



( )

«

• • •

»

• •

«

»

... :  
«  
» / . – , 2011. – 64 .

12.701-2009 :  
260601 « » -  
260600 « -  
», 184 / , -  
23 2000 . -  
, « -  
, ». -  
, -  
, -  
, -  
260601  
260600  
« »  
« »

14 28.11.11.

:  
... ,  
« »

1		4
2		4
3		6
3.1		6
3.2		11
3.3	( )	23
3.4		34
3.5		53
		62
		63
		64

**1**

«  
» : -  
-  
.  
.

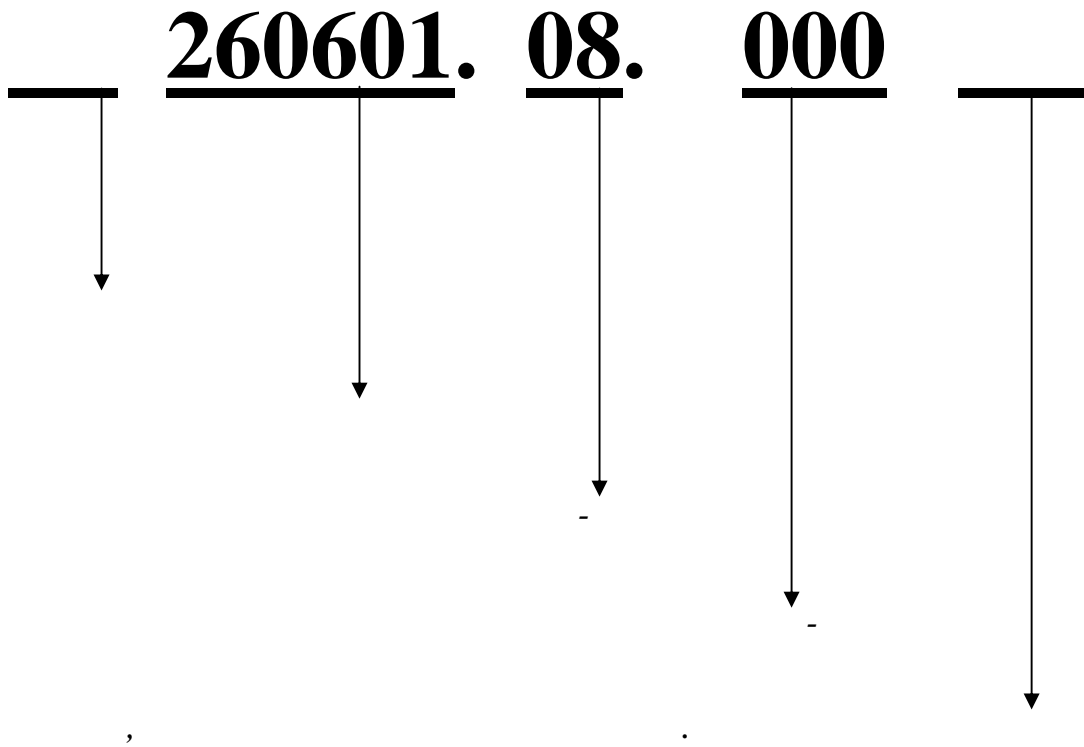
**2**

( ) ( )  
:  
- ;  
- ;  
- ( ;  
- ;  
- );  
- ( 10 );  
- ( );  
- ;  
- ( ).  
:  
- ;  
- ;  
- .

**4.**

2.105, 2.106, 21.101, 12 200 – 2008, 12.701-2009.

1,5 4. – Times New Roman, – 14 pt, –  
– 1,25 .  
-  
.  
.  
, , ,  
-



1 –  
 ( 2 2.104),  
 2 2.104 ( . 12 200 – 2008).  
 ( )  
 ( ), 2.104 -  
 1:  
 - 000. , , -  
 » - 001. «  
 , -  
 .  
 7.1, 7.12.  
 .

## 3.1

[1].  
( )

$$D \geq 3 \cdot 10^{-2} \sqrt{\quad}, \quad (3.1.1)$$

0,037

$\Delta$  ( )

$$\Delta = 9,8 ( \quad / F ) ( 12,8 \cdot 10^{-3} v + h/v + 42,7 \cdot 10^{-5} v \cdot h/D ), \quad (3.1.2)$$

$F$  –

,  $v^2$ ;  $v$  –  
 $h$ .

$$v = 2,1 \cdot 10^{-3} \cdot \quad^{0,75} \cdot h^{0,25} \cdot v / D^{1,7}, \quad (3.1.3)$$

$$\Delta = 1,28 \cdot \quad \cdot v / D^2 + 3,48 \cdot \quad l/v^{0,6} \cdot D^{2,2}, \quad (3.1.4)$$

$v$  –

$$v = 6,5 \cdot 10^{-4} \cdot \quad^{1,15} \cdot v^{1,25} / D^2, \quad (3.1.5)$$

$$\Delta = 3,8 \cdot \quad l/v^{0,6} \cdot D^{2,2}. \quad (3.1.6)$$

$\Delta = \Delta_{min}$ ,

( )

$$v = v (1+10^{-5}\Delta ), \quad (3.1.7)$$

$$\Delta = \dots \quad ( \dots / )$$

$$Q = v F = v (1+10^{-5}\Delta ) \cdot F, \quad (3.1.8)$$

$$Q = \dots / (\rho \cdot \mu), \quad (3.1.9)$$

$\dots$  ,  $\dots$  ;  $\dots$  ,  $\dots$   $=1,8$  ;  $\dots$   $=1,15$ );  $\rho = \dots$  ,  $\dots$   $^3$  ( $\rho = 1,2 \dots$   $^3$ );  $\mu = \dots$  ( $\mu = 50 \dots 200 \dots$  ).

$$\mu = \dots / (1+10^{-5}\Delta ) v F. \quad (3.1.10)$$

$\dots$  ( )  $l$   
 $10$   
 $\Delta = 1,15(\Delta + \Delta_n ) . \quad (3.1.11)$

10 ,

$$\Delta = 1,1(\Delta + \Delta_{min} + \Delta \dots ) , \quad (3.1.12)$$

$$\Delta \dots = (\lambda/D + \Sigma\xi) [1 + (\Delta + \Delta_{min})/10^5] \rho v^2/2 , \quad (3.1.13)$$

$\Delta \dots = \dots$  ;  $\lambda = \dots$  ;  $\dots$   $(\lambda = 0,3164/Re^{0,25})$ ;  $\Sigma\xi = \dots$  ;  $\rho = \dots$  ;  $v = \dots$  ;  $v = 15 \dots$  ).

$$D = \sqrt{(Q+Q) / 47v (1 + [\Delta p + \Delta p \dots] / 10^5)} , \quad (3.1.14)$$

$Q = \dots$  (  $\dots$  / )

$$Q = 1,1(Q+Q) . \quad (3.1.15)$$

$\Delta$   $Q$  , (  $\dots$  ) ,

$$N = \Delta \cdot Q / 10^3 \eta_1 \eta_2. \quad (3.1.16)$$

$\eta_1 -$  (  $\eta_1 = 0, 3 \dots 0, 5,$   $\eta_2 -$   $\eta_2 = 0, 2 \dots 0, 5$ );  $\eta_2 -$  .

### 3.1.1

#### 3.1.1.1

, , -  
:  
10 / ; 7,5 / ; -  
( ) -  
; ; 50000 ; -  
10 ; 3 ; -  
.

#### 3.1.1.2

- , / ;  
 $\Delta -$  , ;  
 $\Delta -$  , ;  
 $\Delta = \Delta + \Delta -$  , ;  
 $\Delta -$  , ;  
 $\Delta -$  , ;  
 $h -$  , ;  
 $l -$  ( -  
) , ;  
- ;  
 $\rho -$  , / <sup>3</sup>;  
 $v -$  , / ;  
 $v -$   $h,$   
/ ; -  
 $v -$  -  
, / ;  
 $v -$  ( -  
, / );  
 $Q -$  , <sup>3</sup>/<sub>;</sub>  
 $Q -$  , <sup>3</sup>/<sub>;</sub>  
 $Q -$  , <sup>3</sup>/<sub>;</sub>



$F -$  ,  $^2$ ;  
 $N -$  , .

### 3.1.1.3

1) (3.1.1)

$$D \geq 3 \cdot 10^{-2} \sqrt{\quad} = 3 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{10} = 0,095 \quad .$$

$D = 0,1 \quad .$

2)

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} = 0,007 \quad .$$

3) (3.1.3)

$$v = 2,1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75 \cdot h^{0,25} \cdot v / D^{1,7} = 2,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{0,75} \cdot 10^{0,25} \cdot 7,5 / 0,1^{1,7} = 8,63 \quad / .$$

4) (3.1.2)

$$\Delta = 9,8 (v / F) (12,8 \cdot 10^{-3} v + h/v + 42,7 \cdot 10^{-5} v \cdot h/D) = 9,8 (10/0,007) \times$$

$$\times (12,8 \cdot 10^{-3} \cdot 8,63 + 10/8,63 + 42,7 \cdot 10^{-5} \cdot 8,63 \cdot 10/0,1) = 22990,1 \quad .$$

5)

(3.1.5)

$$v = 6,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,15 \cdot v^{1,25} / D^2 = 6,5 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{1,15} \cdot 7,5^{1,25} / 0,1^2 = 13 \quad / .$$

6) (3.1.4)

$$\Delta = 1,28 \cdot v / D^2 + 3,48 \cdot v / D^{0,6} \cdot D^{2,2} = 1,28 \cdot 10 \cdot 13 / 0,1^2 + 3,48 \cdot 10 \cdot 3 / 13^{0,6} \cdot 0,1^{2,2} = 18008 \quad .$$

7)

$$\Delta = \Delta + \Delta = 22990,1 + 18008 = 40998,1 \quad .$$

8)

(3.1.7)

$$v = v (1 + 10^{-5} \Delta) = 7,5 (1 + 10^{-5} \cdot 40998,1) = 10,57 \quad / .$$

9)

(3.1.8)

$$Q = v F = 10,57 \cdot 0,007 = 0,07 \quad ^3 / .$$

10) (3.1.8) – (3.1.10) –  
 (= 1,8) ( –

$$Q = \cdot Q / \rho = 1,8 \cdot 0,07 / 1,2 = 0,11 \text{ }^3/ .$$

11) (3.1.11) l  
 = 3

$$\Delta = 1,15(\Delta + \Delta_n) = 1,15(40998,1 + 50000) = 104648 .$$

12) (3.1.15)

$$Q = 1,1(Q + 0) = 1,1 \cdot 0,11 = 0,12327 \text{ }^3/ .$$

13) (3.1.14)

$$D = \sqrt{Q / 47v (1 + [\Delta p + \Delta p] / 10^5)} = \sqrt{0,11 / 8,63(1 + [40998,1 + 50000] / 10^5)} = 0,1983 .$$

$$, D = 0,1 \quad D = 0,2 .$$

14) (3.1.16) –

$$N = \Delta Q / 10^3 \eta_1 \eta_2 = 104648 \cdot 0,12327 / 10^3 \cdot 0,5 \cdot 0,6 = 43 .$$

1 – 1

-	D,	F, <sup>2</sup>	v, /	Δ ,	v, /	Δ ,	Δ ,	v, /	Q, <sup>3/</sup>	Q, <sup>3/</sup>	Δ ,	Q, <sup>3/</sup>	D ,	N,
0	0,1	0,007	8,63	22990,1	13	18008	40998,1	10,57	0,07	0,11	104648	0,1	0,2	43

### 3.1.1.4

1

1

2.

-	, /	v, /	$\Delta$ ,	h,	l,	$\rho$ , / <sup>3</sup>		$\eta_1$	$\eta_2$
0	10	7,5	50000	10	3	1,2	1,8	0,5	0,6
1	5	7,5	50000	10	8	1,2	1,8	0,5	0,6
2	5	7,5	50000	11	6	1,2	1,8	0,5	0,6
3	3	7,5	50000	9	2	1,2	1,8	0,5	0,6
4	2	7,5	50000	8	6	1,2	1,8	0,5	0,6
5	11	7,5	50000	5	2	1,2	1,8	0,5	0,6
6	1	7,5	50000	7	4	1,2	1,8	0,5	0,6
7	12	7,5	50000	9	7	1,2	1,8	0,5	0,6
8	3	7,5	50000	4	2	1,2	1,8	0,5	0,6
9	15	7,5	50000	12	9	1,2	1,8	0,5	0,6
10	9	7,5	50000	15	1	1,2	1,8	0,5	0,6
11	8	7,5	50000	13	3	1,2	1,8	0,5	0,6
12	13	7,5	50000	6	5	1,2	1,8	0,5	0,6
13	10	7,5	50000	18	6	1,2	1,8	0,5	0,6
14	10	7,5	50000	12	2	1,2	1,8	0,5	0,6
15	4	7,5	50000	10	5	1,2	1,8	0,5	0,6
16	8	7,5	50000	11	4	1,2	1,8	0,5	0,6
17	7	7,5	50000	16	7	1,2	1,8	0,5	0,6
18	6	7,5	50000	15	6	1,2	1,8	0,5	0,6
19	9	7,5	50000	12	3	1,2	1,8	0,5	0,6
20	8	7,5	50000	10	2	1,2	1,8	0,5	0,6
21	2	7,5	50000	5	3	1,2	1,8	0,5	0,6
22	2	7,5	50000	10	2	1,2	1,8	0,5	0,6
23	1	7,5	50000	5	1	1,2	1,8	0,5	0,6
24	3	7,5	50000	10	3	1,2	1,8	0,5	0,6
25	6	7,5	50000	6	6	1,2	1,8	0,5	0,6

### 3.2

#### 3.2.1

[2].

, / ,

$Q$

$$Q = Bh_M v_{CP} \rho \mu, \quad (3.2.1)$$

– , ;  $h$  – , ;  $v$  – – , / ;  $\rho$  – (  $\mu = 0,35 \dots 0,8$  ).  
( , ) –

$$B = \frac{F_M}{h_M}, \quad (3.2.2)$$

F – ,  $(h \leq 50)$  . ,  $^2$ ;  $h$  – –

$$F_M = \frac{Q}{v \rho \mu}. \quad (3.2.3)$$

( / ) –

$$v = 0,23 n r f \operatorname{tg} \beta, \quad (3.2.4)$$

$n$  – , / ;  $r$  – , ;  $f$  – (  $f = 0,35 \dots 0,7$  );  $\beta$  – (  $\beta = 15 \dots 20^\circ$  ). ,

$\beta$

$\alpha$ .

0,1...0,3 / ,

0,5 / .

$$n'_{\min} = 29,9 \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(\varphi - \alpha)}{R}}, \quad (3.2.5)$$

:  $\varphi$  – ;  $\alpha$  – ;  $R$  – –

, .

$$n''_{\min} = 29,9 \sqrt{\frac{tg(\varphi + \alpha)}{R}} \quad (3.2.6)$$

$$n_{\min} = \frac{29,9}{\sqrt{R \cdot tg \alpha}} \quad (3.2.7)$$

$$n = (1,5 \dots 2,0) n''_{\min} \quad (3.2.8)$$

$$n = \frac{33,675}{\sqrt{e}} \quad (3.2.9)$$

$$e = 2R -$$

$$v_0 = \frac{\pi R n}{30} \quad (3.2.10)$$

$$R -$$

$$v_0 \leq (D - d) \left( \frac{g}{d} \right)^{0,5} \quad (3.2.11)$$

$$D - ; g = 9,8 / ^2 -$$

$$\psi_0 = -\arccos \left( \frac{895}{R n^2} tg(\varphi - \alpha) \right) \pm 360k \quad (3.2.12)$$

$$R -$$

$$S_1 = R \frac{\cos(\phi - \alpha)(\cos \psi - \cos \psi_0)}{\cos \phi} + \frac{g}{2} \cdot \frac{\sin(\phi - \alpha)}{\cos \phi} \cdot \frac{(\psi - \psi_0)^2}{36^2} +$$

$$+ v_0 \frac{\cos(\phi - \alpha)}{\cos \phi} \cdot \frac{\sin \psi_0 (\psi - \psi_0)}{6n} \quad (3.2.13)$$

$$v_0 -$$

$$\psi_0 = \arccos\left(-\frac{895}{Rn^2} \operatorname{tg}(\varphi + \alpha)\right) \pm 180(1 + 2k), \quad (3.2.14)$$

$$S_2 = R \frac{\cos(\phi + \alpha)(\cos \psi - \cos \psi_0)}{\cos \phi} + \frac{g}{2} \cdot \frac{\sin(\phi + \alpha)}{\cos \phi} \cdot \frac{(\psi - \psi_0)^2}{36^2} + \\ + v_0 \frac{\cos(\phi + \alpha)}{\cos \phi} \cdot \frac{\sin \psi_0 (\psi - \psi_0)}{6n}, \quad (3.2.15)$$

$R, n, \varphi, \alpha, v_0, \psi_0$  ;  $\psi$  -

$$S_0 = S_1 + S_2. \quad (3.2.16)$$

$$v = S_0 n = R \omega \cos \beta \cos \varepsilon \left[ \frac{2}{\pi} \operatorname{ftg} \beta \left( \operatorname{tg} \varepsilon - \varepsilon + \frac{\pi}{2} \right) - 1 \right] \sqrt{1 - \left( \frac{z_+}{\sin \varepsilon} \right)^2}, \quad (3.2.17)$$

$$\varepsilon = \frac{\pi}{-1}; \quad = \frac{\sin(\alpha - \rho) \cos(\beta - \rho)}{\cos(\beta + \rho) \sin(\alpha + \rho)}; \quad z_+ = \frac{g}{R \omega^2} \cdot \frac{\sin(\alpha + \rho)}{\cos(\beta - \rho)}.$$

( / / )

$$Q = 60 B h S_0 n \rho \mu, \quad (3.2.18)$$

- ;  $h$  - ;  $S_0$  -  
 , / ;  $\rho$  - ( ) ; - , ( / <sup>3</sup> / <sup>3</sup>);  $\mu$  -

, / ,

$$v = 147 \frac{\sin \alpha}{n}. \quad (3.2.19)$$

, ,

$$S_0 = g \left( \frac{30}{n} \right)^2 \sin \alpha. \quad (3.2.20)$$

( / / )

$$Q=3600Bh \nu \rho \mu, \quad (3.2.21)$$

— , ; h — , / , ρ — ( )  
 ( /<sup>3</sup> /<sup>3</sup>); μ— .

$$= \frac{D}{c} \left( 1 - \frac{2}{\pi} \xi \right). \quad (3.2.22)$$

D— ( ) ; — ( = 1,5 D); ξ = (l/2)/D [l— ]

$$= 0,667 - 0,425 \frac{l/2}{D}. \quad (3.2.23)$$

l/2 = D = 0,242, l/2 = 0 = 0,667, . . .  
 , < 1.

$$\ln y_2 = \ln y_1 + \frac{L}{S_0} \ln \left[ 1 - P \frac{\delta}{h_M} a \right], \quad (3.2.24)$$

l<sup>2</sup> — , ; S<sub>0</sub> — , ; L —  
 , ; δ — , ; h — , ; —

$$= \frac{-2}{1} = 1 - 0,81 \left( -\frac{0,619}{2} \right), \quad (3.2.25)$$

$$= \frac{h}{\sqrt{2bt}}; h = \frac{Q}{B\rho_H \nu_{CEM}} t = \frac{L}{\nu_{CEM}}; t = \frac{L}{\nu_{CEM}}; b = 0,15 \dots 0,18 \text{ }^2/.$$

$$N = 3,66 \cdot 10^{-7} \sum Gn^3 R^2, \quad (3.2.26)$$

R— , ; — , / ; ΣG— , . , ,

$$N_T = 2,73 \cdot 10^{-3} f Q L \cos \alpha, \quad (3.2.27)$$

$f$  – ;  $Q$  –  
 , / ;  $L$  – , ;  $\alpha$  – .

$$N = (0,013 \dots 0,015) \frac{Q^2}{L^2}, \quad (3.2.28)$$

– ;  
 , = 12,6 /  $L^2$ .

$N$  ( , ) , :

$$N = \frac{k_1 n^2 r^2 (G_C + G_M)}{250 \eta}, \quad (3.2.29)$$

$k_1$  – ( $k_1 = 2 \dots 2,5$ );  $G_C$  – ,  
 ;  $G_M$  – , ;  $\eta$  – .

$$G_M = F h_M \rho g, \quad (3.2.30)$$

$F$  – ,  $h_M$  –  $L^2$ .

$$F = \frac{Q}{L}, \quad (3.2.31)$$

$Q$  – , / ( $L^2$ ),  $L$  – ,  $h_M$  –  $L^2$   
 $h_M = 1,8 \dots 2$  / ( $L^2$ ).

$$L = \frac{F}{B}. \quad (3.2.32)$$

### 3.2.2

$Q$  , / ,

$$Q = \rho \mu \operatorname{tg} \alpha \sqrt{R^3 \cdot h^3}, \quad (3.2.33)$$

$\mu$  – ( $\mu = 0,6 \dots 0,8$ );  $\rho$  – –  
 , /  $^3$ ; – ,  $^{-1}$ ;  $\alpha$  – –  
 , ( $\alpha = 4 \dots 8^\circ$ );  $R$  – , ;  $h$  – –  
 , .



$Q$   $R$  ( )

$$R = \frac{1}{h} \cdot \left( \frac{Q}{\mu \rho \text{tg} \alpha} \right)^{2/3} . \tag{3.2.34}$$

$$n = \frac{Q}{\mu \rho \text{tg} \alpha \sqrt{R^3 \cdot h^3}} . \tag{3.2.35}$$

$$n = \frac{0,13}{\sqrt{R}} \dots \frac{0,23}{\sqrt{R}} . \tag{3.2.36}$$

$$n = (0,33 \dots 0,42) \sqrt{\frac{1}{R_0(0,58 + f')}} , \tag{3.2.37}$$

$R_0$  – ( ;  $f' = 0,7$ ).  
 (  $f' = 0,7$ ).

$$n = (0,33 \dots 0,42) \sqrt{\frac{1}{R_0 f'}} , \tag{3.2.38}$$

$$R = (0,15 \dots 0,2) v^2 f' , \tag{3.2.39}$$

$v$  – , / ( $v = 2,0 \dots 2,5$ ).

$F_C$  (  $^2$  )

$$F_C = \frac{Q}{\rho} , \tag{3.2.40}$$

$Q$  – , / (  $^2$  );  $\rho = 0,33 \dots 0,56$  / (  $^2$  ).  $1$   $^2$

$$n = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2)\psi s \rho} , \tag{3.2.41}$$

$D$  – , ;  $d$  – , (  $^2$  )  
 $d = (0,2 \dots 0,3)D$ ;  $\psi$  – (  $\psi = 0,5 \dots 0,6$  );  $s$  –  
 , ;  $\rho$  – , /  $^3$ .

$$L = \frac{F_P}{2\pi R} \quad (3.2.42)$$

$$F_P = \frac{F_C}{z} \quad (3.2.43)$$

$$B = \frac{F_P}{L} \quad (3.2.44)$$

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta} \quad (3.2.45)$$

$N_1$  – ;  $N_2$  – ;  $N_3$  – ;  $\eta$  –

$$N_1 = \frac{\pi d_1 n f (G + G_M)}{1000} \quad (3.2.46)$$

$d_1$  – ;  $f$  – ( $f = 0,15 \dots 0,2$ );  $G$  –

$$G_M = F_P h \rho g \left( \frac{h}{h} \right)$$

, );

$$N_2 = 0,0024 G_M R n \quad (3.2.47)$$

$$N_3 = \frac{g Q L w}{1000} \quad (3.2.48)$$

$L$  – ;  $w$  – ( $w = 2 \dots 4$ ).

( )

$$N = (0,00005 \dots 0,00006) R n (G + 13 G_M) \quad (3.2.49)$$

$G$  – ;  $G_M$  – ;

$$(3.2.40) \quad F_0 = 2 \dots 2,8 \quad \left( \frac{F}{\rho} \right)^2$$

$$D_C = D + 2\delta, \quad (3.2.50)$$

$D -$  , ;  $\delta -$  , ( $\delta = 2 \dots 3$ ).

$$D = \left( \frac{Q}{0,785 \psi k' \rho k n} \right)^{1/3}, \quad (3.2.51)$$

$\psi -$  , ( $\psi = 0,2 \dots 0,3$ );  $k' -$  , :  $k' = s/D = 0,5 \dots 1$ ;  $\rho -$  , /<sup>3</sup>;  $k -$  , ( $k = 0,6 \dots 0,75$ );  $-$  , / .

$$= \frac{F_C}{\pi D_C} \quad (3.2.52)$$

$h = (3.1 \dots 1,5)s.$

$N$  ( )

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (3.2.53)$$

$N_1 -$  , ;  $N_2 -$  , .

$$N_1 = \frac{gQHk_1(w+1)}{1000}, \quad (3.2.54)$$

$$N_2 = \frac{zk_2\omega^3h(R^4 - r^4)}{408\eta}, \quad (3.2.55)$$

$-$  , ;  $k_1 -$  , ( $k_1 = 1,15 \dots 1,20$ );  $w -$  , ( $w = 10$ );  $z -$  ;  $k_2 -$  , ( $k_2 = 5000$ );  $\omega -$  .

, / ;  $h = 0,03$  ;  $R = 0,3$  ;  $r = 0,03$  ;  $(h = 0,03)$  ;  $R = 0,3$  ;  $r = 0,03$  .

### 3.2.3

#### 3.2.3.1

(  $600 / ^3$  ).  $\alpha = 5^\circ$  ;  
 $\mu = 0,8$  ;  $h = 0,03$  ;  
 $\rho = 0,3 / ( ^2 )$  .  $D = 160$  ;  
 $G = 450$  .

#### 3.2.3.2

$Q = 1 / ^2$  ;  
 $Q_0 = 1 / ( ^2 )$  ;  
 $v = 2,0 \dots 2,5 /$  ;  
 $R =$  ;  
 $\alpha =$  ;  
 $g = / ^2$  ;  
 $h =$  ;  
 $F =$  ;  
 $\rho = / ^3$  ;  
 $s = 0,8D$  ;  
 $D =$  ;  
 $d = 0,3D$  ;  
 $d_1 = 0,045$  ;  
 $\mu =$  ;  
 $\psi =$  ;  
 $f = 0,7$  ; (  $f = 0,15 \dots 0,2$  ) ;  
 $w = 5$  ;  
 $L = 1,3$  ;  
 $L =$  ;  
 $G =$  ;  
 $G_M =$  ;  
 $-$  ;  
 $-$  ;  
 $N_1 =$  ;  
 $N_2 =$  ;

$N_3 -$  , ;  
 $N -$  ,  
 ;  
 $\eta -$  ,  $\eta = 0,67$  .

### 3.2.3.3

1) (3.2.39) ( ) .

$$v = 2,0 \text{ /}$$

$$f = 0,7.$$

$$R = (0,15 \dots 0,2) v^2 f = (0,15 \dots 0,2) \cdot 2^2 \cdot 0,7 = 0,42 \dots 0,56.$$

$$R = 0,5 .$$

2) (3.2.38) -

, -1:

$$n = (0,33 \dots 0,42) \sqrt{\frac{1}{Rf}} = (0,33 \dots 0,42) \sqrt{\frac{1}{0,5 \cdot 0,7}} = 0,56 \dots 0,71 .$$

$$= 0,6^{-1} .$$

3) (3.2.33) ( / ):

$$Q = \rho \mu \operatorname{tg} \alpha \sqrt{R^3 \cdot h^3} = 0,8 \cdot 600 \cdot 0,6 \cdot 0,0875 \cdot \sqrt{0,5^3 \cdot 0,03^3} = 0,047 .$$

4) (3.2.40) , 2:

$$F_C = \frac{Q}{0} = \frac{0,047}{0,3} = 0,156 .$$

5) ( ) (3.2.30):

$$G_M = F h_M \rho g = 0,156 \cdot 0,03 \cdot 600 \cdot 9,81 = 27,54.$$

6) (3.2.41)

, ( / )

$$d = 0,3D = 0,3 \cdot 160 = 48 \text{ , } s$$

$$= 0,8D = 0,8 \cdot 160 = 128$$

$$\psi = 0,5:$$

$$n = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2) \psi s \rho} = \frac{4 \cdot 0,047}{3,14 \cdot (0,16^2 - 0,048^2) \cdot 0,5 \cdot 0,128 \cdot 600} = 0,067 \text{ /} .$$

7) ( ) , -

(

$$0,2), \quad (3.2.46) -$$

$$d_l = 0,045 \text{ :}$$

$$N_1 = \frac{\pi d_1 n f (G + G_M)}{1000} = \frac{3,14 \cdot 0,045 \cdot 5,73 \cdot 0,2 \cdot (450 + 27,54)}{1000} = 0,077 .$$

8) ( ), ,  
(3.2.47):

$$N_2 = 0,0024 G_M R n = 0,0024 \cdot 27,54 \cdot 0,5 \cdot 5,73 = 0,191 .$$

9) (3.2.48) ( ),

$$L = 1,3$$

$$w = 5:$$

$$N_3 = \frac{g Q L w}{1000} = \frac{9,81 \cdot 0,047 \cdot 1,3 \cdot 5}{1000} = 0,003 .$$

( ) -  
(3.2.45),

$$0,67:$$

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta} = \frac{0,077 + 0,191 + 0,003}{0,67} = 0,405 .$$

3 - 2

-	R,	n, c <sup>-1</sup>	n,	Q,	F <sub>C</sub> , <sup>2</sup>	G <sub>M</sub> ,	n ,	N <sub>1</sub> ,	N <sub>2</sub> ,	N <sub>3</sub> ,	N ,
			/	/		H	/				
0	0,5	0,6	5,73	0,047	0,156	27,54	0,067	0,077	0,191	0,003	0,405

### 3.2.3.4 2

2 4.

4 - 2

-	o <sub>1</sub> / (°)	v, /	α, .	g, / <sup>2</sup>	h ,	ρ, / <sup>3</sup>	s,	D,	d,	d <sub>1</sub> ,	μ	ψ	f	f	w	L	G
0	0,3	2,0	5	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450
1	0,1	2	5	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450
2	0,2	2	5	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450
3	0,4	2	5	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450
4	0,5	2	5	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450
5	0,6	2	5	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450

-	$\rho_0$ ( $\frac{0}{2}$ .)	$v$ /	$\alpha$ .	$g$ / $^2$	$h$ ,	$\rho$ / $^3$	$s$	$D$	$d$	$d_1$	$\mu$	$\psi$	$f$	$f$	$w$	$L$	$G$
6	0,8	2	5	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450
7	0,3	2,1	6	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450
8	0,3	2,2	6	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450
9	0,3	2,3	6	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450
10	0,3	2,4	6	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450
11	0,3	2,5	6	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450
12	0,3	2,6	6	9,81	0,03	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,8	0,5	0,7	0,2	5	1,3	450
13	0,2	2	7	9,81	0,04	600	0,136	0,17	0,051	0,045	0,5	0,5	0,7	0,15	5	1	450
14	0,4	2	7	9,81	0,04	600	0,144	0,18	0,054	0,045	0,6	0,5	0,7	0,15	5	1,1	450
15	0,5	2	7	9,81	0,04	600	0,152	0,19	0,057	0,045	0,7	0,5	0,7	0,15	5	1,2	450
16	0,6	2	7	9,81	0,04	600	0,16	0,2	0,06	0,045	0,9	0,5	0,7	0,15	5	1,3	450
17	0,8	2	7	9,81	0,04	600	0,12	0,15	0,045	0,045	0,9	0,5	0,7	0,15	5	1,4	450
18	0,3	2	8	9,81	0,05	600	0,112	0,14	0,042	0,045	0,9	0,5	0,7	0,15	5	1,5	450
19	0,3	2	8	9,81	0,05	600	0,128	0,16	0,048	0,045	0,9	0,5	0,7	0,15	5	1,3	400
20	0,3	2	8	9,81	0,05	600	0,136	0,17	0,051	0,045	0,9	0,5	0,7	0,15	5	1	350
21	0,3	2	8	9,81	0,05	600	0,144	0,18	0,054	0,045	0,9	0,5	0,7	0,15	5	1,1	300
22	0,3	2	8	9,81	0,05	600	0,152	0,19	0,057	0,045	0,9	0,5	0,7	0,15	5	1,2	500
23	0,3	2	8	9,81	0,05	600	0,16	0,2	0,06	0,045	0,9	0,5	0,7	0,15	5	1,3	550
24	0,3	2	8	9,81	0,05	600	0,12	0,15	0,045	0,045	0,9	0,5	0,7	0,15	5	1,4	600
25	0,3	2	8	9,81	0,05	600	0,112	0,14	0,042	0,045	0,9	0,5	0,7	0,15	5	1,5	650

### 3.3

( )

,

-

-

,

,

,

#### 3.3.1

-

-

,

,

,

, / ,

$$Q = \frac{V\rho\lambda}{\tau + \tau + \tau}, \quad (3.3.1)$$

$V -$  ( ) , / <sup>3</sup>; ( $\rho = 1080 \dots 1100$  / <sup>3</sup>);  $\lambda -$  ( 0,45...0,85);  $\tau, \tau -$  , , , ;  $\tau -$  , - 5.

5 -

:	-	10...25	-	17...25
	-	40...60	-	30...40
	-	8...12	-	22
	7...8	29...65	35...40	34...37
	7...8	44...65	35...40	32...34

$\tau$ ), , (  $\tau = \tau +$  2...2,5 .

( / )

$$Q = \frac{Q (100 + y)k}{100 \cdot 3600}, \quad (3.3.2)$$

$Q -$  ;  $k -$  , / ; - , % - (  $k$

=1,2...1,3).

( <sup>3</sup> )

$$V = \frac{Q(\tau + \tau + \tau)}{\lambda}. \quad (3.3.3)$$



$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (3.3.4)$$

$N_1$  – , ;  $N_2$  – , ;  $\eta$  –

$$N_1 = \frac{0,4\lambda V\rho R\omega_1}{102} \approx 0,004\lambda V\rho R\omega_1, \quad (3.3.5)$$

$R$  – , ;  $\omega_1$  –

$$N_2 = \frac{fr\omega_2(\quad + \quad)}{102}, \quad (3.3.6)$$

$f$  – (0,2...0,3);  $r$  – , ;  $\omega_2$  – , .  
 , / ; – , ; – , .  
 ( )

$$N = \frac{0,4GR\omega_1gz}{1000\eta}, \quad (3.3.7)$$

$G$  – , ;  $R$  – , ;  $\omega_1$  – , /<sup>2</sup> ( $g = 9,81$ );  $z$  – ( $\eta = 0,8...0,85$ ).

$$N = \frac{G}{1000\eta\eta_1\tau}, \quad (3.3.8)$$

$\tau$  – , ;  $\eta_1$  – ( $\eta_1 = 0,85...0,98$ );  
 – , / .

6.

6–

	, /
( )	5000...12000
( 5...7 ° )	15000...30000
( 10...20 ° )	30000...45000

( )

$$N = \frac{\Sigma}{1000\eta}, \quad (3.3.9)$$

$A_z$  — , / ;  $n$  —

1, 3, 4, 2

$$_1 = zb\pi\rho_T n^2 \cos(90 - \alpha)(r_1^2 - r_2^2) \cdot [(1 - k)\pi^2(r_1^2 + r_2^2) + 0,5ks^2], \quad (3.3.10)$$

$z$  — , ;  $b$  — , ;  $\alpha$  — , ;  $r_1$  — , ;  $r_2$  — , ;  $k$  — , ;  $k = 0, 1 \dots 0,5$ ;  $s$  — , ;

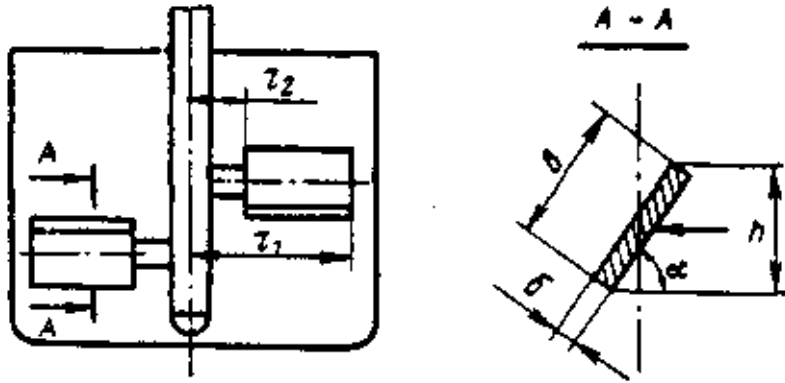
$$_2 = 0,5zb\delta\pi^2\rho n^2(r_1^3 - r_2^3), \quad (3.3.11)$$

$\delta$  — , / <sup>3</sup> (  $\rho = 7800$  / <sup>3</sup>);

$$_3 = \frac{(t_2 - t_1)}{n\tau} + \frac{(t_4 - t_3)}{n\tau}, \quad (3.3.12)$$

— , ; — , ;  $t_1, t_2$  — , ° ;  $t_3, t_4$  — , ° .

2.



2-

$$t_3 = \frac{(t_2 - t_1) \left( \frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right)}{n\tau}, \quad (3.3.13)$$

$$t_4 = (0,05 \dots 0,1) t_1, \quad (3.3.14)$$

$$N = \frac{Qw}{\eta}, \quad (3.3.15)$$

$Q$  -

, / ;  $w$  -  
0,0025...0,0026 · / ;  $\eta$  -

### 3.3.2

#### 3.3.2.1

, 350 / ; 7%.  
150 , - 250 .  
( ) :  $r_1 = 140$ ;  $r_2 = 30$ ;  $b = 15$ ;  $\delta = 10$ ;  $\alpha = 45^\circ$ .  
 $z = 2$  ;  $s = 200$  ;  
 $= 16,2$  / .  $k_0 = 1,3$ ;  $k = 0,2$ .  
 $t_1 = 28^\circ$  ,  $t_2 = 35^\circ$  .  $T = 50$  .  
 $35^\circ$  :  $T = 2500$  / ( · )  $\rho_T = 1100$  /  $^3$ ;  $= 500$   
/( · )  $\rho = 7800$  /  $^3$  .  
,  $= 16$  .  $\eta = 0,85$ .

#### 3.3.2.2

$Q$  -

, / ;

$Q$  – , / ;  
 – , % ;  
 $k$  – ( ,  $k = 1, 2, \dots, 1, 3$ );  
 $l$  – , / ;  
 $2$  – , / ;  
 $3$  – , / ;  
 $4$  – , / ;  
 $\Sigma$  – , / ;  
 $N$  – , ;  
 $\eta$  – ,  $\eta = 0,85$ ;  
 $z$  – ;  
 $b$  – , ;  
 $\rho$  – , / <sup>3</sup>;  
 $\rho$  – , / <sup>3</sup>;  
 – , / ;  
 $\alpha$  – , ;  
 $r_1$  – , ;  
 $r_2$  – , ;  
 $k$  – ( ,  $k = 0, 1, \dots, 0, 5$ );  
 $s$  – ( ,  $s = 0, 2$  );  
 $\delta$  – , ;  
 $t_1, t_2$  – , ° ;  
 $t_3, t_4$  – , ° ;  
 – , ;  
 – , ;  
 – , ;  
 / ( · ) ;

### 3.3.2.3

, [1, 2].  
 ( / )

(3.3.2):

$$Q = \frac{Q (100 + y)k}{100 \cdot 3600} = \frac{350 \cdot (100 + 7) \cdot 1,3}{100 \cdot 3600} = 0,135 .$$

( / ),  
 (3.3.10):



$$Q = \frac{V\rho K_2}{\tau}, \quad (3.3.16)$$

2- ( 2 = 0,3...0,5; 2 = 0,7...0,9).

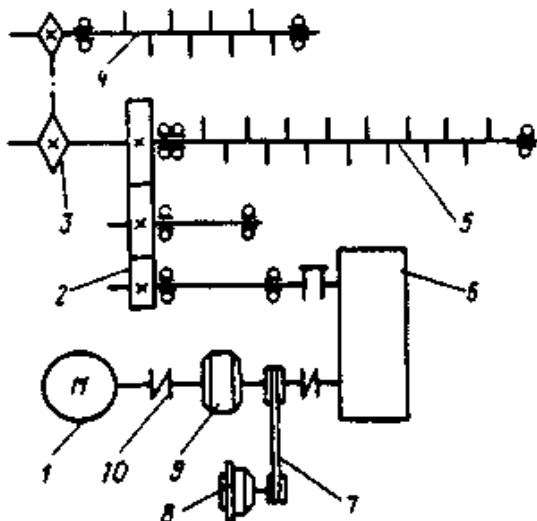
$$Q = z \frac{\pi D^2}{240} t \rho n K_2 K_3, \quad (3.3.17)$$

z- ; D- ; t- ; - ; -1; 3- ( 3 = 0,3...0,5). Q ( / ) -1 ( -

$$Q = 0,25\pi D^2 s n \rho k, \quad (3.3.18)$$

$$Q = 0,25\pi D^2 \frac{L}{\tau} \rho k, \quad (3.3.19)$$

D- ; s- ; - ; / ; \rho- ; / 3; k- ( 0,2...0,5); L- ; \tau, -



3- -1 :

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

Таблица 8 – Варианты расчетного задания №3

№ вар-та	$Q_{\text{ис}}$ кг/ч	$\gamma$ , %	$k_0$	$\eta$	$z$ , шт.	$b$ , м	$\rho_{\text{л}}$ кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{\text{л}}$ кг/м <sup>3</sup>	$n$ , об/с	$\alpha$ , град;	$r_1$ , м	$r_2$ , м	$k$	$\delta$ , м	$t_1$ , °С	$t_2$ , °С	$m_1$ , кг	$m_2$ , кг	$C_1$ Дж/(кг·град)	$C_2$ Дж/(кг·град)	$C_{\text{ж}}$ Дж/(кг·град)
0	350	7	1,3	0,85	2	0,015	1100	7800	16,2	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
1	200	7	1,3	0,85	3	0,01	1100	7800	10	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
2	220	7	1,3	0,85	4	0,011	1100	7800	10,2	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
3	230	7	1,3	0,85	5	0,012	1100	7800	10,4	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
4	240	7	1,3	0,85	6	0,013	1100	7800	10,6	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
5	250	7	1,3	0,85	2	0,014	1100	7800	10,8	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
6	260	7	1,3	0,85	3	0,015	1100	7800	11	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
7	270	7	1,3	0,85	4	0,016	1100	7800	11,2	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
8	280	7	1,3	0,85	5	0,017	1100	7800	11,4	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
9	290	7	1,3	0,85	6	0,018	1100	7800	11,6	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
10	300	7	1,3	0,85	2	0,019	1100	7800	11,8	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
11	310	7	1,3	0,85	3	0,020	1100	7800	12	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
12	320	7	1,3	0,85	4	0,021	1100	7800	12,2	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
13	330	7	1,3	0,85	5	0,022	1100	7800	12,4	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
14	340	7	1,3	0,85	6	0,023	1100	7800	12,6	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
15	350	7	1,3	0,85	2	0,024	1100	7800	12,8	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
16	360	7	1,3	0,85	3	0,025	1100	7800	13	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
17	370	7	1,3	0,85	4	0,01	1100	7800	13,2	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
18	380	7	1,3	0,85	5	0,011	1100	7800	13,4	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
19	390	7	1,3	0,85	6	0,012	1100	7800	13,6	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
20	400	7	1,3	0,85	2	0,013	1100	7800	13,8	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
21	410	7	1,3	0,85	3	0,014	1100	7800	14	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
22	420	7	1,3	0,85	4	0,015	1100	7800	14,2	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
23	430	7	1,3	0,85	5	0,016	1100	7800	14,4	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
24	440	7	1,3	0,85	6	0,017	1100	7800	15	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	
25	450	7	1,3	0,85	8	0,018	1100	7800	17	45	0,14	0,03	0,2	0,01	28	35	50	16	2500	500	

$$Q = (60 \dots 65) D n L b \rho, \quad (3.3.20)$$

$D$  — диаметр, мм;  $n$  — частота вращения, 1/с;  $L$  — длина, мм;  $b$  — ширина, мм;  $\rho$  — плотность, г/см<sup>3</sup>.

$$N = \frac{Q_H}{1000 \eta \eta_1}, \quad (3.3.21)$$

$Q_H$  — гидравлическая мощность, Вт.

$$N = \frac{(v_O + P_P v_P) z}{1000 \eta}, \quad (3.3.22)$$

$v_O$  — скорость вращения, 1/с;  $P_P$  — коэффициент полезного действия, %;  $v_P$  — скорость вращения, 1/с;  $z$  — количество зубьев;  $\eta$  — КПД.

$$F = \left[ R \rho t g^2 \left( 45^\circ + \frac{\gamma}{2} \right) + 2c \cdot t g \left( 45^\circ + \frac{\gamma}{2} \right) \right] \cdot (\sin \alpha - \mu \cos \alpha), \quad (3.3.23)$$

$F$  — сила, Н;  $R$  — радиус, м;  $\rho$  — плотность, г/см<sup>3</sup>;  $t$  — толщина, м;  $\gamma$  — угол трения, °;  $c$  — коэффициент сцепления, Н/м<sup>2</sup>;  $\alpha$  — угол наклона, °;  $\mu$  — коэффициент трения.

$$F = \left[ R \rho t g^2 \left( 45^\circ + \frac{\gamma}{2} \right) + 2c \cdot t g \left( 45^\circ + \frac{\gamma}{2} \right) \right] \cdot (\cos \alpha + \mu \sin \alpha). \quad (3.3.24)$$

$$v = v_p \cos \alpha \sin \alpha. \quad (3.3.25)$$

$$v_p = \omega R, \quad (3.3.26)$$

$$\omega = \frac{\pi R}{30}. \quad (3.3.27)$$



### 3.3.4

#### 3.3.4.1

( )  
 , 27 ( )  
 $\tau = 23$  ). 0,85, 0,92.

#### 3.3.4.2

- , / ;  
 $Q$  - , / ;  
 $Q_H$  - , / ;  
 $N$  - , ;  
 $\tau$  - , ;  
 - , ;  
 $\eta$  - ;  
 $\eta_l$  - .

#### 3.3.4.3

, [1, 2].

$$Q = \frac{Q}{\tau \cdot 3600} = \frac{27000}{23 \cdot 3600} = 0,326 \quad / . \quad (3.3.21),$$

$$N = \frac{Q_H}{1000\eta\eta_1} \approx \frac{8000 \cdot 0,326}{1000 \cdot 0,92 \cdot 0,85} = 3,34 .$$

$$= N \cdot \tau = 3,34 \cdot 23 = 76,82 .$$

9 -

	$Q_H$ , / ;	$N$ , ;	, . .
0	0,326	3,34	76,82

## 3.3.4.4

4

4

10.

10 –

4

	, /	$Q$ , /	$\tau$ ,	$\eta$	$\eta_l$
0	8000	27000	23	0,92	0,85
1	8000	15000	20	0,92	0,85
2	8000	16000	21	0,92	0,85
3	8000	17000	22	0,92	0,85
4	8000	18000	23	0,92	0,85
5	8000	19000	20	0,92	0,85
6	8000	20000	21	0,92	0,85
7	8000	21000	22	0,92	0,85
8	8000	22000	23	0,92	0,85
9	8000	23000	20	0,92	0,85
10	8000	24000	21	0,92	0,85
11	8000	25000	22	0,92	0,85
12	8000	26000	23	0,92	0,85
13	8000	27000	20	0,92	0,85
14	8000	28000	21	0,92	0,85
15	8000	29000	22	0,92	0,85
16	8000	30000	23	0,92	0,85
17	8000	31000	20	0,92	0,85
18	8000	32000	21	0,92	0,85
19	8000	33000	22	0,92	0,85
20	8000	34000	23	0,92	0,85
21	8000	35000	23	0,92	0,85
22	8000	36000	20	0,92	0,85
23	8000	37000	21	0,92	0,85
24	8000	38000	22	0,92	0,85
25	8000	39000	23	0,92	0,85

## 3.4

[1, 2]

### 3.4.1

$$Q = 0,25 \rho (R_2^2 - R_1^2) \left( S - \frac{b_2 + b_1}{2 \cos \alpha} \right) K_H K = Q_T K \quad (3.4.1)$$

— ;  $\rho$  — ; / <sup>3</sup>; —  
 , ;  $S$  — ;  $R_2$  —  $R_1$  — ;  $(S = mS_0, S_0$  —  
 );  $b_2$  —  $b_1$  — ;  $\alpha$  —  
 , , :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{2\pi R_{CP}} \quad (3.4.2)$$

$R_C$  — , ( $R_C = (R_1 + R_2)/2$ ); —  
 , ( 4); —  
 ( ):

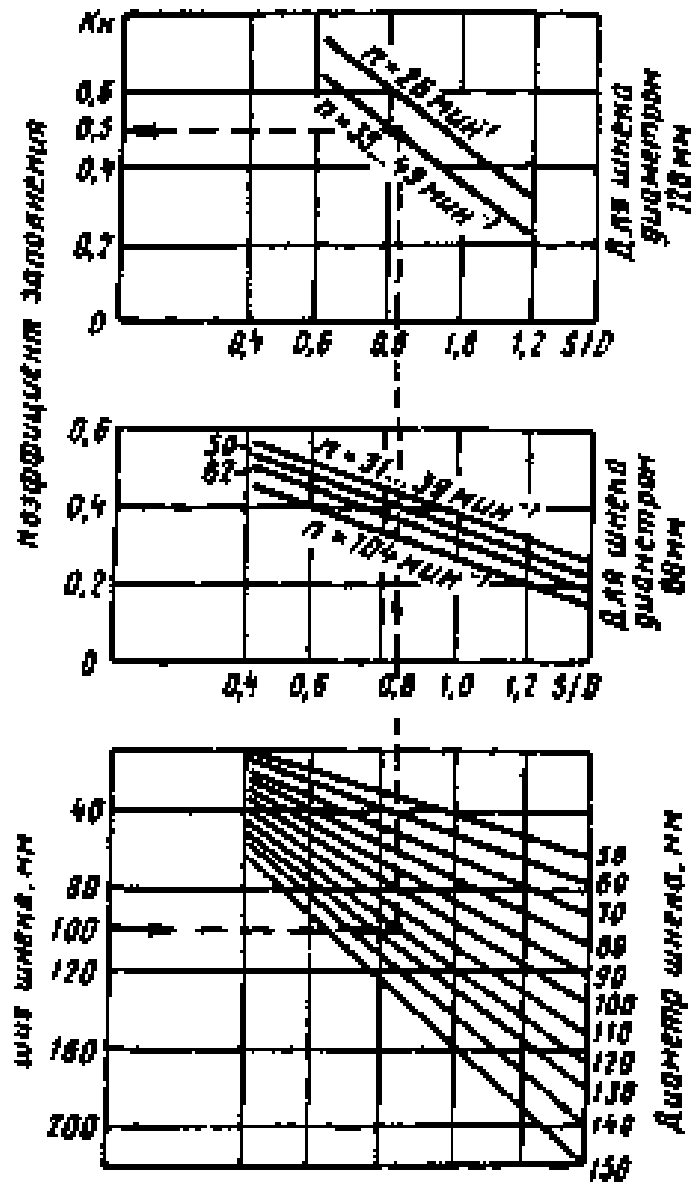
$$\frac{\rho}{\rho} = \frac{\rho}{\left( 12,9 - \frac{176,7}{W_1} \right) \cdot 10^{-3} p + 1,373} \quad (3.4.3)$$

, / <sup>3</sup>;  $W_1$  — , / <sup>3</sup>;  $\rho$  —  
 , %; — ;  
 ( = 0,9...0,95).

$$Q = 0,25 \rho (R_2^2 - R_1^2) \left( S - \frac{b_2 + b_1}{2 \cos \alpha} \right) \quad (3.4.4)$$

( )

$$N = 215 p \operatorname{tg} \alpha (R_2^3 - R_1^3) \cdot 10^{-6} . \quad (3.4.5)$$



4 -

( )

( / )

$$Q = 3600 v \rho f \cdot \frac{100 - W_1}{100 - W_2} , \quad (3.4.6)$$

$v -$  ,  $^2$ ;  $W_2 -$  ,  $/$ ;  $f -$  , %.

( $^2$ )  
 $:$   
 $)$  ( $)$

$$f_1 = \frac{n_0 \pi (d_H^2 - d_B^2)}{4} , \quad (3.4.7)$$

$o -$  ,  $d_B -$  , ;  $d_H -$  -  
 $)$  , ;

$$f_2 = \frac{n_0 \pi d^2}{4} , \quad (3.4.8)$$

$d -$  , ;  
 $)$

$$f_3 = n_0 b a , \quad (3.4.9)$$

$b -$  , ; - , .  
 $,$   $^2$  ,

$$F = \frac{f}{K_f} , \quad (3.4.10)$$

$K_f -$  ( 11).

, ,

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} . \quad (3.4.11)$$

, ,

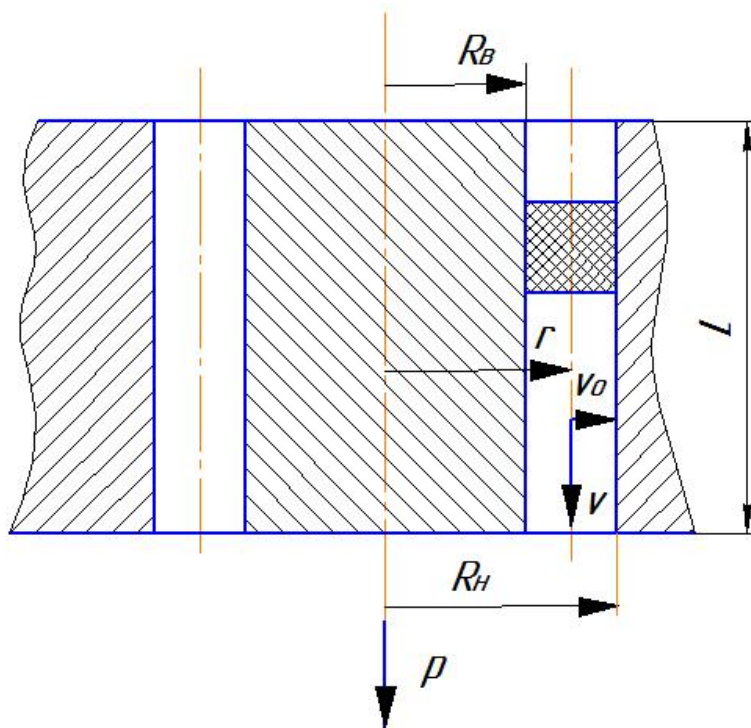
$$L = \frac{F}{B} , \quad (3.4.12)$$

- , ( = 0,1 ).

	( ),		$f$
	7,0	520	0,203
	5,5	464	0,187
		600	0,137
	5,5	462	0,156
		454	0,849
	1,5	1938	0,150
	2,5	1122	0,062
	5,0×1,0	436	0,020
	4,0×1,0	1140	0,079

( / )

) ( 5) :



5 –

$$v = v_0 + \frac{1}{4\mu} \left( \frac{dp}{dz} + \rho_T g \right) \left( \ln \frac{R_H}{R_B} \right)^{-1} \left[ (R_H^2 - R_B^2) \ln \frac{r}{R_B} - (r^2 - R_B^2) \ln \frac{R_H}{R_B} \right], \quad (3.4.13)$$

$v_0 = 0$ ;  $\mu = 0,4 \cdot 10^4 \dots 0,5 \cdot 10^6$  ;  $dp/dz =$

$\Delta$  / ( $\Delta -$  , ;  $\Delta = 2...6 \cdot 10^6$  ;  $l -$  ;  
 $l = 0,003...0,007$  );  $R_H -$  , ;  $R_B -$  , ;  $r -$  , ,

$$r = \frac{R_H - R_B}{2} + R , \quad (3.4.14)$$

)

$$v = v_0 + \frac{R^2}{4\mu} \left( \frac{dp}{dz} + \rho_T g \right) \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right] , \quad (3.4.15)$$

$R -$  , ;  $r = R/2$  , ;

)

$$v = v_0 + \frac{1}{\mu} \left( \frac{dp}{dz} + \rho_T g \right) \frac{b^2 - a^2}{2} , \quad (3.4.16)$$

$b -$  , .

( ) -

$$H = B \sqrt{\frac{A_p}{[\sigma]}} , \quad (3.4.17)$$

$A_p -$  ,

1,4...13,7;  $[\sigma] -$   
 , ( $[\sigma] = 240...300$  ) .

### 3.4.2

#### 3.4.2.1

-  
30

% 120 , 8 . 55 , 100 , -  
 5 25 , 41 -1.

### 3.4.2.2

$\rho$  – ;  
 $\rho$  – , / <sup>3</sup>;  
 $W_1$  – , %;  
 – , ;  
 – , -1;  
 $R_2$   $R_1$  – , ;  
 $R_C$  – , ( $R_C = (R_1 + R_2)/2$ );  
 $S$  – , ;  
 $b_2$   $b_1$  – , ;  
 $\alpha$  – , ;  
 – ;  
 – ;  
 – , ( $= 0,9...0,95$ );  
 $Q$  – , / ;  
 $Q$  – , / ;  
 $N$  – , ;  
 $\eta$  – , ;

### 3.4.2.3

, [1, 2]  
 1) = 0,9.  
 2) ( 3) 120  
 0,5. (3.4.3)  
 $\rho = 0,719 / ^3$

$$= \frac{\rho}{\rho} = \frac{\rho}{\left(12,9 - \frac{176,7}{W_1}\right) \cdot 10^{-3} p + 1,373} = \frac{0,719}{\left(12,9 - \frac{176,7}{30}\right) \cdot 10^{-3} \cdot 8 + 1,373} = 0,5 .$$

$$\rho = \left(12,9 - \frac{176,7}{30}\right) \cdot 10^{-3} \cdot 8 + 1,373 = 1,43 / ^3 .$$

3) (3.4.2):



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{2\pi R_{CP}} = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{6+2,75}{2}} = 0,36; \alpha = 20^\circ.$$

4) (3.4.1),

$$Q = 0,25 \cdot \rho \cdot \left( \frac{r_2}{2} - \frac{r_1}{1} \right) \left( -\frac{b_2 + b_1}{2 \cos \alpha} \right) \cdot H =$$

$$= 0,25 \cdot 1 \cdot 1,43 \cdot 41(6^2 - 2,75^2) \left( 10 - \frac{2,5 + 0,5}{1,88} \right) \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,9 = 793$$

$$Q = 0,25 \cdot \rho \cdot \left( \frac{r_2}{2} - \frac{r_1}{1} \right) \left( -\frac{b_2 + b_1}{2 \cos \alpha} \right) =$$

$$= 0,25 \cdot 1 \cdot 1,43 \cdot 41(6^2 - 2,75^2) \left( 10 - \frac{2,5 + 0,5}{1,88} \right) = 3501$$

5) (3.4.5):

$$N = 215p \cdot \operatorname{tg} \alpha (R_2^3 - R_1^3) \cdot 10^{-6} = 215 \cdot 8 \cdot 41 \cdot 0,36 \cdot (6^3 - 2,75^3) \cdot 10^{-6} = 5$$

6)

$$\eta = \frac{Q}{N} = \frac{702}{3120} = 0,23.$$

12.

12 –

				$\rho, \frac{1}{3}$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\alpha,$	$Q, \frac{1}{1}$	$Q, \frac{1}{1}$	N,	$\eta$
0	0,5	0,5	0,9	1,43	0,36	20	793	3501	5	0,23

**3.4.2.4**

**5**

5

13.

-		$\rho$ , / 3	$W_1$ , %	,	, <sub>-1</sub>	$R_1$ ,	$R_2$ ,	$S$ ,	$b_1$ ,	$b_2$ ,
0	1	0,719	30	8	41	2,75	6	10	0,5	2,5
1	1	0,719	35	8	41	2,75	6	10	0,5	2,5
2	2	0,719	30	8	41	2,75	6	10	0,5	2,5
3	3	0,719	35	8	41	2,75	6	10	0,5	2,5
4	4	0,719	30	8	41	2,75	6	10	0,5	2,5
5	5	0,719	35	8	41	2,75	6	10	0,5	2,5
6	1	0,719	35	9	41	2,75	6	10	0,4	2,5
7	2	0,719	30	9	41	2,75	6	10	0,4	2,5
8	3	0,719	35	9	41	2,75	6	10	0,4	2,5
9	4	0,719	30	9	41	2,75	6	10	0,4	2,5
10	5	0,719	35	9	41	2,75	6	10	0,4	2,5
11	1	0,719	35	10	41	2,75	6	10	0,3	2
12	2	0,719	30	10	41	2,75	6	10	0,3	2
13	3	0,719	35	10	41	2,75	6	10	0,3	2
14	4	0,719	30	10	41	2,75	6	10	0,3	2
15	5	0,719	35	10	41	2,75	6	10	0,3	2
16	1	0,719	40	10	41	2,75	6	10	0,3	2
17	2	0,719	40	10	41	2,75	6	10	0,3	2
18	3	0,719	40	10	41	2,75	6	10	0,3	2
19	4	0,719	40	10	41	2,75	6	10	0,3	2
20	5	0,719	40	10	41	2,75	6	10	0,3	2
21	1	0,719	40	7	41	2,75	6	10	0,5	2
22	2	0,719	40	7	41	2,75	6	10	0,5	2
23	3	0,719	40	7	41	2,75	6	10	0,5	2
24	4	0,719	40	7	41	2,75	6	10	0,5	2
25	5	0,719	40	7	41	2,75	6	10	0,5	2

### 3.4.3

#### 3.4.3.1

600 . 5,5 1,5 ,  
 2·10<sup>6</sup> . 13%. 30%.  
 1430 / <sup>3</sup>. 0,43·10<sup>6</sup>. 0,006 .  
 0,01 / .

### 3.4.3.2

$f$  – , 2;  
 $d_H$  – , ;  
 $d_B$  – , ;  
 $h$  – , ;  
 $o$  – , ;  
 $f$  – , 2;  
 $F$  – , ;  
 $D$  – , ;  
 $v_0$  – ,  $v_0 = 0$  / ;  
 $v$  – , / ;  
 $\rho$  – , / 3;  
 $\Delta$  – , ;  
 $l$  – , ;  
 $W_1$  – , %;  
 $W_2$  – , %;  
 $\mu$  – , ;  
 $R$  – , ;  
 $R$  – , ;  
 $r$  – , ;  
 $Q$  – , / ;

### 3.4.3.3

, [1, 2].

1) :

$$d_B = d_H - 2h = 5,5 - 2 \cdot 1,5 = 2,5 \text{ .}$$

2) (3.4.7):

$$f = \frac{n_0 \pi (d_H^2 - d_B^2)}{4} = \frac{600 \cdot 3,14 \cdot (5,5^2 - 2,5^2)}{4} = 11310 \text{ }^2.$$

3) 11 :

$$f = 0,137.$$

4) (3.4.10):

$$F = \frac{f}{K_f} = \frac{11310}{0,137} = 82553 \text{ }^2.$$

5) , (3.4.11):

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 82511}{3,14}} = 324 \quad .$$

6) :

$$R_H = d_H / 2 = 0,0055 / 2 = 0,00275 \quad ;$$

$$R_B = d_B / 2 = 0,0025 / 2 = 0,00125 \quad .$$

7) (3.4.14):

$$r = \frac{R_H - R_B}{2} + R = \frac{0,00275 - 0,00125}{2} + 0,00125 = 0,002 \quad .$$

8) (3.4.13):

$$\begin{aligned} v &= v_0 + \frac{1}{4\mu} \left( \frac{dp}{dz} + \rho_T g \right) \left( \ln \frac{R_H}{R_B} \right)^{-1} \left[ (R_H^2 - R_B^2) \ln \frac{r}{R_B} - (r^2 - R_B^2) \ln \frac{R_H}{R_B} \right] = \\ &= 0,01 + \frac{1}{4 \cdot 0,43 \cdot 10^6} \left( \frac{2 \cdot 10^6}{0,006} + 1430 \cdot 9,8 \right) \left( \ln \frac{0,00275}{0,00125} \right)^{-1} \times \\ &\times \left[ (0,00275^2 - 0,00125^2) \ln \frac{0,002}{0,00125} - (0,002^2 - 0,00125^2) \ln \frac{0,00275}{0,00125} \right] = 0,01 \quad / . \end{aligned}$$

9) (3.4.6):

$$Q = 3600 v \rho f \cdot \frac{100 - W_1}{100 - W_2} = 3600 \cdot 0,01 \cdot 1430 \cdot 11310 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{100 - 30}{100 - 13} = 479 \quad / .$$

14.

14 -

-	$d_B,$	$f,$	$f$	$F, 2$	$D,$	$R ,$	$R ,$	$r,$	$v,$	$Q,$
		<sup>2</sup>							/	/
0	0,0025	11310	0,137	82553	324	0,00275	0,00125	0,002	0,01	479

-	$d_H,$	$h,$	$\rho,$	$v_0,$	$\rho,$	$\Delta,$	$l,$	$W_1,$	$W_2,$	$\mu,$
			.	/	/ <sup>3</sup>			%	%	.
0	0,0055	0,0015	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
1	0,0055	0,0010	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
2	0,0055	0,0011	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
3	0,0055	0,0012	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
4	0,0055	0,0013	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
5	0,0055	0,0014	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
6	0,0055	0,0016	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
7	0,0055	0,0017	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
8	0,0055	0,0018	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
9	0,0055	0,0019	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
10	0,0055	0,0020	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
11	0,0055	0,0021	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
12	0,0055	0,0022	600	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,006	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
13	0,007	0,0023	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
14	0,007	0,0010	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
15	0,007	0,0011	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
16	0,007	0,0012	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
17	0,007	0,0013	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
18	0,007	0,0014	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
19	0,007	0,0016	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
20	0,007	0,0017	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
21	0,007	0,0018	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
22	0,007	0,0019	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
23	0,007	0,0020	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
24	0,007	0,0021	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$
25	0,007	0,0022	520	0,01	1430	$2 \cdot 10^6$	0,007	30	13	$0,43 \cdot 10^6$

## 3.4.4

( / )

$$Q = mv\rho F, \quad (3.4.18)$$

$10^{-2}$  / ,  $\rho -$  (  $\rho = 950 \dots 1100$  /  $^3$  );  $d -$   $v = (0,7 \dots 1,0) \cdot$

$$F = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (3.4.19)$$

$$G = \frac{\rho v F}{nz}, \quad (3.4.20)$$

$$N = \frac{N_1}{\eta_1} + \frac{N_2}{\eta_2} + \frac{N_3}{\eta_3} + \frac{N_4}{\eta_4}, \quad (3.4.21)$$

$$N_1 = \frac{M\omega}{1000}, \quad (3.4.22)$$

$$\approx r^2 l (\alpha + 2\beta) \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.4.23)$$

$$N_2 = \frac{P_{vC}}{1000}, \quad (3.4.24)$$

— , ; = qL; q —  
 . q = 0,1 ... 0,15 / ; L —  
 , ; L = md; v — , / ; d — , .

$$N_3 = 2 \cdot 10^{-3} K \sigma b R v i, \quad (3.4.25)$$

— ( = 1,15);  $\sigma$  —  
 (  $\sigma = 0,05$  ); b —  
 , ; v — , b = (4...6) · 10<sup>-3</sup> ; R —  
 , / ; i —

### 3.4.5

#### 3.4.5.1

— : 0,8 · 10<sup>-2</sup> / ,  
 , 3, 0,05 .  
 2 30<sup>-1</sup>.

#### 3.4.5.2

F — ,<sup>2</sup>;  
 Q — , / ;  
 G — , ;  
 v — , / ;  
 — ;  
 d — , ;  
 z — ( ) ;  
 — ,<sup>-1</sup>;  
 $\rho$  — , /<sup>3</sup>.

#### 3.4.5.3

— , [1, 2]

1) (3.4.19):





-	v, /		d,	z	, <sup>-1</sup>	ρ, / <sup>3</sup>
0	0,008	3	0,05	2	0,5	1000
1	0,003	4	0,05	2	0,5	1000
2	0,004	4	0,05	2	0,5	1000
3	0,005	4	0,05	2	0,5	1000
4	0,006	4	0,05	2	0,5	1000
5	0,007	4	0,05	2	0,5	1000
6	0,003	5	0,04	3	0,5	950
7	0,004	5	0,04	3	0,5	950
8	0,005	5	0,04	3	0,5	950
9	0,006	5	0,04	3	0,5	950
10	0,007	5	0,04	3	0,5	950
11	0,003	1	0,06	4	0,6	1050
12	0,004	2	0,06	4	0,6	1050
13	0,005	3	0,06	4	0,6	1050
14	0,006	4	0,06	4	0,6	1050
15	0,007	5	0,06	4	0,6	1050
16	0,003	5	0,07	5	1	1100
17	0,004	4	0,07	5	1	1100
18	0,005	3	0,07	5	1	1100
19	0,006	2	0,07	5	1	1100
20	0,007	1	0,07	5	1	1100
21	0,003	5	0,08	7	0,7	1000
22	0,004	4	0,08	7	0,7	1000
23	0,005	3	0,08	7	0,7	1000
24	0,006	2	0,08	7	0,7	1000
25	0,007	1	0,08	7	0,7	1000

(<sup>-1</sup>) ( )

$$n = \frac{Q_{OK}d}{\lambda \pi D \mu} \tag{3.4.28}$$

, / ,

$$Q_{OK} = \frac{v}{a} \tag{3.4.29}$$

v – , / ; – , ;

$$v = \frac{v_H - v}{2} \varepsilon, \quad (3.4.30)$$

$v_H -$  , / ;  $v -$  , / ;  $\varepsilon -$   
 $(\varepsilon = 0,8)$ .

( / )

$$Q = \frac{v - v}{a} \varepsilon, \quad (3.4.31)$$

$v_H -$  , / ;  $v -$  , / ;  $\varepsilon -$   
 $(\varepsilon = 0,8)$ ;  $-$   $5$   $($   $)$ .

### 3.4.7

#### 3.4.7.1

$1100$  /  $^3$ ),  $0,40$  ,  $0,20$ .  $60$   $^{0,85}$   $^{-1}$ ,  $0,82$ ,

#### 3.4.7.2

$Q -$  , / ;  $D -$  , ;  $d -$  , ;  $-$  ,  $^{-1}$ ;  $-$  , ;  $\lambda -$  ,  $(\lambda = 0,8 -$   
 $0,85)$ ;  $\mu -$  ,  $-$  ;  
 $\rho -$  , /  $^3$ .

#### 3.4.7.3

, [1, 2]

1)

(3.4.27):

$$d = \sqrt[3]{\left(\frac{6m}{\pi\rho}\right)} = \sqrt[3]{\left(\frac{6 \cdot 0,85}{3,14 \cdot 1100}\right)} = 0,114 \text{ .}$$

2)  
(3.4.26):

$$Q_{OK} = \frac{\lambda \pi D n \mu}{d} = \frac{0,82 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 0,9}{0,114} = 1,8 \text{ . / .}$$

18.

18 –

	$d,$	$Q, \text{ /}$
0	0,114	1,8

**3.4.7.4**

**8**

8

19.

**3.4.8**

**3.4.8.1**

0,8, 1,5 / , 0,5 / , -  
0,75 .

**3.4.8.2**

$Q$  – , / ;  
– , ;  
 $v$  – , / ;  
 $v_H$  – , / ;  
 $v$  – , / ;  
 $\varepsilon$  – ;

**3.4.8.3**

, [1, 2].

1)  
(3.4.30):

$$v = \frac{v_H - v}{2} \varepsilon = \frac{1,5 - 0,5}{2} \cdot 0,8 = 0,4 \text{ / .}$$

-	,	$\rho, / ^3$	$\lambda$	$D,$	, <sup>-1</sup>	$\mu$
0	0,85	1100	0,82	0,4	60	0,20
1	0,2	1070	0,8	0,3	40	0,2
2	0,25	1080	0,81	0,4	50	0,2
3	0,3	1090	0,82	0,5	60	0,2
4	0,35	1100	0,83	0,3	70	0,2
5	0,4	1110	0,84	0,4	80	0,2
6	0,45	1120	0,85	0,5	90	0,2
7	0,5	1130	0,8	0,3	100	0,2
8	0,55	1140	0,81	0,4	40	0,2
9	0,6	1150	0,82	0,5	50	0,2
10	0,65	1160	0,83	0,3	60	0,2
11	0,7	1170	0,84	0,4	70	0,2
12	0,75	1180	0,85	0,5	80	0,2
13	0,8	1190	0,8	0,3	90	0,2
14	0,85	1200	0,81	0,4	100	0,2
15	0,9	1070	0,82	0,5	40	0,2
16	0,95	1080	0,83	0,3	50	0,2
17	1	1090	0,84	0,4	60	0,2
18	1,05	1100	0,85	0,5	70	0,2
19	1,1	1110	0,8	0,3	80	0,2
20	1,15	1120	0,81	0,4	90	0,2
21	1,2	1130	0,82	0,5	100	0,2
22	1,25	1140	0,83	0,3	40	0,2
23	1,3	1150	0,84	0,4	50	0,2
24	1,35	1160	0,85	0,5	60	0,2
25	1,4	1170	0,82	0,3	70	0,2

2)

(3.4.29):

$$Q_{OK} = \frac{v}{a} = \frac{0,4}{0,75} = 0,53 \quad / .$$

20.

20 –

	$v, /$	$Q, /$
0	0,4	0,53

-	,	$v_H, /$	$v, /$	$\varepsilon$
0	0,75	1,5	0,5	0,8
1	0,6	1	0,4	0,5
2	0,61	1,1	0,5	0,6
3	0,62	1,2	0,6	0,7
4	0,63	1,3	0,7	0,8
5	0,64	1,4	0,8	0,5
6	0,65	1,5	0,9	0,6
7	0,66	1,6	1	0,7
8	0,67	1,7	1,1	0,8
9	0,68	1,8	1,2	0,5
10	0,69	1,9	1,3	0,6
11	0,7	2	1,4	0,7
12	0,71	1	0,2	0,8
13	0,72	1,1	0,3	0,5
14	0,73	1,2	0,4	0,6
15	0,74	1,3	0,5	0,7
16	0,75	1,4	0,6	0,8
17	0,76	1,5	0,7	0,5
18	0,77	1,6	0,8	0,6
19	0,78	1,7	0,9	0,7
20	0,79	1,8	1	0,8
21	0,8	1,9	1,1	0,5
22	0,81	2	1,2	0,6
23	0,82	1,3	1	0,7
24	0,83	1,4	1,1	0,8
25	0,84	1,2	0,7	0,9

## 3.5

[3, 4].

[3],

( ) [3]

[3].

[1, 2, 3],



$$= b\rho nk, \quad (3.5.5)$$

$a, b -$  , ;  $\rho -$  ,  $^{-1}$  ;  
 $\rho -$  , /  $^3$ ;  $k = 0, 3 \dots 0, 6$ .

( ),

$$N = \frac{4p\pi^2 \operatorname{tg} \alpha (R^2 - r^2)n + 3P_1Lv}{3000\eta}, \quad (3.5.6)$$

$-$  (  $= 0,05 \dots 0,125$  )  
 $, 0,2$  );  $\alpha -$   
 $(\alpha = 12^\circ)$ ;  $R -$  , ;  $r -$  , ;  $-$   
 $, ^{-1}$ ;  $P_1 -$  , /  
 $($   $l = 0,15$  / ,  $-$   
 $l = 0,1$  / );  $L -$  , ;  $v -$  , / ;  
 $\eta -$  .

$$= \frac{\dots}{\cdot 3600}, \quad (3.5.7)$$

$-$  ( ) , / ;  $-$   
 $, \dots$

$$N = \frac{\dots}{\dots}, \quad (3.5.8)$$

$-$  , / ;  $-$   $( = 1,04 \dots 1,05 )$ .

120...200 , 0,5...1,34<sup>-1</sup> ( : 150...250 ,  
 ).

100...250 , 150 ,  
 10...12 . 50...53%  
 / , 220 . 0,7

0,05...0,125 , 0,2 .

$$= {}^2l \rho ; \quad (3.5.9)$$

$${}_{in} = {}^2l_{in} \rho ; \quad (3.5.10)$$

$$= {}^3\rho , \quad (3.5.11)$$

$m_m$   $m_{min}$  - , ; -  
 , ; 0 - , .

$$= \frac{l}{i} = \frac{l}{i} \quad (3.5.12)$$

$$= \frac{l}{i} = \frac{l}{i} , \quad (3.5.13)$$



$$l_m / a - ; / l_{min} -$$

,

$$= (i)^{0,5}; \tag{3.5.14}$$

$$= i^{0,5}; = \frac{1}{0,5} . \tag{3.5.15}$$

5.

$$(3.5.11),$$

:

$$= \left( \frac{1}{\rho} \right)^{0,33}; = \left( \frac{i^{0,5}}{\rho} \right)^{0,33}; = \left( \frac{1}{\rho^{0,5}} \right)^{0,33} . \tag{3.5.16}$$

$$d = \left( \frac{4}{\pi\rho} \right)^{0,33}; d = \left( \frac{4 i^{0,5}}{\pi\rho} \right)^{0,33}; d = \left( \frac{4}{\pi\rho^{0,5}} \right)^{0,33} . \tag{3.5.17}$$

$$l = , \tag{3.5.18}$$

$$l_i = - . \tag{3.5.19}$$

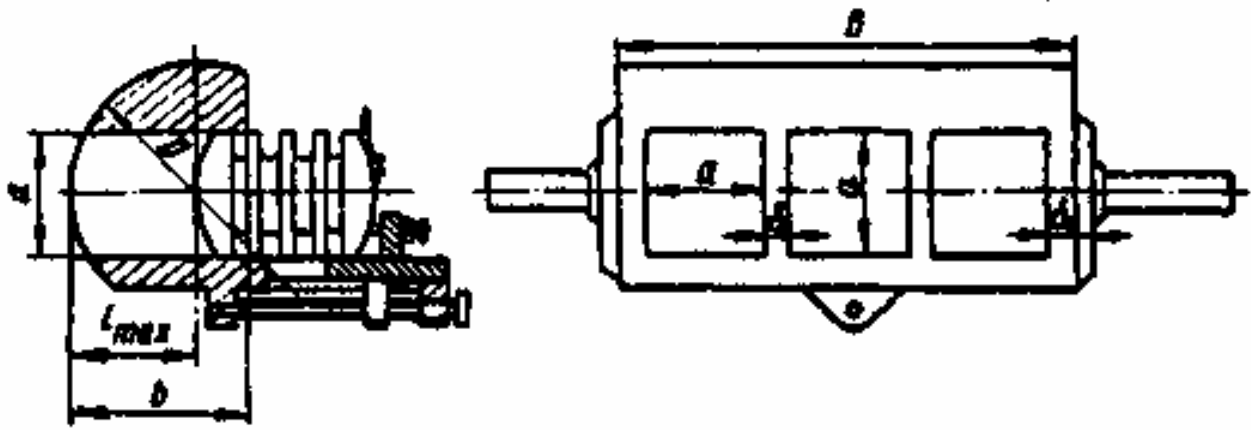
, ( 6),

$$= Sa + (S + 1)\delta_1 + 2\delta_2 , \tag{3.5.20}$$

S -

;  $\delta_1$  -

( $\delta_1 = 18...20$ );  $\delta_2$  -  
( $\delta_2 = 25$ ).

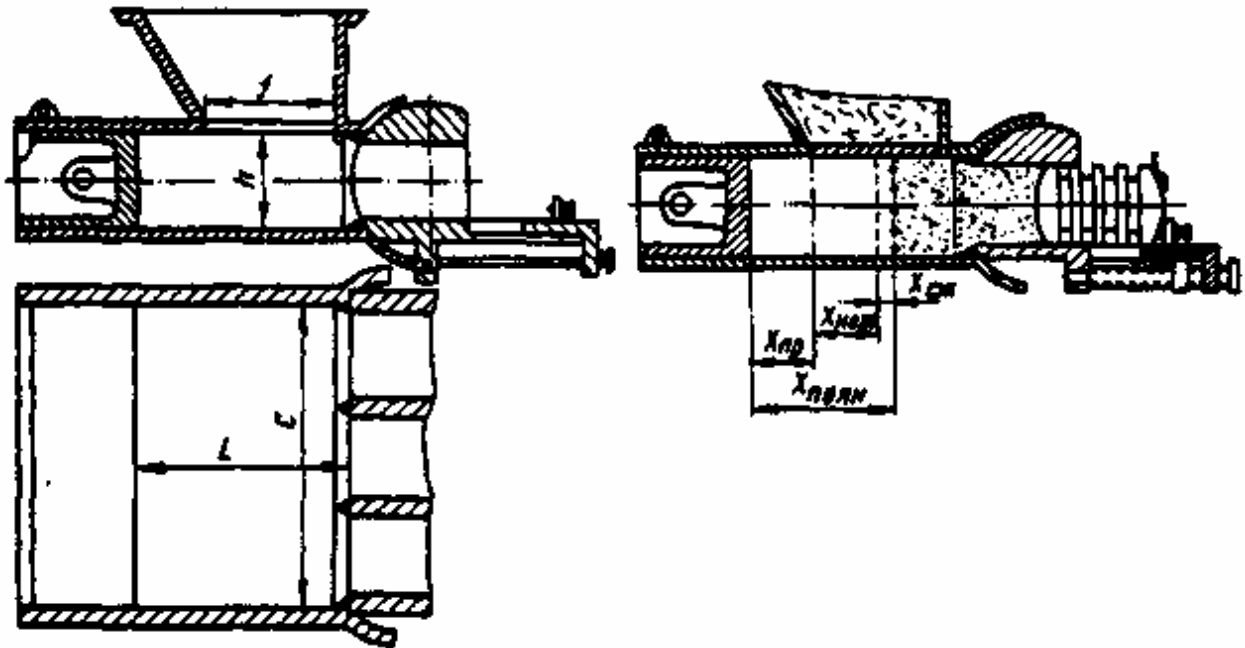


6 -

30 %

$$b = 1,3l = 1,3a^{0,5} \quad (3.5.21)$$

7)



7 -

$$V_{P.K} = (4...6)a^2l = (4...6)a^3^{0,5} ; \quad (3.5.22)$$

$$V_{P.K} = (16...20)a^3 \cdot 0,5, \quad (3.5.23)$$

$V_{P.K}$  – , ; –

( )

$$h = (1,25...1,25)a . \quad (3.5.24)$$

( )

$$= Sa + (S - 1)\delta_1 + 20 . \quad (3.5.25)$$

( )

$$L = \frac{V_{P.K}}{hC} . \quad (3.5.26)$$

( ) , 4...6 , -  
16...20 . , -

( $h$  ) . 0,75...1,00 . -

250 × 250 . , -

( )

$$= \frac{S \cdot a^3 \cdot \sqrt{K} + V_{P.K} \left( 1 - \frac{\rho_{P.K}}{\rho_{T.K}} \right)}{F \cdot h \left( 1 - \varphi \frac{\rho_{P.K}}{\rho_{T.K}} \right)} , \quad (3.5.27)$$

$\varphi$  – ( $\varphi = 0,3...0,5$ ),

$\rho_{P.K}$  – ;  $\rho_{T.K}$  – ( $\rho_{T.K} = 820...900$ );  $\rho_{T.K}$  – ( $\rho_{T.K} = 1040... 1090$ ).

### 3.5.1

#### 3.5.1.1

$1$  ,  $750 / ^3$ ,  $60 /$   $0,45$ . -  
 $150$  ,  $50$  ,  $120$  . -  
 , -  
 .

#### 3.5.1.2

$\rho$  - , / ;  
 $k$  - ;  
 $S$  - ;  
 $z$  - ;  
 $D$  - , ;  
 $d$  - , ;  
 $t$  - , ;  
 ,  $^{-1}$ ;  
 ,  $^{-1}$ .

#### 3.5.1.3

, [2].

1) (3.5.1) :

$$= \frac{60}{Sm} = \frac{60}{60 \cdot 2 \cdot 1} = 0,5^{-1}.$$

2) (3.5.2) :

$$= \frac{0,5}{0,786z(D^2 - d^2)t\rho k} = \frac{0,5}{0,786 \cdot 2 \cdot (0,15^2 - 0,05^2) \cdot 0,12 \cdot 750 \cdot 0,45} = 0,785^{-1}.$$

22 –

	-1	-1
0	0,5	0,785

**3.5.1.4**

**10**

10

23.

23 –

10

-	,	,	$\rho,$ / 3	$k$	$S$	$z$	$D$	$d$	$t$
0	1	1	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
1	0,9	1	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
2	0,8	1	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
3	0,7	1	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
4	0,6	1	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
5	0,5	1	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
6	0,4	1	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
7	0,3	1	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
8	0,9	0,9	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
9	0,8	0,8	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
10	0,7	0,7	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
11	0,6	0,6	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
12	0,5	0,5	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
13	0,4	0,4	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
14	0,3	0,3	750	0,45	2	2	0,15	0,05	0,12
15	0,9	0,9	760	0,4	2	2	0,15	0,05	0,12
16	0,8	0,7	760	0,4	2	2	0,15	0,05	0,12
17	0,7	0,7	760	0,4	2	2	0,15	0,05	0,12
18	0,6	0,6	760	0,4	2	2	0,15	0,05	0,12
19	0,5	0,5	760	0,4	2	2	0,15	0,05	0,12
20	0,4	0,4	760	0,4	2	2	0,15	0,05	0,12
21	0,3	0,3	760	0,4	2	2	0,15	0,05	0,12
22	0,8	0,5	800	0,4	2	2	0,15	0,05	0,12
23	0,9	0,6	800	0,4	2	2	0,15	0,05	0,12
24	1	0,8	800	0,4	2	2	0,15	0,05	0,12
25	1	0,9	800	0,4	2	2	0,15	0,05	0,12

1.  $\dots$  /  $\dots$  .-  $\therefore$  ,2003.-496  $\therefore$  . -
2.  $\dots$  /  $\dots$  .-  $\therefore$  ,2005.232  $\therefore$  .
3.  $\dots$  /  $\dots$  .- 2  $\therefore$  1:  $\dots$  /  $\dots$  . -
- $\therefore$   $\dots$  ,2001.-703 .
4.  $\dots$  /  $\dots$  .- 2  $\therefore$  2:  $\dots$  /  $\dots$  . -
- $\therefore$   $\dots$  ,2001.-680 .

( )

( )

«

. . .

»

«

»

:

. , . . . . .

664

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

260601.08.000

:

- 41

. . .

2011

63

( )

**СОДЕРЖАНИЕ**

Не менее 3 мм

12,5 мм	Введение.....	4
	1	6
	1.1	6
	1.2	7
	...	
	...	
	...	
	1.10	17
	Заключение	20
	Список использованных источников	21
	Приложение А	22

					<b>260601.08.000 ПЗ</b>			
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	<b>Содержание</b>	Литера	Лист	Листов
Разраб.		Миронов				У	3	22
Провер.		Гриценко						
Н.контр.		Гриценко						
Утв.		Гриценко						
						<b>РИИ АлтГТУ гр.МАПП - 41</b>		



«

»

. . .

- . . .

. . . 4,00. 05.12.11. 60 84 /16.  
35 . 111037. . 124.

658207, , . , 2/6.