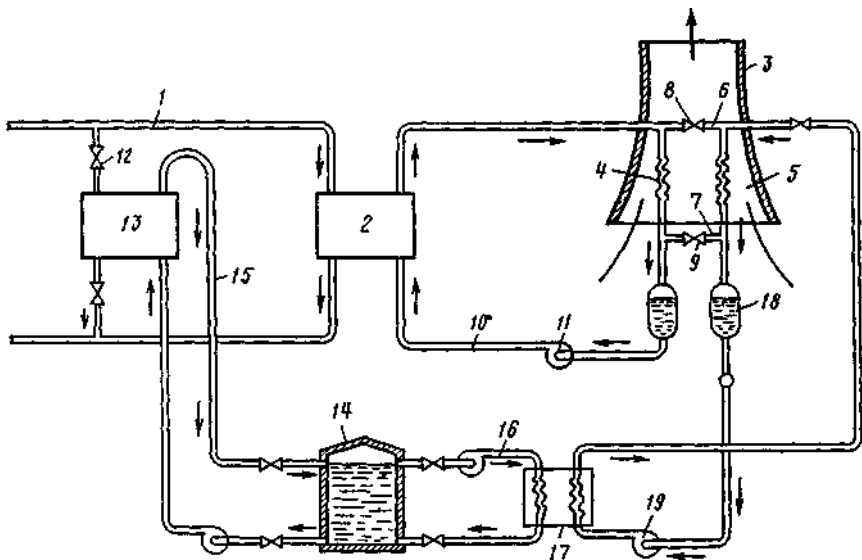
.6.5.

( . . . )

( 10, . ) . 2.

. 6.6

1  
 2.  
 3, . 4 5,  
 6 7 3 8, 9  
 . 10  
 2 4 5



.66.

( )

11,

10.

12,

13.

13

14.

15

13

14.

14

16

8 9

17;

5

4,

17

18

17 5

19.

6.2.

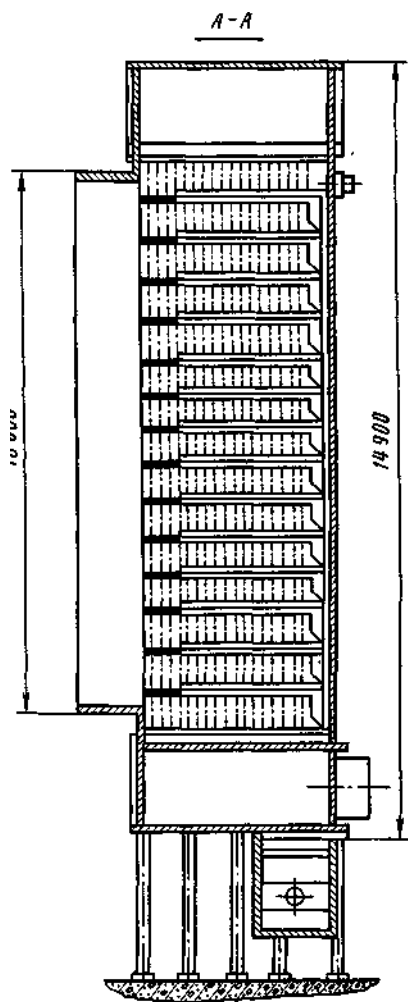
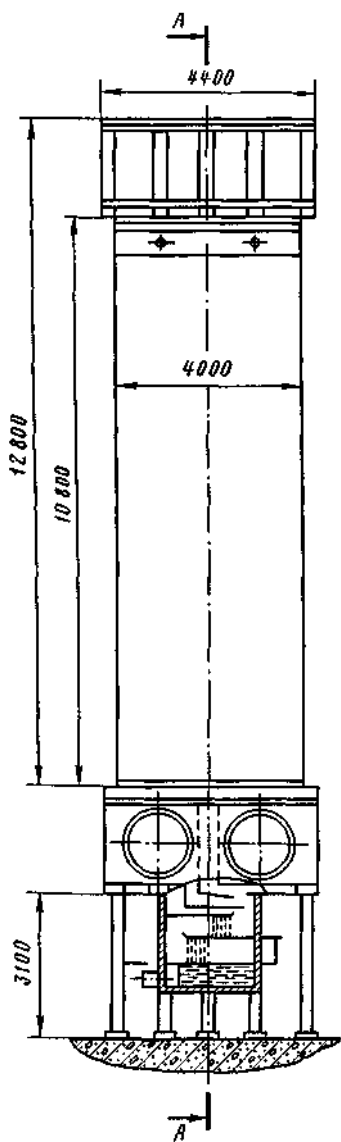
20—30—  
15 208

12

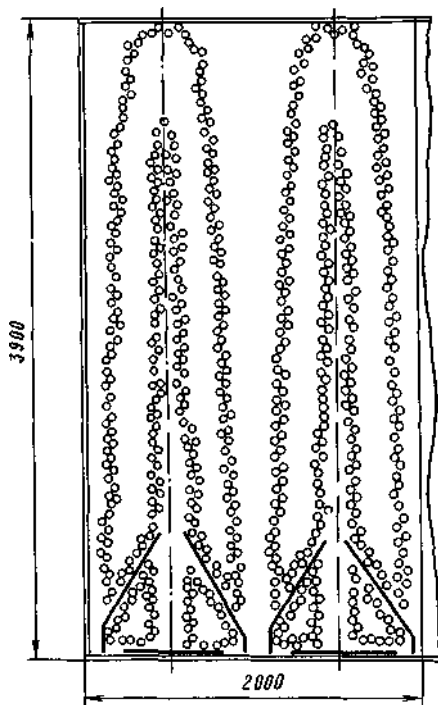
2000

6.7.





.6.7.



. 6.8.

)

( 5:1000),

;

( . ).

**6.3.**

)

(

)

[43, 56].

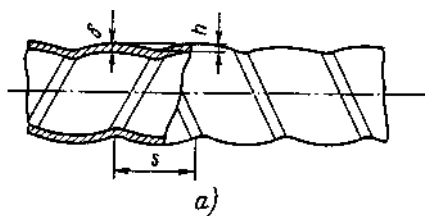
100—800

25—30%

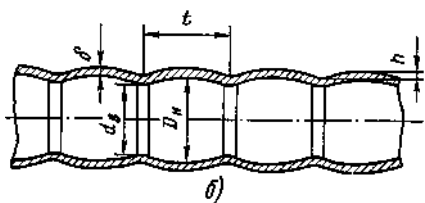
(

)

;



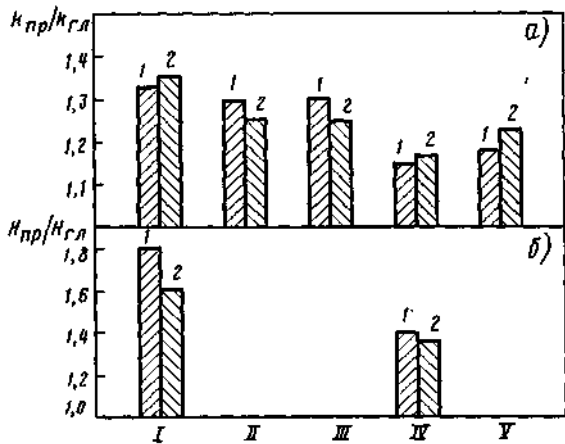
[19, 25, 31].  
6.9



6.9.

6

6.10



. 6.10.

I - -25-90/10, -7 ; II- -100/110-130, -20 ;  
 III— -12-35/10, ; IV— -200-130, ; V—  
 -2,5-1,2 ; I— ; 2— ;  
 — ; —

20%.

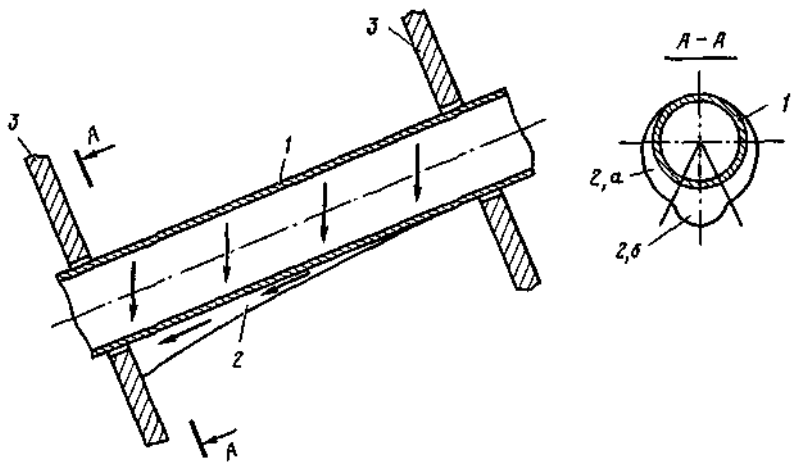
[34, 35],

( ) — §6.4.

(2—10)

, . ,  
 . ,  
 ( 1 ),  
 50% ( 1 ) , ,  
 ( ) ( )  
 , , .  
 ( ) ,  
 : ,  
 , ,  
 , , ,  
 , , ,  
 ( ) .





6.11.  $i = \frac{1}{2}$ ; 2 — ; 3 — ; —

$/( ( 2^* ) )$ ,  $3-4^\circ$  100

[75],  $2-15^\circ$  8%  
 ( ) 25% (  $0-40 / .$  )



. , — .  
 , -800-240 -1200-240 ( . §3.3).  
 , ,  
 , .  
 [75]  
 -18 .  
**6.4.** -  
 , ,  
 , ,  
 , ,  
 , ,  
 ( ) -  
 . [24].  
 ( ),  
 . ,  
 ,  
 [19, 25].

$$\Delta \mathcal{D} = S_{3aH}^{\text{эп}} \Delta N_H \tau - \Delta K (E_H + H_a), \quad (6.1)$$

$S_{3aH}^{\text{эп}}$  — ;  $\Delta N_H$  —  
 ( )  
 ( )  
 ; — ( ) ;  $\Delta K$  —  
 ( ) ;  $E_H$  —  
 ;  $H_a$  —  
 :  
 ( ) ,  
 ( ) ,  
 , ( ) ,  
 ,  
 ( ) ,  
 (6.1) — ,  
 , [58, 59, 62].

. 1.

	, "	$V', \text{ }^3/$	$V'', \text{ }^3/$	$h', \text{ } /$	$h'' \text{ } /$	$r, \text{ } /$
10	6,982	0,0010001	129,21	29,3	2513,8	2484,5
15	13,034	0,0010006	87,98	54,7	2525,0	2470,3
2,0	17,511	0,0010012	67,01	73,45	2533,2	2459,8
2,5	21,094	0,0010020	54,26	88,44	2539,7	2451,3
3,0	24,098	0,0010027	45,67	101,0	2545,2	2444,2
3,5	26,692	0,0010033	39,48	111,8	2549,9	2438,1
4,0	28,981	0,0010040	34,80	121,4	2554,1	2432,7
5,0	32,90	0,0010052	28,20	137,8	2561,2	2423,4
6,0	36,18	0,0010064	23,74	151,5	2567,1	2415,6
7,0	39,02	0,0010074	20,53	163,4	2572,2	2408,8
8,0	41,53	0,0010084	18,11	173,9	2576,7	2402,8
9,0	43,79	0,0010094	16,21	183,3	2580,8	2397,5
10	45,83	0,0010102	14,68	191,8	2584,4	2392,6
12	49,45	0,0010119	12,36	206,9	2590,9	2384,0
14	52,58	0,0010133	10,70	220,0	2596,4	2376,4
16	55,34	0,0010147	9,435	231,6	2601,3	2369,7
18	57,83	0,0010160	8,447	242,0	2605,7	2363,7
20	60,09	0,0010174	7,652	251,5	2609,6	2358,1
25	64,99	0,0010199	6,206	272,0	2618,1	2346,1
30	69,12	0,0010223	5,231	289,3	2625,3	2336,0
40	75,89	0,0010265	3,995	317,6	2636,8	2319,2
50	81,35	0,0010301	3,241	340,6	2646,0	2305,4
60	85,95	0,0010333	2,733	359,9	2653,6	2293,7
70	89,96	0,0010361	2,366	376,8	2660,2	2283,4
80	93,51	0,0010387	2,088	391,7	2666,0	2274,3
90	96,71	0,0010412	1,870	405,2	2671,1	2265,9
100	99,63	0,0010434	1,695	417,5	2675,7	2258,2

2.

, / ( )

Материал	Латунь Л-68 и ЛО-70-1	Медно-никелевый сплав МНЖ-5-1	Сталь Х18Н10Т
$\lambda_{ст}$	105	130	52

.3.

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/}$ $(\text{кг} \cdot \text{К})$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/}$ $(\text{м} \cdot \text{К})$	$\mu \cdot 10^6, \text{Н} \cdot \text{с/м}^2$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\sigma \cdot 10^6, \text{Н/м}^2$	Pr
0	999,9	4,212	55,1	1788	1,789	756,4	13,67
10	999,7	4,191	57,4	1306	1,306	741,6	9,52
20	998,2	4,183	59,9	1004	1,006	726,9	7,02
30	995,7	4,174	61,8	801,5	0,805	712,2	5,42
40	992,2	4,174	63,5	653,3	0,659	696,5	4,31
50	988,1	4,174	64,8	549,4	0,556	676,9	3,54
60	983,1	4,179	65,9	469,9	0,478	662,2	2,98
70	977,8	4,187	66,8	406,1	0,415	643,5	2,55
80	971,8	4,195	67,4	355,1	0,365	625,9	2,21
90	965,3	4,208	68,0	314,9	0,326	607,2	1,95
100	958,4	4,220	68,3	282,5	0,295	588,6	1,75

.4.

( ) ,  
( / )

$d_{\text{нор}}$	19	24	25	28	30
$d_{\text{вн}}$	17	22	23	26	27

5.

Турбоустановка	Конденсатор	Конденсатный насос				Основной эжектор		Марка циркуляционного насоса
		1-го подъема		2-го подъема		Марка эжектора	Количество	
		Марка насоса	Количество	Марка насоса	Количество			
К-210-130 (6) ПОТ ЛМЗ	200 КЦС-2	КсВ 500-85	2	КсВ 320-160	3	ЭП-3-700-1	2	ОПВ-3-110 ОПВ-10-145 ОПВ-5-110 Э ОПВ-5-110 ОПВ-2-145 Э ОПВ-2-185 ЭГ
К-300-240 ПОТ ЛМЗ	300 КЦС-3	КсВ 500-85	3	КсВ 500-150	3	ЭВ-4-1100 ЭВ-4-1400	2 2	
К-500-240 ПО ХТЗ	К-11520	КсВ 1600-90	2	КсВ 1600-220	2	ЭП-3-50/150	2	
К-800-240 ПОТ ЛМЗ	800 КЦС-2	КсВ 1000-95	3	ЦН 1000-220	3	ЭВ-7-1000	3	
		КсВ 1600-100	3	КсВ 1600-220	3	ЭВ-4-1100 ЭВ-7-1700	3 4	
К-1200-240 ЛМЗ	1200 КЦС	КсВ 1600-100	3	ЦН 1500-240	3	ЭВ-4-1100	4	
Т-110/120-130 ПО ТМЗ	КГ2-6200-2	КсВ 320-160	2	—	—	ЭП-3-2А	2	
Т-180/210-130 ПОТ ЛМЗ	180 КЦС-1	КсВ 500-85	2	КсВ 320-160	3	ЭП-3-700-1	2	
Т-175/210-130 ПО ТМЗ	КГ2-12000-1	КсВ 320-160	2	—	—	ЭПО-3-135-1	3	
Т-250/300-240 ПО ТМЗ	К2-14000-1	КсВ 500-85	3	КсВ 500-220	2	ЭП-3-3	3	
К-220-44 ПО ХТЗ	К-10120 (К-1870, К-1250)*	КсВА 500-220	3	—	—	ЭП-3-25/75	3	
		КсВА 1500-120	3	КсА 1500-240	3	ЭП-3-55/150	3	
К-500-65/3000-2 ПО ХТЗ	К-10120 (4 корпуса)	КсВА 1500-120	3	КсА 1500-240	3	ЭП-3-55/150	3	

\* Модификация конденсатора выбирается в зависимости от начальной температуры охлаждающей воды и ее состава.

,

— ;

— ;

— ;

— ;

*D* — ; ;

*d* — ; ; ;

— ;

— ;

*J* — ; ;

*F* — ( ) ;

*f* — ; ;

*G* — ; ;

*g* — ; ;

*3* — ; ;

*H* — ; ;

*h* — ; ; ;

— ; ;

— ; ;

*L* — ( ) ; ;

— ; ;

— ; ;

$\mu$  — ; ;

*N* — ; ; ;

*N* — ; ; ;

*z* — ; ; ;

— ; ; ;

— ; ; ;

*Q* — ( ) ; ; ;

— ; ; ;

— ( ) ; ; ; ;

*R* — ( ) ; ; ; ;

*t* — ; ; ; ;











16. . . . , 1951.
17. . . . , 3. // .
1981. 7. . 59-61.
18. . . . , 3., . . . □  
// . 1981. 12. . 57—59. □  
19. . . . □  
□  
□  
□  
□
236. . 55-62. . . . , 1987.
20. ” // . 1989. 2. □  
. 74-76.
21. . . . □  
□  
□  
□  
□
- . 36-38. // . 1973. 1. □
22. : . . . 6 . . 1. □  
/ . . . . □  
, 1978.
23. / . . . □  
. . . . , 1989. . . . □  
□
24. / // . . . . □  
□  
□  
□  
□  
□
- . 38-45. . . . , 1983, 207. □
25. / . . . □  
. 3. // . 1987. 7. . 44— □
47. 26. -100-130 / . . . , 1986. 12. . 18—20. □  
□  
□
27. . . . □  
□  
□  
□
28. , 1965. □  
. . . . , 1982. □

28. . . . , 1982. □
29. . . . □
30. . . . , 1974. □
- //
31. . . . 1987. 1. . 15—21. □
- //
- . 53-59. . . . 1980. . 4 (119). □
32. . . . □
33. . . . , 1984. □
4. . 2-5. // . 1977. □
34. . . . □
35. . . . , 1981. . . . □
36. . . . □
- . . . . , 1983. 3. . . . □
37. . . . □
- . 1988. □
38. . . . □
39. . . . , 1985. □
- //
42. . 23-27. . . . , 1986. □
40. . . . □
- . 1988. □
41. . . . □
- . 1965. □
42. . . . □
- //
43. . . . 1978. N2. . 89—91. □
- . . . . , 1974. □
44. . . . □

45. // . 1972. 6. . 4—8. □  
 , . . . . / . 3. □  
 , . . . . , 1983. 1. . 28—30. //
46. 500 800 . . . . / . . . . □  
 , 1979. -
47. . . . . , 1982.
48. . . . . ,
1970. . . . .
49. . . . . X. . . . . □  
 , 1984.
50. . . . . . . . . . // .
51. . 1986. 8. . 104—106.
1989. . 24.271.01-88. . . . . ,
52. . 34-70-010-82. . . . . -  
 , 1982.
53. . . . . □
1986. . . . .
54. . . . . , 1987. □
55. . . . . . . . . . □  
 , 1973.
56. -50-130 , -60-130/13 -80/100-130/13 . . . . . □  
 " , 1981.
57. . . . . / . . . . . ,
58. . . . . , 1985.. /
59. . . . . , 1978. □  
 . . . . . □
60. // . 1984. 7. . 36—40. □  
 // ( -  
 ). 1981, 5.

62. 24.021.14-74. □
63. . ., 1974. □
64. " " , 1982. □
65. 3., . . // . □
1978. 9. . 24-27. □
66. . , . . : . , 1982. □
67. , 1989. . . : □
68. 2 . . 2: . ./ , 1987. □
69. . , . " , 1982. □
70. : / , 1982. □
71. 18-2-76. : , 1977. □
72. . . II. 8-78. : . 1978. □
73. . " . " . . : . . □
74. , 1985. □
75. : , 1981. □
76. . . : . . : . □
76. . . : . , 1967. □

	.....	<b>3</b>
	.....	<b>5</b>
1.1.	.....	5
1.2.	.....	9
1.3.	.....	20
1.4.	.....	24
1.5.	.....	30
1.6.	.....	35
1.7.	.....	38
	.....	<b>47</b>
2.1.	.....	47
2.2.	.....	51
2.3.	.....	68
2.4.	.....	71
2.5.	.....	80
2.6.	.....	81
	.....	<b>89</b>
3.1.	.....	89
3.2.	.....	92
3.3.	.....	110
3.4.	.....	141
3.5.	.....	150
3.6.	.....	152
3.7.	.....	157
3.8.	.....	163
3.9.	.....	165
3.10.	.....	178
	.....	<b>182</b>
4.1.	.....	182
4.2.	.....	208
4.3.	.....	212
	.....	<b>220</b>
5.1.	.....	220
5.2.	.....	223
5.3.	.....	229
5.4.	.....	238
5.5.	.....	252
	.....	<b>256</b>
6.1.	.....	256
6. 2.	.....	263
6.3.	.....	267
6.4.	.....	273
	.....	275
	.....	278
	.....	282