

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 механізмів приводу
мостою правильної машини

Виконав: магістрант групи МБ-18мг

Кузьменко Р.В.
(ІПБ) (підпис)

Спеціальності

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133.00.12 Металургійне обладнання
(шифр і назва)

Керівник Васильченко Т.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Н. контроль Огієвський І.К.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2020 року

Закарпатський національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Металургії

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти магістр
(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Радуже машинобудування
(шифр і назва)

Спеціалізація _____
(шифр і назва)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ ” 20 року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи магістра

Кузьменко Раїсава Вадимівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення конструкції механізмів в приводу мотоправильної машини

керівник роботи к.т.н., доцент Васильченко Т.О.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “10” вересня 2019 року № _____

2. Термін подання студентом роботи 15 січня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи техніко-економічні показники роботи агрегату поперетного різання цеху холодної прокатки

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Огляд і аналіз науково-технічних рішень щодо щільності енергоефективності мотоправильної машини та об'єднування окремого напрямку роботи; 2 Розрахунок втрат гасу. 3. Д-8 гасу. 4. Охорона праці. Замітка висновок

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових складових)
Лист АР-1-ЗА2; 2 Машина металоправильна 5x150x1700-1A1
3. Вузол приводу - 1A1; 4 Вузол ходових роликів - 1A1; 5 Ролик
роботи - 1A1; 6 Цилиндр управління ф120x285 - 1A1; 7
Частоти діагностичні моделі - 1A1; 8 Кошик та латуня-
тична діагностичні моделі пресу здатного стану мотопро-
вильної машини у вигляді в'язу - 1A1

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Васильченко Т.О., доцент		
2	Васильченко Т.О., доцент		
3	Васильченко Т.О., доцент		
4	Васильченко Т.О., доцент		
5	Васильченко Т.О., доцент		

7. Дата видачі завдання 09 вересня 2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів 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	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	Прийняття пояснювальної записки	Згідно графіку	
9	Захист проекту у ДЕК	16.01.2020	

Студент

(підпис)

Кузюшенко Р.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Васильченко Т.О.
(прізвище та ініціали)

133 –

, 2020.

ABSTRACT

Kuzmenko R.V. Improvement of the design of drive mechanisms for a sheet-type machine

Qualification final work for obtaining a higher education degree of a master's degree in specialty 133 - Branch engineering, scientific adviser T.A. Vasilchenko. Zaporizhzhya National University, Faculty of Metallurgy, Department of Metallurgical Equipment, 2020.

The analysis of the existing sheet straightening machines is carried out, the advantages and disadvantages of the existing technical solutions are analyzed. A variant of the modernization of the push mechanism of a five-roller straightening machine is proposed. A study of the operation of the drive unit of sheet straightening machines using the frequency diagnostic model of its malfunctions. Functional

mathematical and logical diagnostic models have been developed for the hydraulic pressure mechanism of the plate straightening machine.

Keywords: DRIVE, PRESSING MECHANISM, HYDROCYLINDER, ROTATION FREQUENCY, DIAGNOSTIC MODEL

..

133 –

, 2020.

:

		8
		9
1	-	
		11
1.1		11
1.2		19
1.3		24
1.4		35
2		38
2.1		38
2.2		43
2.3		47
3	-	49
3.1	,	49
3.2		57
3.3		66
3.3.1		66
3.3.2		67
3.3.3		73
4		76

	7
4.1	76
4.2	77
4.3	78
4.3.1	78
4.3.2	79
4.3.3	80
4.4	81
4.5	83
4.6	85
4.6.1	85
4.6.2	87
4.7	87
	91
	92
	96
	97

.
 .
 ,
 —
 ,
 ,
 .
 ,
 ()
 ().
 ,
 . [1]

,
 .
 ,
 ,
 . [2]

—
 .
 . [3]

,
 .
 .
 :

—

;

—

;

—

;

—

;

—

.

—

,

.

,

—

,

.

.

:

—

«

» (. , « », 2019).

.

.

,

,

,

,

.

104

,

83

,

13

, 14

, 31

4

,

4

7

.

,

,

,

.

1

-

1.1

0,3-3,0 ,

2350 ,

, .
— ,
, .
().
,
, .
,
,
.
,
,
,
:
;
.
,
,
,
,
— .
:
(92-95%) — Fe_3O_4 (5-8%).
— Fe_3O_4 .
F O

1.1.

1.1 –

	,%	°
H ₂ SO ₄	20-23	80-95
HCl	16-25	65-85

(5 /).

50-80 %.

(

);

Fragmented text consisting of various punctuation marks and symbols scattered across the page.

().

Fragmented text consisting of various punctuation marks and symbols scattered across the page.

(0,2-0,5) σ , σ -

0,1 σ

() 650-720 ° .

()

(10-30 .);

(6-25

.);

(25-40 .).

40 80 .,

2-4 .

1,5-4,5 / .

0,8-1,5 %.

0,3

«

».

: , (,)

: (0,2-0,5) σ , (0,1-0,2) σ .

()

, , .

()

50 ,

- 10 .

()

, - : , (,), (,)

Cr₂O₃ 80-85 ° .

– 4 / ;

– 500 . / .

; 0,2-0,4 .

: , , ,

(, ,),

– 100-120 . / .

(. 1.1)

1

1

« » ,

-1 [4]:

-100 / .

-

- 1600

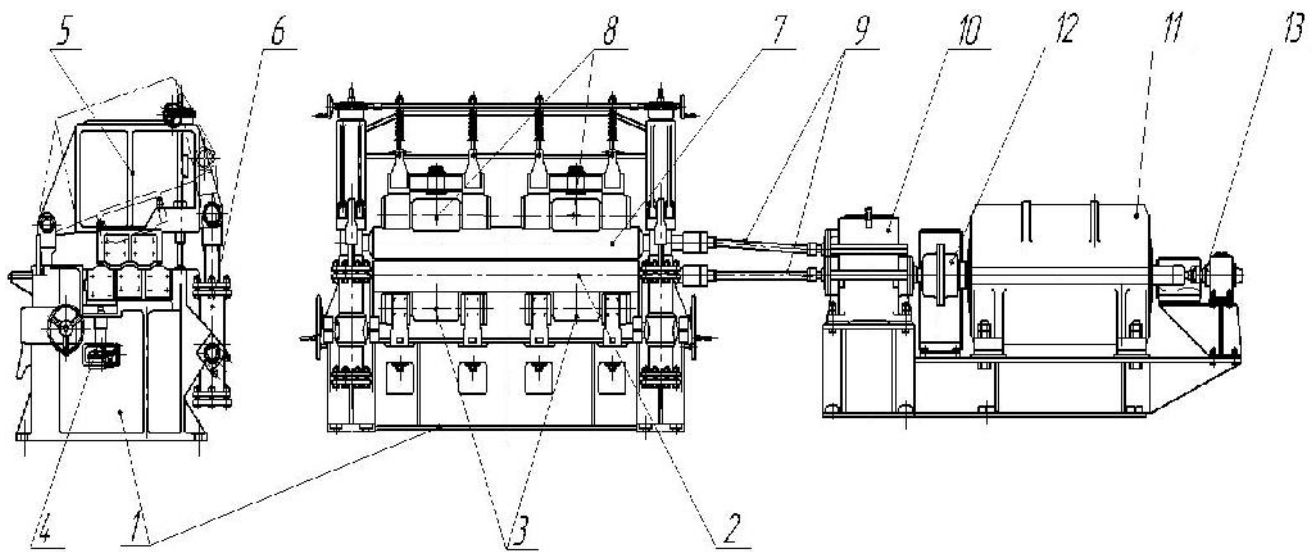
- 750

- 710-1520

- 0,4-2,5

, / - 1-2,5
 : , - 500..3950
 , - 850..1500
 , - 5
 , / - 1,2-3,6

3 13.



1.1 -

(

)

(. 1.1)

() 1,

() 2

3,

4. 5,

1.

6. 5, 7 ,

8. 2,7 -

9 10,

, 11 12.

1,

13

, .

, .

, - ,

. - ,

. .

. .

1.2

. 1.2.

1 :

- («1680»

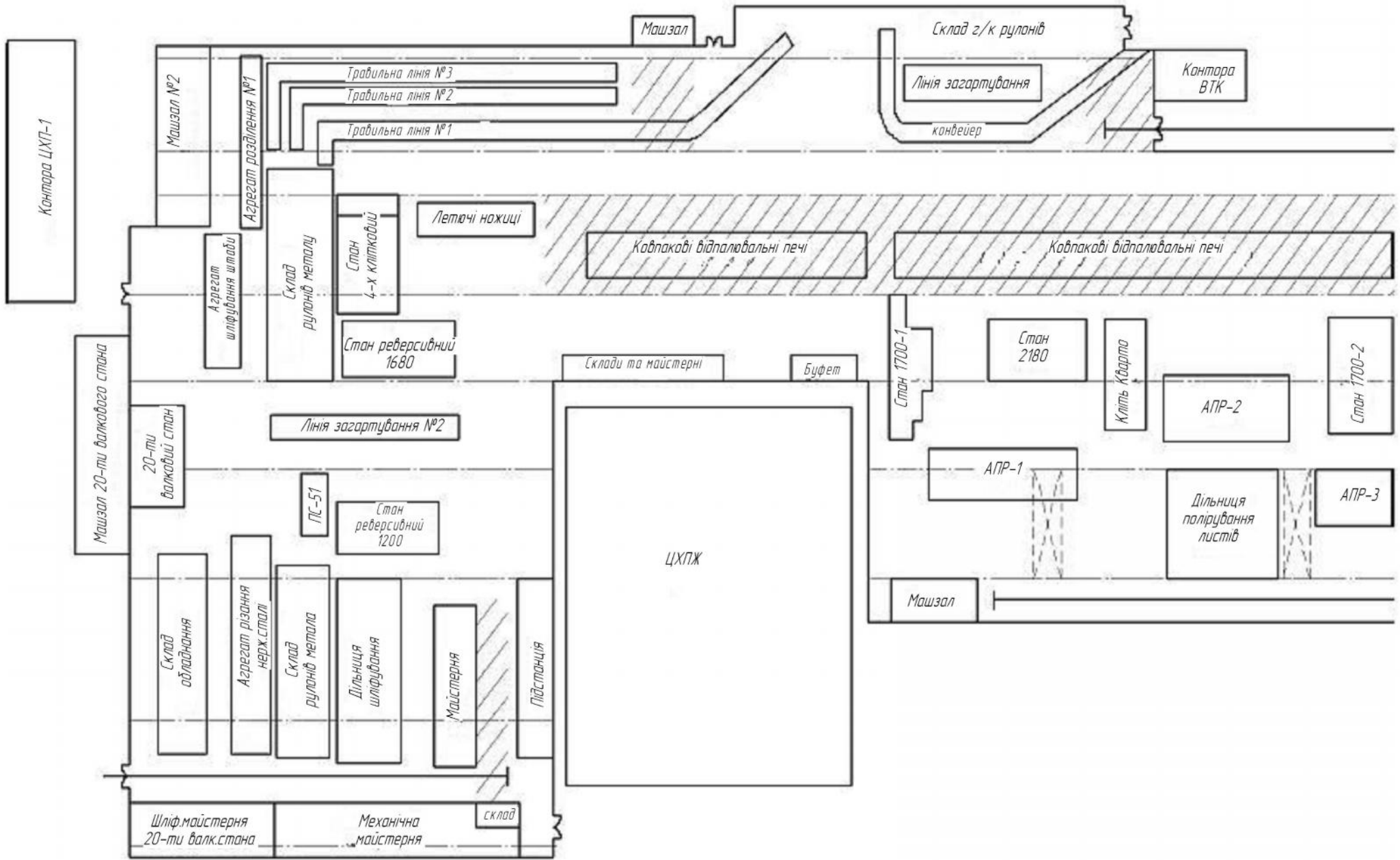
«1680», «1200»);

- «1700-1» «1700-2»;

- ;

- ;

- .



1.1 –

-1

/			, -1	, / -
1	1 (-1)	1	=1250, n=400	198,6
2	2 (-2)	1	=1000, n=500	95,9
3	«1680»	1	=5000, n=910	15,3
4	«1680»	1	=1250, n=400	129,1
5	«1200»	1	=1250, n=400	125,0
6	«1700-1»	1	=2×660 n=450-1200	82,8
7	«1700-2»	1	=1250 n=400-820	57,7
8	20-	1	=4500 n=400-600	50,5
9	, ,	1	=1000, n=500	37,7
10	-1	1	=190, n=1150	37,5
11	-2	1	=160 n=1500-1800	34,6
12	-3, -4, -5	1	=200, n=1250	28,9

) 650-720⁰ .

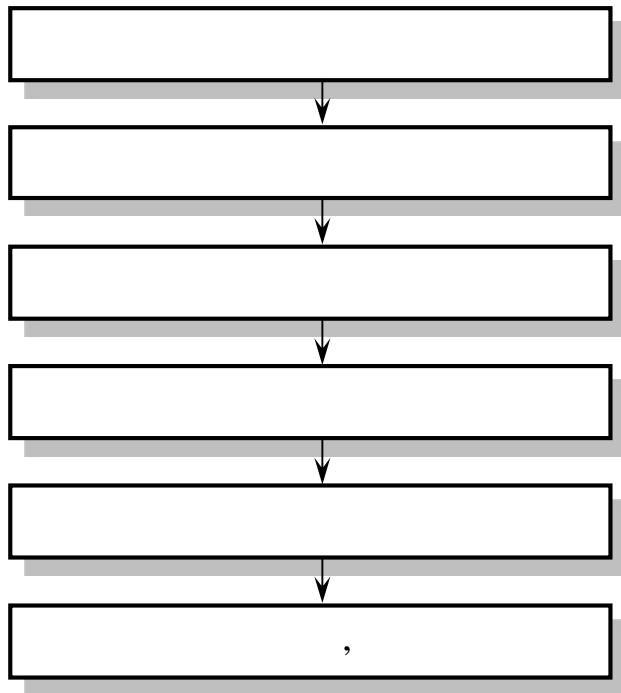
(

1-3%

(-1,2,3,4,5),

. 1.3

-1.



1.3 -

1

1.2 –

-		,	, c	%	, /	/
-1	3,8×1400	15	372	20	165,1	989742,6
	3,5×1250	12,5	300	40	150	
	3,0×1000	10,5	315	40	120	
-2	3,0×1250	12,5	333	20	135,1	684821,9
	2,7×1000	10,5	338	30	111,8	
	2,0×1000	10,5	473	50	79,9	
“1680”	1,8×1400	15	263	20	204,9	934167,6
	1,2×1250	12,5	330	60	136,3	
	0,7×1000	10,5	447	20	84,5	
“1700-1”	1,8×1400	15	405	20	133,3	605102,4
	1,2×1250	12,5	540	70	83,3	
	0,5×1000	10,5	816	10	46,3	
“1700-2”	1,8×1400	15	405	20	133,3	422169,2
	1,2×1250	12,5	540	30	83,3	
	0,5×1000	10,5	816	60	46,3	
-1	1,8×1400	15	1080	40	50	258822
	1,2×1250	12,5	1080	40	41,6	
	0,5×1000	10,5	1224	20	30,8	
-2	1,8×1400	15	1080	40	50	321553,8
	1,2×1250	12,5	1080	40	41,6	
	0,5×1000	10,5	1224	20	30,8	
-3-5	1,8×1400	15	1080	30	50	259429,3

1.3

« » ,
 ,
 .
 ,
 « »

Bi o aci pa e c o o o po a y xo o o a o i o o
 y py o ac o o i i a o i po a i po o a paxy o pa c i
 o py x c opoc e po i xo o a xi o ce i . O py oc i
 po i xo o a xi o ce i o pa i c i i o e :

$$V1/V2=0,67\mu Eh/(t), \tag{1.1}$$

- e V1 – o py a ic po i xi o ce i, /c;
- V2 – o py a ic po i xi o ce i, /c;
- m – oe i i ep a epia i po a y a po i ;
- E – o y y py oc i a epia y po a y, M a;
- e a e y ec i po a y, M a;
- h – o a po a y, ;
- t – po o o epe y po a y, .

e, o i epe a a eo xi ic a opy po i
 pi o a i x ia e pi ia a o y o a a epia i c o o o po a y.
 o a c o pa a a a, o ic po i e i a c a
 axo o y op y pa i po i, ia e p x i y c o a p y
 a a . i a c c a a e e e

ic o pa po o o ia a o y c i pi o a i x a epia i o
 a o po pa x po i , a a o eo xi ic i o py o e y po
 a e o i o po o o po a y.

[5] c o pe c o pa o a , y o
 a paxy o oc y o o o i e o py x c opoc e pa x po i
 i xi o o o xi o o a e e y a ac pa a a o o ac o
 a o i o a po , i, ac i o o o, o p ia a o
 ic o pa pi o a i x a epia i .

e oc a c , o c o pa a a a, o ic po i e i a
 c a i y axo o y op y py o o py a pa i po i, ic , a o ,
 i apy i x y a x o ec, o, ' a i pa po a , o o o
 i ic y o ec i ap i y c y a p y i xi o o po a o
 xi o o eo e p po peci , a pa i po i o a i o o o
 ia e py.

opi i po o o , o c py i o o e o o a e e
 ic y pa y po o o ia a o y i pi o a i x o a a epia i
 o a o po pa x po i , a a o a a i o i i pa a
 o py y a i i ic ia e pi pa po i a e o i a epia y,
 y axo i, o po o y c , o c py i c o pa o a ic
 i apy i x y a x o ec c o y e x o a , a c o y y a x
 o ec a a c y o i a e ic (1.1). B xo c i i o e
 o y o oc i:

$$V = d/2 = nd/60, \quad (1.2)$$

e V – o py a ic , ;

– o a ic , c^{-1} ;

d – ia e p po a, ;

n – ic o ep a , x^{-1} .

a, a a a, e o po pa o a o a o o o ia e py
 op y a (1.1) p a ac y :

$$n_1/n_2 = 0,67 \mu E h / (\sigma_T t), \tag{1.3}$$

e n1 – ic o ep a po i xi o ce i, x⁻¹;
 n2 – ic o ep a po i xi o ce i, x⁻¹.
 a e e e oc y o o o i e c opoc e
 pa x po i i xi o ce i o xi o xi o o p a p
 eo e p o po pecci ce o ep a , a e a a c
 op y :

$$\varphi = \sqrt[3]{\frac{n_1}{n_2}}, \tag{1.4}$$

e – a e eo e p o p pecci ;
 k – o po i c o pa o a .
 3 y paxy a op y (1.3) op y a (1.4) p a ac y :

$$\varphi = \sqrt[3]{0,67 \mu E h / (\sigma_T t)}, \tag{1.5}$$

xo i ap i x y a x o ec pa i po o ' a i o i
 co o . oc i o e a po i poc a y eo e p i po pecci i
 xi o o o xi o o, o e, a e e e a o o p o y p oc i i
 oc i o ep a p i o o a a c o y y a x o ec po
 i y c opo o y a p y – xi o o po a o x o o i
 eo e p po pecci , a a e epe a i o e i
 y a o o o eca o epe o o po a o ac y o o y a p y i xi o o
 po a o x o o. y a x o ec i ap o a po paxy a o
 op y i:

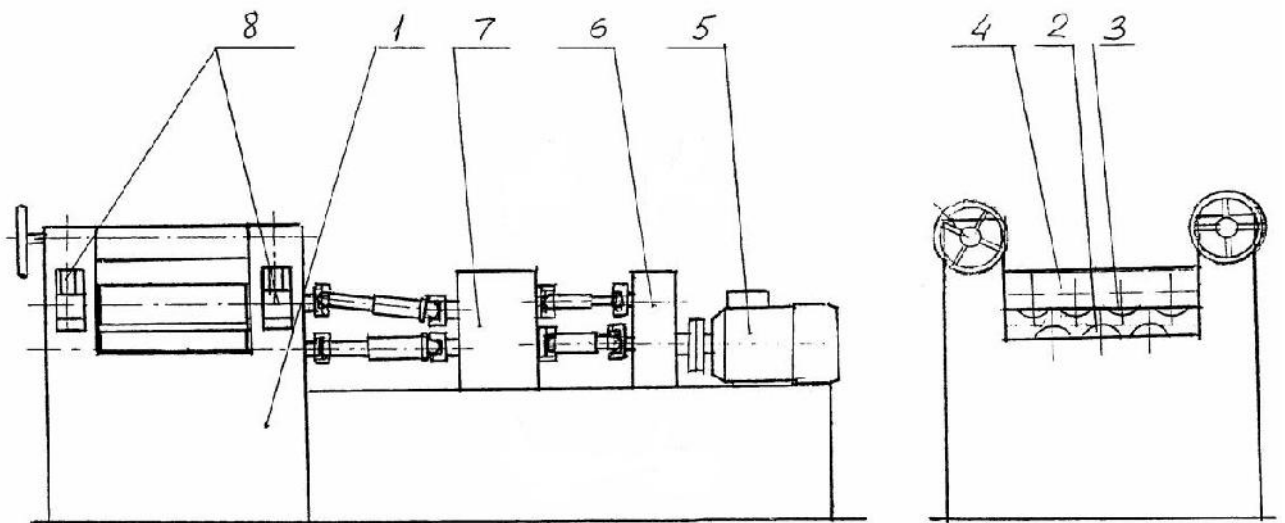
$$Z_k = Z_{k-1} \cdot = Z_1 \cdot k^{-1}, \tag{1.6}$$

Z_k – i ic y y a o o o eca k – o po a;

Z_{k-1} – i ic y y a o o o eca po a o epe o o k – y;

Z_1 – i ic y y a o o o eca xi o o po a.

Ta o , ac i o ac ocy a y o c py i c o pa o a i ap i x y a x o ec, o ' a i pa po a , o o o i y o ec i ap i y c y a p y i xi o o po a o xi o o eo e p i po pecci , xo po paxy y eo e p o o p y e y o c a e oc i i apa e pi a epia y po a y a e e y c pa a ca o o ac o a o i o a po a paxy o oc y o o o i e o py x c opoc e pa x po i o o o ia e py i xi o o o xi o o . Ha 1.4 pe ca e a a c po o o c o pa o a



1.4 – a a c po o o c o pa o a ()

c o a a a a ic c a y l a po a a i y i o x y ax (a e o a a i) i pa i po 2,

epx i pa i po i 3 y pyxo i pa epci 4, e e po y 6, po a a a
 ec epe a e 7, i apa i x y a x o ec 8. o o e pyxo o
 pa epc 4 pe y c a 9. c a o a pa c i y o :
 epx i 3 i i 2 pa po p o c o ep a i
 e e po y a 6 pi po a a y ec epe y 7 a i apy i x
 y a x o ec 8. Po a a a ec epe a e 7 o i o ep a a a
 a a o y c o p o y, ac i o o o, y i api e y y a i o eca
 xi o o a e ep o o po i, o o o i o ip o po o i
 a a a e a y a i o eca. a e e e epe a i o ep a i
 o o o y a o o o eca o i o o o y c o p o y a o oc i yc a o
 y a x o c pi o a i c a y y i api ac oco y c
 c c e a apa ec ep .

[5],

[6]

14.

14

10

2

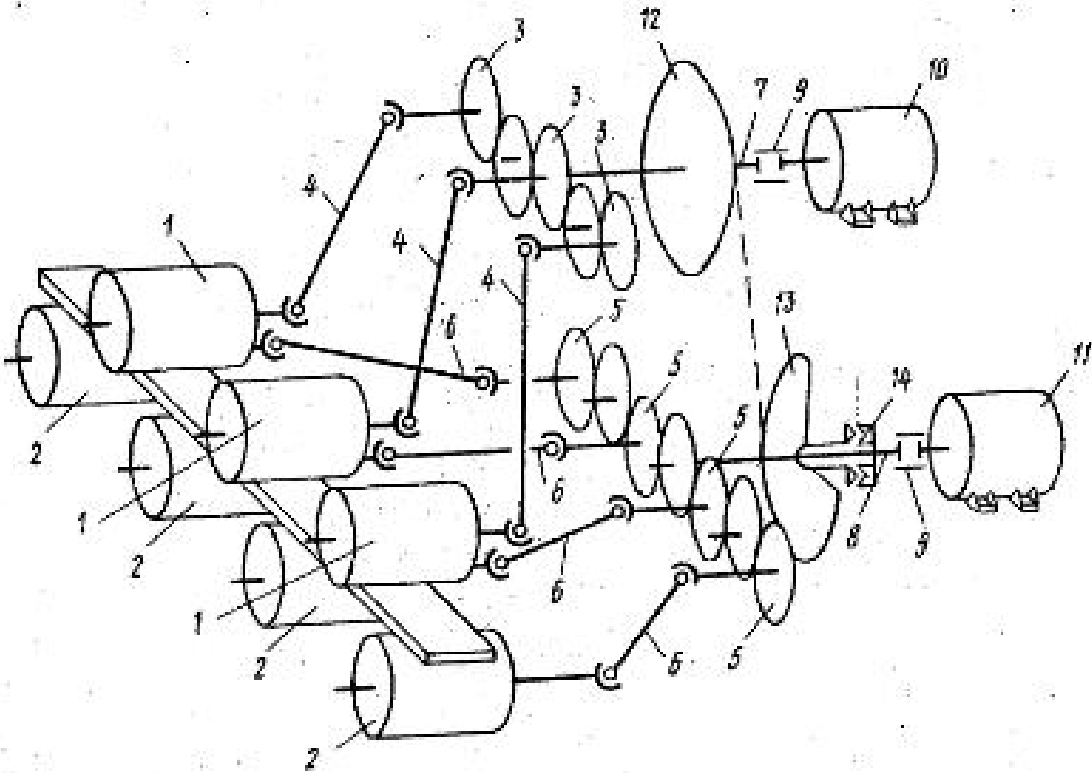
8,

1

5

11

6.



1.5 -

(

)

[7]

7 (1.6)

9

4.

5

3

7

2

7.

1,

2

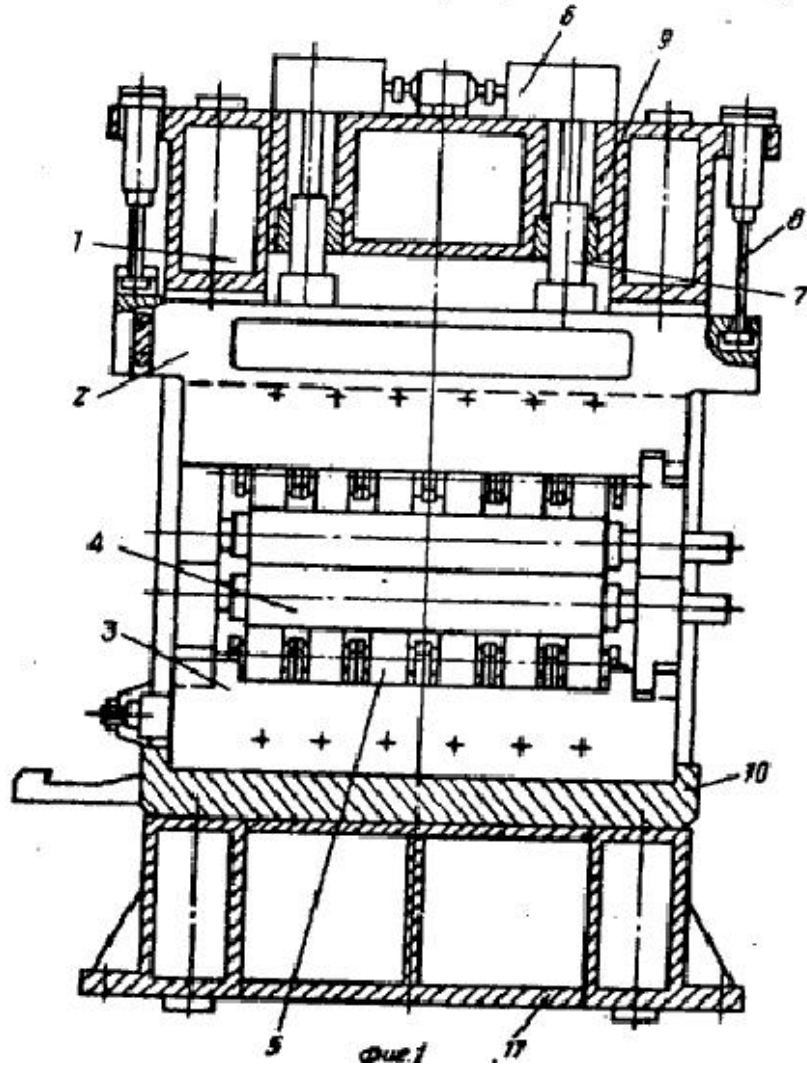
3

5

2

6

7 8
 6 2 9,
 3 - 10,
 11. 5



1.6-

()

4,

7 3

4.

5

2, 3

7

“ ”

7

2 3

7.

6.

2

7

’
.

[8]

(.1.7),

2.

’

3,

’

4.

5

6.

7

4,

24

7

4.

5

4

8,

8

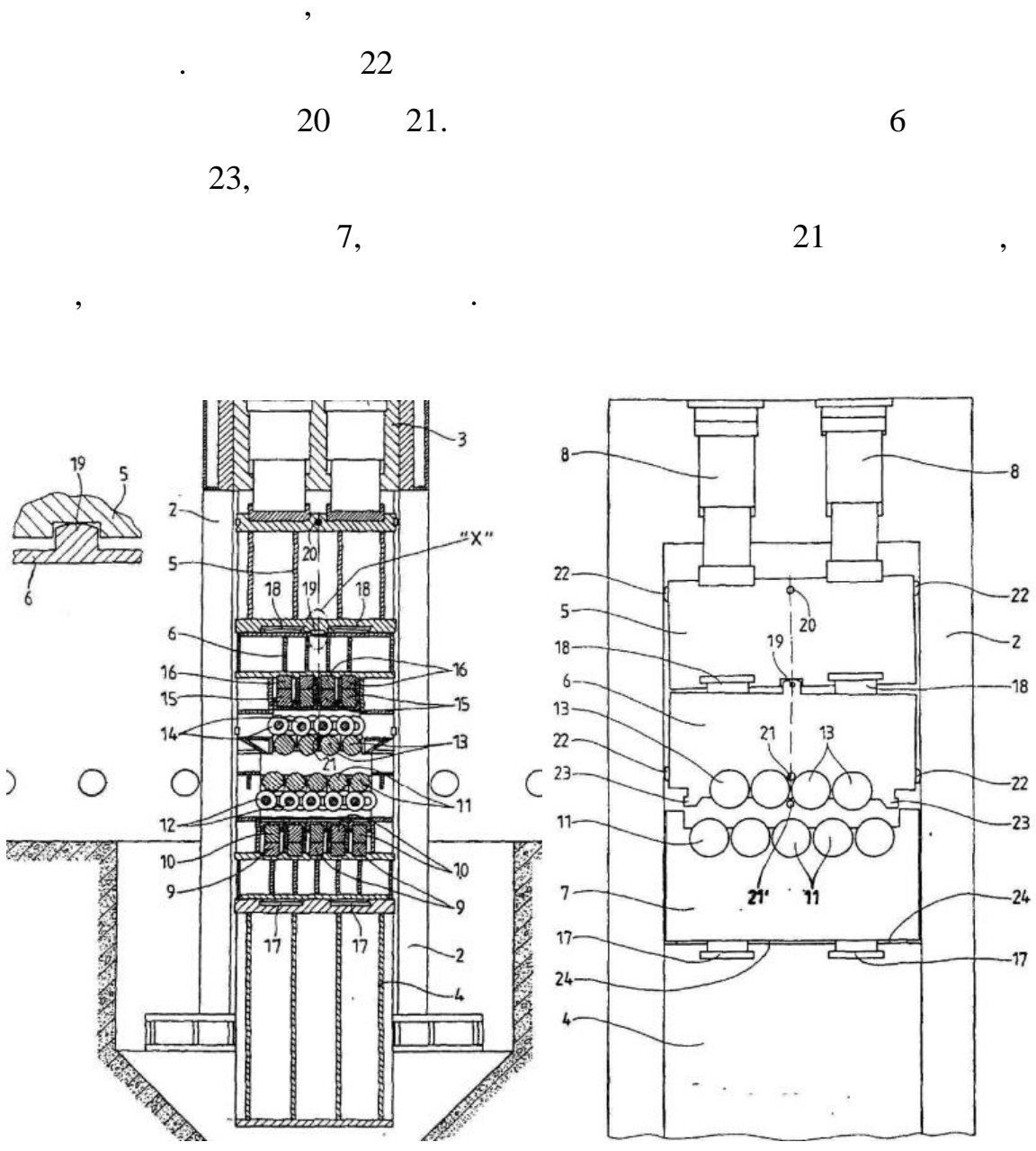
5.

7

’

9

10 , 11 12, 32
 , 12 ,
 6 , 14,
 13. 13
 14 15. 15.
 15 16,
 . 16
 11,13 ,
 ,
 4,5 ,
 ,
 6 7. ,
 4
 7 5
 6 ,
 18. , 17
 5
 ,
 19,
 ,
 5
 6,
 19
 , , 19,
 8 13.
 22, 6
 5 2 ,
 ,



1.7 -

()

1.4

,
 ,
 ,
 .
 .
 :
 —
 ;
 —
 ;
 —
 ,
 ;
 —
 ,
 —
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ,
 ;
 —
 ;
 . [10]
 :
 —
 ,
 ;
 —
 ;
 —
 ,
 ;

—

.

, (360°

.

(

,

), (

),

-

,

.

.

—

,

,

,

.

.

,

,

.

.

.

,

,

.

,

,

.

,

,

,

.

,

,

,

,

,

. [11]

,
 ,
 (1-),
 (2-).
 (, , ,
).
 -
 ,
 . [12]
 -
 . [3]
 , , :
 - ;
 - ;
 - .
 ,
 ,
 ,
 [13]
 ,
 ,
 ,

2

2.1

,

,

$$0,4 \div 2,5$$

$$b = 800 \div 1550 \quad .$$

. 2.1:

2.1 –

1	,	h	0,35...2,5	
2	,	b	710...1520	
3		σ	$300 \cdot 10^6$	
4		v	1...2,3	/
5		D	150	
6		t	160	

,

.

2.1.

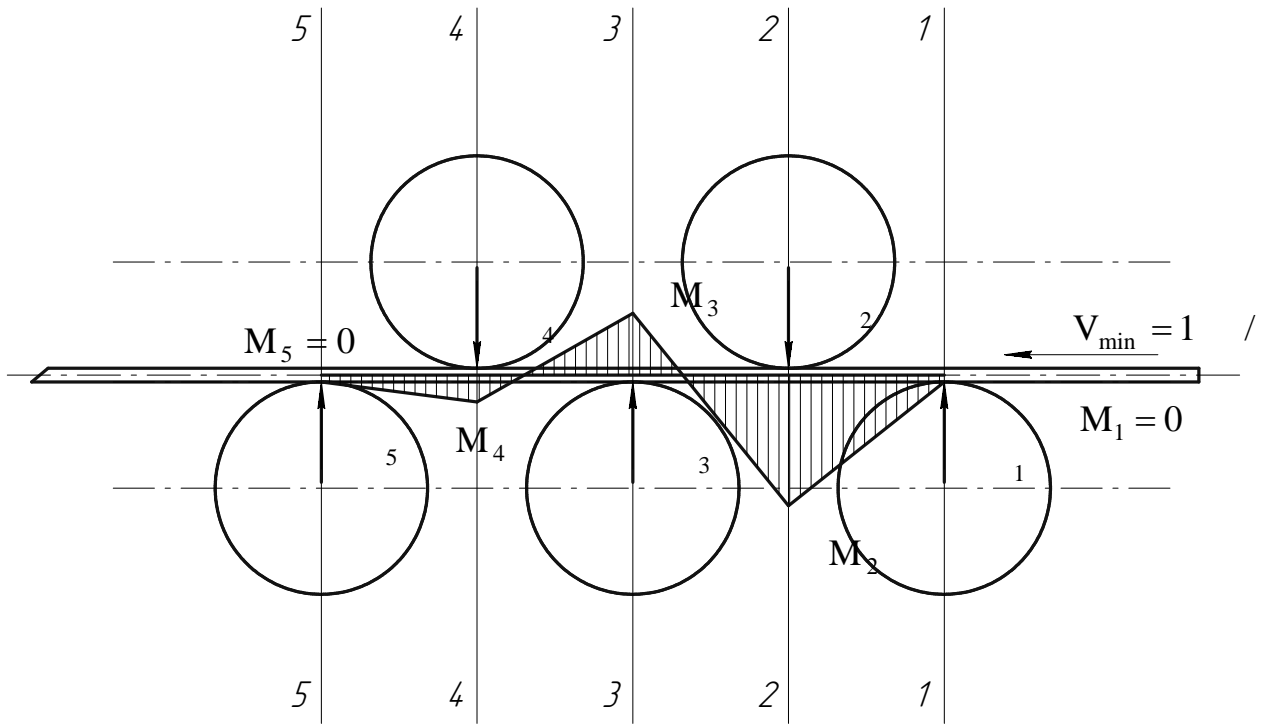
$$: h = h_{\max} = 2,5 \quad -$$

,

$$[4]; \vartheta = \vartheta_{\max} = 2,3 \quad / \quad -$$

$$[4]; k_2 = 0,7 \quad -$$

.



2.1 –

5

[14]:

$$P = \frac{8}{t}(M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5), \quad (2.1)$$

$t = 0,160$ – ;
 $M_1 = M_5 = 0$ – 1- 5- ;
 $M_2 = M_3 = M$ – 2- 3- ;
 $M_4 =$ – 4- .

[14]:

$$M = M_2 = M_3 = \sigma bh^2 / 4, \quad (2.2)$$

$\sigma = 300 \cdot 10^6$ – ;
 $b = 1,520$ – , ;

$h = 2,5$ – , .

2.2, :

$$M = M_2 = M_3 = 300 \cdot 10^6 \cdot 1,520 \cdot 2,5^2 / 4 = 1425 \text{ . . .}$$

- :

$$= M_4 = \frac{5}{24} \sigma b h^2. \quad (2.3)$$

2.3 2.1 :

$$= M_4 = \frac{5}{24} \cdot 300 \cdot 10^6 \cdot 1,520 \cdot 2,5^2 = 593,75 \text{ . . . ,}$$

$$P = \frac{8}{0,160} (0 + 1425 + 1425 + 593,75 + 0) = 172187,5 \text{ .}$$

:

$$M \text{ . . . } = Pm, \quad (2.4)$$

$$m = 0,6 = 0,0006 \text{ – ,}$$

,

[14].

2.4, :

$$M \text{ . . . } = 172187,5 \cdot 0,0006 = 103,3125 \text{ . . .}$$

$$P = P\mu(d/2), \quad (2.5)$$

$$\mu = 0,005 \text{ -- ($$

$$d = 0,0875 \text{ --$$

$$2.5, \quad :$$

$$= 172187,5 \cdot 0,005 \cdot 0,0875 = 75,3320 \text{ . . .}$$

[14]:

$$N = \frac{\sigma^2}{2E} bhv, \quad (2.6)$$

$$M = \frac{N}{\omega}, \quad (2.7)$$

$$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ -- ;}$$

$$K = 8 \text{ -- [14];}$$

$$\omega \text{ -- , }^{-1}:$$

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{v}{0,5 \cdot D}, \quad (2.8)$$

$$v = 2,3 \text{ / -- ;}$$

$$D = 0,15 \text{ -- .}$$

$$2.8, \quad :$$

$$\omega = \frac{2,3}{0,5 \cdot 0,15} = 30,6667 \text{ }^{-1},$$

$$N = \frac{300000000^2}{2 \cdot 200000000000} 1,520 \cdot 2,5 \cdot 2,3 \cdot 8 = 15732 \text{ } ,$$

$$M = \frac{15732}{30,6667} = 513 \text{ } \cdot \cdot .$$

[14]:

$$= \dots + \dots + \dots \text{ } . \quad (2.9)$$

2.9, :

$$= 513 + 75,3320 + 103,3125 = 691,6445 \text{ } \cdot \cdot .$$

[14]:

$$N \text{ } = \dots \cdot \omega \text{ } . \quad (2.10)$$

2.10, :

$$N \text{ } = 691,6445 \cdot 30,6667 = 22094,2003 \text{ } \cdot \cdot .$$

$n = 750 \text{ }^{-1}, n_{\max} = 2000 \text{ }^{-1},$ $U = 220 \text{ } ,$ $30 \text{ } ,$
 $3,36, \quad \eta \approx 0,80.$

2.2

. 2.2 (-

[15].

([16]).

[17]:

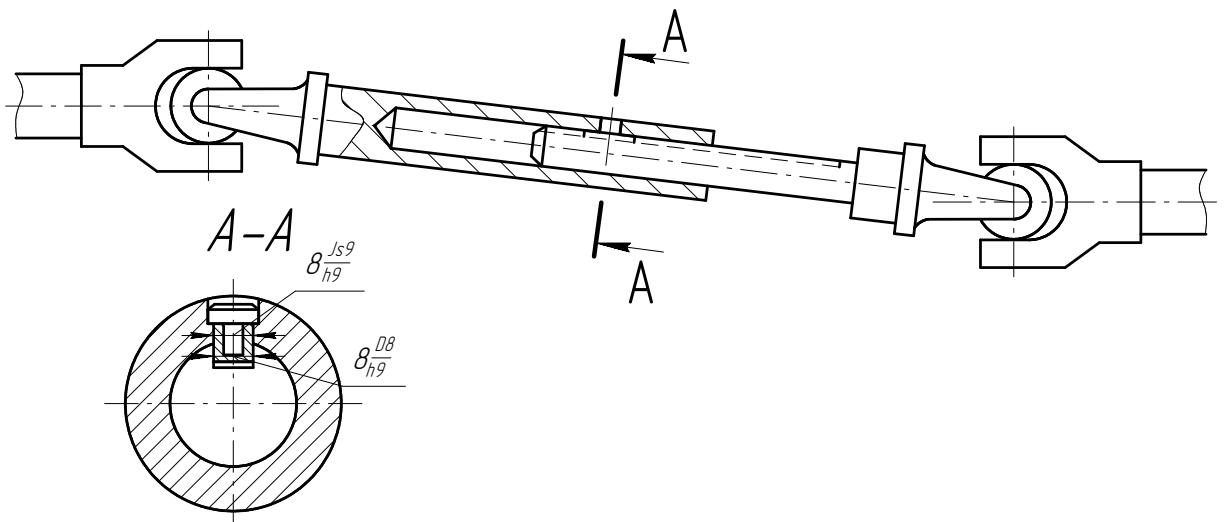
$$\tau_{\max} = \frac{M}{W_p} \leq [\tau], \quad (2.11)$$

τ_{\max} - ;

M - , ;

W_p - ;

$[\tau]$ - , , .



2.2 -

[17]:

$$D = \sqrt[3]{\frac{16M}{\pi[\tau](1-\alpha^4)}}, \quad (2.12)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M}{\pi[\tau]}}, \quad (2.13)$$

D – , ;

d – ;

– ;

$[\tau] = 7 \cdot 10^8$ – 12 3 [16];

α – ,

: $\alpha = d/D \Rightarrow d = \alpha D \Rightarrow D = d/\alpha$.

, , ,

29 . ,

(. . 5-) :

$$N = N / 4, \quad (2.14)$$

$N = 29$ – .

2.14, :

$$N = 29/4 = 7,25 .$$

· [16]:

$$= 9736 \cdot N / n, \quad (2.15)$$

$N = 7,25$;

n – , ⁻¹.

:

$$n = n / u , \quad (2.16)$$

$$n = 1000 \text{ }^{-1} - ;$$

$$u = 3,64 - .$$

$$2.15 \quad 2.16, \quad :$$

$$n = 1000 / 3,64 = 274,7253 \text{ }^{-1},$$

$$= 9736 \cdot 7,25 / 274,7253 = 256,933 \text{ } \cdot .$$

$$2.13, \quad :$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 256,933}{3,14 \cdot 7 \cdot 10^8}} = 0,0123 = 12,3 \text{ } .$$

$$5-10 \% [16], \quad :$$

$$d' = 12,3 \cdot 1,1 = 13,55 .$$

$$d = 24 \text{ } .$$

$$2.13 \quad :$$

$$[\tau] \geq \frac{16M}{D^3 \pi (1 - \alpha^4)} . \quad (2.17)$$

$$\alpha = 0,5 \quad 2.17, \quad D = 24 / 0,5 = 58$$

:

$$\tau = \frac{16 \cdot 274,7253}{0,058^3 \cdot 3,14(1 - 0,5^4)} = 7,653 \leq 700 \quad .$$

189-75 [18],

$$[\sigma] = 150 \quad . \quad - \quad 45. \quad , \quad 8 \times 7 \times 70 \quad c = 0,25$$

$t_1 = 4$

$$P = \frac{P}{0,5 \cdot d}, \quad (2.18)$$

2.18, :

$$P = 256,933 / 0,5 / 0,024 = 21,4111 \quad .$$

:

$$\sigma = \frac{P}{(\ell - b)(k - c)} \leq [\sigma], \quad (2.19)$$

$$P = 21,4111 \quad - \quad ;$$

$$\ell = 70 \quad b = 8 \quad k = 3,4 \quad , \quad c = 0,25 \quad - \quad ;$$

$$[\sigma] = 150 \quad - \quad .$$

2.19, :

$$\sigma = \frac{21411,1}{(0,070 - 0,008)(0,0034 - 0,00025)} = 109,63 < [\sigma] = 150 \quad .$$

2.3

, (360°) .
 (,
), (,
), - .
 , ,
 ,
) [19]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \tag{2.20}$$

F= 6780 66,5 - ;
 =6,3 - ,
 ;
 =0,95 - .
 2.20,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0665}{3,14 \cdot 6,3 \cdot 0,95}} = 0,119 .$$

D=120

$$d = 0,5 \cdot D . \tag{2.21}$$

$$d = 0,5 \cdot 0,12 = 0,06 \text{ .}$$

$$\delta = \frac{D}{2} \left(\sqrt{\frac{[\sigma] + p_p}{[\sigma] - p_p}} - 1 \right), \quad (2.22)$$

$$[\sigma] = 40 \text{ -}$$

2.22,

$$\delta = \frac{0,12}{2} \left(\sqrt{\frac{[40] + 6,3}{[40] - 6,3}} - 1 \right) = 0,0103 \text{ .}$$

$$= 0,013 \text{ .}$$

:

$$D = 2 \cdot \delta + d. \quad (2.23)$$

2.23,

$$D = 2 \cdot 0,013 + 0,12 = 0,146 \text{ .}$$

$$D = 146 \text{ .}$$

3 -

3.1 , -

, - .

, .

(-)

, - ,

, ,

,

, ,

.

,

,

.

,

,

.

,

.

:

,

.

,

,

,

.

,

;

.

,

W,

D, n-

D.

,

W

D. [20]

\bar{R}

\bar{U}

,

,

.

,

,

,

,

«

»

.

,

.

,

,

,

,

,

.

.

,

,

,

,

.

,

,

,

.

,

.

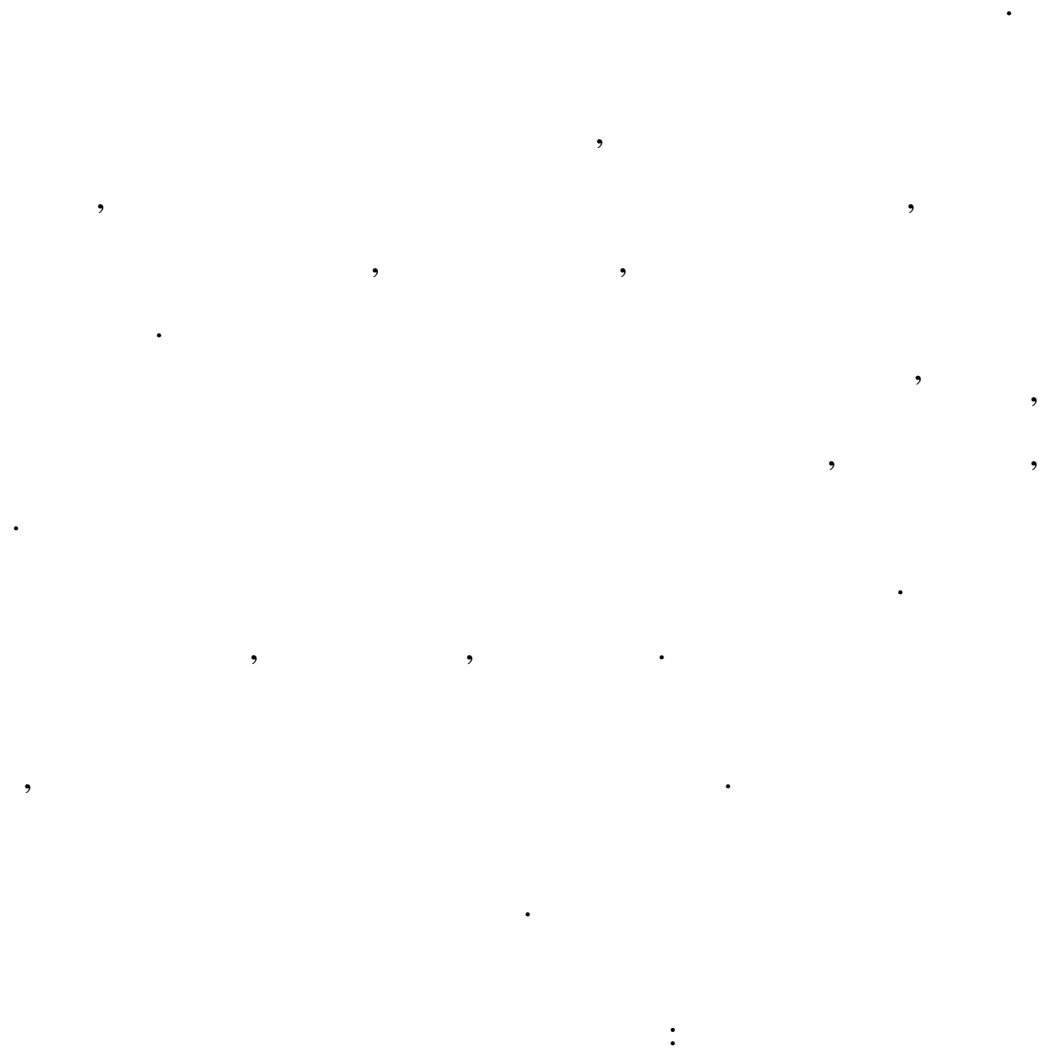
,

,

, .
 ,
 , , , , ,
 , , , , , .
 , , , , , ,
 , , , , , .
 , , , , , .
 : (0 – 200), (200 – 1000)
 (1 10 – 20).
 , , .
 , , .
 , , , , , .
 :

$$[M][\ddot{q}] + [K][\dot{q}] + [C][q] = [Q], \tag{3.1}$$

[M], [K], [C] – n×n ,
 ;
 [q] [Q] – n- .



$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dT}{dq_i} \right) - \frac{dT}{dq_i} = Q_{iP} + Q_{iR} + Q_{iF}, \quad i=1,2,\dots,s \quad (3.2)$$

- q_i — ;
- \dot{q}_i — ;
- Q_{iP} — , P_i ;
- Q_{iR} — , R_i ;
- Q_{iF} — , F_i ;
- T — ;
- s — .

(, -).

Mathcad, Matlab .

s s (,

.),

:

$$\ddot{x}(t) + h(x, t)\dot{x}(t) + k_c^2 c(t)x(t) = M(t) \quad , \quad (3.3)$$

$x(t)$ – ;

k_c – ;

$h(x, t)$ – ,

x ;

$c(t)$ – ,

;

$M(t)$ – ().

(3.3)

:

$$\ddot{x} + h(x, t, \bar{R})\dot{x} + k_c^2 c(t, \bar{R})x = M(t) \quad , \quad (3.4)$$

1 $\bar{R} = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$

:

$$c(t, \bar{R}) = g(t, \bar{R})v(t) , \tag{3.5}$$

$$g(t, \bar{R}) = 1 + y(\bar{R}) \langle t + T \rangle - \dots ;$$

$$v(t) = v(t + T) - \dots ;$$

$$\langle t + T \rangle - \dots ;$$

:

$$x(t) = \sum_{k=1}^n A_k \cdot \cos[(k\check{S} t) + \{ _k \}] , \tag{3.6}$$

$$A - \dots ;$$

$$- \dots ;$$

$$- \dots .$$

$$, \dots ,$$

,

,

.

$$, \dots ,$$

:

$$x(t) = \sum_{k=1}^n A_k(t) \cdot \cos[k\check{S} t + \{ k(t) \}] \quad , \quad (3.7)$$

(t) — , , T , ;

(t) — , .

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

() .

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

, , , . , , .

$f(t)$,
 \vdots

$$\langle(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(t-t_k), \quad (3.8)$$

$t_k = kT + t_0, \quad k -$

(t)
 \vdots

$$S(\check{S}) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} M\{|F_T(i\check{S})|^2\}, \quad (3.9)$$

$$F_T(i\check{S}) = \int_{-T/2}^{T/2} \langle(t) e^{-i\check{S}t} dt \quad (t),$$

$(-T/2; T/2),$

;

—

.

,

,

. [21]

3.2

,

,

,

.

,

:

—

()

,

;

—

,

,

,

,

;

—

.

()

). [21]

3.1.

1

2.

	2	-	3 4.	-
3 4		5 6.	6	
		7.		-

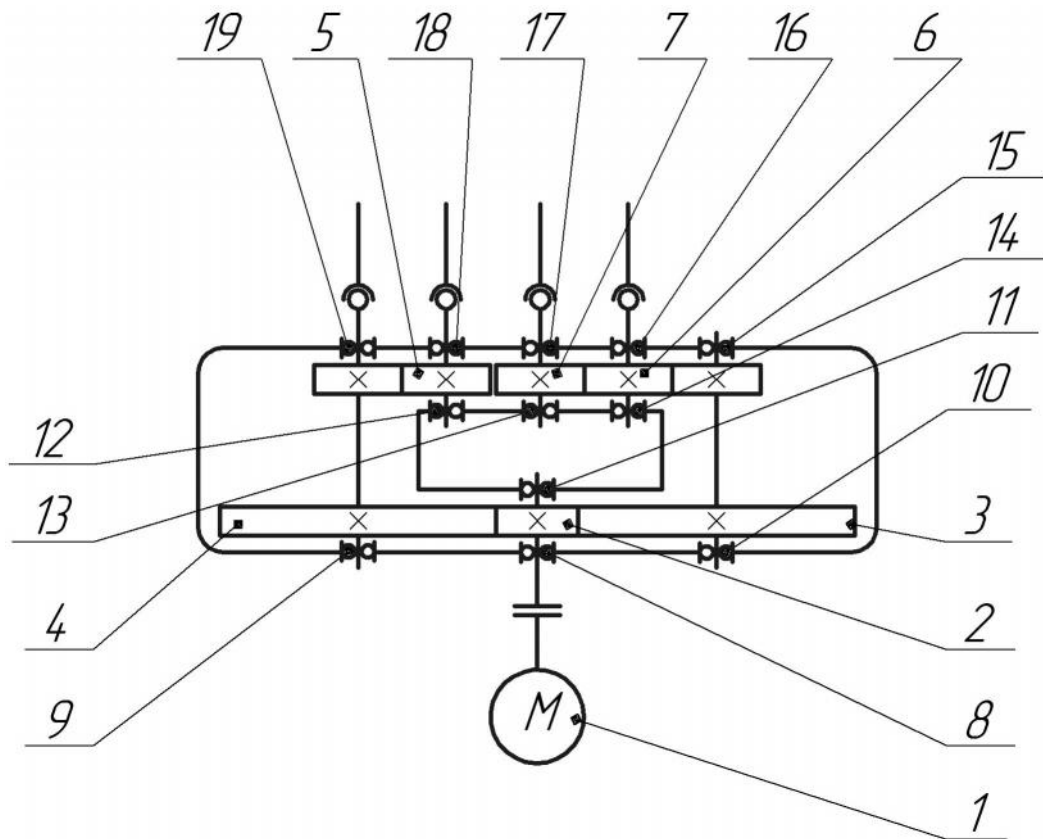
7.

. 3.1

5, 6

$$f_3 = f, \tag{3.10}$$

$f_3 -$ 3, ;
 $f -$, .



3.1 –

()

3.1 –

/		·	-1	
1		f	750	12,5
2	2	f_2	750	12,5
3	- 3	f_3	223,2	3,72
4	- 4	f_4	223,2	3,72
5	5	f_5	223,2	3,72
6	6	f_6	223,2	3,72
7	7	f_7	223,2	3,72
8	11 (7513) 8,	f_8, f_{11}	750	12,5
9	10, 12, 13, 14 15, 19 (7610) 9,	$f_9, f_{10},$ $f_{12}, f_{13},$ $f_{14}, f_{15},$ f_{19}	223,2	3,72

$$f_4 = f_5 = f_3/i = f/i, \quad (3.11)$$

$$f_4 - \quad - \quad 3, \quad ;$$

$$f_5 - \quad - \quad 4, \quad ;$$

$$i = 3,36 - \quad .$$

$$2, \quad :$$

$$f_4 = f_5 = f_3/3,36 = f/3,36 = 0,2976 f . \quad (3.12)$$

:

$$f_6 = f_7 = f_8 = 0,2976 f . \quad (3.13)$$

:

$$f_1 = f_9 = f_{12} = f , \quad (3.14)$$

$$f_2 = f_{10} = f_{11} = f_{13} = f_{14} = f_{15} = f_{16} = f_{20} = 0,2976 f \quad (3.15)$$

$$f_9 - \quad 9;$$

$$f_{10} - \quad 10;$$

$$f_{11} - \quad 11;$$

$$f_{12} - \quad 12;$$

$$f_{13} - \quad 13;$$

$$f_{14} - \quad 14;$$

$$f_{15} - \quad 15;$$

$$f_{16} - \quad 16;$$

$$f_{20} - \quad 20.$$

:

$$f_{\text{...}} = 0,5 \cdot f \left(1 - \frac{d \cdot \cos \alpha}{d} \right), \quad (3.16)$$

$$f_{\text{...}} = 0,5 \cdot z \cdot f \left(1 - \frac{d \cdot \cos \alpha}{d} \right), \quad (3.17)$$

$$f_{\text{...}} = 0,5 \cdot z \cdot f \left(1 + \frac{d \cdot \cos \alpha}{d} \right), \quad (3.18)$$

$$f_{\text{...}} = 0,5 \cdot \frac{d}{d} \cdot f \left(1 - \left(\frac{d}{d} \right)^2 \cdot (\cos \alpha)^2 \right), \quad (3.19)$$

$$f_{\text{...}} = 2 \cdot f \left(\frac{d - d}{d} \right) \cdot \left(\frac{d + d}{d} \right), \quad (3.20)$$

$$f_{\text{...}} = 0,5 \cdot z \cdot f \left(\frac{d + d}{d} \right), \quad (3.21)$$

$$f_{\text{...}} = 0,5 \cdot z \cdot f \left(\frac{d - d}{d} \right), \quad (3.22)$$

$$f_{\text{...}} = \frac{0,848 \cdot}{2 \cdot d \cdot \rho}, \quad (3.23)$$

$f_{\text{...}} =$ (

), ;

$f_{\text{...}} =$, ;

$f_{\text{...}} =$

, ;

$f_{\text{...}} =$

, ;

$f_{1, \text{min}} = \dots$;
 $f_{1, \text{max}} = \dots$;
 $f_{2, \text{min}} = \dots$;
 $f_{2, \text{max}} = \dots$;
 $f_{3, \text{min}} = \dots$;
 $f_{3, \text{max}} = \dots$;
 $z_{\text{min}} = \dots$;
 $d_{1, \text{min}} = \dots$;
 $d_{1, \text{max}} = \dots$;
 $d_{2, \text{min}} = \dots$;
 $d_{2, \text{max}} = \dots$;
 $d_{3, \text{min}} = \dots$;
 $d_{3, \text{max}} = \dots$;
 $\alpha_{1, \text{min}} = \dots$;
 $\alpha_{1, \text{max}} = \dots$;
 $\alpha_{2, \text{min}} = \dots$;
 $\alpha_{2, \text{max}} = \dots$;
 $\alpha_{3, \text{min}} = \dots$;
 $\alpha_{3, \text{max}} = \dots$.

3.11 – 3.23

Microsoft

Excel.

. 3.2 [22]:

3.2 –

-	.	.	z ,	d ,	d ,	α , .	,	, / ³
1	f_1	7610	12	18,92	80	13	$2 \cdot 10^5$	7200
2	f_2	7513	14	20,9	92,5	15	$2 \cdot 10^5$	7200

$2 \cdot 250L$ [23]

$$n = 750^{-1} \quad - \quad n = 2000^{-1},$$

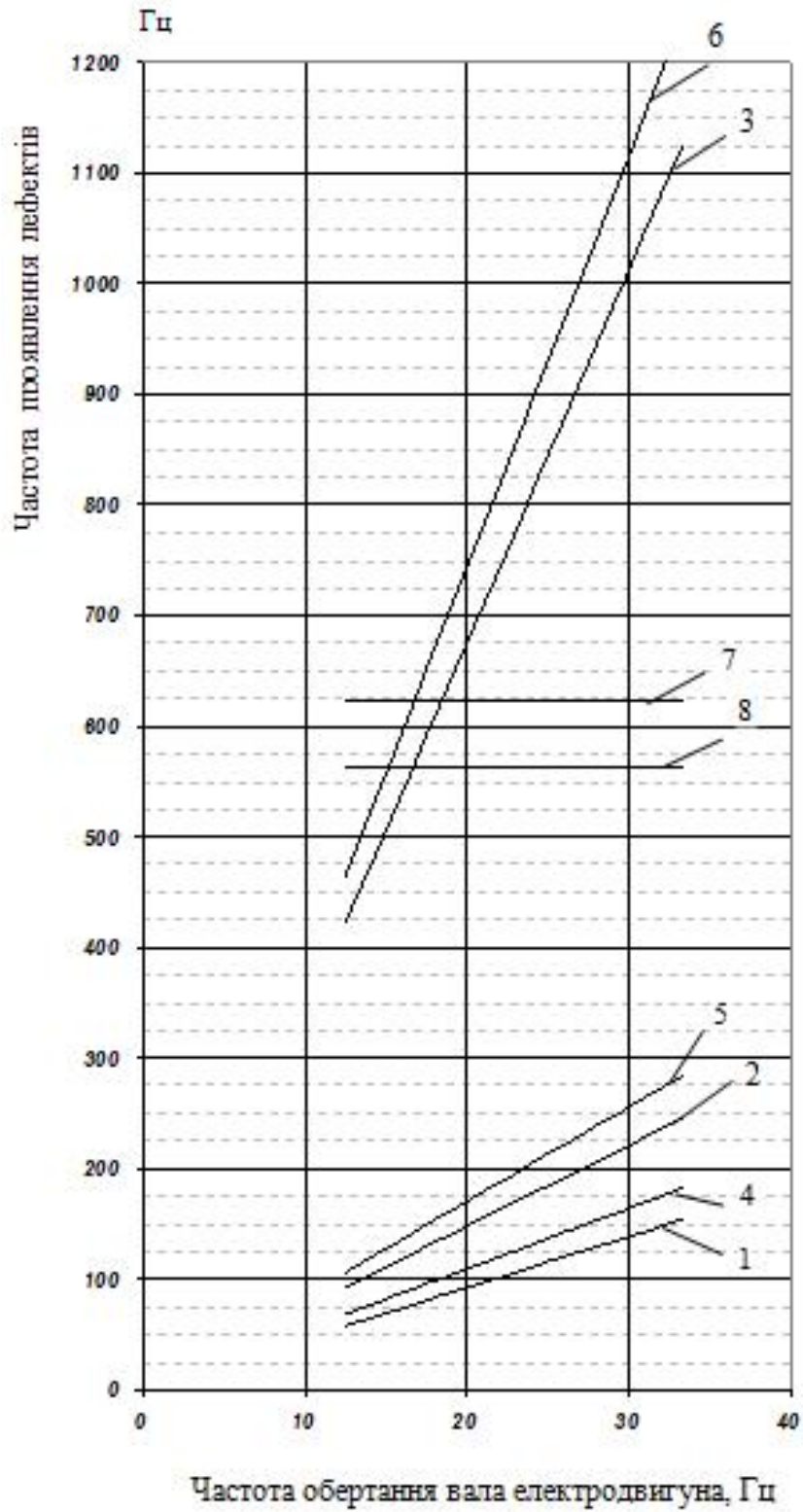
$$f_{\text{min}} = 12,5 \quad , \quad f_{\text{max}} = 33,3 \quad .$$

$$12,5 \quad 33,3 \quad .$$

. 3.3.

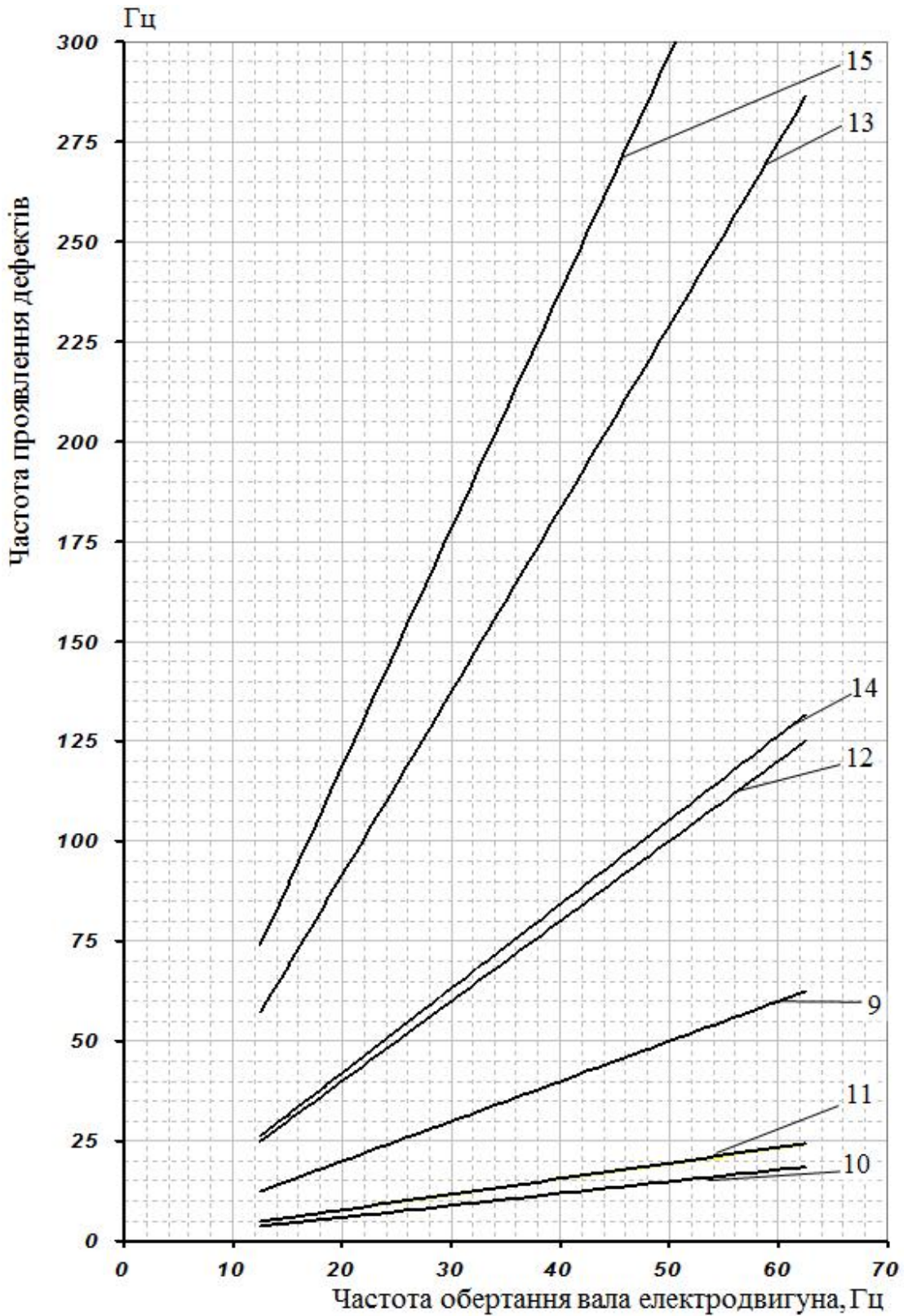
3.3 –

n_{-1}	f_1	f_2	f_{3-7}	f_4	f_5	f_{6-1}	f_{7-1}	f_{8-1}	f_{9-1}	f_{10-1}	f_{11-1}	f_{12-1}	f_{13-1}	f_{14-1}	f_{15-1}	f_{16-1}	f_{17-1}	f_{18-1}	f_{19-1}	f_{20-1}	f_{21-1}	f_{22-1}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
750,0	12,5000	12,5	3,7	12,5	4,8	57,7	92,3	25,0	422,0	92,7	57,3	622,5	3,7	4,9	68,4	106,6	26,3	464,7	100,7	74,3	563,5	
800,0	13,3333	13,3	4,0	13,3	5,1	61,6	98,4	26,7	450,1	98,9	61,1	622,5	4,0	5,2	73,0	113,7	28,1	495,7	107,5	79,2	563,5	
850,0	14,1667	14,2	4,2	14,2	5,5	65,4	104,6	28,4	478,2	105,1	64,9	622,5	4,2	5,5	77,5	120,8	29,9	526,7	114,2	84,2	563,5	
900,0	15,0000	15,0	4,5	15,0	5,8	69,3	110,7	30,0	506,4	111,3	68,7	622,5	4,5	5,9	82,1	127,9	31,6	557,6	120,9	89,1	563,5	
915,0	15,2500	15,3	4,5	15,3	5,9	70,4	112,6	30,5	514,8	113,1	69,9	622,5	4,5	6,0	83,5	130,0	32,1	566,9	122,9	90,6	563,5	
1000,0	16,6667	16,7	5,0	16,7	6,4	77,0	123,0	33,4	562,6	123,7	76,4	622,5	5,0	6,5	91,2	142,1	35,1	619,6	134,3	99,0	563,5	
1050,0	17,5000	17,5	5,2	17,5	6,7	80,8	129,2	35,0	590,8	129,8	80,2	622,5	5,2	6,8	95,8	149,2	36,9	650,6	141,0	104,0	563,5	
1100,0	18,3333	18,3	5,5	18,3	7,1	84,7	135,3	36,7	618,9	136,0	84,0	622,5	5,5	7,2	100,3	156,3	38,6	681,6	147,8	108,9	563,5	
1115,0	18,5833	18,6	5,5	18,6	7,2	85,8	137,2	37,2	627,3	137,9	85,1	622,5	5,5	7,3	101,7	158,5	39,2	690,9	149,8	110,4	563,5	
1200,0	20,0000	20,0	6,0	20,0	7,7	92,3	147,7	40,0	675,2	148,4	91,6	622,5	6,0	7,8	109,4	170,6	42,2	743,5	161,2	118,8	563,5	
1250,0	20,8333	20,8	6,2	20,8	8,0	96,2	153,8	41,7	703,3	154,6	95,4	622,5	6,2	8,1	114,0	177,7	43,9	774,5	167,9	123,8	563,5	
1300,0	21,6667	21,7	6,4	21,7	8,3	100,0	160,0	43,4	731,4	160,7	99,3	622,5	6,4	8,5	118,6	184,8	45,7	805,5	174,6	128,7	563,5	
1350,0	22,5000	22,5	6,7	22,5	8,7	103,9	166,1	45,0	759,5	166,9	103,1	622,5	6,7	8,8	123,1	191,9	47,4	836,5	181,3	133,7	563,5	
1400,0	23,3333	23,3	6,9	23,3	9,0	107,7	172,3	46,7	787,7	173,1	106,9	622,5	6,9	9,1	127,7	199,0	49,2	867,4	188,1	138,6	563,5	
1450,0	24,1667	24,2	7,2	24,2	9,3	111,6	178,4	48,4	815,8	179,3	110,7	622,5	7,2	9,4	132,2	206,1	50,9	898,4	194,8	143,6	563,5	
1500,0	25,0000	25,0	7,4	25,0	9,6	115,4	184,6	50,0	843,9	185,5	114,5	622,5	7,4	9,8	136,8	213,2	52,7	929,4	201,5	148,5	563,5	
1550,0	25,8333	25,8	7,7	25,8	9,9	119,3	190,7	51,7	872,1	191,7	118,3	622,5	7,7	10,1	141,4	220,3	54,4	960,4	208,2	153,5	563,5	
1600,0	26,6667	26,7	7,9	26,7	10,3	123,1	196,9	53,4	900,2	197,8	122,2	622,5	7,9	10,4	145,9	227,4	56,2	991,4	214,9	158,4	563,5	
1650,0	27,5000	27,5	8,2	27,5	10,6	127,0	203,0	55,1	928,3	204,0	126,0	622,5	8,2	10,7	150,5	234,5	58,0	1022,3	221,6	163,4	563,5	
1700,0	28,3333	28,3	8,4	28,3	10,9	130,8	209,2	56,7	956,5	210,2	129,8	622,5	8,4	11,1	155,0	241,6	59,7	1053,3	228,4	168,3	563,5	
1750,0	29,1667	29,2	8,7	29,2	11,2	134,7	215,3	58,4	984,6	216,4	133,6	622,5	8,7	11,4	159,6	248,7	61,5	1084,3	235,1	173,3	563,5	
1800,0	30,0000	30,0	8,9	30,0	11,5	138,5	221,5	60,1	1012,7	222,6	137,4	622,5	8,9	11,7	164,2	255,8	63,2	1115,3	241,8	178,2	563,5	
1850,0	30,8333	30,8	9,2	30,8	11,9	142,4	227,6	61,7	1040,9	228,8	141,2	622,5	9,2	12,1	168,7	262,9	65,0	1146,3	248,5	183,2	563,5	
1900,0	31,6667	31,7	9,4	31,7	12,2	146,2	233,8	63,4	1069,0	234,9	145,1	622,5	9,4	12,4	173,3	270,0	66,7	1177,2	255,2	188,1	563,5	
1950,0	32,5000	32,5	9,7	32,5	12,5	150,1	239,9	65,1	1097,1	241,1	148,9	622,5	9,7	12,7	177,8	277,2	68,5	1208,2	261,9	193,1	563,5	
2000,0	33,3333	33,3	9,9	33,3	12,8	153,9	246,1	66,7	1125,3	247,3	152,7	622,5	9,9	13,0	182,4	284,3	70,3	1239,2	268,6	198,0	563,5	



$$\begin{aligned}
 1 - f_{\dots} &= f_{\dots} \quad (3.17) & 1 &= f_{\dots} \quad (3.2); & 2 - f_{\dots} &= f_{\dots} \quad (3.18) \\
 & & 1 &= f_{\dots} \quad (3.2); & 3 - f_{\dots} &= f_{\dots} \quad (3.20) \\
 & & & & & & 1 \\
 & & & & & & 2 &= f_{\dots} \quad (3.2); & 5 - f_{\dots} &= f_{\dots} \quad (3.18) \\
 & & & & & & 2 &= f_{\dots} \quad (3.2); & 6 - f_{\dots} &= f_{\dots} \quad (3.20) \\
 & & & & & & 2 &= f_{\dots} \quad (3.2); & 7 - f_{\dots} &= f_{\dots} \quad (3.23) & 1 &= f_{\dots} \quad (3.2); & 8 - \\
 & & & & & & f_{\dots} &= f_{\dots} \quad (3.23) & & & 2 &= f_{\dots} \quad (3.2))
 \end{aligned}$$

3.2 –



9 – $f_3 = f_1$ (3.12); 10 – $f_{4,8}, f_2$ (3.11-3.15); 11 – f_1 (3.16); 12 – $f_{1,2}$ (3.19); 13 – $f_{1,2}$ (3.22); 14 – $f_{1,2}$ (3.19); 15 – f_2 (3.22); 11 – f_1 (3.2); 13 – f_1 (3.2); 14 – f_2 (3.2); 15 – f_2 (3.2).

3.2 – ()

900...915⁻¹ 1100...1115⁻¹

(.3.2-3.3)

: f_2 ; $f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8$, - 3,
 4, 5, 6 7; $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8$ -

« - » :
 - 2; - 0,1-50000 ; 100-3200.

3.3

3.3.1

« - ».

, ,

.

, ,

, . .

.

,

,

.

,

, .

,

,

.

, . .

,

, .

,

,

.

,

, ,

,

. [2]

3.3.2

() —

,

,

,

,
 .
 ,
 .
 ,
 ,
 .
 ,
 .
 . [24]

-
 () (,)
 ,) Z. [25]
 :

$$Z(t) = (t) \tag{3.24}$$

- ,
 ;
 t - .
 ,
 ,
 S
 - ,
 $S_i (i = 1, 2, \dots, S).$

$$Z_i(t) = i(t). \tag{3.25}$$

, (3.24) (3.25) S_i

(3.24),

i-
S
: (3.24),
(3.25) -

N

- X_{i1}, X_{i2}, X_{in} -

;

- Y_{i1}, Y_{i2}, Y_{in} -

;

- Z_{i1}, Z_{i2}, Z_{in} -

: $V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = \text{const}, P = \text{const}, V_i -$

, P -

$V_i,$

-

:

) 1;

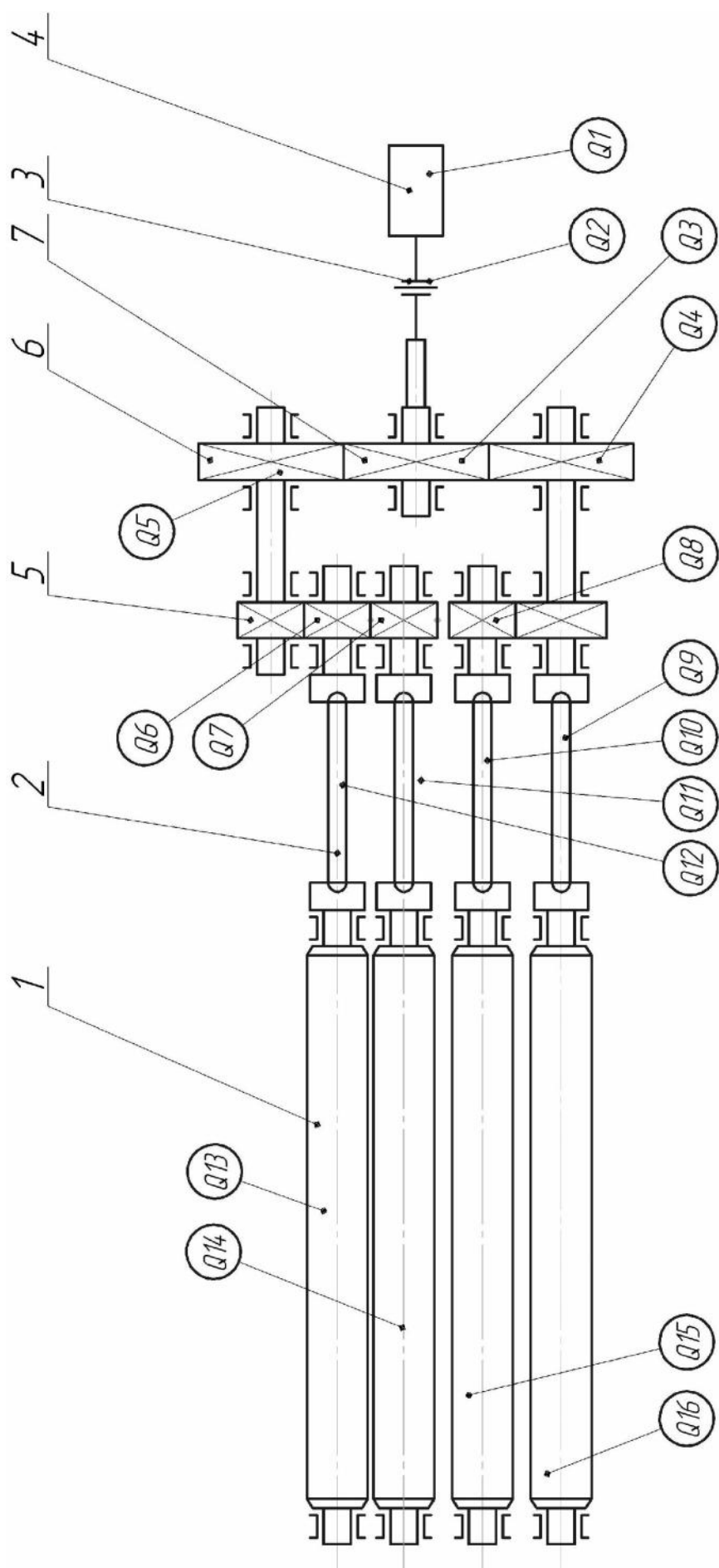
) 2;

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

.3.3.

_1 - 1;
 _2 - 2;
 _3 - 3;
 _4 - - 4;
 _7 - 7;
 _8 - 8;
 _11 - 11;
 _14 - 14;
 _10 - 10;
 _15 - 15;
 _9 - 9;
 _16 - 16;
 _5 - - 5;
 _6 - 6;
 _12 - 12;
 _13 - 13;
 _17 - 17.

(.3.4).



1 - ; 2 -

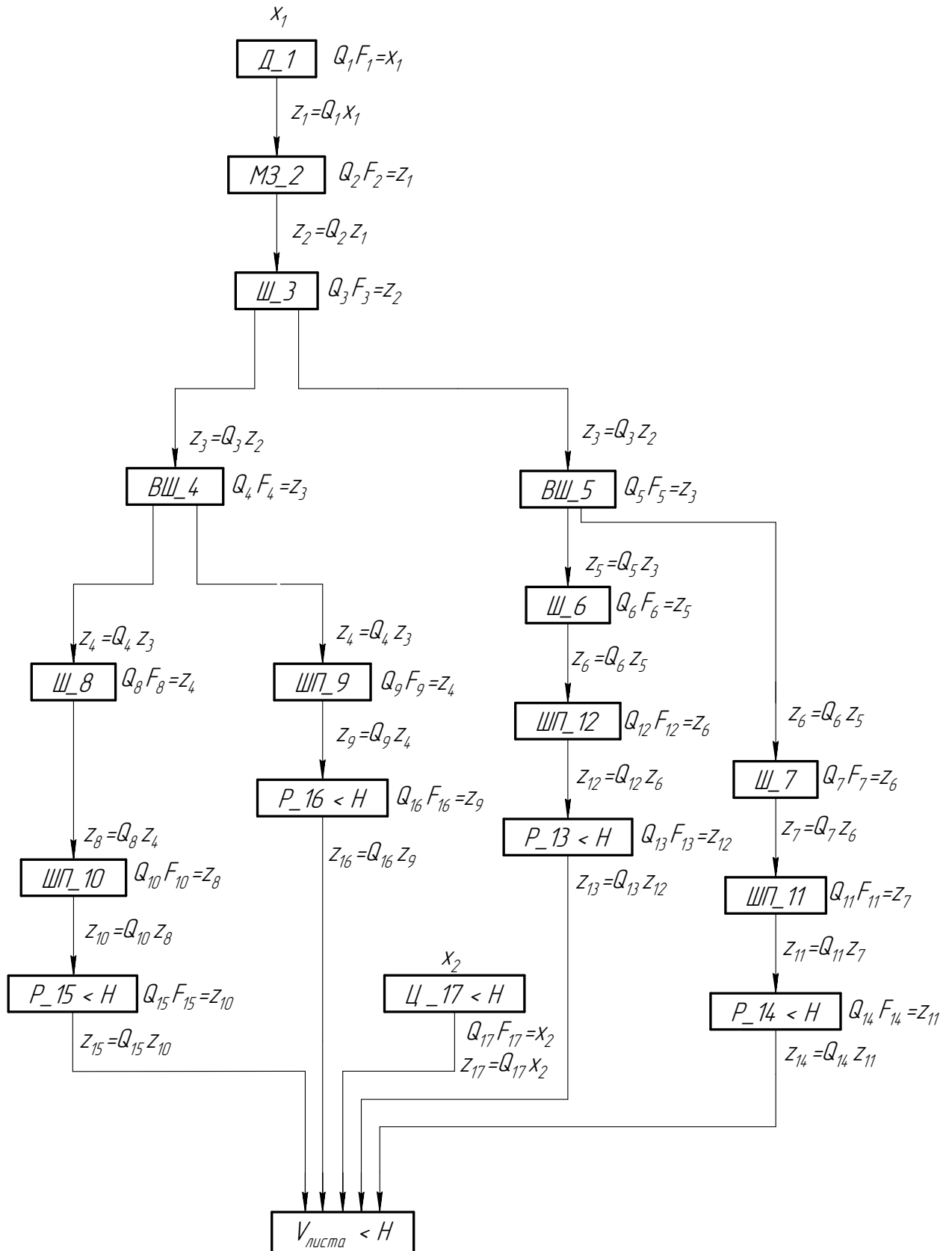
; 3 -

; 4 -

2 250L

4; 5; 6; 7 -

;



3.3.3

, [25]
 ,
 ,
 :
 - - ;
 - i - .
 ,
 . ,
 :

$$F_i = (x_{i1} \dots x_{in}) \cdot (y_{i1} \dots y_{in}) \quad (3.26)$$

,
 .
 F_i z_i - Q_i
 $Q_i=1,$ - $Q_i=0.$

(.3.4), :
 - F_i - ;
 - Q_i - ;
 - z_i - .

3.4 –

F_i	Q_i	z_i
1	1	1
0	1	1
1	0	0
0	0	0

3.4 $z_i = F_i \times Q_i$, $z_i = 1$ when $(F_i=1, Q_i=1)$.

$z_i=1$:

$$\prod_{i=1}^n z_i = 1 \tag{3.27}$$

$n -$

1. Q_i ;

2. Q_i ;

4.3.2 (3.5)

3.5 –

R	e	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9	Q_{10}	Q_{11}	Q_{12}	Q_{13}	Q_{14}	Q_{15}	Q_{16}	Q_{17}
Z_1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_3	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_4	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_5	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_6	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_7	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_8	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_9	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Z_{10}	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Z_{11}	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Z_{12}	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Z_{13}	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Z_{14}	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
Z_{15}	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
Z_{16}	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
Z_{17}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

3.5

4

4.1

4.1

4.1 –

/					
1.			-	103 3/	
2.				40000 3/	
3.			« 40, »- - 60	-	
4.			-	110	
3	-	,	20	t -20°C	
	-	/	15	t 15°C	

4.2

4.2

4.2 –

– , – –1

/	() ,	-	-			%, ,
			.	.	.	
1	, / 3: – V	0,01	0,014	1,4		83,1
		1,0	3,1			85
		1,0	1,42	1,42	3,1	
		5,0	26,5			83,1
		5,0	7,8	1,56	5,3	83,1
		20,0	25,7	3,81		83,1
		1,0	1,5	3,5		83,1
2	(, / 3 2,5%)	4,0	11,3	2,8		83,1
3	,	80	94		14	100
4): (, ° / , %, , / 2	16–27	28	1		92,5
		0,2–0,5	0,27			92,5
		55	46	16		
		140	654		654	92,5
5	:	, II				
:			7	4		

(.4.2) –
 III 2 .
 –
 : 7 2
 , 4 3 .
 , 2.
 4.3 .

4.3 –

1.	-2	-2
2.	12 %	12 %
3.	7	7
4.	(0,5)	(0,5)

4.3

4.3.1

.
 .
 ;
 (); ;
 ;
 , .

120° .

4.4.

4.4 –

	t, °	W , /	, %
	17 – 19	0,3	60 – 40
	20 – 22	0,4	60 – 40

4.3.2

4.3.3

· ,

,

·

:

—

— , , 0,5 1

— IV

— ,

— ,

— — ,

— () 400

(N=400 , =24000), —

·

(

),

(

)

·

·

:

(

) ,

·

,

6.2.2.5-28-2006

6

()

4

:

$$\frac{4}{\ln} = \frac{3}{\ln} \cdot m \cdot e = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 1,38\%, \quad (4.1)$$

$\frac{3}{\ln}$

3

;

m -

;

e -

75%

4.4

« »

(

4.5

, ;
 , ,
 .
 ,
 ,
 - , ,
 .
 , .
 ,
 (4.5).
 1000 .
 .
 4.5 –

/		,
1.		95–98
2.	5-	85
3.		80–90
4.		65–75
5.		85–90
6.		80
7.		90

. ()
 :
 1) (30);

- 2) (80);
- 3) (80).

, :

«1» 90 – 100

«2» 85 – 90

«3» 75 – 85.

1,5

3.3.6.037-99

,

,

.

(

)

,

.

,

.

:

—

;

—

—

;

—

;

—

.

(

,

,

. .)

.

(

)

.

,

(

).

,

,

.

,

,

,

,

,

,

,

,

..

.

1,5-2 ;

4.6

4.6.1

50 .

380 -

()

:

;

;

).

(

(380)

4 .

: 42, 36, 12 .

,

.

.

,

,

.

,

,

,

48

2 .

,

.

[28]:

—

() ;

—

,

;

—

.

36 ,

()

12 .

4.6.2

, : ,
 , . , ,
 , , ,
 , .
 « ».
 , , , .
 .
 , .
 .
 .
 .

4.7

, .

$$\begin{aligned}
 &: \\
 &- h = 2100 \quad ; \quad - 1710 \quad , \quad l = 2380, \\
 &= h = 0,7 \times l = 0,3 \quad .
 \end{aligned}$$

80.

$$R = L - L \quad , \quad (4.2)$$

$L -$

$L -$

$$R = 94 - 80 = 14$$

$$R_i = L - 10 \lg i + 10 \lg S_i - L + 10 \ln n, \quad (4.3)$$

$L -$

$B_i -$

$$= S \cdot \frac{\alpha}{\alpha - 1}, \quad (4.4)$$

$S = \dots$, 2 :

$$S = \times 1, \quad ^2 \quad (4.5)$$

$=1,71 -$, ;

$l=2,38 -$, ;

$$S = 1,71 \times 2,38 = 4,07 \quad ^2$$

$= 0,1 -$, ,

$$(4.4) \quad :$$

$$= 4,07 \cdot \frac{0,1}{1-0,1} = 0,45 \quad ^2$$

$S_i -$, ,

, 2 :

$$S = \times 1, \quad ^2 \quad (4.6)$$

$h=0,7 -$, ;

$l=0,3 -$, ;

$$S = 0,7 \times 0,3 = 0,21 \quad ^2$$

$L -$, ,

;

$n -$, ,

(4.3)

$$R_i = 94 - 10 \lg 0,45 + 10 \lg 0,21 - 80 + 10 \lg 3 = 15,46 \quad (4.7)$$

:

$$R = 10 \cdot \lg \left(\frac{S}{\sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-0,1 \cdot R_i}} \right), \quad (4.8)$$

$$R = 10 \cdot \lg \left(\frac{S}{\sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-0,1 \cdot R_i}} \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{4,07}{6 \cdot 0,21 \cdot 10^{-0,1 \cdot 10}} \right) = 15$$

:

$$R_i = R + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_i}{S} \right) + 10 \cdot \lg n, \quad .$$

$$R_i = 15 + 10 \cdot \lg \left(\frac{0,21}{4,07} \right) + 10 \cdot \lg 3 = 6,9$$

3 .

R :

$$R = R - 3 \cdot 10 \cdot \lg \quad + 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n I_i, \quad ,$$

$$R = 15 - 10 \cdot \lg 0,45 + 10 \cdot \lg 1 = 25,4$$

(14).

1.

« » , « »

, .

2.

,

,

,

« ».

3.

,

—

,

,

.

4.

,

.

5.

—

,

,

6.

.

7.

«

»,

.

1. 3.
:
/ , , 2- .,
. . . . - .: , 1981. – 576 ., .
2. / .
. , , - :
, 2008. – 500 .
3.
: . / , , -
: « - , » , 2009. – 459 .
4. 5 150 1700 .
, 12334/1, 1957 . (-422575)
5. : 30880. UA. B21D01/02
,
. - 98063106; . 28.10.1998; . 15.12.2000,
. 7. – 3 .
6. : . . . 820973. . B21D1/02 . .
, , , ,
. . . . - 2768007/25-27; . 16.05.1979; . 15.04.1981, .
14. – 3 .
7. : . . . 1310065. SU. B21D1/02 . .
, , , -
3960997/25-27; . 08.10.1985; . 15.05.1987, . 18. – 4 .
8. , :
11066. UA. B21D01/02
, , ,
,
200504547; . 16.05.2005; . 15.12.2005, . 12. – 6 .

9. : 27803. UA. B21D01/02
, , . - 94005133; . 15.03.1994;
. 16.10.2000, . 5. - 6 .

10. . . :
« - »/ .
. , . . , - . . .
1986 - 400 ., .

11. : / [. . ,
.] - : « - , », 2004. - 100 .

12. . .
/ //
. - 2009. - 4. - .

94-98.

13. . .
/ ,
// . - 2006. - 1. - . 28-32.

14. . . :
. / . . - 4- ., . . - :
, 1987. - 480 .

15. . . . : . /
- - 4- ., . . - :
, 1968, 360 .

16. . . : .
. . . . / - 4- .,
. - : . ., 1985. - 416 ., .

17. . . / . . - 2-
. , . . - : . , 1982. - 280 .

18. . . []:

- ./ . . . , . . . ; . . .
 . . . - ∴ , . . . - , 1984. 400 .
19. . . ∴ . . . 3- . . 2 -
 . / . . . , . . . -
 : , 2001. 220 .
20. : . . 6- . . 5
 ./ [. . . , . . . , . . .]. - ∴
 , 1981. - 496 .
21. - . :
 [] //
 "
 "
 - : <http://sig-nal.narod.ru/theory.htm>.
22. . . : - / . . .
 , . . . - ∴ , 2003. - 576 .
23. . . : 2 . . 1 / . . .
 , . . . - ∴ , 1988. - 456 .
24. / [. . . , . . . , . . .
 , . . .]. - M. : - . . . , 2014 -
 615] .
25. . . -
 / . . . , . . . - : , 2007. - 114
26. . . i. i i
 i ./ . . . - : , i - , 2003. - 280 ..
27. . . i . . . / . . .
 . - : , 2009. - 360 .
28. . . ./ . . .
 . - ∴ , 2007.

29. «
 » ()
 , / , -
 : , 2012. - 16 .

30. (8.090218 “ ”
 “ ”) / , - : ,
 2004. - 71 .

31. /
 ∴ , - , , 2002. - 124

/		.	
1	-1	3	2
2	5 150 1700	1	1
3		1	1
4		1	1
5		1	1
6	120 285	1	1
7		1	1
8		1	1

