

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
Институт механизации и технического сервиса

Направление: Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
Профиль: Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования
Кафедра: Общественные инженерные дисциплины

**ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

На тему: Проектирование технологического процесса изготовления
вала-червяка с разработкой люнета

Шифр ВКР 23.03.03.248.21

Студент группы Б272-08у


подпись

Гайнетдинов Р.Р.
Ф.И.О.

Руководитель доцент
ученое звание


подпись

Марданов Р.Х.
Ф.И.О.

Допущен к защите (протокол заседания кафедры № 9 от 09.03.2021г.)

Зав. кафедрой доцент
ученое звание


подпись

Пикмуллин Г.В.
Ф.И.О.

Казань – 2021

:

-

81

6

1.

9

, 8

, 1

53

,

.

.

.

.

.

.

.

.

ABSTRACT

to the final qualifying work of Gainetdinov Ramzis Rashitovich on the theme: Design of the technological process of manufacturing the worm shaft with the development of the lunette

The final qualifying work consists of an explanatory note on 81 sheets of typewritten text and a graphic part on 6 sheets of A1 format.

The note consists of an introduction, five sections, conclusions and includes 9 figures, 8 tables, 1 Annex. The list of references contains 53 titles.

In the first section, the characteristic of the parts and a service appointment.

In the second section, on the basis of the data carried out technological calculation of manufacture. The calculation of the main parameters of the technological process.

In the third section, the design of the lunette. The necessary design and technological calculations have been made.

In the fourth section, measures for the safety of life in the production of Metalworking are designed.

The fifth section provides an economic justification for the design of the device. The economic effect of the introduction and the payback period of capital investments are calculated.

The note concludes with conclusions and suggestions.

	.....	7
1.	.....	8
1.1	.....	8
1.2	.....	10
1.3	.....	14
1.4	.....	14
1.5	.....	15
1.6	.....	15
2		
	-	16
2.1.		.. 16
2.2	, ,	
	.....	19
2.2.1	.....	19
2.2.2	.....	19
2.2.3	.....	19
2.3	.....	20
2.3.1	.....	20
2.3.2	.....	26
2.3.3	.....	28
2.4	-	30
2.4.1	.....	30
2.4.2	.....	32
2.4.3	.....	33
2.4.4	-	
	.....	36
2.5.		
	.....	37

2.6	.....	38
3.	.....	40
3.1	.....	41
3.2.	.....	45
3.4.	.....	48
3.4.1	.....	48
3.4.2	.....	51
4	.....	57
4.1	-	
	.....	57
4.2	.....	61
4.3	.....	63
4.4	.....	64
4.5	.....	67
5.	.....	72
	.....	72
5.1	.....	72
5.2	-	
	.....	74
	.....	77
	.....	82

,
 -
 ,
 .
 ,
 :
 , , , , ,
 . . .
 ,
 ,
 — : «

»

1)

;

2)

,

.

1.

1.1

- , .

, , .

, .

—

, —

, () .

, , .

—

, .

, , .

, , .

, , .

, .

, , .
 , (,
 .), .

,
 , .
 - (,
),

, , .
 , , .
 , , .
 , , .

, , .
 , , .
 , , .
 , , .
 , , .

, .

6,25 X 6,25, 3

10 ,.



3.1102—70,
— 3.1105—71.

),

(

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

2.111—68.

1.2

(),

()

().

),

(

,
 ,
 .
 ,
 ,
 ,
 .
 ,
 ,
 .
 :
 6,25 X 6,25, 3
 10 .,
 ,
 .
 ,
 ,
 .
 ,
 ,
 ,

, , .
, , , , .

.

:

6,25 X 6,25, 3

10 .,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

.

:

,

,

,

,

.

.

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

()

.

(, , . .)

.

,

.

(, , ,)

.)

.

.

,

,

,

,

.

1.3

- 40 , - Ø65 - 310 .
 Ø62.

1.4

[4]:

$$t = \frac{60 \cdot F_g \cdot m}{N} = \frac{60 \cdot 2100 \cdot 2}{400} = 630 \quad (1.1)$$

$F_g=2100$ -

;

$m=2$ - ;

$N=400$. -

60,

1.5

$$n = \frac{N \cdot t}{D} = \frac{400 \cdot 10}{256} = 16 \quad .$$

N=400 . - ;

D=256 - ;

t=10 -

.

1.6

.

,

.

-

65

310 .

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

, , ,

.

.

:

6,25 X 6,25, 3

10 .,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

2.

-

2.1.

.

-

-

.

240

5

.

[4]:

000

005

010

015

020

025

030

035

-

040

2.1.

2.1

01	1	Ø 65				12.							
	2								65	240	1,5	1	
	3								12	12	6	1	
			Ø 63 l=240				Ø 10,2			63	240	1	2
	4		Ø 63	235	16 20N =11					63	95	5	1
	5									12	12	6	1
	6		Ø 112	l=55						112	55	4,5	1
	7		Ø 100	l=55						110	55	2,5	1
	8			Ø 10,2						12	40	5,1	1
9			12 1,5			15 6.			12	40	0,9	1	

2.2

, ,

2.2.1

[4]: - 16 20,
N =11 .
:

, ,
.

15 6, [4]:
, Ø 10.2 , 12,
(), ,
-1.

2.2.2

[4]: - 6 11,
N =5,5 .
:
: Ø28 , -1.

2.2.3

[4]: 3 150,
N =4.0 . :

. : Ø400 50 16
, 100-150.

2.3

2.3.1

3-

:

- 1.
- 5.
- 6.

1

[4]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \tag{2.2}$$

=60 -

;

t=5 - ;

S=0.5 / -

v

[46]:

$v=350; x=0.15; y=0.35; m=0.20$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{nv}, \tag{2.3}$$

K_{mv} - ,

;

$K_{uv}=1.0$ - ,

;

$K_{nv}=0.9$ - ,

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \tag{2.4}$$

$K_r=1.1$ - ,

;

$n_v=1.0$ - ;

=900 -

. 40 .

$$K_{mv} = 1.1 \cdot \left(\frac{750}{900} \right)^1 = 0.92$$

$$K_v = 0.92 \cdot 1.0 \cdot 0.9 = 0.83$$

$$V = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 5^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} \cdot 0.83 = 128 \quad /$$

:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 128}{3.14 \cdot 112} = 364 \quad -1$$

$$D=112 \quad -$$

$$16 \quad 20$$

$$: n_{\min}=12.5;$$

$$n_{\max}=1600 \quad -1.$$

:

$$\frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \varphi^{z-1} \quad (2.5)$$

$$z=22 \quad -$$

$$\frac{1600}{12.5} = \varphi^{21} \rightarrow \varphi = \sqrt[21]{\frac{1600}{12.5}} = 1.26$$

$$16 \quad 20 \quad [46]$$

12.5; 16; 20; 25; 31.6; 40; 50; 63; 80; 100;

125; 160; 200; 250; 316; 400; 500; 630; 800; 1000;

1250; 1600.

:

$$n = 500 \quad /$$

:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 112 \cdot 500}{1000} = 175 \quad /$$

Ø10.2

[46]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.6)$$

$$\begin{aligned} &= 25 \quad - \quad ; \\ S &= 0.28 \quad / \quad - \quad ; \\ K_{1s} &= 0.9, K_s = 0.5 \quad - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 10.2 \quad - \quad ; \\ & \quad \quad \quad C_v \quad : \end{aligned}$$

$$C_v = 9.8; q = 0.40; y = 0.30; m = 0.20$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} &K_{mv} \quad - \quad ; \\ K_{uv} &= 1.0 \quad - \quad ; \\ K_{lv} &= 0.85 \quad - \quad , \quad ([4] \quad . \quad 31). \end{aligned}$$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned} &K_r = 1.0 \quad - \quad , \\ & \quad \quad \quad ; \\ &= 900 \quad - \quad . \quad 40 \quad . \\ n_v &= 0.9 \quad - \quad . \end{aligned}$$

$$K_{mv} = 0.85 \cdot \left(\frac{750}{900} \right)^{0.9} = 0.721;$$

$$K_v = 0.721 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.721$$

$$V = \frac{9.8 \cdot 10.2^{0.4}}{25^{0.2} \cdot 0.13^{0.3}} \cdot 0.721 = 15 \quad /$$

:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15}{3.14 \cdot 10.2} = 468 \quad -1$$

:

$$n = 400 \quad -1$$

:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 10.2 \cdot 400}{1000} = 13 \quad /$$

12.

,

(S=1.5 /)

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2,9)$$

=90 -

;

D=12 - ;

S=1.5 / - .

 C_v

:

 $C_v=64.8; y=0.5; q=1.2; m=0.90.$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot t_v, \quad (2.10)$$

 $K_{mv}=0.8 -$, ,

;

 $K_{uv}=1.0 -$, ,

;

 $t_v=1.0 -$, , .

$$K_v = 0.8 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.8$$

$$V = \frac{64.8 \cdot 12^{1.2}}{90^{0.9} \cdot 1.5^{0.5}} \cdot 0.8 = 15 \quad /$$

:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15}{3.14 \cdot 12} = 398 \quad -1$$

$$n = 50 \quad -1 \quad ($$

).

:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 12 \cdot 50}{1000} = 1.9 \quad /$$

25 / .

:

[46]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (2.11)$$

=60 -

;

t=0,5 - ;

S=0.246 / -

v

:

v=420; x=0.15; y=0.20; m=0.20

$$V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0.5^{0.15} \cdot 0.246^{0.2}} \cdot 0.83 = 225 \quad /$$

:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 225}{3.14 \cdot 100} = 716 \quad -1$$

:

n = 630 /

:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 100 \cdot 630}{1000} = 197 \quad /$$

:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S^{yp} \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.12)$$

C_p :

$$C_p = 300; \quad = 1.0; \quad = 0.75; \quad n = -0.15;$$

$$t = 5.0 \quad - \quad ;$$

$$S = 0.5 \quad / \quad - \quad ;$$

$$V = 175 \quad / \quad -$$

$$= K_{mp} \cdot K_p \cdot K_p \cdot K_p \quad (2.13)$$

:

$$K_p = 0.89 \quad - \quad ,$$

$$= 90^\circ;$$

$$K_p = 1.1 \quad - \quad ,$$

$$= 0^\circ;$$

$$K_p = 1.0 \quad - \quad ,$$

$$= 0^\circ;$$

$$K_{mp} \quad -$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma}{750} \right)^n = \left(\frac{900}{750} \right)^{0.75} = 1.15,$$

$$n = 0.75 \quad -$$

$$= 1.15 \cdot 0.89 \cdot 1.1 \cdot 1.0 = 1.126$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 5.0^{1.0} \cdot 0.5^{0.75} \cdot 175^{-0.15} \cdot 1.126 = 4962$$

:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{4962 \cdot 175}{60 \cdot 1020} = 8.92$$

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{8.92}{0.85} = 10.49 < N = 11$$

2.3.2

(0.010 , 0.028).

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.14)$$

=80 – ([4] . 40);

t=6 – ;

S=0,028 / – ;

D=28 – .

C_v :

$C_v=12$; $q=0.25$; $x=0.3$; $y=0.3$; $u=0$; $p=0$; $m=0.26$.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (2.15)$$

$K_{nv}=1.0$ – ,

;

$K_{uv}=1.0$ – , ;

K_{mv} – ,

.

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma} \right)^{n_v} \quad (2.16)$$

$K_r=1.0$ – ,

;

=900 – . 40 .

$n_v=0.9$ – .

$$K_{mv} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{900} \right)^{0.9} = 0.85;$$

$$K_v = 0.85 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.85$$

$$V = \frac{12 \cdot 28^{0.25}}{80^{0.26} \cdot 6^{0.3} \cdot 0.028^{0.3}} \cdot 0.85 = 12.9 \quad /$$

:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 12.9}{3.14 \cdot 28} = 147 \quad -1$$

6 11 : 50; 63; 80; 100; 125; 160;

200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

n =125 -1.

:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 28 \cdot 125}{1000} = 11 \quad /$$

:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \quad (2.17)$$

:

C_p=68.2; x=0.86; y=0.72; u=1; q=0,86; w=0

t=6 - ;

S=0.028 - ;

z=2 - ;

D=28 - ;

=28 - .

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma}{750} \right)^n = \left(\frac{900}{750} \right)^{0.3} = 1.056$$

n=0,3 - (. 9)

$$P_z = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 6.0^{0.86} \cdot 0.028^{0.72} \cdot 28^{1.0} \cdot 2}{28^{0.86} \cdot 1} \cdot 1.056 = 772$$

:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{772 \cdot 11}{60 \cdot 1020} = 0.139$$

:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{0.139}{0.85} = 0.163 \quad < N = 5.5$$

2.3.3

	v, /	v, /	t,	s
	(30-35) 35	(12-25) 15	(0,01-0,025) 0,0175	(0,3-0,7) 8
		(15-55) 30	(0,005-0,015) 0,0075	(0,2-0,4) 5

:

$$N = C_N V^r t^x s^y \quad (2.18)$$

N

:

$$N=2.2; r=0.5; x=0.5; y=0.55.$$

$$N = 2.2 \cdot 15^{0.5} \cdot 0.0175^{0.5} \cdot 8^{0.55} = 3.5 \quad < N = 4$$

:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \gamma}{4 \cdot 10^6} = \frac{3,14 \cdot 7,85}{4 \cdot 10^6} \cdot (190^2 \cdot 500 + 112^2 \cdot 110 + 100^2 \cdot 320) = 139.5 \quad ,$$

$$= 7,85 \text{ / }^3$$

$$d=190 \quad -$$

$$L=930 \quad - \quad .$$

				t,	S, /	V, /	n, /
01			Ø 190 1=500				
	1			5	0,5	175	500
	2			7,5	0,2	18,84	500
	3			3,5	0,5	175	500
	4		Ø 112 1 = 55	5	0,5	175	500
	5		Ø 110 1 = 55	7,5	0,2	18,84	500
	6			4,5	0,5	175	500
	7		Ø 10,2 12	2,5	0,6	96	500
	8		12 1,5	5,1	0,28	13	400
	9			0,75	1,5	1,9	50
	10		Ø 190 _{0,1} 1 = 500	0,5	0,246	197	630
	11		Ø 112 h9 1 = 55	0,5	0,246	197	630
	12			0,475	0,246	197	630
	13		Ø 112 1 = 55	0,5	0,246	197	630
	14		Ø 100 k6 1 = 250	0,475	0,246	197	630
15			1,5	0,246	173	630	
02		Ø 100k6 1 = 70					
16	2	1,5 45	6	0,028	11	125	
03	17		28P9 ^(-0,022) _(-0,074)	0,0175	8	35 /	-
	18			0,0075	5	35 /	-
	19			0,0175	8	35 /	-
	20			0,0075	5	35 /	-
			Ø55,015 Ø 55 6 Ø55,015 Ø 55 6				

2.4

[46]:

... = + + + ... ,

(

), ;

;

;

;

;

n - , .

2.4.1

:

$$= \frac{L}{n \cdot S} \cdot i , \tag{2.19}$$

L -

, (1);

n - , / (2);

S - , / (2);

I - .

:

$$= \frac{l+l_1}{S \cdot n} + \frac{l+l_1}{S \cdot n_1} , \tag{2.20}$$

$l=40$ - ;

$l_1=(1...3) \cdot =3$

$S=1,5$ / - ;

$n=50$ $^{-1}$ - ;

$$n_I=25 \quad -1-$$

$$1. \quad = \frac{940}{500 \cdot 0,5} \cdot 1 = 3,76$$

$$2. \quad = \frac{12}{500 \cdot 0,2} \cdot 1 = 0,12$$

$$3. \quad = \frac{500}{500 \cdot 0,5} \cdot 2 = 4$$

$$4. \quad = \frac{95}{500 \cdot 0,5} \cdot 1 = 0,38$$

$$5. \quad = \frac{12}{500 \cdot 0,2} \cdot 1 = 0,12$$

$$6. \quad = \frac{55}{500 \cdot 0,5} \cdot 1 = 0,22$$

$$7. \quad = \frac{55}{500 \cdot 0,6} \cdot 1 = 0,18$$

$$8. \quad = \frac{40}{400 \cdot 0,28} \cdot 1 = 0,36$$

$$9. \quad = \frac{40+3}{1,5 \cdot 50} + \frac{40+3}{1,5 \cdot 25} = 1,72$$

$$10. \quad = \frac{500}{630 \cdot 0,246} \cdot 1 = 3,23$$

$$11. \quad = \frac{55}{630 \cdot 0,246} \cdot 1 = 0,35$$

$$12. \quad = \frac{55}{630 \cdot 0,246} \cdot 1 = 0,35$$

$$13. \quad = \frac{250}{630 \cdot 0,246} \cdot 1 = 1,61$$

$$14. \quad = \frac{70}{630 \cdot 0,246} \cdot 1 = 0,45$$

$$\begin{aligned}
 15. \quad &= \frac{1}{630 \cdot 0,246} \cdot 1 = 0,006 \\
 &= \Sigma = 16,86 && : \\
 & && = \Sigma \dots + \Sigma \dots, && (2.22) \\
 & \dots - && , \dots ; \\
 & \dots - && , \dots \\
 & && : \\
 & = (\Sigma + \Sigma) \cdot \frac{8}{100} = (16,86 + 17,69) \cdot \frac{8}{100} = 2,76 \\
 & - && : \\
 & \cdot = 16,86 + 2,76 + 17,69 + \frac{10}{16} = 37,94
 \end{aligned}$$

2.4.2

$$\begin{aligned}
 : & \\
 & = \frac{l + 2}{S_z \cdot z \cdot n}, && (2.23) \\
 l = 100 & \quad - && ; \\
 S_z = 0,028 & \quad / \quad - && ; \\
 z = 2 & \quad - && ; \\
 n = 125 & \quad / \quad - && \cdot \\
 & = \frac{100 + 2}{0,028 \cdot 2 \cdot 125} = 14,57 \\
 & && : \\
 & = \Sigma \dots + \Sigma \dots = 5,3 \\
 & && :
 \end{aligned}$$

$$= (\Sigma + \Sigma) \cdot \frac{7}{100} = (14,57 + 5,3) \cdot \frac{7}{100} = 1,39$$

-

:

$$\dots = 14,57 + 5,3 + 1,39 + \frac{8}{16} = 21,76$$

2.4.3

:

$$= \frac{l - 0,4 \cdot S}{S} \cdot 1,7 \cdot i, \quad (2.24)$$

$l = 70$;

$S = 47 \cdot 8$;

$n = 1$;

$S = 47 \cdot 8$;

$1,7 = 1,7$;

;

$i = 0,17$.

$$= \frac{70 - 0,4 \cdot 16}{47 \cdot 8} \cdot 1,7 \cdot 1 = 0,28$$

$$= \frac{250 - 0,4 \cdot 16}{47 \cdot 8} \cdot 1,7 \cdot 1 = 1,1$$

$$= \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 15}{3,14 \cdot 100} = 47,77^{-1},$$

$V = 15$ / ;

$d = 100$ - .

:

$$= \frac{70 - 0,4 \cdot 16}{94 \cdot 5} \cdot 1,7 \cdot 1 = 0,23$$

$$= \frac{250 - 0,4 \cdot 16}{94 \cdot 5} \cdot 1,7 \cdot 1 = 0,88$$

34

$$= \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 100} = 94 \quad /$$

$$= \Sigma = 2,49$$

:

$$= \Sigma \dots + \Sigma \dots = 3,89$$

:

$$= (\Sigma + \Sigma) \cdot \frac{9}{100} = (2,49 + 3,89) \cdot \frac{9}{100} = 0,57$$

-

:

$$\dots = 2,49 + 3,89 + 0,57 + \frac{6}{16} = 7,33$$

01									10
		1							1,0
		2							3,76 0,85
		3		Ø 56	l=65				0,12 0,6
									4 1,05
		4							1,0
		5							0,38 0,85
		6		Ø 61	l=127				0,12 0,6
		7		Ø 56	l=80				0,22 1,05
		8		Ø 10,2	12				0,18 1,05
		9		12 1,5					0,36 0,93
		10							1,72 1,48
		11		Ø 60 h8	l=47				0,88
		12		Ø 55h9	l=60				3,23 1,2
		13		Ø 55,05	l=20				0,35 1,4
		14		Ø 55 h9	l=45				0,35 1,2
		15		Ø 55,05	l=20				1,61 1,2
			2	1,5 45					0,45 1,2
									0,006 0,15
									16,86 17,69 2,76 0,625 37,94
02									8
		16							3,7
									14,57 0,8
									28P9 ^(-0,022) _(-0,074)
									14,57 5,3 1,39 0,5 21,76
03									6
		18							0,79
		19		Ø 100,015					0,28 1,0
		20		Ø 100 6					0,23 1,0
		21		Ø 100,015					1,1 0,55
				Ø 100 6					0,88 0,55
									2,49 3,89 0,57 0,375 7,33

2.4.4

-

$$= 37,94 + 21,76 + 7,33 = 67,03$$

2.5.

:

- 1) ;
- 2) ;
- 3) ;
- 4) ;
- 5)

1.

- () , -
- ,
- .
- ,
- :
-) ;
- 6) ;
-) ;
-) ;
-) ;
-) ;
-) .
- 2.

3.

4.

5.

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

), - (

,

,

,

,

,

,

,

:

6,25 X 6,25, 3

10 ,,

,

,

,

),

-

(

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

),

-

(

,

,

,

.

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

,

.

, , .
 , , .
 .
 .
 - (,) ,
 , .
 , .
 , .
 .
 , , , , .
 , , .
 , , .
 , , , , .
 , , .
 .
 .
 :
 6,25 X 6,25, 3
 10 ,, .

,
 .
 ,
 ,
 ,
 .
 .
 - ()
),
 ,
 ,
 .
 ,
 .
 .
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 .
 .
 .
 :
 6,25 X 6,25, 3
 10 ,,

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

3.

.)-

(

20

(90 %

)

ВКР 23.03.03.248.21 00.00.00.ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Гайнетдинов Р.Р.		
Провер.		Марданов Р.Х.		
Н. Контр.		Марданов Р.Х.		
Утвердил		Пикмиллин Г.В.		

Люнет

Лит.	Лист	Листов
	1	17
Казанский ГАУ каф. ОИД группа Б272-08у		

3.1

. ,

(3.1) 10

8 9 (. . ,

) 7 1,

3. 1

6 (

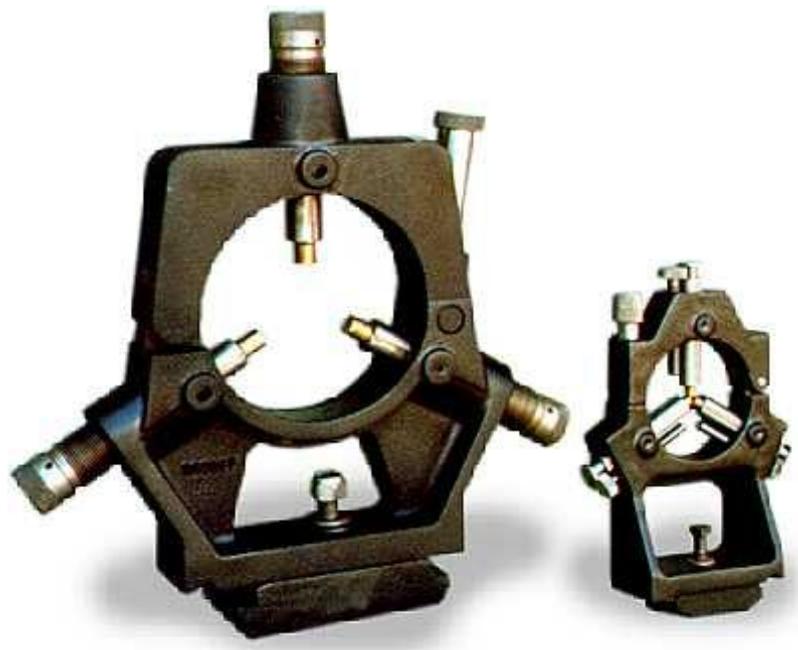
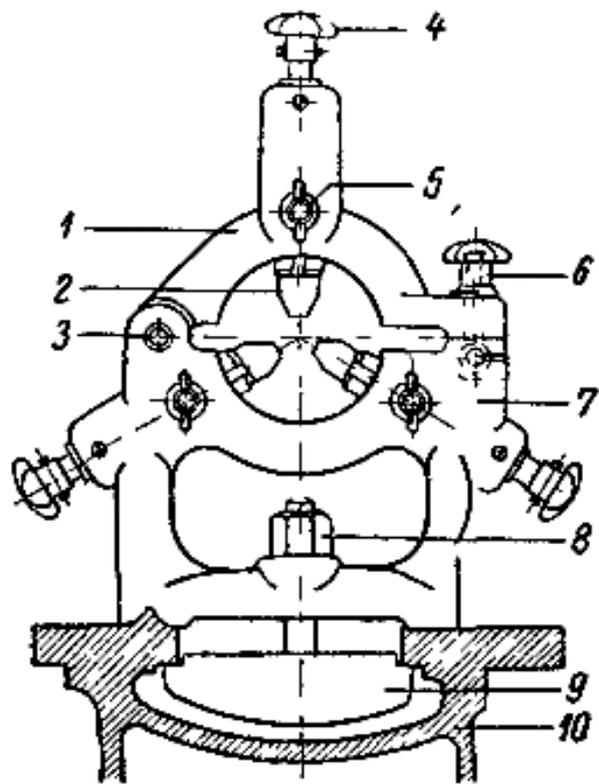
2),

, — .

4 ,

5.

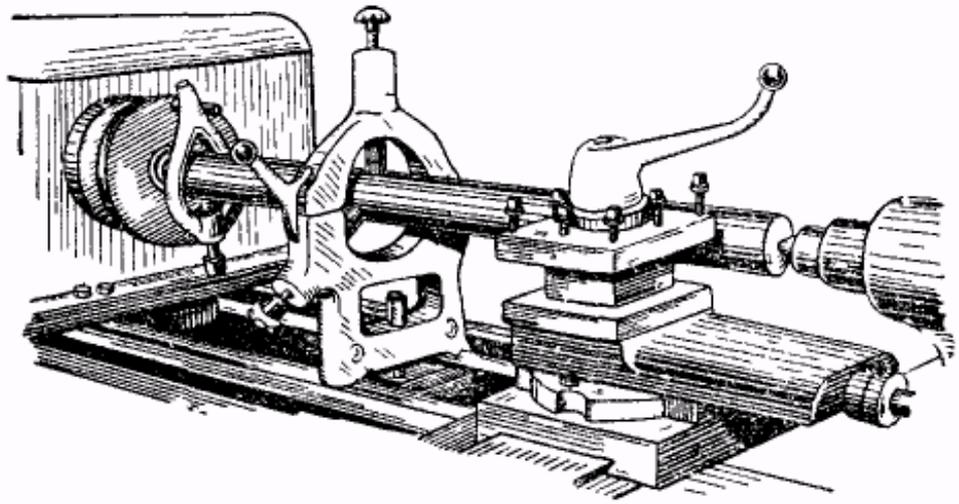
3.2.



3.1 -

(,
 .) ,
 ,
 ,
 ,

						Лист
						3



3.2

()

().

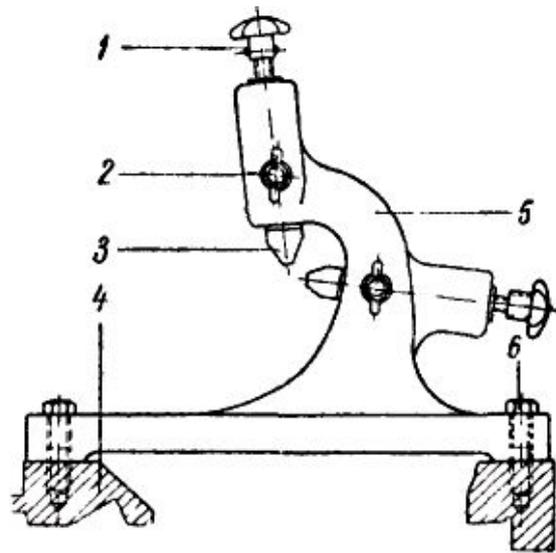
(),

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

- 1) ; 2. (3.3) 4
 6. 5
 3.

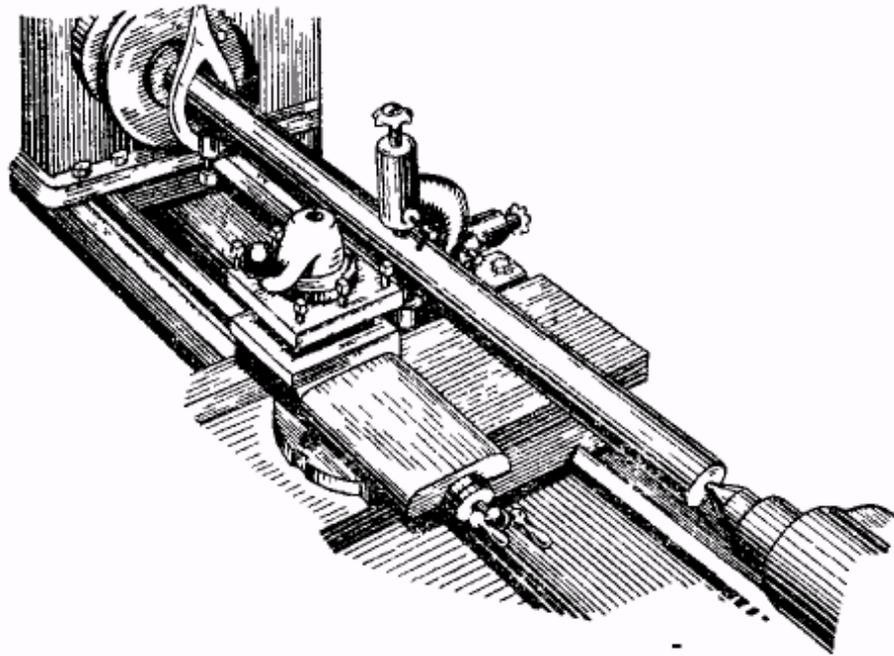
), 3.4. , (

							л/счм
							5



3.3 -





3.4 –

3.2.

3.4.

3.4.1

[2, 3, 5, 9, 11, 16, 24].

).

,

.

.

,

(

,

.).

.

,

,

.

.

,

,

: 1)

,

; 2)

; 3)

; 4)

; 5)

,

(

).

						<i>Лист</i>
						10

[2, 4, 7, 9—11, 15, 16, 19, 24].

$$A = 2 \text{ kH}$$

150%.

[2]:

$$d = 25$$

$$D = 50$$

$$B = 21$$

$$r = 2$$

$$\beta = 12^\circ$$

P_R , H.

$$P_R = \frac{R}{B - 2r} K \cdot F \cdot F_A,$$

R – ,

– ,

r – ,

K – [1, .3.5]

F –

F_A –

[1, .3.2]

$$P_R = \frac{1,6 \cdot 10^3}{21 - 2 \cdot 2} \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 2 = 263,5 \text{ /}$$

P_R

« js » -

2.6

:

$$K = \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{d}{d_0}\right)^2\right)} \quad (3.3)$$

 $K -$

,

 $d_0 -$

$$d_0 = d + \frac{D - d}{4} \quad (3.4)$$

$$d_0 = d + \frac{D - d}{4} = 50 + \frac{90 - 50}{4} = 60$$

$$K = \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{50}{60}\right)^2\right)} = 3,273$$

$$U_{\min} = \frac{13 \cdot R \cdot K}{(B - 2r) \cdot 10^6} \quad (3.5)$$

 $R -$

$$U_{\min} = \frac{13 \cdot R \cdot K}{(B - 2r) \cdot 10^6} = \frac{13 \cdot 1,6 \cdot 10^3 \cdot 3,273}{(21 - 2 \cdot 2) \cdot 10^6} = 0,004 = 4$$

$$N_{\min} U_{\min} \quad ,$$

$$0,004 = 0,004 -$$

2.7

:

$$U_{\max} = 11,4 \frac{[\sigma]}{(2K - 2) \cdot 10^6} \cdot K \cdot d \quad (3.6)$$

$$[\sigma] = 400 -$$

$$U_{\max} = 11,4 \frac{400}{(2 \cdot 3,273 - 2) \cdot 10^6} \cdot 3,273 \cdot 50 = 0,164$$

$$N_{\max} < U_{\max} -$$

						Лист
						15

55

$$0,020 < 0,164$$

:

$$(d) \quad \min \quad \max$$

[1, . 3.11]:

$$G_{\min}=12, \quad G_{\max}=29$$

:

$$G = \frac{G_{\max} + G_{\min}}{2} \tag{3.7}$$

$$G = \frac{G_{\max} + G_{\min}}{2} = \frac{29 + 12}{2} = 20,5 \quad 0,0205$$

:

$$U = 0,85 \cdot N \tag{3.8}$$

N -

$$N = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} \tag{3.9}$$

$$N = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} = \frac{0,020 + 0,004}{2} = 0,012$$

$$U = 0,85 \cdot 0,012 = 0,0102$$

:

$$G_p = G - \Delta d \tag{2.11}$$

$$\Delta d = U \cdot \frac{d}{d_0} = 0,0102 \cdot \frac{50}{60} = 0,0085$$

$$G_p = 0,0205 - 0,0085 = 0,012$$

$G > 0$ -

(P):

$$P = \frac{U \cdot f \cdot E \cdot \pi \cdot B}{2K} \tag{3.10}$$

$f = 0,14$ -

$$E = 2 \cdot 10^{11} [\quad] -$$

$$P = \frac{0,0102 \cdot 0,14 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 3,14 \cdot 21 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3,273} = 2876,9$$

:

$$t = \frac{N_{\max} + S}{\alpha \cdot d} + 20^{\circ} C \quad (3.11)$$

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} [^{\circ} C^{-1}] -$$

$$S = 0,008 -$$

$$t = \frac{0,020 + 0,008}{12 \cdot 10^{-6} \cdot 50} + 20^{\circ} C = 66,7^{\circ}$$

- () ,

,

.

,

,

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

						Лист
						17

.
:
6,25 X 6,25, 3
10 ,.

.
,
,
,

.
- (),
,

.
,
,

.
,
,
,

,
,
,
,
,

,
.

						Лист
						17

10

6,25 X 6,25,

3



6,25 X 6,25,

3

10

.,

:

-

(

),

:

6,25 X 6,25, 3

10 ,,

-

(

),

						л/счм
						17

10

6,25 X 6,25,

3

10

6,25 X 6,25,

3

10

6,25 X 6,25,

3

10

:

6,25 X 6,25,

3

4

4.1

-

,

.

,

,

,

.

.

,

.

:

,

,

,

,

,

,

.

.

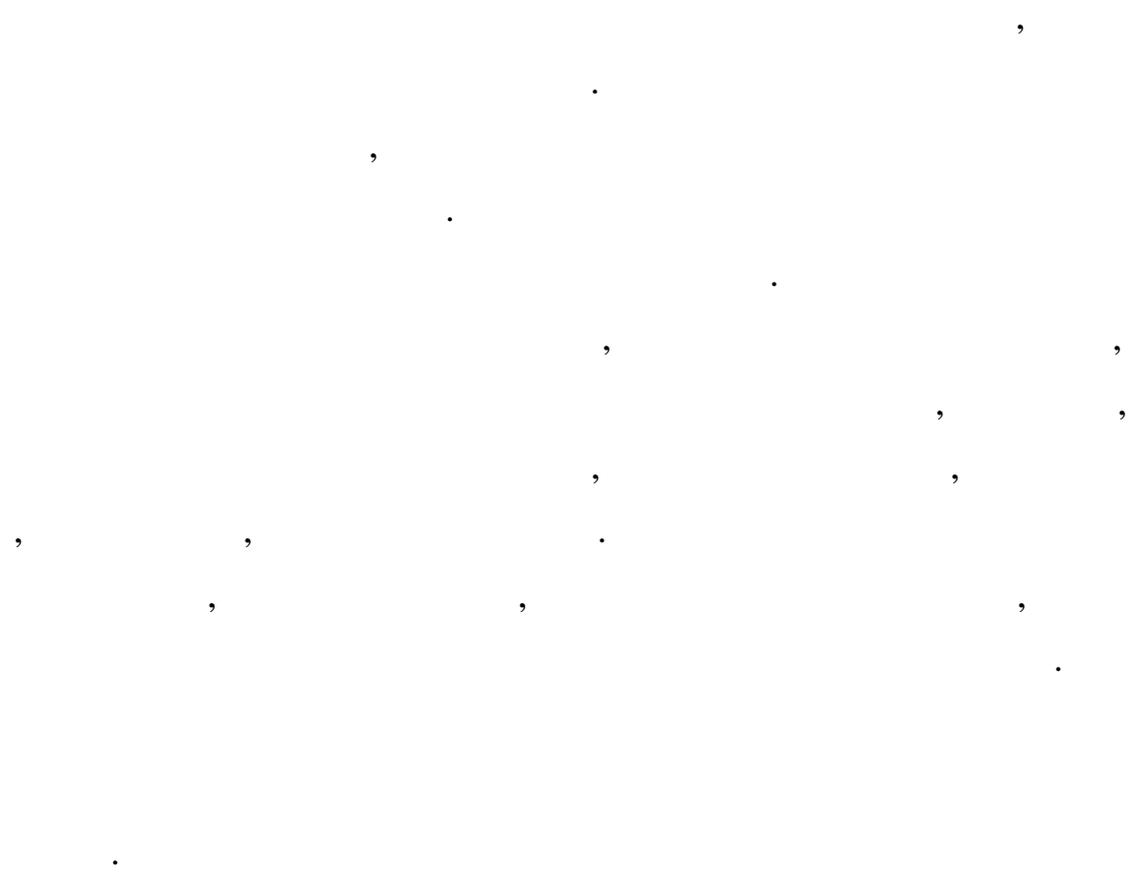
-

(

),

,

.



:

6,25 X 6,25, 3

10 ,.



1. :

, ;
 (,);
 ;
 , , ;
 , .
 2. : ;
 ;
 ;
 ;
 3. : ; ;
 ; .
 4. : ()
 ;
 ;
 ;
 ;
 .
 5. : ;
 ; ; ;
 - .
 6. : , ;
 , ; ; ; (,
).
 7. : ;
 ;
 ;
 .

8.

:

;

—

();

;

;

;

;

.

,

.

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

,

,

.

,

.

,

,

.

-

.

,

,

.

,

,

.

,

-

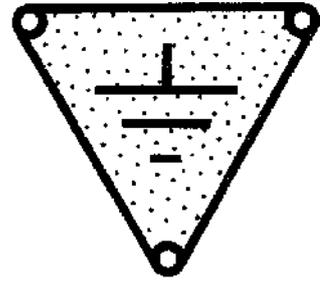
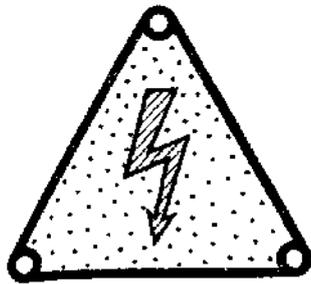
.

(12,36)

2 59-3-72

4.1),

2 59-10-72
(4.1).



4.1. -

(, . .)

()

4.2

),

(

.
 ,
 .
 .
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 .
 .
 :
 6,25 X 6,25, 3
 10 .,
 .
 ,
 .
 ,
 ,
 .
 .
 - ()
),
 ,

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

4.3

$$N = \frac{W \cdot \beta}{3600 \cdot 102 \cdot \eta}, \quad (4.1)$$

N – , ;
 - , . . . (100 200);

W - , ^{3/} ;

η , (0,5 – 0,6) [19];

β - , (1- 1,5).

:

$$W = V_0 \cdot K , \tag{5.2}$$

V_0 – , ^{3/} ;

– , ⁻¹.

: =(4 - 6);

$$W = 137 \cdot 5 = 685 \text{ } ^{3/} ;$$

$$N = \frac{685 \cdot 100 \cdot 1}{3600 \cdot 102 \cdot 0,5} = 0,4 .$$

4.1

4.1 –

/		³	^{3/}	-	,	⁻¹
1		137	685	4-70 3	0,4	4-6

4.4

« »

:

:

1. _____

1.1. : 18 ;

;

.

1.2.

1.3.

1.4.

1.5.

.

1.6. -

:

- ,

;

- ;

- ;

- .

-

-

, .

-

- ,

1.7.

:« — »

2. _____

- 2.1. . , .
- . , . , .
- , .
- 2.2. , .
- 2.3. . ,
- , , .
- 2.4. , .
- 3. _____.
- 3.1. .
- 3.2. .
- 3.3.
- .
- 3.4.
- .
- 3.5. ,
- .
- 3.6.
- . .
- 3.7.
- .
- .
- 3.8
- .
- 3.9
- 3.10 , ,
- ,
- 3.11.

3.12.

3.13.

3.14.

3.15.

4. _____.

4.1.

4.2.

5. _____.

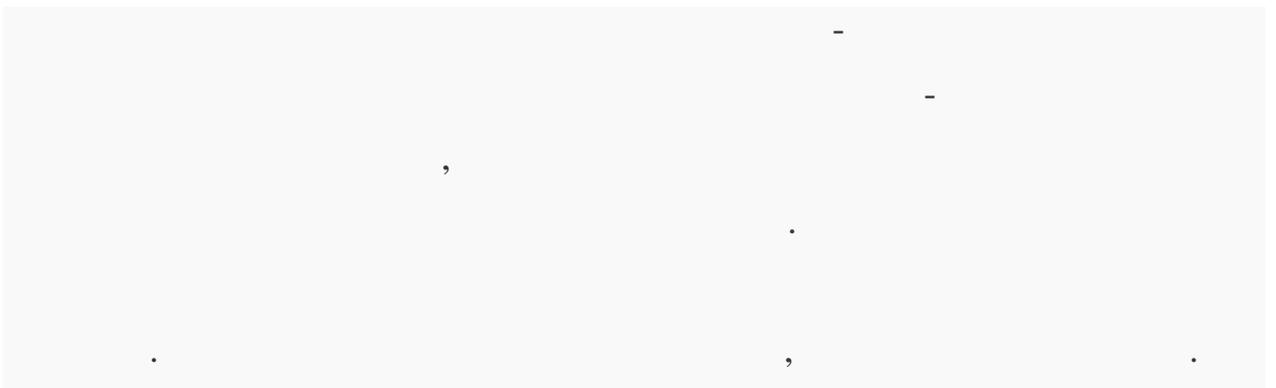
5.1.

5.2.

5.3.

6. _____.

4.6



:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

.

.

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

:

6,25 X 6,25,

3

10

.,

),

,

(

-

,

,

,

,

,

,

,

,

,

,

.

, , , .

.

:

6,25 X 6,25, 3

10 .,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

,

,

, , .
, , , , .

.

:

6,25 X 6,25, 3

10 .,

.

.

,

.

,

,

,

.

.

-

(

),

,

.

,

.

,

.

.

,

,

,

,

, , , , , . , , .

.

:

6,25 X 6,25,

3

10 ,.

.

.

,

.

,

,

,

.

.

, , .

,

.

, , ,

, ,

(, ,).

-

,



:

,
.
.

, . .

10-20

1 .

, ,

, .

.

2 6 .

,

,

— .

.

.

,

.

, . .

.

,

,

,

,

).

.

,

.

,

,

,

.

,

.
 , ,
 , ,
 ,
 ,
 .

« »:

1. ;
2. .
3. ;
4. .
5. .
6. .
7. , .

5.

5.1

, кс ле ии о
 ля эд ет пс :

$$G_j = (G_l + G_c) \cdot K, \quad (5.1)$$

G_k – , ;
 G – , ;
 -

$$=1,05...1,15$$

5.1

5.1-

1	2	3	4
	246	$7,8 \times 10^{-3}$	1,92
	152	$7,8 \times 10^{-3}$	1,18
	168	$7,8 \times 10^{-3}$	1,310
	96	$7,8 \times 10^{-3}$	0,748
	-	-	5,15

$$G_M = (5,15 + 10,67) \cdot 1,05 = 16,35$$

$$= \frac{\cdot G \cdot \sigma}{G} \tag{5.2}$$

, -
 , ;
 G_c , G - ;
 σ - ($\sigma = 0,9...0,95$)

$$= \frac{14000 \cdot 15,6 \cdot 0,95}{16,35} = 12689$$

$$= 12500$$

5.2

5.2

5.2 -

$G, \text{ .}$	15,6	16,35
$C, \text{ .}$	14000	12500
 , .	1	1
 , .	IV	IV
$\text{ , .} /$	60	60
 , \%	16	16
 , \%	14,2	14,2
$T, \text{ .}$	1200	1200
$W, /$	3,24	5,8
 ,	10	10

0,

1

:

$$= \frac{G}{W_q \cdot T}, / \quad (5.4)$$

$G - \text{ , ;}$

$N - \text{ , ;}$

$\text{ .} - \text{ , .}$

$$^0 = \frac{15,6}{3,24 \cdot 1200 \cdot 10} = 4 \cdot 10^{-4} / \text{ .}$$

$$^1 = \frac{16,35}{5,8 \cdot 1200 \cdot 10} = 2,3 \cdot 10^{-4} / \text{ .}$$

():

$$F = \frac{C}{W \cdot T}, \quad (5.5)$$

C_t – я с ,

$$F_e^0 = \frac{14000}{3,24 \cdot 1200} = 3,61 \quad / \quad .;$$

$$F_e^1 = \frac{12500}{5,8 \cdot 1200} = 1,79 \quad ./ \quad .$$

В ОJ М IO

КI ИI IC ДM :

$$S = C_3 + C_l + A, \quad (5.6)$$

C_3 – , ./ .;

C_l – , ./

– , ./

:

$$C = Z \cdot , \quad (5.7)$$

$$= \frac{n}{W}, \quad (5.8)$$

n –

$$T_0 = \frac{1}{3,24} = 0,31 \quad ./ \quad .$$

$$T_1 = \frac{1}{5,4} = 0,18 \quad ./ \quad .$$

$$C_{3\Pi}^0 = Z \cdot T_e = 60 \cdot 0,131 = 18,6 \quad ./ \quad .;$$

$$C_{3\Pi}^1 = 60 \cdot 0,18 = 10,8 \quad ./ \quad .$$

и e icj

:

$$C_l = \frac{C_t \cdot H_{l \text{ io}}}{100 \cdot W \cdot T_e}, \quad (5.9)$$

$H_{\text{то}}$ — , %

$$C_{\text{пр}}^0 = \frac{14000 \cdot 14,2}{100 \cdot 3,24 \cdot 1200} = 0,52 \text{ руб./шт.}$$

$$C_{\text{пр}}^1 = \frac{12500 \cdot 14,2}{100 \cdot 5,4 \cdot 1200} = 0,27 \text{ руб./шт.}$$

ед : я и: выц :

$$A = \frac{C_{\text{б}} \cdot a}{100 \cdot W \cdot T_z} \quad (5.10)$$

а — цф , %

$$A^0 = \frac{14000 \cdot 10}{100 \cdot 3,24 \cdot 1200} = 0,36 \text{ ./}$$

$$A^1 = \frac{12500 \cdot 10}{100 \cdot 5,4 \cdot 1200} = 0,19 \text{ ./}$$

$$S^0 = 18,6 + 0,52 + 0,36 = 19,48 \text{ ./}$$

$$S^1 = 10,8 + 0,27 + 0,19 = 11,26 \text{ руб./}$$

де — ол : я : ю : м: :

$$C_{\text{пр}} = S + E_i \cdot K_{\text{пр}} = S + E_i \cdot F_e, \quad (5.11)$$

E_i — н

и , $E_i = 0,15$;

$K_{\text{пр}}$ — эе , ./

$$C_{\text{пр}}^0 = 19,48 + 0,15 \cdot 3,61 = 20,02 \text{ ./};$$

$$C_{\text{пр}}^1 = 11,26 + 0,15 \cdot 1,79 = 11,52 \text{ ./}$$

р: : п: : и : ф: :

$$= (S_c - S_r) \cdot W \cdot T_z; \quad (5.12)$$

$$= (19,48 - 11,26) \cdot 5,4 \cdot 1200 = 53265 \text{ .}$$

кон : ески : фек :

$$E_c = (C_{\text{прив}}^0 - C_{\text{прив}}^1) \cdot W \cdot T_z, \quad (5.13)$$

$$E_c = (20,02 - 11,52) \cdot 5,4 \cdot 1200 = 55080 \text{ .}$$

дл ЛНН :

$$T_c = \frac{C_{i_0}}{\vartheta} \quad 5.14$$

C_{i_0} —

$$= \frac{12500}{55080} = 0,22$$

д НН :

$$E_c = \frac{\vartheta_{\text{дд}}}{C_{i_1}} \quad 5.15$$

$$E_c = \frac{55080}{12500} = 4,4$$

5.3

	()	
, /	3,24	5,4
, / .	3,61	1,79
, / .	4	2,3
, / .	19,48	11,26
, / .	20,02	11,52
, .	—	53265
, .	—	55080
,	—	0,22
.	—	4,4