

Міністерство освіти та науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

факультет металургії
(назва факультету)

кафедра металургійного обладнання
(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

На тему Удосконалення конструкції вузлів та деталей колінчато-важільного пресу

Виконав: магістрант групи МБ-18 мз

Говтвян Н.О.
(ПІБ)


(підпис)

спеціальності

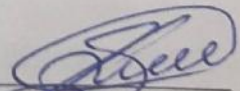
133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

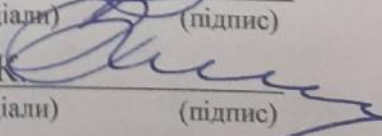
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма
133.00.12 Металургійне обладнання
(шифр і назва)

Керівник Власов А.О.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Н.контроль Огінський Й.К.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Запоріжжя – 2020 року

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет металургії

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти магістр

(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація _____

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133.00.12 Металургійне обладнання

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Й.К. Огінський

“ 28 ” серпня 2019 року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи магістра

Говтвян Наталія Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської роботи: Удосконалення конструкції вузлів та деталей колінчато-важільного пресу
керівник магістерської роботи к.т.н., ст.викладач Власов А.О.,
затверджені наказом вищого навчального закладу від “10” вересня 2019 року № 1541-с.
2. Строк подання студентом магістерської роботи 16 січня 2020 року.
3. Вихідні дані магістерської роботи техніко-економічні показники роботи пресової дільниці шамотного виробництва вогнетривів
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Огляд і аналіз науково-технічних рішень підвищення енергоефективності колінчато-важільного преса та обґрунтування обраного напрямку роботи; 2. Розрахункова частина; 3. Дослідно-експериментальна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека в галузі. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Колінчато-важільний прес СМ-1085А – 1А1; 2. Пресуючий механізм – 1А1; 3. Вал проміжний та колінчатий – 2А1; 4. Деталі – 1А2; 5. Деталі – 1А3; 6. Дослідження механічних характеристик коліно-важільного преса – 1А1; 6. Дослідження факторів впливу коліно-важільного преса, як механічної системи на якість формуємих виробів – 1А1; 8. Витяжна вентиляція – 1А1.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Власов А.О., ст.викладач, к.т.н.		
2	Власов А.О., ст.викладач, к.т.н.		
2	Власов А.О., ст.викладач, к.т.н.		
3	Власов А.О., ст.викладач, к.т.н.		
4	Власов А.О., ст.викладач, к.т.н.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проектування	01.09.19 – 31.09.19	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	01.10.19 – 15.10.19	
3	Виконання теоретичної частини проекту	15.10.19 – 27.11.19	
4	Виконання графічної частини проекту	27.11.19 – 11.12.19	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	11.12.19 – 25.12.19	
6	Перевірка проекту консультантами	25.12.19 – 08.01.20	
7	Попередній захист проекту	09.01.2020	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проекту у ДЕК	16.01.2020	

Студент (підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської роботи

(підпис)
 (прізвище та ініціали)

133 –

, 2020.

ABSTRACT

Govtvyan N.O. Improvement of the design of knots and parts of the crank-lever press

Qualification final work for obtaining a higher education degree of a master's degree in specialty 133 - Branch engineering, scientific adviser A.A. Vlasov. Zaporizhzhya National University. Faculty of Metallurgy, Department of Metallurgical Equipment, 2020.

The analysis of existing equipment for pressing refractory materials by the semi-dry method is carried out, the advantages and disadvantages of existing technical solutions are analyzed. A variant of the modernization of the pressing mechanism with an active agitator is proposed. The study of the influence of kinematic parameters of the press on the quality of pressed products.

Keywords: DRIVE, PRESS, CRANKSHAFT, PUNCH, SPECIFIC PRESSURE.

• •
-

133 -

• • •
,

, 2020.

,

•

•

•

:

,

,

,

,

•

		8
		9
1	-	
	-	
		11
1.1		
	-	11
1.2		18
1.3		
	-	21
1.4		34
2		36
2.1		36
2.2		39
2.3		44
3	-	50
3.1		50
3.2		
		61
3.3	-	
		66
4		69
4.1		69
4.2		70
4.3		72
4.3.1		72
4.3.2		73
4.4		75

		7
4.5		78
4.6		
		79
4.6.1	,	80
4.6.2		82
4.6.3		83
		88
		89
		92
		93

— , ;
— , ;
— , ;
— ;
— ;
— ;
 l_k — ;
— ;
— ;
— — — ;
— — — ;
— ;
— ;
— ;
— — — ;
 m — ;
 e — ;

0,1%

2,5-6%

[1]

-1085

·

-

·

:

-

;

;

« » ;

;

-

-1085

: IV

«

» (. , , 2019).

18 ,9 ,28 2 .

100 , 88 , 3 ,1

1

-

-

1.1

-

,

,

,

,

.

,

,

.

.

,

,

8-9%

.

50 %

,

,

,

.

200 / 2.

(1.1).

8-9

%

15-16 %

.

,

,

.

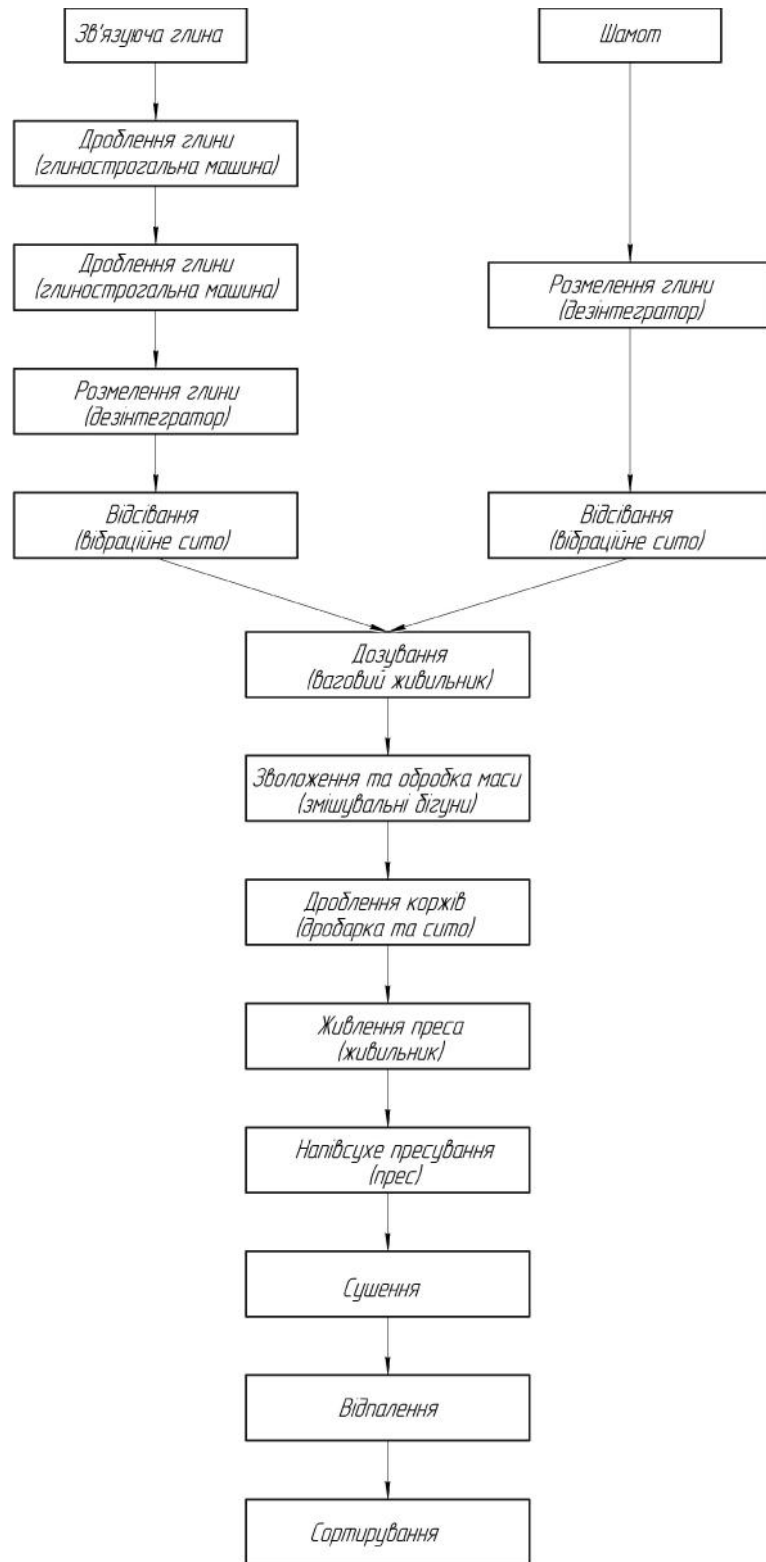
.

,

.

,

.



-1085
6,3
-1085 (1.2)



1.2 –

-1085

-1085

-

()

180°

, « »

200 / ²,

7

2400 ./ .

5-6.

50-60%.

(,),

(85%),

20-25%

1.2

168

1.1

1.1 -

1	2	3
1085	5	
5	4	
459	1	
458	3	
457	1	
-300	1	
	1	
	1	
« »	2	
« »	2	
	2	
	2	
Q=10	2	
Q=5	3	
Q=10	4	
2- -09	1	
Q=3,2 5-911	6	
	4	
Q=2	2	
Q=3	1	
	2	

1.1

1	2	3
Q=25	9	
Q= 3	2	
-350	4	
-250	14	
-200	6	
-500	60	
-600	5	
	12	
()	6	
(, 2000)	2	
-109	2	
ø 2400 L-12,5	1	
ø 2800 L-14 .	1	
ø 2700 L -1,450	3	
()	1	
32 - 0,15	4	
- 0,3	1	
	4	
282 ()	12	
ø 2000	4	
ø 1200	4	
ø 1500	2	
-20	12	
ø 300	32	
ø 1000	10	
	25	
-30	15	
	10	
1532		
()	14	
27 ø600	4	
250	36	
125	4	
	4	
t=160	3	
	47	
Q=100	4	
Q=12	4	
	9	

1.1

1	2	3
135	4	
	6	
	3	
20/30	3	
3-95	4	
-70 6	4	
-9	14	
-70 8	39	
- 13,5	12	
- 15,5	1	
- 60	9	
-166	2	
	2	
	2	
	2	
	10	
1,2 L=120 ;	2	
3,4 L=60	2	

1.3

-

8-9%

50 %

200 / 2.

1 3 28 45%.

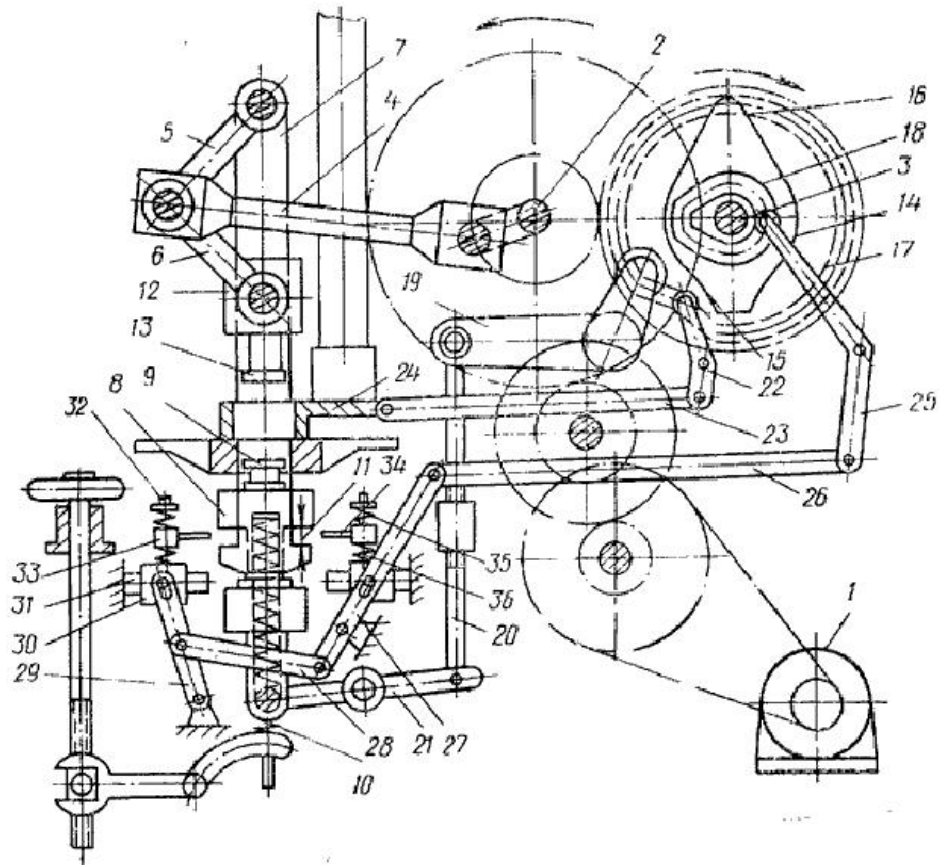
20-30 %; 40-65 %
80%.

~72%, 75% 68%

. [1]

[2]

14.



1.4 -

()

24

13,

18

25,

26,

27,

28

29

30

34.

11

8

7.

34

7,
8,

9,

.

-

13

9

34.

,

,

,

.

,

7

.

18

25,

20,

27,

28

29

30

34

11.

14

10

19.

19, 20 21

9

0,5-1

.

9

,

19

16

14.

19

10

14,

.

24,

17,

-

,

,

,

,

.

,

()

2.

3

- '

.

[4],

,

,

,

,

-

(. 1.5)

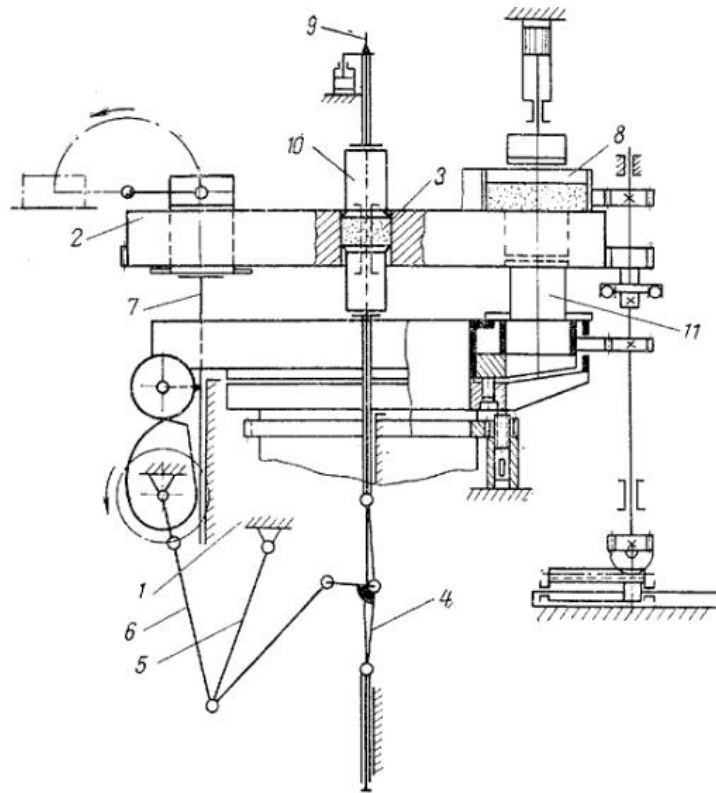
2.

9

, 4.

8

3



1.5 -

- , ,

2

3

7

,

[5]

.

,

,

,

.

(. 1.6)

1,

2

.

6

26

27

28,

-

.

-

28

()

,

22

,

.

19

,

18

20.

,

,

20.

19.

8

7

10

11

17

,

,

18.

19.

,

.

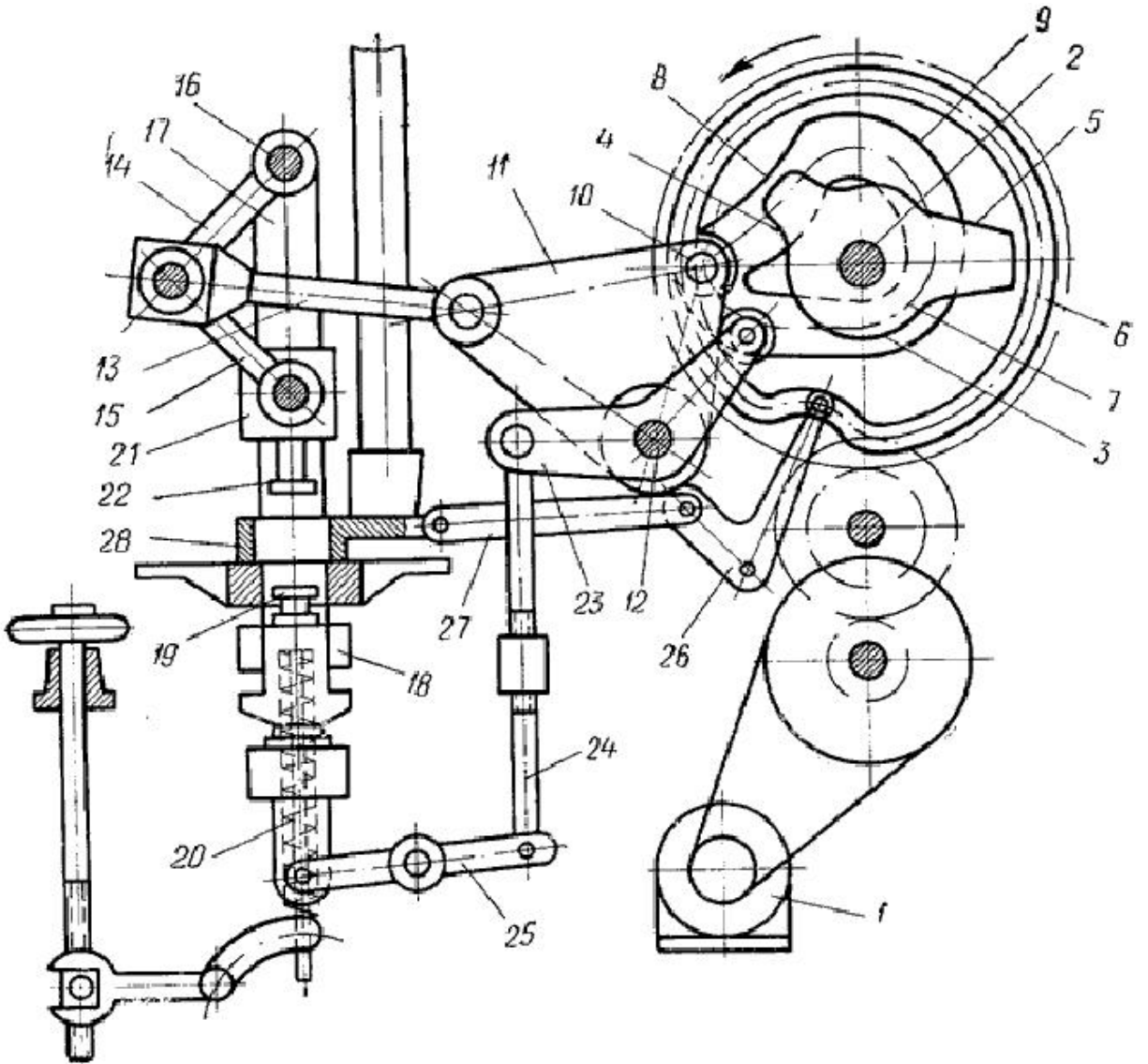
22

,

17

4
 25
),
 18
 19.
 3.
 2
 17
 18
 ,
 ,
 ,
 9
 7.
 19
 ,
 22
 22
 ,
 17
 .
 3
 5
 23.
 24 25
 .
 23
 18
 ,
 .
 28,
 6
 -
 19
 ,
 -
 ,
 .

[3]



1.6 -

()

[6]

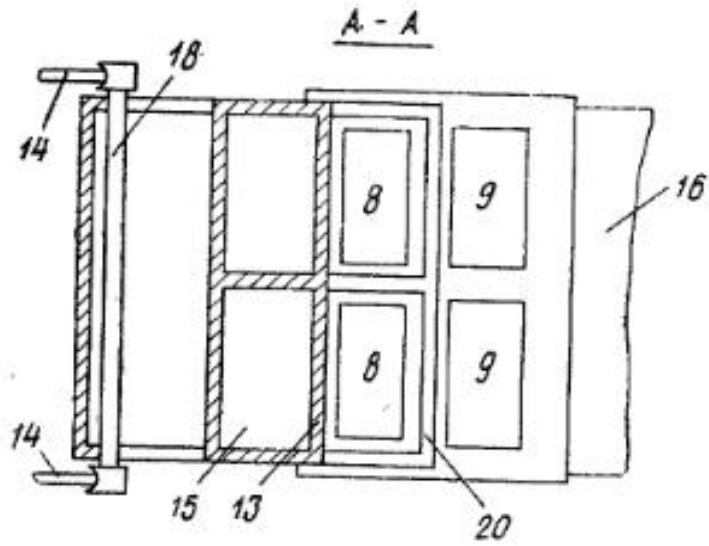
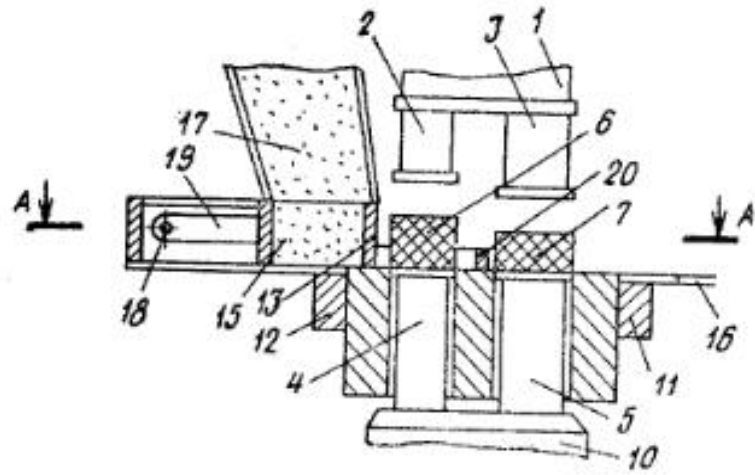
.
 ,
 ,
 , (.1.7) - ,
 1 2 3.
 4 5 6 7
 - 8 9 10. -
 , 11
 12 . 13 ' - ()
 14
 15 - 8,
 6 - 9 7
 16.
 .
 17,
 .
 , 14 18
 19 13,
 15, 6
 7 20.
 5,
 .
 - 8, - 9.
 15
 17. 2 3,

- 8

6,

9

7.



1.7 -

()

1.4

1.3

[7]

， ，

， ，

， ，

·

，

· [8]

，

，

·

2

2.1

$$n=7 \quad 0,124 \quad (124 \quad) \quad (\quad)$$

[1]:

$$t = \frac{60}{7} = 8,57 \quad , \quad (2.1)$$

h = 200 .

$$= \quad \times h = 124 \times 0,2 = 24,8 \quad . \quad (2.2)$$

$$t_p \approx \frac{t}{2} \times \frac{h}{2 \times a} = \frac{8,57}{2} \times \frac{200}{2 \times 290} = 1,49 \quad , \quad (2.3)$$

$$v = \frac{h}{t_p} = \frac{200}{1,49} = 0,134 \quad / \quad , \quad (2.4)$$

$$N = \frac{P \times V}{0,75} = \frac{124 \times 0,134}{0,75} = 22,15$$

$$D = 1000$$

$$b = 200$$

$$G = \frac{\pi \times 100^2}{4} \times 20 \times 7,85 = 1500 \quad ; \quad (2.5)$$

$$D = 0,7 \times D = 0,7 \times 1 = 0,7 \quad ; \quad (2.6)$$

$$GD^2 = 1500 \cdot 0,7^2 = 735 \quad ^2; \quad (2.7)$$

$$30 \quad \cdot \quad ^2,$$

$$90 \quad \cdot \quad ^2;$$

$$GD^2 = 735 + 30 + 90 = 855 \quad ^2.$$

$$GD^2 = 8550 \quad ^2.$$

$$\Delta = \frac{GD^2}{7200} \times (n_0^2 - n_1^2), \quad (2.8)$$

$$n_1 = \sqrt{1450^2 - \frac{7200 \times 6194}{855}} = 1432 \quad ^{-1}$$

=30

4 180M4 3

n=1470 ⁻¹. [9]

[10]

$$s = \frac{1470 - 1432}{1470} = 0,025, \quad 2,5\%. \quad (2.9)$$

$$\Delta\omega = \frac{\pi}{30} \times (1470 - 1432) = 4 \quad ^{-1}. \quad (2.10)$$

() :

$$t = t - t_p = 8,57 - 1,49 = 7,08 \quad .$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{t} = \frac{4}{7,08} = 0,56 \quad 1/ \quad ^2. \quad (2.11)$$

, ()

$$= \frac{GD^2}{4 \times g} \times \varepsilon = \frac{855}{39,2} \times 0,56 = 12,21 \quad \cdot \quad (2.12)$$

[9]:

$$= 9550 \frac{P}{n}, \quad (2.13)$$

$$= 9550 \frac{30}{1470} = 194,9 \quad \cdot$$

2.2

2.1.

[11]:

$$-q_1(c_1 + L) + R_1 L - P_{\max} \frac{L}{2} + q_2 c_2 = 0 \quad (2.14)$$

:

$$R_1 = \frac{P_{\max} \times \frac{L}{2} - q_2 c_2 + q_1 (c_1 + L)}{L}, \quad (2.15)$$

$$R_1 = \frac{124000 \frac{1300}{2} - 2200 \times 375 + 2100(270 + 1300)}{1300} = 61937$$

:

$$q_2(c_2 + L) + R_2L - P_{\max} \frac{L}{2} + q_1c_1 = 0 \quad (2.16)$$

$$R_2 = \frac{P_{\max} \times \frac{L}{2} - q_1c_1 + q_2(c_2 + L)}{L}, \quad (2.17)$$

$$R_2 = \frac{124000 \frac{1300}{2} - 2100 \times 270 + 2200(375 + 1300)}{1300} = 66366$$

:

$$R_1 + R_2 = q_1 + P_{\max} + q_2 \quad (2.18)$$

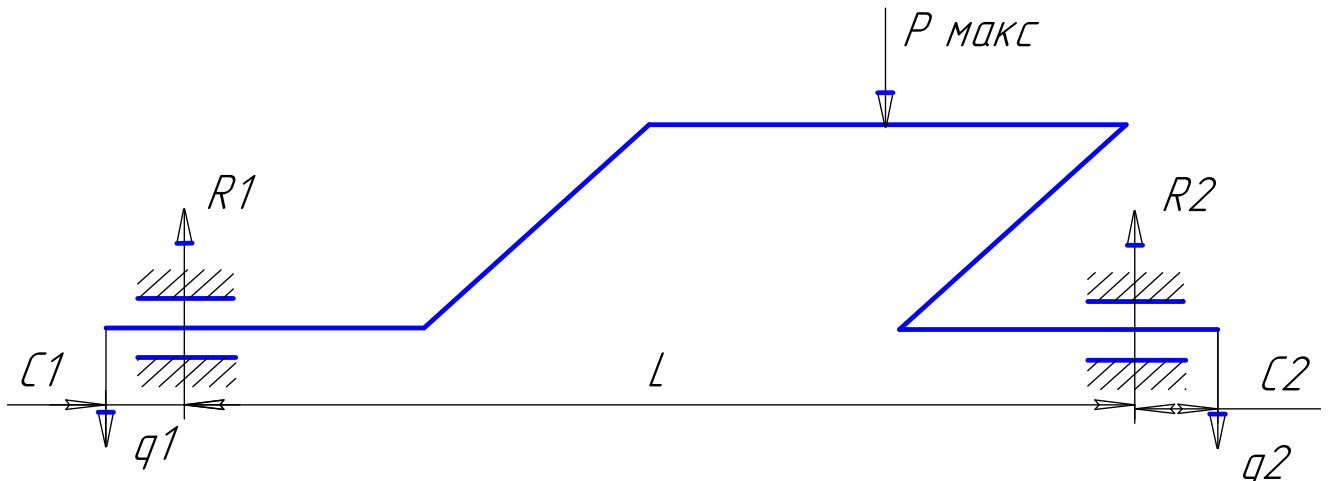
$$128300 = 128300$$

max

:

$$M_b = -q_1 \left(c + \frac{L}{2} \right) + R_1 \frac{L}{2},$$

$$M_b = -2100 \left(645 + \frac{1300}{2} \right) + 61937 \frac{1300}{2} = 4026,034$$



$$\begin{aligned}
 &= 124000 \text{ -} \\
 q_1 &= 2100 \text{ -} \\
 & ; \\
 q_2 &= 2200 \text{ -}
 \end{aligned}$$

2.1 -

$$\begin{aligned}
 &= 460000 \text{ .} \\
 & :
 \end{aligned}$$

$$M = M_b \left[0,35 + 0,65 \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha \times M_\alpha}{M_b} \right)^2} \right],$$

$$M = 4026,034 \left[0,35 + 0,65 \sqrt{1 + \left(\frac{1 \times 460000}{4026,034} \right)^2} \right] = 15834,85$$

(. 2.2).

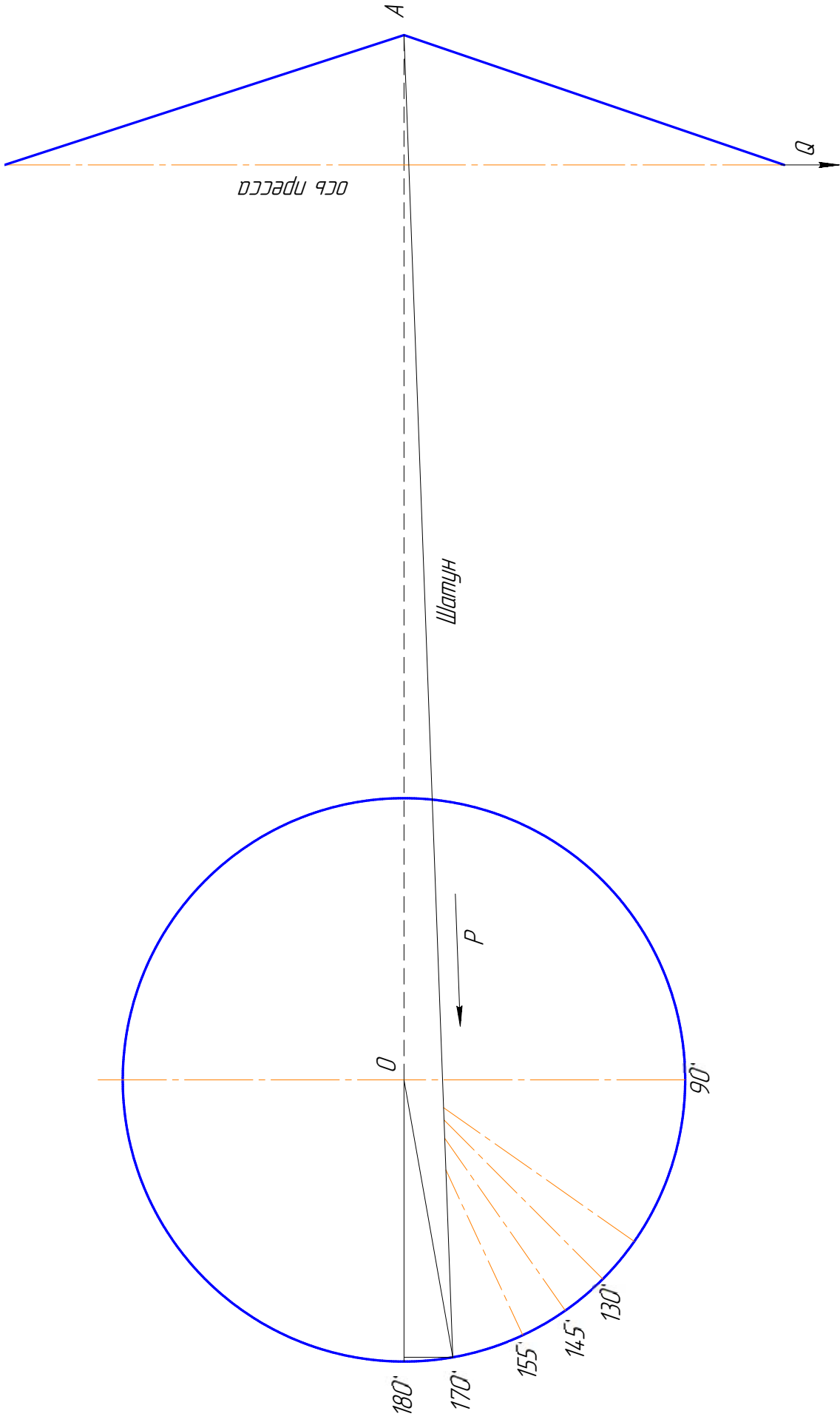
Q,

,

2.1.

2.1 –

		u		Q	L		
/	, / ²		,r ⁰		,		
1	0	-	-	-	-	-	-
2	1	41,0	130	105800	19,1	24000	460000
3	1,5	44,3	138	159000	17,5	25000	437000
4	2	46,5	145	212000	14,3	22400	321000
5	2,5	48,5	155	264000	10,6	15400	163000
6	3	49,5	170	317000	4,34	3320	14400
7	3,5	50,8	175	370000	2,18	910	1982
8	4	51,6	180	423000	0	-	-



2.2 –

2.3

:

- $T_2 = 3000 \text{ H}$;
- ;
- $d_2 = d_1 = 500 \text{ mm}$, $d_3 = 700 \text{ mm}$;
- $n = 42 \text{ rev}^{-1}$.
- 2.3

 $z_1 - z_2$ [12]:

$$F_{t_2} = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2 \times 3000}{0,5} = 12000 \text{ H}, \quad (2.19)$$

:

$$F_{r_2} = F_{t_2} \operatorname{tg} 20^\circ = 30000 \times 0,364 = 10920 \text{ H}, \quad (2.20)$$

 $z_3 - z_4$:

$$F_x'' = \frac{2T_2}{d_3} = \frac{2 \times 3000}{0,7} = 8571,4 \text{ H} \quad (2.21)$$

$$F_y'' = F_{t_3} \operatorname{tg} 20^\circ = 8800 \times 0,364 = 3200 \quad (2.22)$$

:

)

$$\sum M_{A_y} = 0; F_1' 200 + F_y'' 300 - B_y 1190 = 0 \quad (2.23)$$

$$B_y = \frac{640 + 3270 + 12971}{1240} = 13,6H;$$

$$\sum M_{B_y} = ; F_y'' 50 + F_y' 940 - A_y 1440 = 0; \quad (2.24)$$

$$A_y = \frac{545 + 10246 + 4680}{1240} = 11,4H;$$

) :

$$\sum M_{A_x} = ; F_x' + F_x'' - B_x = 0; \quad (2.25)$$

$$B_x = \frac{1760 + 9000 + 35700}{1240} = 34,6H.$$

$$\sum M_{B_x} = ; F_x'' + F_x' - A_x = 0;$$

$$A_x = \frac{1350 + 28200 + 12672}{1240} = 34,2H;$$

:

$$M_y'' = 228000 \times ; \quad M_x'' = 700000 \times ; \quad M_y''' = 342000 \times ;$$

$$M_x''' = 10500000 \times ; \quad M_y'' = 68000 \times ; \quad M_x'' = 173000 \times ;$$

,

$$M_2 = \sqrt{(M_y'')^2 + (M_x'')^2} = \sqrt{228^2 + 700^2} = 736 H ; \quad (2.26)$$

$$M_1 = \sqrt{(M_y^r)^2 + (M_x^r)^2} = \sqrt{342^2 + 1050^2} = 1104 \text{ H} \quad ; \quad (2.27)$$

$$M_3 = \sqrt{(M_y^m)^2 + (M_x^m)^2} = \sqrt{68^2 + 173^2} = 185 \text{ H} \times \quad ; \quad (2.28)$$

$$\beta = 0,96 \quad ; \quad \varepsilon_\sigma = 0,88 \quad ; \quad \sigma_\sigma = 2,15; s = 3.$$

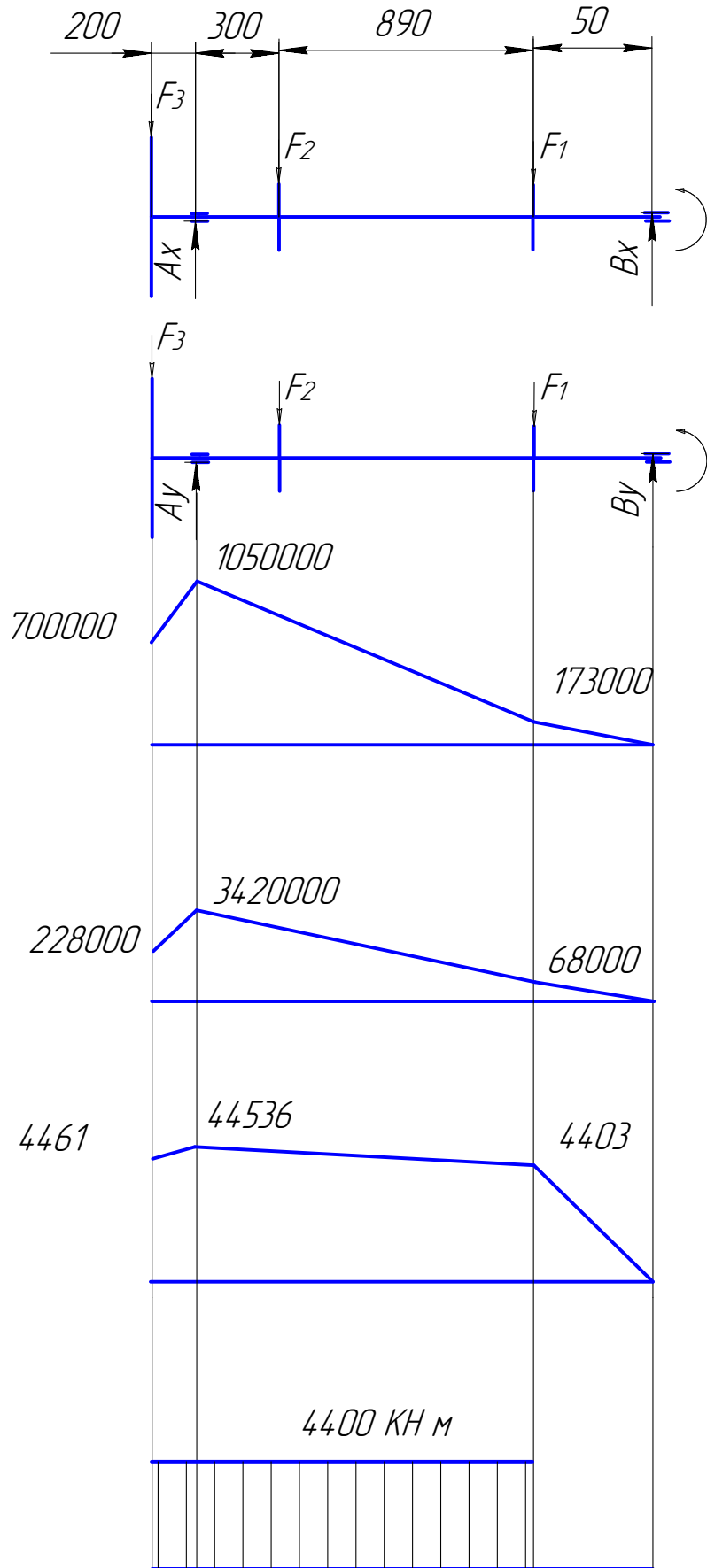
$$\sigma_F = \frac{M}{0,1d^3} = \frac{2 \cdot 440000}{270000} = 168 \quad / \quad ^2 \quad (2.29)$$

$$\tau = \frac{T}{0,2d^3} = \frac{2T_2}{0,2d^3} = \frac{2 \times 3000000}{540000} = 32 \quad / \quad ^2 \quad (2.30)$$

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_F^2 + 4\tau^2} = \sqrt{168^2 + 4(32)^2} = 179,7 \quad / \quad ^2 \quad (2.31)$$

[13]:

$$s_\tau = \frac{\sigma_T}{\sigma_E} = \frac{490}{179,7} = 4,88 \geq [s_T] = 1,5$$



$$\sigma = 736 \text{ / } ^2; \sigma = 490 \text{ / } ^2; \sigma_{-1} = 353 \text{ / } ^2; \tau_{-1} = 216 \text{ / } ^2$$

I-I

$$d=300$$

$$b = 40, t_1 = 16$$

:

$$W = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt_1(d-t_1)^2}{2d} = \frac{31,4 \times 300^3}{32} - \frac{40 \times 16 \times (300-16)^2}{2 \times 300} = 264876 \text{ } ^3 \quad (2.32)$$

:

$$\sigma = \sigma_F = \frac{M}{W} = - = 17,1 \text{ / } ^2 \quad (2.33)$$

:

$$s_\sigma = \frac{\sigma_{-1} K_L}{\frac{K_\sigma}{\beta \varepsilon_\sigma} \times \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m} = \frac{353}{\frac{2,15}{0,95 \times 0,84} 17,1 + 0,12 \times 0} \approx 5 \quad (2.34)$$

 $\sigma -$

;

 $\beta -$

,

 $-$

;

 $\varepsilon_\sigma -$

,

;

 $\psi_\sigma -$

,

;

 $\sigma_m = 0 -$

.

:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} - \frac{bt_1(d-t_1)^2}{2d} = \frac{3,14 \cdot 300^3}{16} - \frac{40 \times 16 \times (300-16)^2}{2 \times 300} = 397311 \quad (2.35)$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{\max}}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{T}{W_p} = \frac{1}{2} \times \frac{4400000}{397311} = 11 \quad / \quad (2.36)$$

I-I :

$$s_\tau = \frac{\tau_{-1} K_L}{\frac{K_\tau}{\beta \varepsilon_\tau} \times \tau_a + \psi_\tau \tau_m} = \frac{353}{\frac{2,15}{0,95 \times 0,6} \times 11 + 0,2 \times 0} \approx 6 \quad (2.37)$$

τ_{-1} —

;

τ —

;

β —

,

;

ε_τ —

,

;

ψ_τ —

,

;

I-I

:

$$s = \frac{s_\sigma s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} = \frac{6 \times 5}{\sqrt{6^2 + 5^2}} = 4,5 \geq [s] = 2,5$$

,

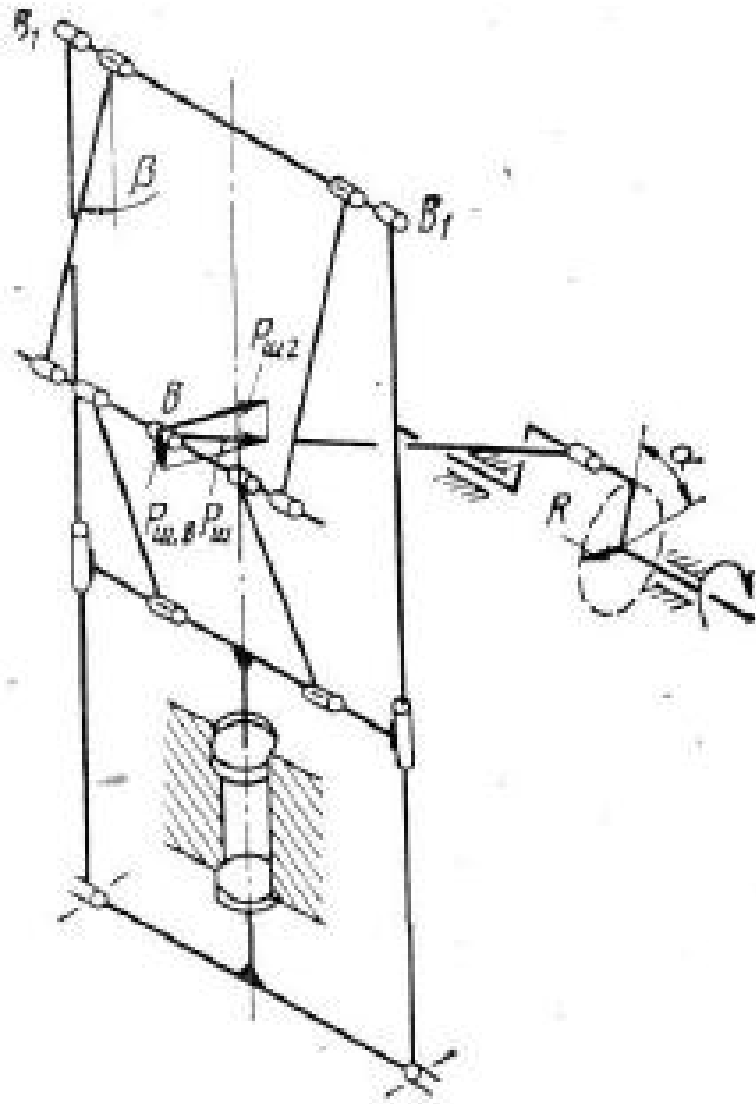
,

.

$$+ K + K = 1 \tag{3.1}$$

(. 3.1)

()



3.1 -

[15]

[16]:

$$M = \frac{J \cdot \omega^2}{2}, \tag{3.2}$$

(3.2)
 90°
)
) —

1

2

3.

4

5

6,

7.

6

20

7 ' .

8

-

9

10,

-

7

180°.

6

11,

12

7

13-16,

17

18.

19,

20

21, '

22

23

24,

15

25

26,

27

28,

:

29

24,

(

).

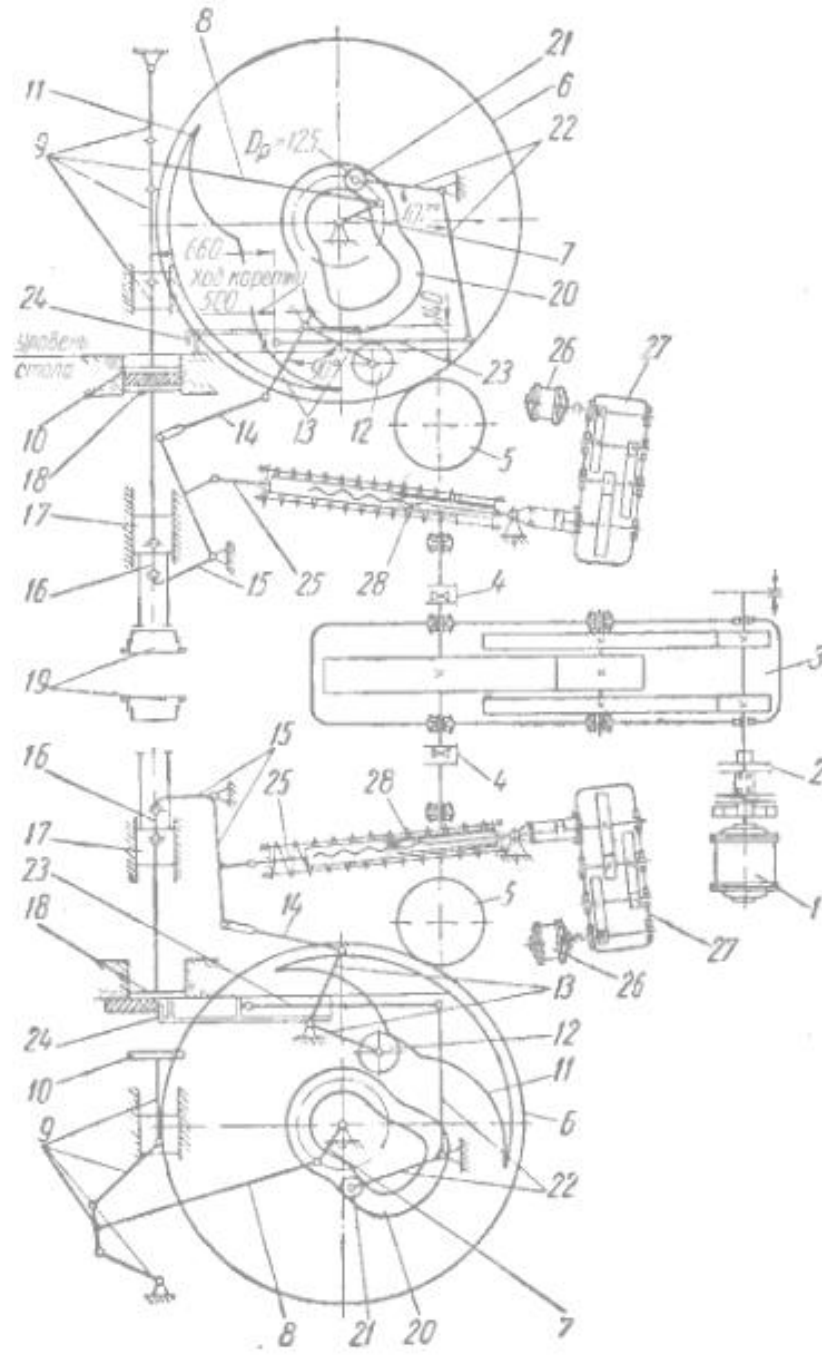
19.

,

,

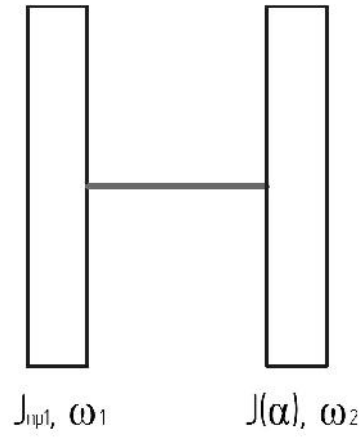
.

,



3

(3.3).



3.3 –

(3.2),

(3.3)

:

$$\begin{cases} J_{np1} \frac{d\varpi_1}{dt} = M \\ J(\alpha) \frac{d\omega_2}{dt} + \frac{1}{2} \frac{dJ(\alpha)}{d\alpha} \varpi_2^2 = \quad (\alpha) \end{cases} \quad (3.3)$$

$J_{np1}, J(\alpha) -$

, $M_c(\alpha) -$

1, 2 –

»,
 « — -
 ».

$$\left\{ \begin{aligned}
 & J(\alpha) \frac{d\omega_2}{dt} + \frac{1}{2} \frac{dJ(\alpha)}{d\alpha} \omega_2^2 = \quad (\alpha); \\
 & J(\alpha) = \left[\frac{J_3}{i_2^2} + \left(J_4 + \frac{m(V(\alpha))^2}{\omega_4^2 \cdot i_2^2 \cdot i_3^2} \right) \right] \cdot \left[1 + k_j \frac{\sin^2(\alpha + \beta)}{\cos^2 \beta} \right]; \\
 & M_c(\alpha) = \frac{Fr \sin(\alpha + \beta)}{i_2 i_3 \cos \beta}; \\
 & V(\alpha) = \frac{d}{dt} \left(1,3 - \frac{4,24 - 0,48 \sin \alpha + 1,85 \sqrt{\cos \alpha} - 1,51 \sqrt{\sin \alpha} + 0,53 \cos \alpha +}{3,34 + 0,9 \cos \alpha - 0,6 \sin \alpha} \right. \\
 & \quad \left. + 0,37 \cos \alpha \sqrt{\cos \alpha} - 0,3 \cos \alpha \sqrt{\sin \alpha} \right); \\
 & \beta = \arcsin(\lambda \cdot \sin \alpha)
 \end{aligned} \right. \quad (3.4)$$

$k_j -$,
 - $(k_j = 0,3);$
 $J_3 -$:

$$J_3 = \frac{GD^2}{4}, \quad \cdot^2 \quad (3.5)$$

$GD^2 -$, $GD^2=735 \cdot^2$ (3.7);

$$J_3 = \frac{735}{4} = 183,75, \quad \cdot^2$$

$F -$, $F=0,124$ (.2.1);

$r -$, $r=0,3$;

- ;

- , $= 0,24;$

V() –
 m – -
 m=2100 ;
 – « » = 130..180° (.3.1)

(3.4)

:

$$\begin{aligned}
 V(\alpha) = & \frac{0,48\cos\alpha + 0,925\frac{\sin\alpha}{\sqrt{\cos\alpha}} + 0,755\frac{\cos\alpha}{\sqrt{\sin\alpha}} + 0,53\sin\alpha + 0,555\sin\alpha\sqrt{\cos\alpha} +}{(3,34 + 0,9\cos\alpha - 0,6\sin\alpha)^2} + \\
 & + \frac{0,3\sin\alpha\sqrt{\sin\alpha} - 0,15\frac{\cos^2\alpha}{\sqrt{\sin\alpha}}}{(3,34 + 0,9\cos\alpha - 0,6\sin\alpha)^2} \cdot (3,34 + 0,9\cos\alpha - 0,6\sin\alpha) + \\
 & + \frac{(0,48\sin\alpha - 4,24 - 1,85\sqrt{\cos\alpha} + 1,51\sqrt{\sin\alpha} - 0,53\cos\alpha}{(3,34 + 0,9\cos\alpha - 0,6\sin\alpha)^2} - \\
 & - \frac{0,37\cos\alpha\sqrt{\cos\alpha} + 0,3\cos\alpha\sqrt{\sin\alpha}}{(3,34 + 0,9\cos\alpha - 0,6\sin\alpha)^2} \cdot (0,9\sin\alpha + 0,6\cos\alpha)
 \end{aligned}$$

, /c(3.6)

– « »

(3.3)-(3.6)

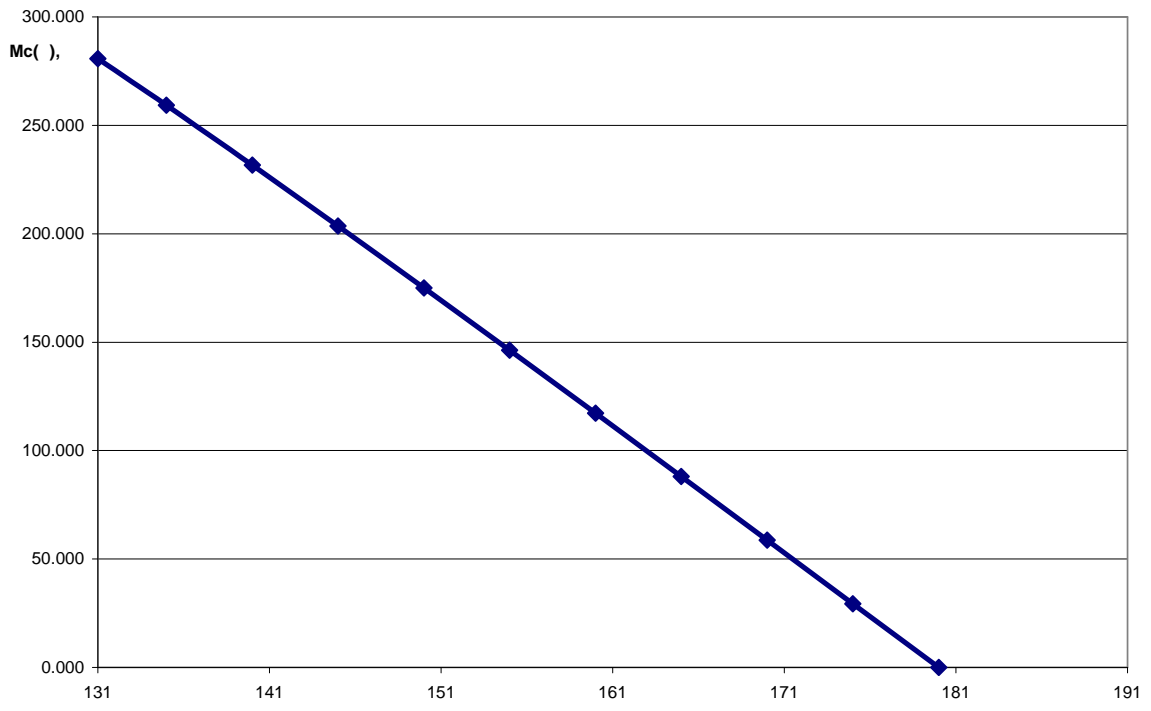
(.3.4-3.5).

3.1.

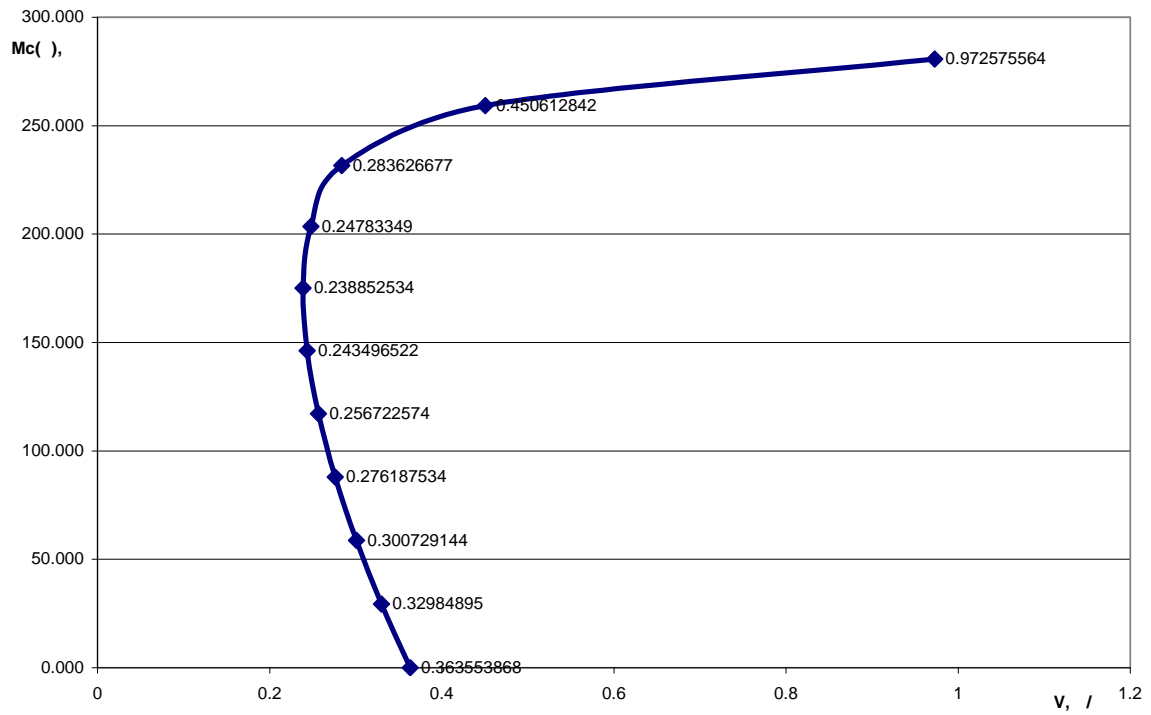
3.1 –

-

« »	,	,	Mc(),	V(), /
131	1	10,4	280,718	0,972575564
135	4	9,8	259,222	0,450612842
140	10	8,9	231,693	0,283626677
145	15	7,9	203,594	0,24783349
150	20	6,9	175,071	0,238852534
155	25	5,8	146,239	0,243496522
160	30	4,7	117,191	0,256722574
165	35	3,6	87,997	0,276187534
170	40	2,4	58,710	0,300729144
175	45	1,2	29,367	0,32984895
180	50	0,0	0,000	0,363553868



3.4 – ()



3.5 – V()

),

,
,

.
,
— ,
(
)

,
,
, [17]

1085 (630)
. [18]

:

$$\gamma = f(D_{OM}, W_{OM}, H, \epsilon_6, P, V_{np}, t_{np}), \tag{3.8}$$

- D — , ;
- W — , %;
- , ;
- 6 — , ;
- , ;
- V — , / ;
- t — , .

,

,

[19]:

$$sl(\alpha) = 2 \cdot l - \frac{l^2 + \left(1,5 + r \cdot \cos\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right) \cdot \sqrt{4 \cdot \left(\left(1,5 + r \cdot \cos\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)^2 + \left(1 - r \cdot \sin\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)^2\right)}{\left(1,5 + r \cdot \cos\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)^2 + \left(1 - r \cdot \sin\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)^2} \cdot l^2, \quad (3.9)$$

r, l, L –

[20]

$$\left(\quad \right)$$

[21]:

$$t_{np} = \frac{l_k}{V_{np}}, \quad ; \quad (3.10)$$

$$\alpha_p = \frac{360 \cdot l_k}{V_{np} \cdot t} = \frac{6 \cdot l_k \cdot n}{V_{np}}; \quad (3.11)$$

$$t = \frac{60}{n}, \quad (3.12)$$

n –

, -1;

$$l_k = h_0 - h -$$

(3.6) (3.9-4.12)

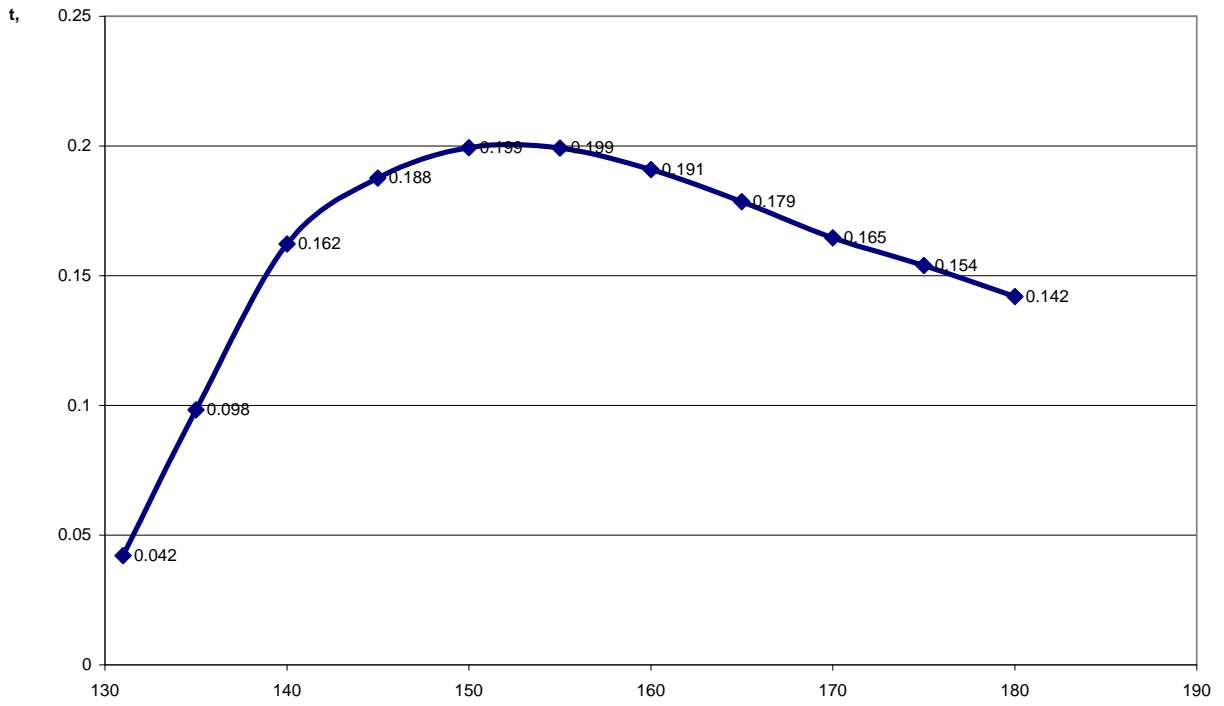
3.2,

(.3.6-3.7).

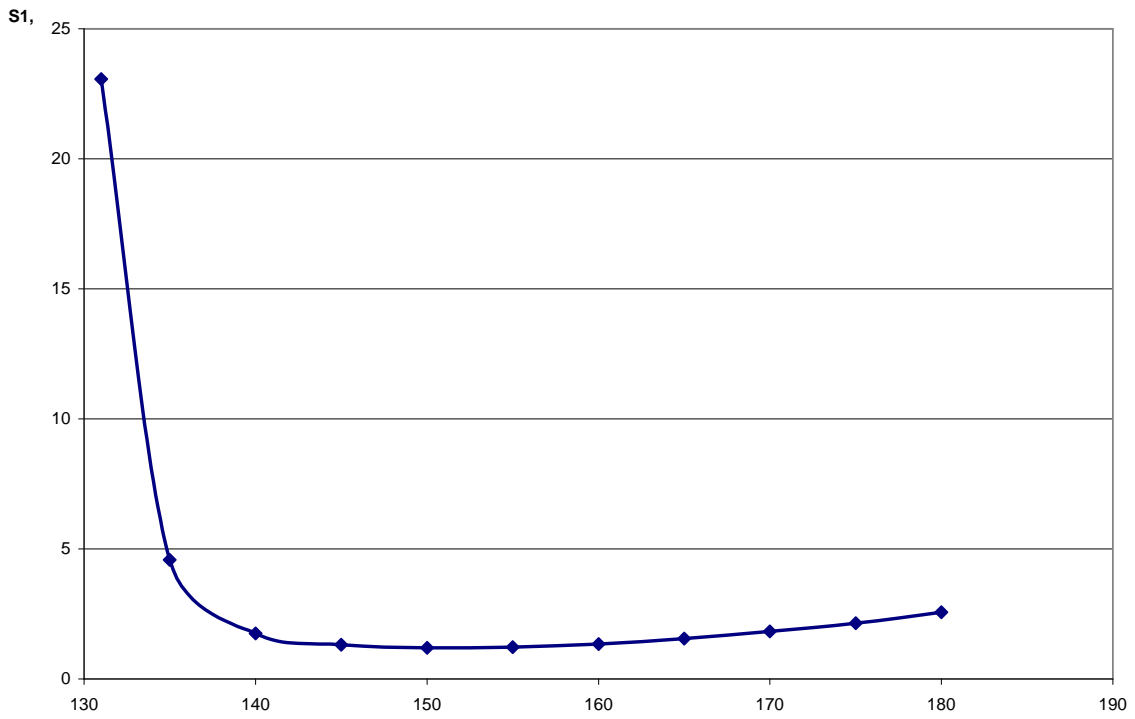
3.2 –

« » ,,	$V(), /$	$l_k,$	$t(),$	$S1 (),$
131	0.972575564	41	0.042156	23.07081
135	0.450612842	44.3	0.098311	4.583565
140	0.283626677	46	0.162185	1.748785
145	0.24783349	46.5	0.187626	1.320891
150	0.238852534	47.6	0.199286	1.198541
155	0.243496522	48.5	0.199181	1.222486
160	0.256722574	49	0.190868	1.34503
165	0.276187534	49.3	0.178502	1.547253
170	0.300729144	49.5	0.1646	1.827031
175	0.32984895	50.8	0.15401	2.141739
180	0.363553868	51.6	0.141932	2.561462

(3.1),



3.6 –



3.7 –

3.3 -

.
 .
 .
 , , ,
 ,
 () ()
 ().
 (), ().
 ()
 , .
 , .
 .
 , ,
 100 %, ,
 , ,
 , ,
 , ,
 ()
).

3.3 –

/		· ·	-	-
1	2	3	4	5
1	1085		5	5
2		/	2400	2928
3		/	6000	6000
4		/	14,4	17,6
5			30	30
6		/ ·	2,17	2,17
7		./	4	4
8			–	84 320

4

4.1

.

15² 4,5² ,
15,4² 4,7² (2.09.04.-87).

,

.

70%.

,

.

, , . .

.

:

, , , , , , , , ,

,

,

,

.

.

20

,

:

.

,

,

,

,

.

,

.

.

4.2

() , () .

4.1.

4.1 -

/				
1			<p>I=30 , U=380 .</p>	·
2	-		·	·
3		-	·	-

(4.2).

1

2

, 4 1 , 1 2

2

2: 2, 7

4.2 –

/				3 :			, %
				1 .	2 .	3 .	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1 , \ 3:	6	8	1,3			85
2	, \ 3	6	13,7		2,28		94,8
3	,	80	82	2			94,8
4	(0); ;	27	28	1			94,8
	, / ;	50	39				
	, / 2	40	65	25			
5		II ,					
7				4	1	-	

4.3

4.3.1

», « - .
 » « ».
 [22]

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

(2.04.05-91).

II ,

:

- t 6-27°
- =70%
- V=0,2-0,5 /

:

- t=15-21°
- =75%
- V=0,2-0,5 /

b

()

4.3.2

d

(II-4-79).

j

LED.

j

1.1-7.2002).

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

4.6

, ,
 :
 — ,
 ,
 ;

- ;
-

4.6.1

, ,
, $^3/$:

$$L = L + L ; \quad (4.2)$$

L - ,
, $^3/$;

L - , $^3/$.

$$L = 0,04 \cdot G \cdot V_k^2 ; \quad (4.3)$$

- ,
, =2...2,5;

G - , $^3/$.:

$$G = 300 \cdot ^2 \cdot V ; \quad (4.4)$$

- (= 1,6) ;
V - (V = 1 /) .

$$G = 300 \cdot 1,6^2 \cdot 1 = 768 \quad ^3/ \quad ..$$

$V_k -$
 $, / .$

$$V_k = \sqrt{2g \cdot H \cdot (1 - 1,2 \cdot f \cdot \text{ctg}\alpha) + (V_H \cdot K)^2}; \quad (4.5)$$

$H -$ ($= 2$);
 $f -$ ($f = 0,65$);
 $-$ ($= 45^\circ$);
 $V_H -$ ($V_H = 1$ /);
 $-$,
 $(= 1,1)$;

$$V_k = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot (1 - 1,2 \cdot 0,65 \cdot \text{ctg}45^\circ) + (1 \cdot 1,1)^2} = 3,14$$

$$L = 0,04 \cdot 2 \cdot 768 \cdot 3,14 = 193 \text{ }^3/ .$$

$$L = 3600 \cdot F \cdot V; \quad (4.6)$$

$F -$, 2 ;

$V -$
 $, (V = 1,5 /)$.

$$L = 3600 \cdot 1 \cdot 1,5 = 5400 \text{ }^3/ .;$$

$$L = 120 + 5400 = 5520 \text{ }^3/ .$$

, $^3/ \therefore$

$$L = 3600 \cdot F_o \cdot V_o; \quad (4.7)$$

$$F_o - \quad , \quad ^2;$$

$$V_o - \quad , \quad / (V_o = 1,5 \quad /);$$

$$L = 3600 \cdot 2 \cdot 1,5 = 10800 \quad ^3 / \quad .$$

() , ' .

4.6.2

ΔP_{TP}

ΔP_Z , [23]:

$$\Delta P = \Delta P_{TP} + \Delta P_Z, \quad (4.8)$$

-

, ;

Z -

, .

$$\Delta P_{TP} = \Delta P_R \ell \quad (4.9)$$

$$\Delta P_Z = P_g \Sigma' . \quad (4.10)$$

:

$$\Delta P_R = \frac{\lambda}{d} P_g \tag{4.11}$$

:

$$P_g = \frac{\sim 2}{2}, \tag{4.12}$$

ℓ – , ;
 ' – [24];
 } – ;
 g – , ;
 d – , ;
 ^ – , / ;
 ... – , / ³.

4.6.3

:

– Q, ^{3/} : 7500;
 – : 25 ⁰;
 – : 10;
 – , : 40;
 – , : 65;
 – : ;
 – , / : 5.5;
 – , / : 5–12;
 – : (4.1)

$$\frac{5}{-}, r = 90^0 \quad ' = 2,3.$$

$$\frac{6}{-} \quad r = 90^0, R/d = 1,0 \quad ' = 1,1.$$

$$30^0 \quad ' = 0,25.$$

$$\quad ' = 0,17.$$

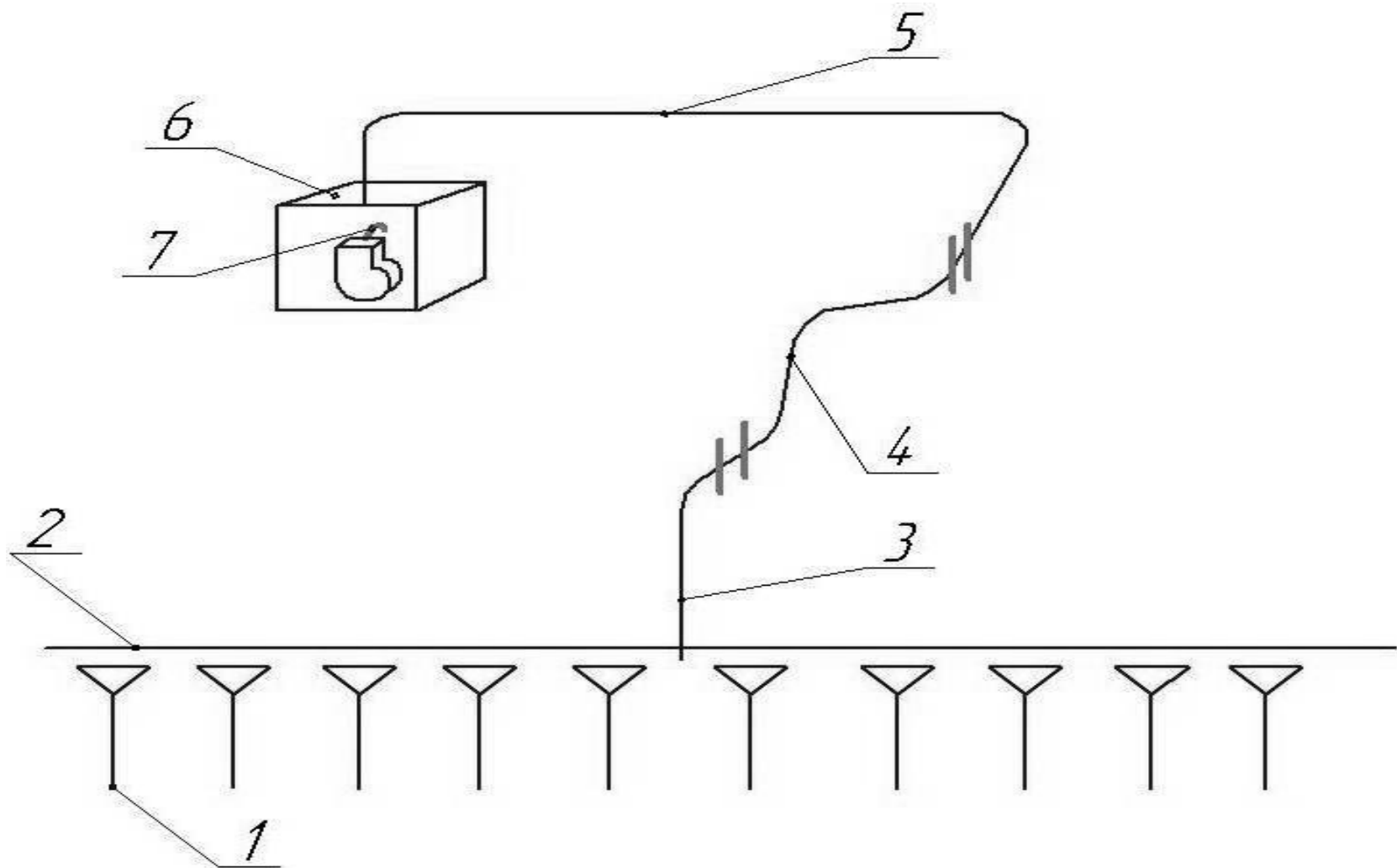
$$\frac{d}{d} = 0,8 \quad ' = 0,1.$$

$$: \sum ' = 2,25.$$

$$\frac{7}{700 \times 700} \quad 900, = 20^0.$$

$$\frac{F_1}{F_0} = \frac{(3,14 \cdot 0,9^2) / 4}{0,7 \cdot 0,7} = 1,3 \quad = 0,35.$$

4.4.



4.1 -

1-7

4.4 –

	Q, 3/	ℓ,	d,	~, /	P _g ,	ΔP _R , /	ΔP _{TP} ,	Σ,	ΔP _Z ,	ΔP,
1	750	0,8	800	8	3,96	0,15	1,32	20	7,25	7,57
2	750	8	800	4,5	3,96	0,15	1,32	2	7,17	8,49
3	750	1,7	1000	7,1	3,96	0,15	1,32	0,16	7,41	8,73
4	750	4,15	1020	7,9	3,96	0,15	1,32	2,92	7,48	8,84
5	750	2,455	1000	8	3,96	0,15	1,32	2,3	7,52	8,88
6	750	1		6,1	3,96	0,15	1,32	2,25	7,56	8,92
7	750	2,545		15,3	3,96	0,15	1,32	0,35	7,56	8,88

:

$$\Delta P = 1,1 \cdot 158,78 = 174,56 \quad .$$

:

$$N = \frac{\Delta P \cdot Z}{3600 \cdot 1000 \cdot y} \quad (4.13)$$

(4.13),

$$N = \frac{174,66 \cdot 60000}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,71} = 4,1$$

$$Q = 7500 \quad 3/ \quad 174,56$$

4-70 6,

$$n = 960 \quad -1 \quad =$$

0,71

$$Q = 7500 \quad 3/ \quad 174,56 \quad .$$

1. . . . / . . . , . . . , 3-
 . . . - . : , 1978. – 377 . . .
2. : UA 909 U: 7 30 15/14
 – 2000095344; .18.09.2000; .16.07.2001,
 . 6,5 .
3. - :
 SU 335098: 28b 3/06, 30b 11/02 . . . , . . . , .
 . . . X. . . . , . . . -
 – 1456552/20-33;
 .30.06.1970; .10.05.1972, . 13,3 .
4. : SU
 237045: 28b 3/06, 80 18/05 . . . ,
 , . . . -
 –
 1007881/29-33; .20.05.1965; .03.11.1969, . 7,2 .
5. : SU
 390955: 28b 3/06, 80 18/05 . . . , . . . -
 – 1696201/29-33;
 .13.08.1971; .25.07.1973, . 31,3 .
6. - :
 SU 393104: 28b 21/92, 28b 3/08 , .111. ,
 – 1386201/29-33; .22.12.1969;
 .10.08.1973, . 33,2 .
7. . . .
 . . . I. -
 : / . . .
 – . :
 ., 2013. – 302 . : .

- 8. /
 - ∴ - .2007.- 320 ∴ .
- 9. ∴ 3- 1
 . / , -
 : ,2001.- 398 ., .
- 10.
 . / - ∴ ,1983.- 280 .
- 11. / - 2-
 ,, - ∴ : ,1982.- 280 .
- 12. ∴ .
 / , - 4- .,
 - ∴ ,1985.- 416 ., .
- 13. ∴
 . /
 , , ∴ ;
 - ∴ : , - ,1984. 400 .
- 14.
 / - ∴ : ,
 1962.- 522 .
- 15.2- ., /
 , , , - ∴ :
 ,1981.- 320 .
- 16. ∴ : /
 , , - ∴ : .,1990.- 480
 .
- 17. /
 , - ∴ : ,1983.- 176 .
- 18.
 / , - ∴ : ,
 1952.- 610 .

19. . . . - /
. . . . , , - ∴ . -
. . . . , 2006. - 560 .

20. . . . /
. . . . , - ∴ , 1966. - 380 .

21. . . . / . . .
. . . . , , // . -
1965. - 5. - . 23 - 27.

22. . . . i / . . .
. . . . - ∴ , 2009. - 360

23. . . . i. i i
i . / - ∴ , i - , 2003. - 280 ..

24. . . . i / . . .
. . . . - ∴ , 2009. - 360 .

25. / . . .
. - ∴ , 2007.

26. . . . «
» ()
. . . . / , -
∴ , 2012. - 16 .

27. (8.090218 “ ”
“ ”) / , - ∴ ,
2004. - 71 .

28. /
∴ , - , , 2002. - 124

/		.	
1	-1085	1	1
2		1	1
3		1	1
4		1	1
5	()	1	2
6	(,)	2	4
7	-	1	1
8	- ,	1	1
9		1	1

