

Міністерство освіти та науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

факультет методичний
(назва факультету)

кафедра методичного обслуговування
(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

На тему Уроково-календарна конструкція вивчів та
деталей однокотлової м'якотопливої дробарки

Виконав: магістрант групи МБ-18МС

Горобець І.В.
(ІПБ)

[підпис]
(підпис)

Спеціальності

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

_____ (шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133.00.12 Методичне обслуговування
(шифр і назва)

Керівник

Вашколенко Т.В.
(прізвище та ініціали)

[підпис]
(підпис)

Н. контроль

[підпис]
(прізвище та ініціали)

[підпис]
(підпис)

Запоріжжя – 20 20 року

Закарпатський національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет металургії
Кафедра металургічного 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 Металургічне обладнання (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

[Підпис]
" " 20 року

Завдання
до випускної кваліфікаційної роботи магістра

Грибачук Ігор Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення конструкції вузлів та деталей однороторної планетарної фрезарки

керівник роботи _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "10" вересня 2019 року №1541-с

2. Термін подання студентом роботи 16 січня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи техніко-економічні показники роботи пресово-знімально-верстальної групи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Оцінка і аналіз конструктивно-технічних рішень підвищення енергоєфективності фрезарки з планетарним обладнанням та обґрунтуванням обрання конструктивних рішень; 2. Розрахункова частинка; 3. Дослідно-експериментальна частинка; 4. Оцінка праці та технічного забезпечення в цілому.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових складових)

1. Дробарня механізму однороторної - 1 А1; 2. Релієфна координатна мережа - 1 А1; 3. Ротор - 1 А1; 4. Деталі - 2 А1; 5. Дослідження впливу конструктивних та технічних параметрів фрезарки на її продуктивність - 1 А1; 6. Дослідження механізму фрезарки на її міцність в системі АРМ FEM - 1 А1.

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 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Збір матеріалу по проектуванню	01.09.19-31.09.19	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу уточнення завдань проектуванню	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	Комп'ютерна та оформлення пояснювальної документації	11.12.19-25.12.19	
6	Перевірка проекту консультантом	25.12.19-08.01.20	
7	Попередній захист проекту	09.01.2020	
8	Перемітання пояснювальної документації	Згідно з графіком	
9	Захист проекту у ДЕК	15.01.2020	

Студент

(підпис)

Григорук І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Васильченко Т.О.

(прізвище та ініціали)

133 –

, 2020.

APM FEM.

ABSTRACT

Horobets I.V Improvement of design of knots and parts of a single-rotor hammer crusher.

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

The analysis of existing equipment for grinding brittle materials is carried out, the advantages and disadvantages of existing technical solutions are analyzed. The proposed upgrade option for a single-rotor hammer crusher. A theoretical study of the dependence of the generated fracture energy of pitch coke on the accepted design and technological parameters of the crusher was carried out. A study of the proposed

hammer design for strength and deformation in the APM FEM system was carried out.

Keywords: CRUSHERS, ROTOR, HAMMER, SILVER COKE, DESTRUCTION ENERGY, SHOCK

. . .

133 –

,

. . .

.

.

,

, 2020.

,

.

.

.

APM FEM.

:

,

,

,

,

,

			8
			9
1	-		
			11
1.1			
	-		11
1.2			
			15
1.3		-147	22
1.4		-	
			24
1.5			
			26
1.6			33
2			36
2.1			
			36
2.2			45
3	-		49
3.1			
			49
3.2			
			52
4.3			
			54

		7
3.4		
	APM FEM	61
3.7	-	
		70
4		71
4.1		71
4.2		72
4.3		73
4.3.1		73
4.3.2		74
4.3.3	,	75
4.4		76
4.4.1		76
4.4.2		77
4.4.3		78
4.4.4		79
4.5		80
		86
		87
		90
		91

- ;
 - - ;
 - ;
 [†]- ;
 [-]- ;
 W_i- ;
 - ;
 R -
 V -
 APM - - ,
 -3D
 H - ,
 () , ;
 h - ;
 - , / ³;
 A - ;
 -
 - ;
 -y -

.

.

,

.

40% 60%

,

,

()

,

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

.

,

,

[1]

·

·

:

—

—

;

— ;

—

;

—

;

—

,

—

·

— «

» ITMM 2019 (, , 2019).

·

·

,

96 , 71 ,

22 ,9 ,26 3 ,3

5 .

,

,

·

1

-

1.1

-

- 2 (- 2)

:

- (ø 75 770);

- . (ø 75 770);

- (ø 75 770);

- 400 ²;

- . ;

- - ;

- ;

- ;

- ;

- ;

- .

:

1. ,

2. ,

3. ,

4. , ,

5. ,

6. ,

- 7. ,
- 8. ,
- 9. ,
- 10. ,
- 11. ,
- 12. .

1.1 1.2 .

, ,

.

.

.

.

-

70 .

.

1300 .

.

.

,

.

.

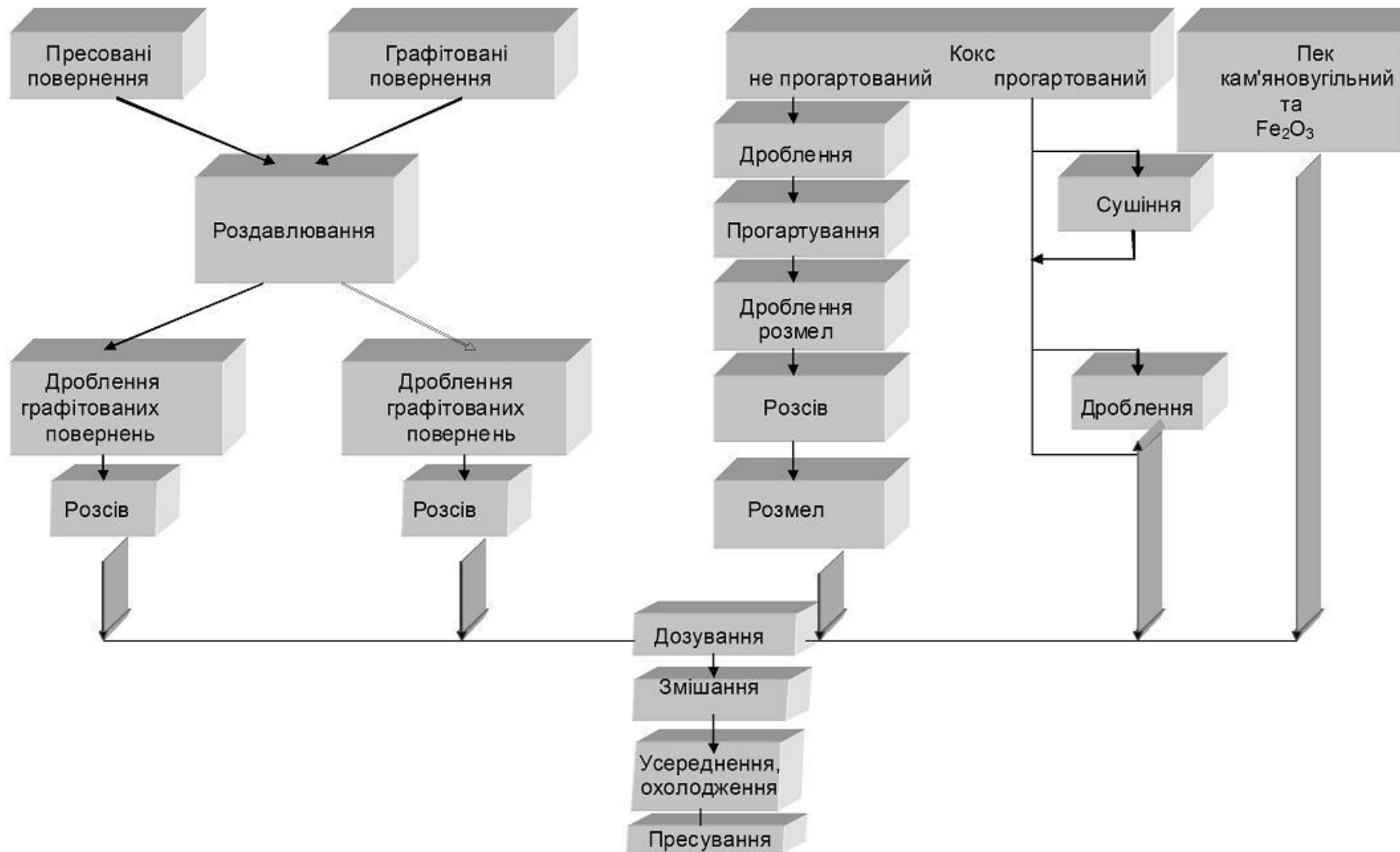
.

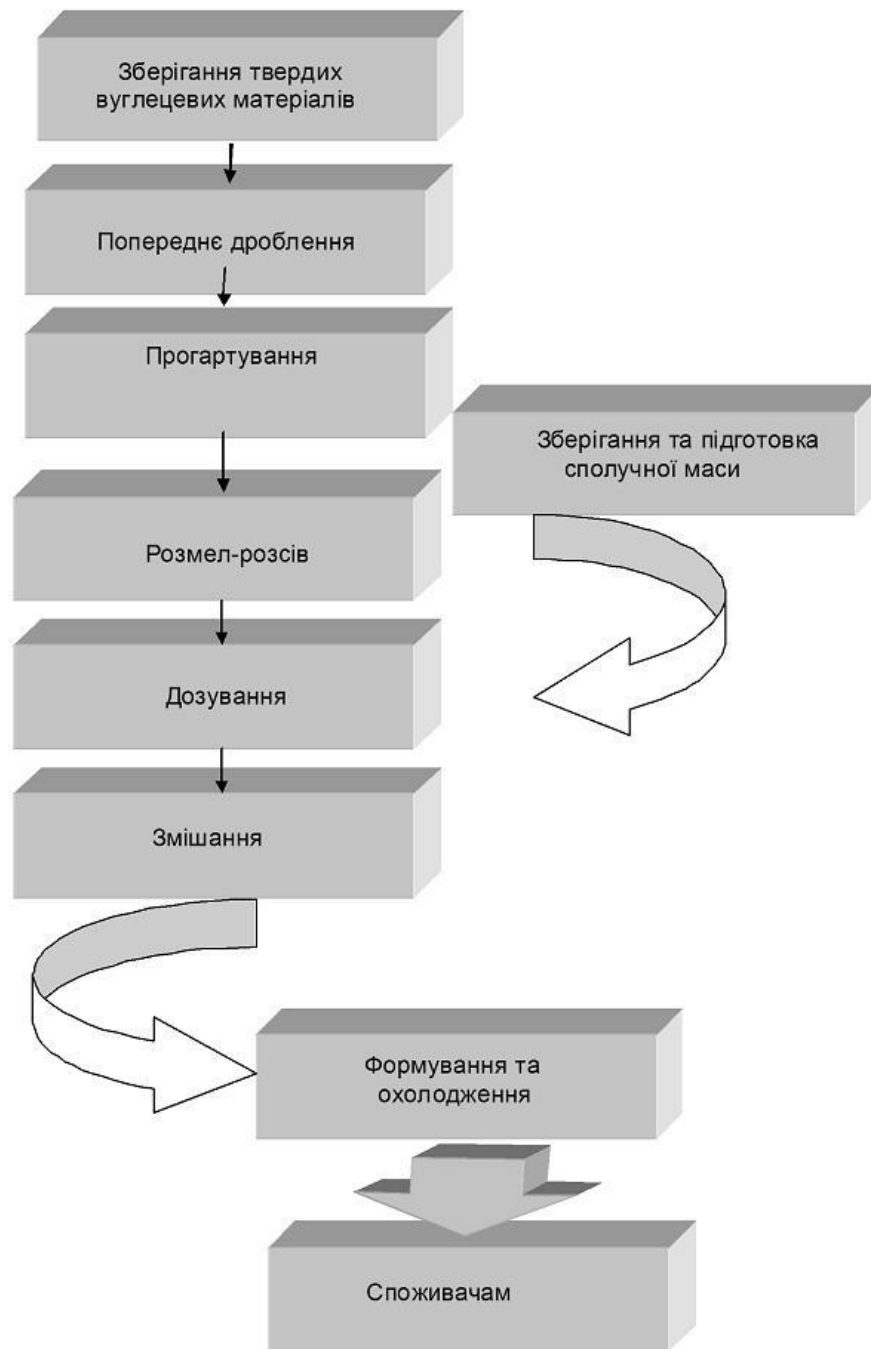
.

.

.

.





1.2 –

()

125-140 .

- 1. ;
- 2. Fe₂O₃;
- 3. 10-20

2000

- 1. 10-20 ;
- 2. 10 ;
- 3. 40
- 4. 120-135 ,
120-140 ;
- 5. 50-60 .

95-110 .

1.2

()

5 , -

5 . ,

,

[2].

;

() ,

(),

().

1500 ,

()

:

- 1) (i=2-6);
- 2) (i=5-10);
- 3) (i=10-50);
- 4) (i=50-100);
- 5) (100).

,

,

:

.

() ()

“ ”

-

()

,

,

,

,

.

.

,

“ ”

“ ”

,

,

.

:

;

;

;

;

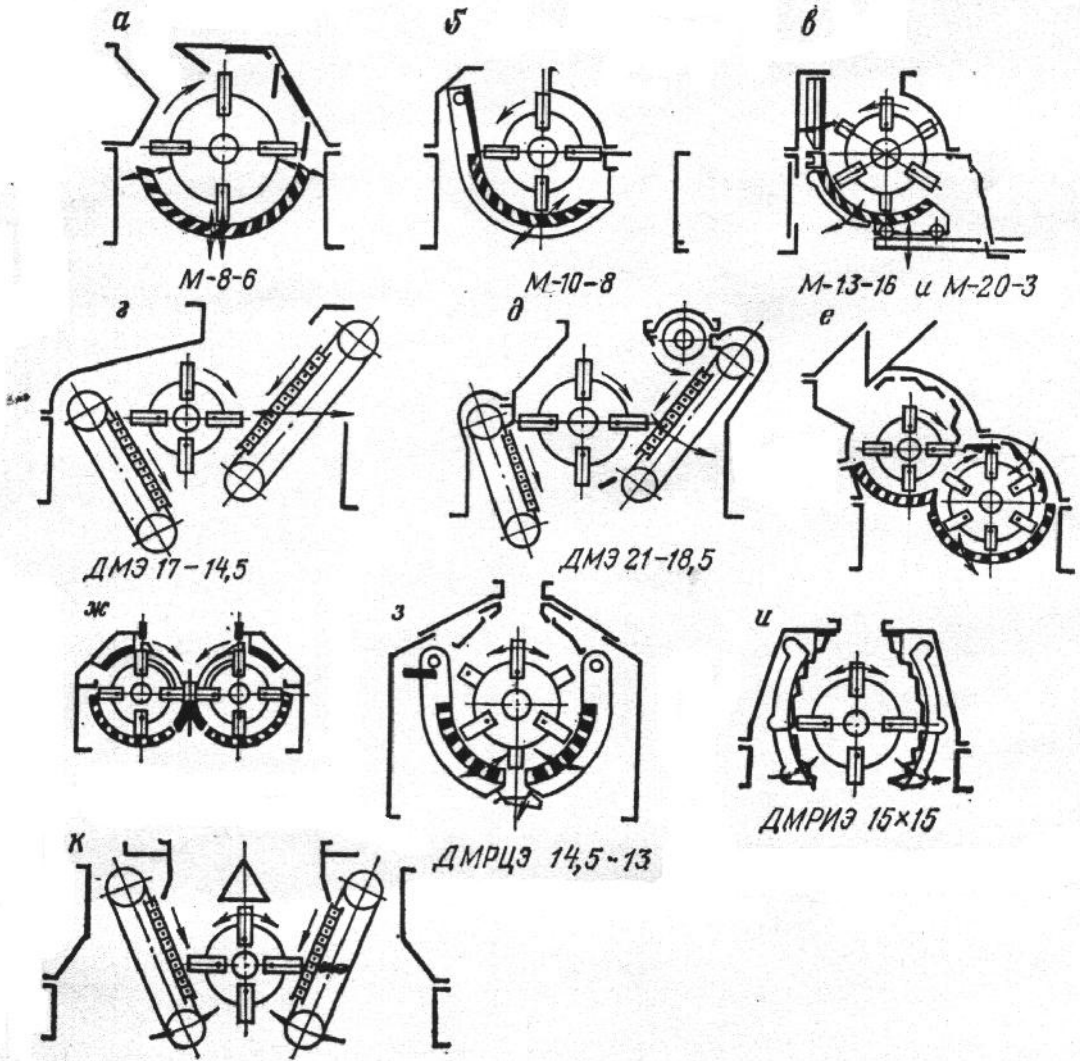
.

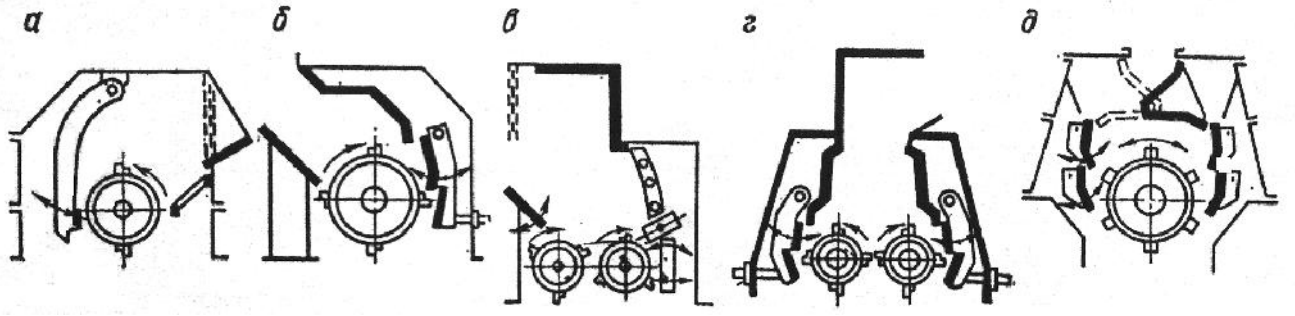
-

, ,

.

.





— ; — ; — ; —

1.4 —

: , , :

, ,

180°

, ,

135° —

,

, ,

,

,

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

(3

180)

5

147.

1.3

-147

-147

100 ,
 180 / ; 13
 ; 800 , 600 ; 1000
 / .; 300 .

(.1.5)

11,

: 1 2, 4, 5 6, 7

8.

12.

3,

(.1.6)

3,

5

8.

7,

4.

13.

12

2 10,

1 11.

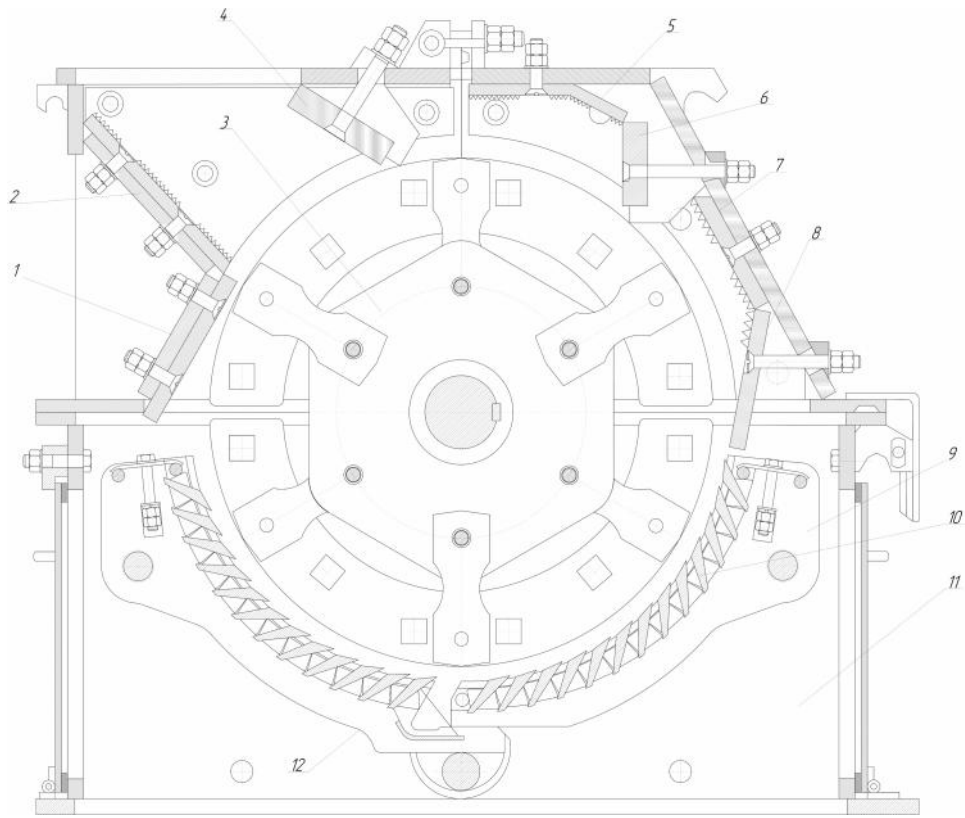
(.1.7)

3.

2,

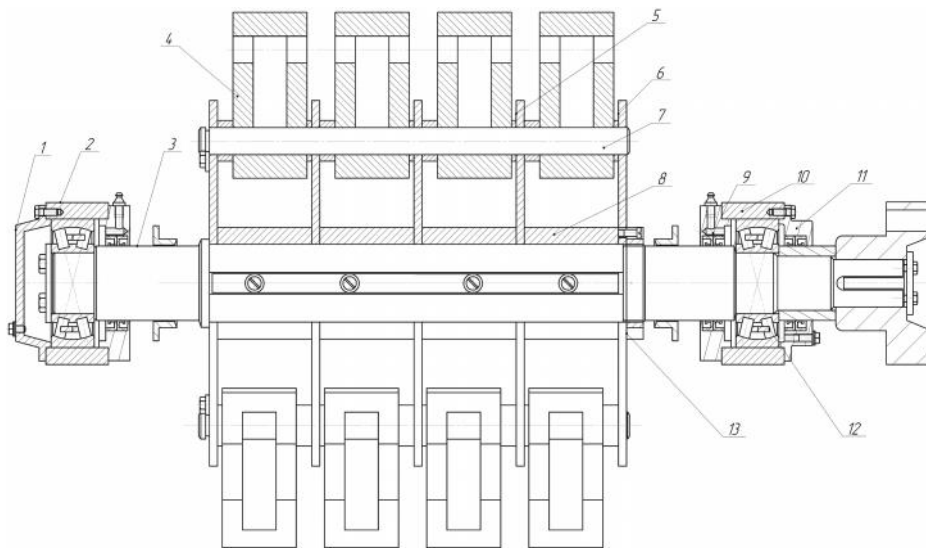
1 5,

4 6.



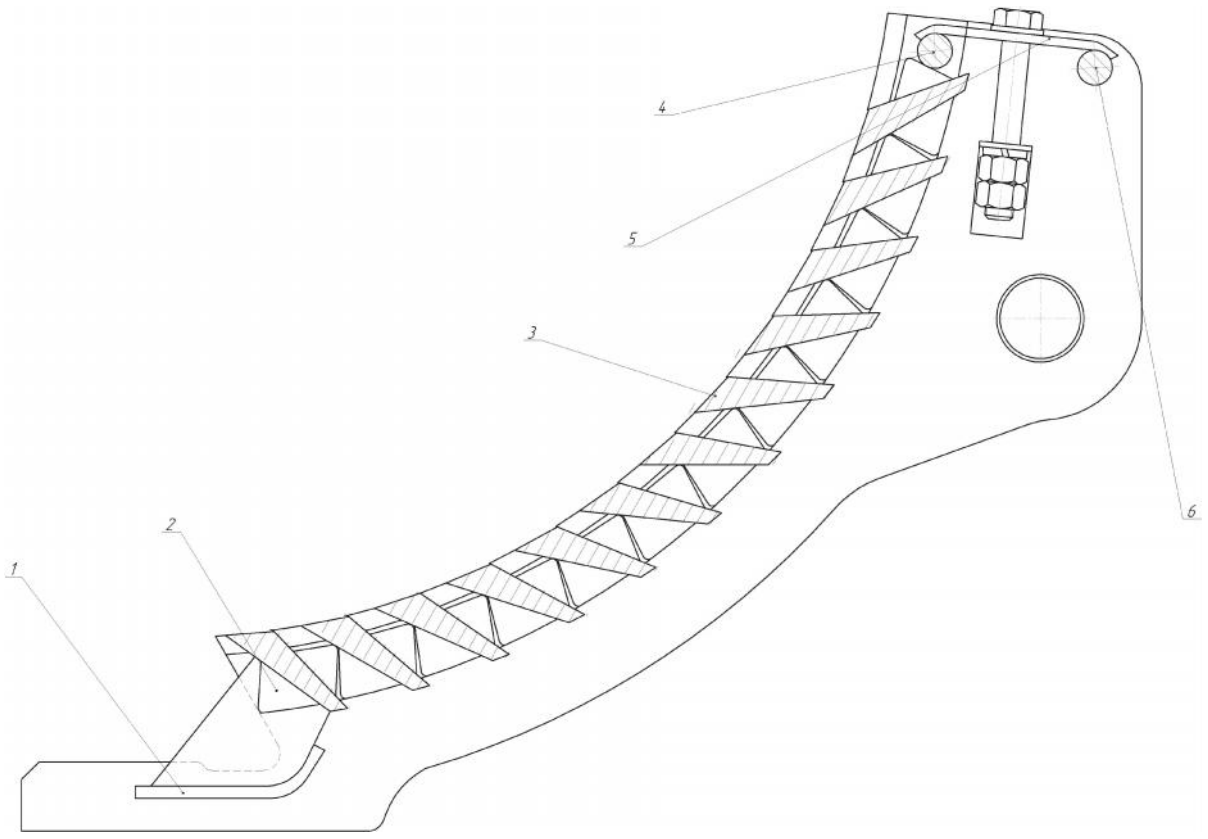
1, 2, 4-8 - , 3 - , 9 - , 10 - , 11 - , 12 -

1.5 - - 147



1, 11 - , 2, 10 - , 3 - , 4 - , 5, 6 - , 7 - , 8 -
 , 9 - , 12 - , 13 - .

1.6 - - 147



1,5 - ,2 - ,3 - ,4,6 - .

1.7 - - 147

1.4

,
.
.
:
,
,
,
,
.

1.1.

1.1 –

1	2	3	4	5	6	7	8
	-4	4		100 /	44	2550 2400 925	3,958
	109 ⁻	1		35 3/	45	2750 2150 2120	11
	111 ⁻	1		180 3/	132	3750 2150 2120	54
	-6	1		15 /	55	3800 3100 1340	12
	1000x500 ⁻	3		50 3/	45	4000 3200 1340	13,4
	147 ⁻	6		18-24 /	55	1350 1360 1250	2,13
	32-0.15	16		13,6 / - 2.	20	3200 1686 1100	0,868
	220 / 330	5		6 /	200	7690 4465 3493	27
	600 ⁻	19		80-600	10	-	-
	-8- 8-2,5	3		-2,5 3	0,55	2500 2500 3600	0,5
	- -3	15		-1 3	30	3200 1720 1474	0,7

1.5

— ,
.[3]

·
· [4]

(1.8)

,

,

,

0,3-0,54.

,

,

·

·

,

,

,

,

3

1

2.

,

,

,

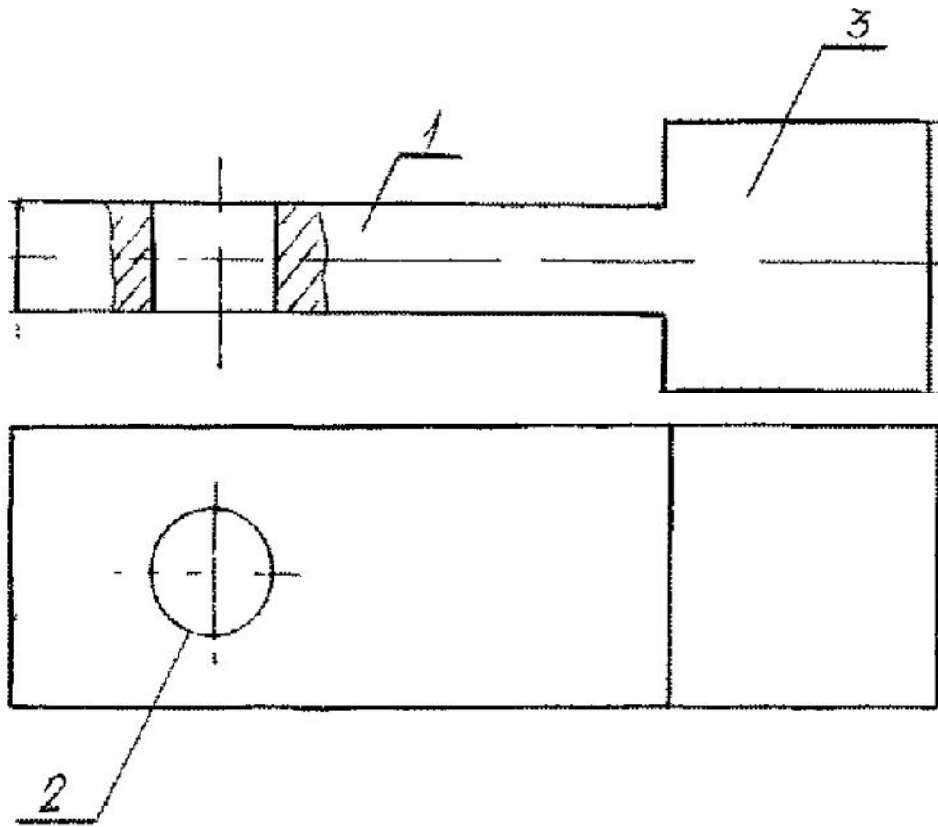
3

0,3-0,54,

3 , ,

·

·



1.8 -

()

[5]

(.1.9).

1 -

2

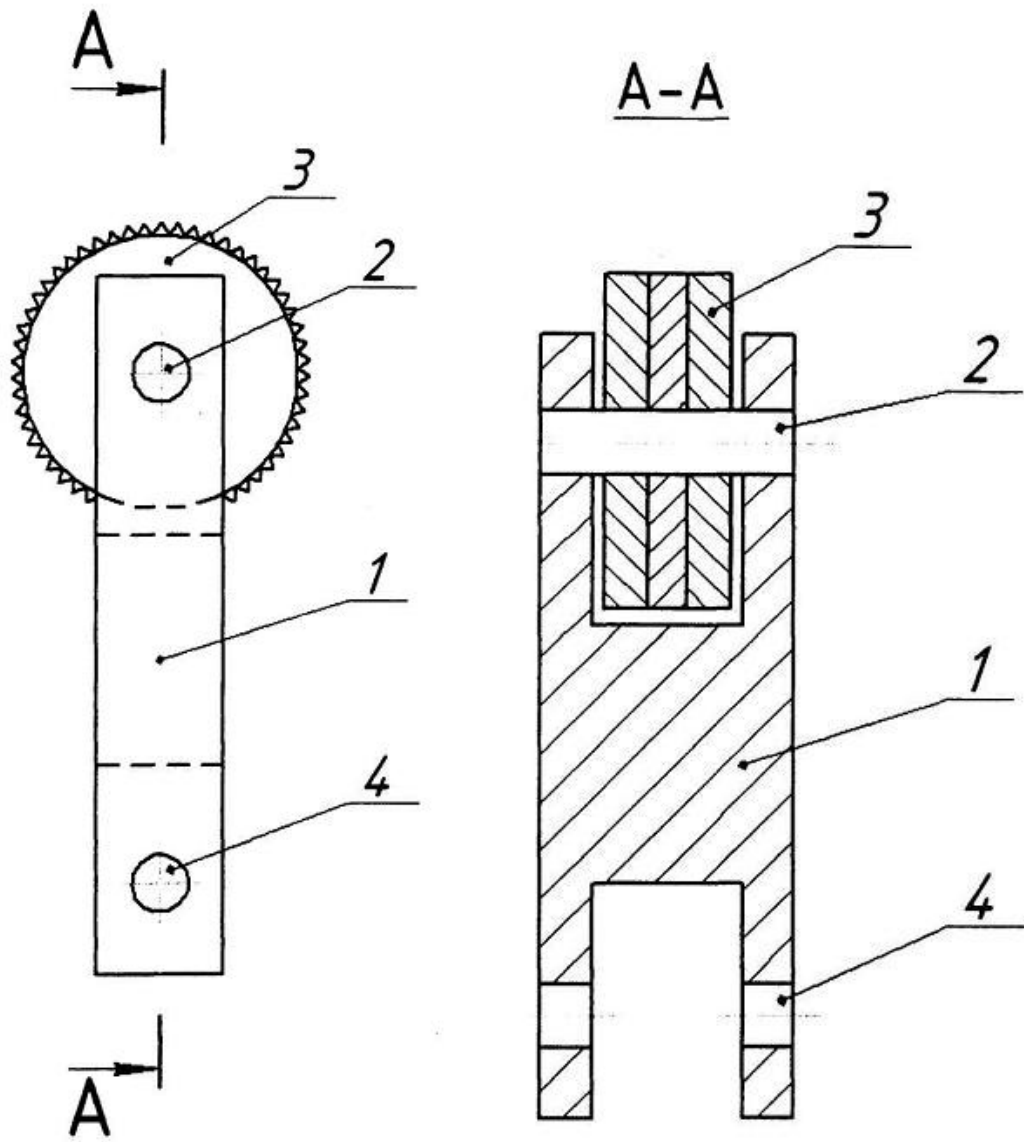
3

3

1

4

3



1.9 -

()

[6],

(.1.10),

1 2

1

3. 3 , 4

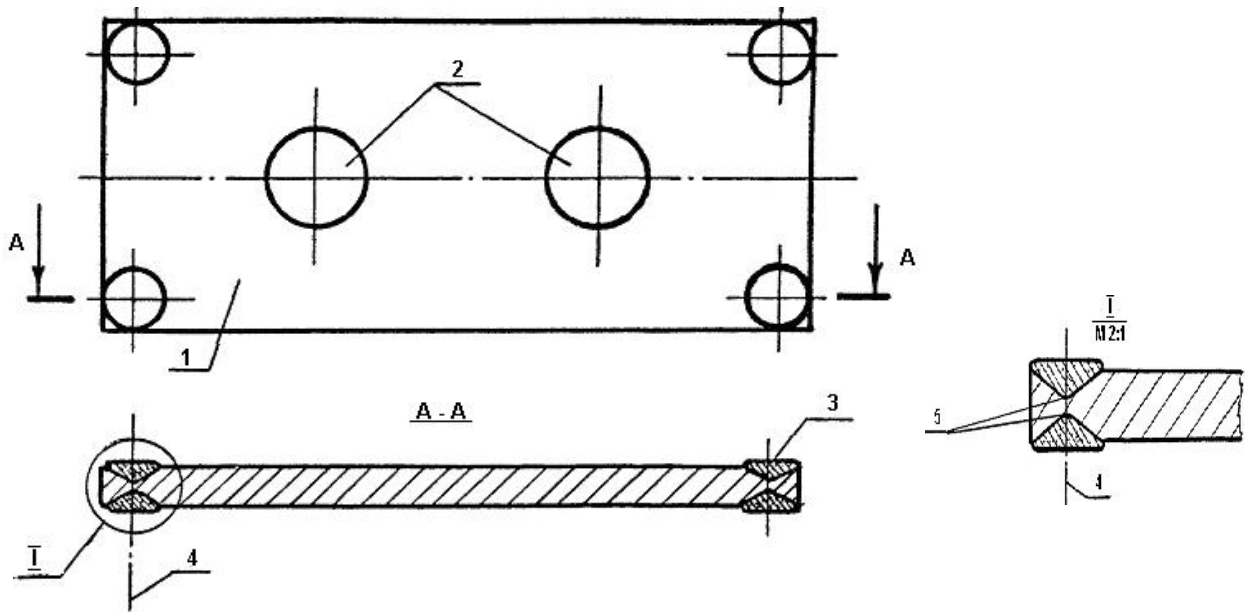
5

1-3

5

V-

2,5-3



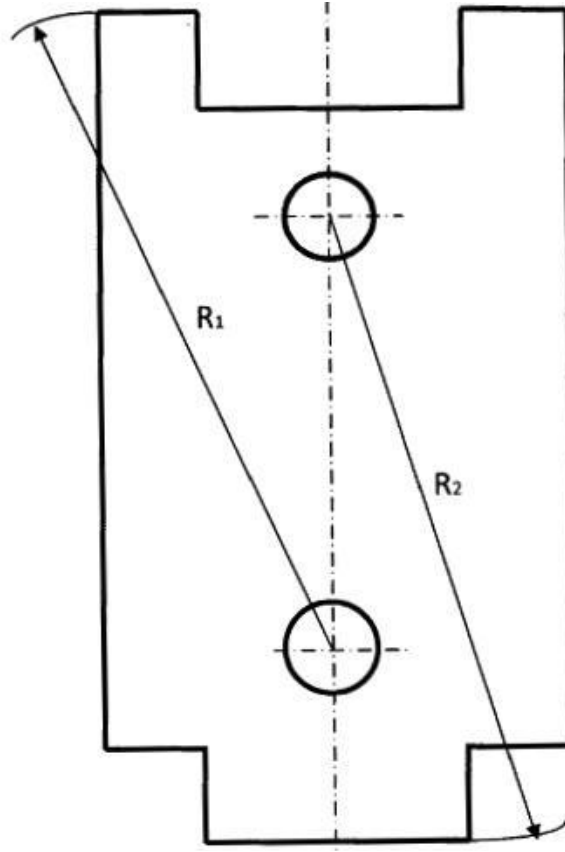
1.10 -

()

[7],

(.1.11)

R₁ R₂



1.11 –

R_1 R_2

[8],

(.1.12)

1

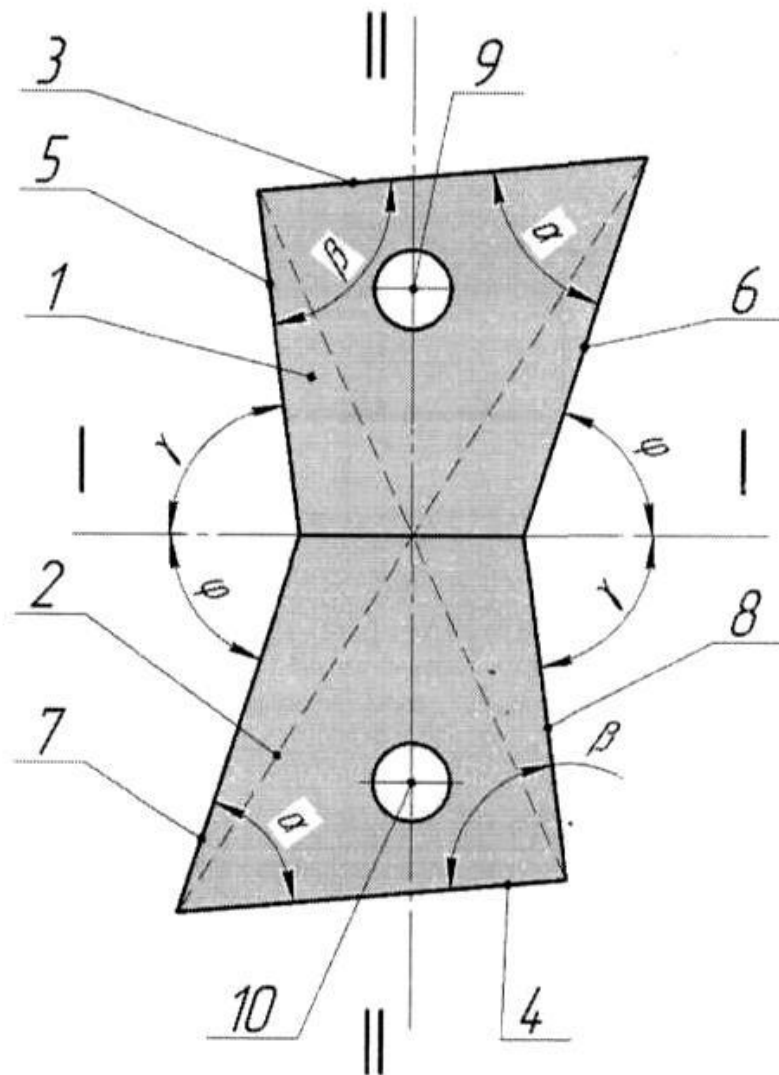
2,

- ,

3 4

5-8

9 10



1.12 -

, , , .
 , , .
 - , .
 , , .
 , , .
 , .
 .

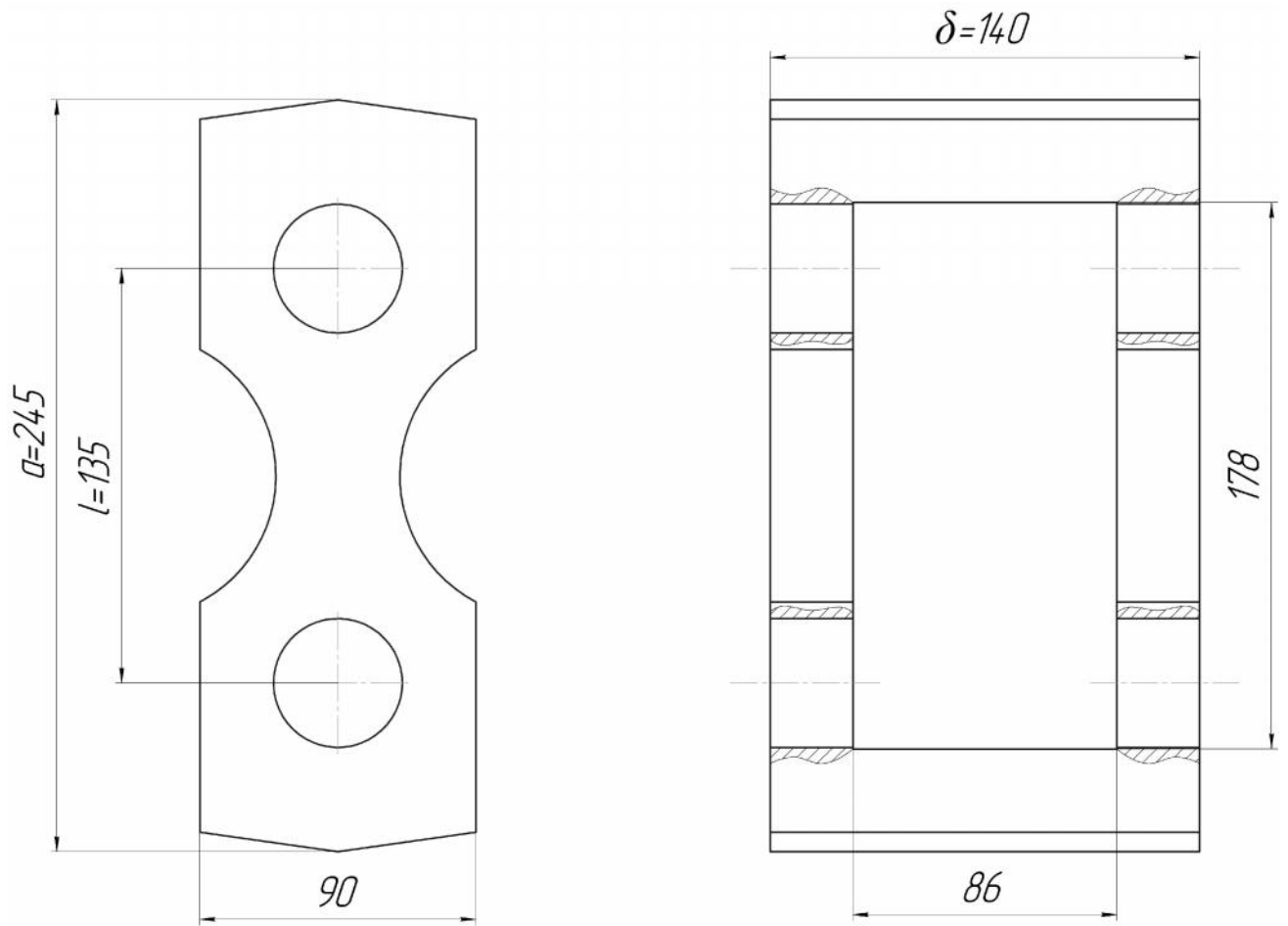
2-

1.6

1.4

(1.13).

R , ,
 , , .



1.13 –

140 ,
178×86 ,

48 24,

10 %.

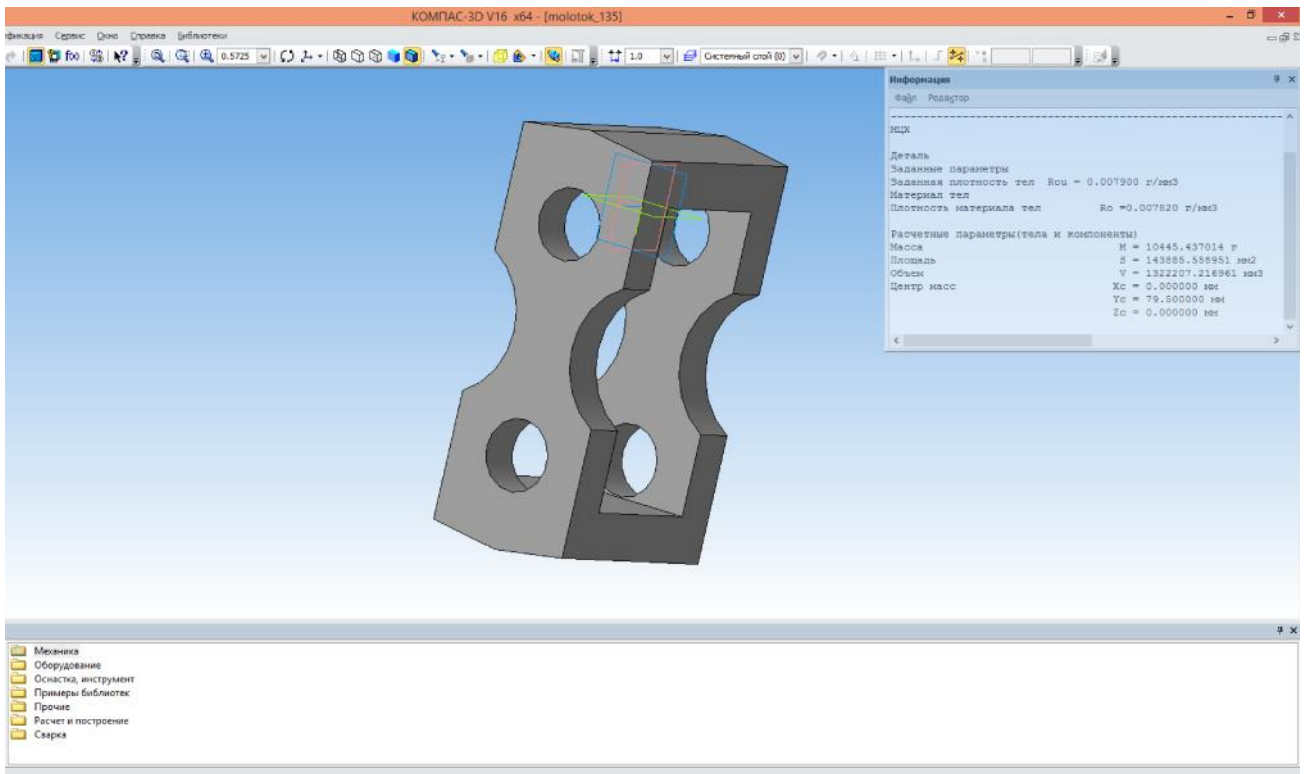
27

, , ,
1050 °
.[3] ,

2

2.1

-3D. (2.1)



2.1 –

-3D

(2.1)

:

$$R_o = 7,900 / ^3$$

$$M = 10445,437014$$

$$S = 143885,558951 ^2$$

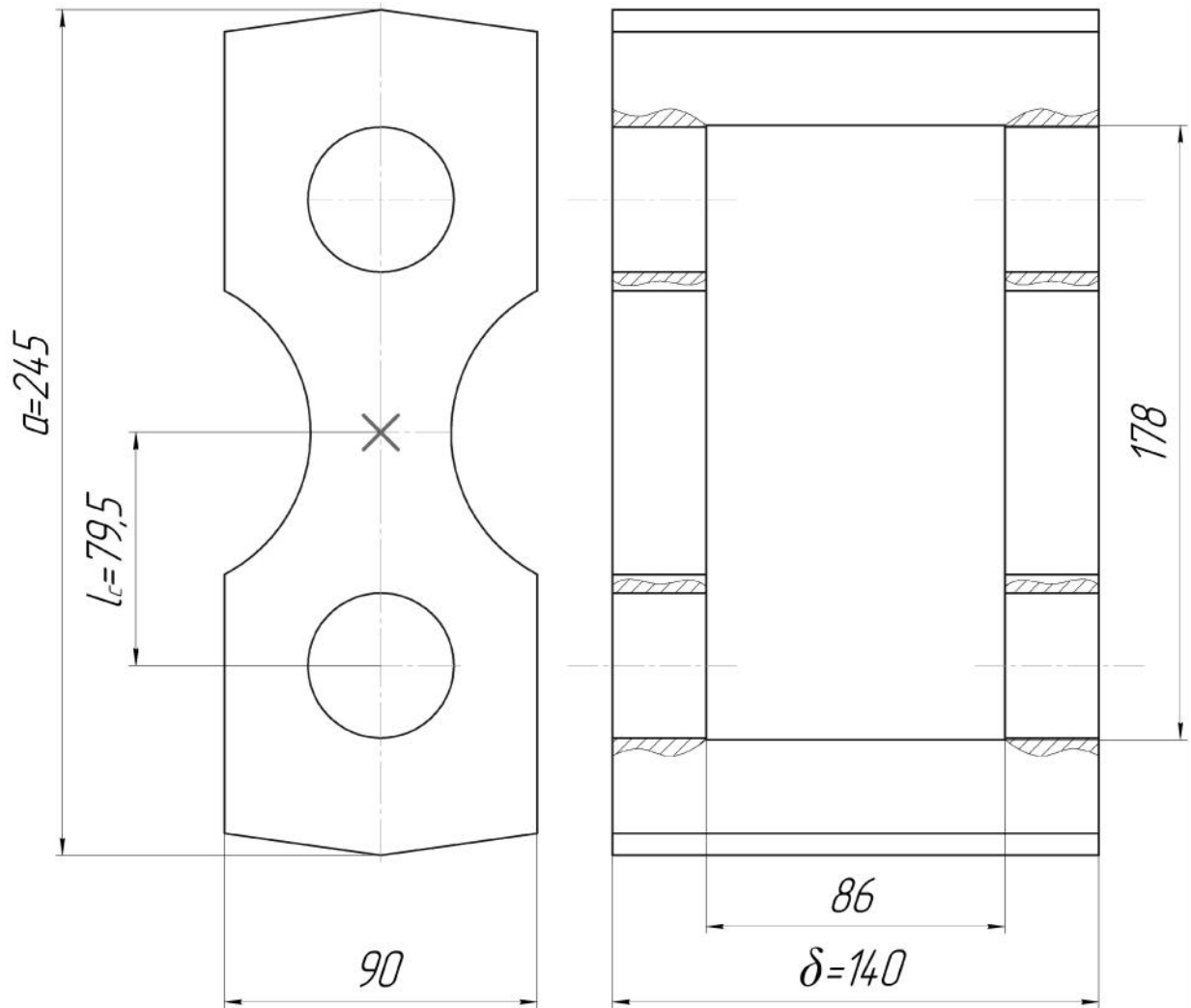
$$V = 1322207,216961 ^3$$

$$X_c = 0,000000$$

$$Y_c = 79,500000$$

$$Z_c = 0,000000$$

(.2.2)



2.2 –

$$(2.1) \quad m = 10445 ,$$

$$m = 10,5 .$$

$$R_0 = 210 ,$$

$$(R_0 > 1) (2.2).$$

$$n_1 = 1300^{-1} ,$$

$$30 \% ,$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} , \quad / , \quad (2.1)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 1300}{30} = 136,1 \quad / ,$$

$$R_c = R_0 + l_c , \quad (2.2)$$

$$R_c = 210 + 79,5 = 289,5 \quad = 0,2895$$

$$V_0 = \omega \cdot R , \quad / \quad (2.3)$$

– , / ;
 R – , R = R = 0,2895 .

$$V_0 = 136,1 \cdot 0,2895 = 39,4 \text{ / ,}$$

[9]:

$$P = \frac{m \cdot V^2}{R_c} , \quad (2.4)$$

m = 10,5 – ;
 V –

$$P = \frac{10,5 \cdot 39,4^2}{0,2895} = 56303$$

[2]:

$$d = 1,36_3 \sqrt{\frac{P \cdot \delta}{[\sigma]}} , \quad (2.5)$$

– , ;
 [] – :

$$[\sigma] = 0,6 \cdot \sigma , \quad (2.6)$$

= 930 –

40

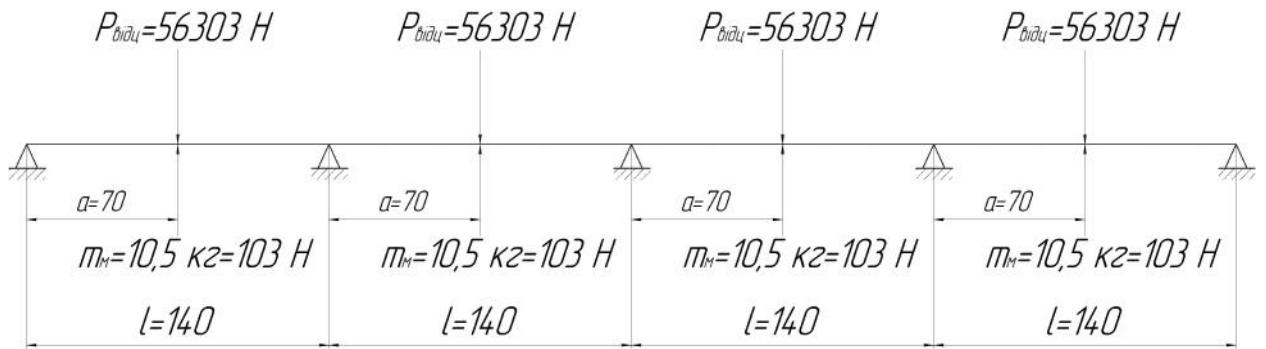
;

$$[\sigma] = 0,6 \cdot 930 = 558$$

$$d = 1,36 \sqrt[3]{\frac{56303 \cdot 0,140}{558 \cdot 10^6}} = 0,033 = 33$$

42 .

(2.3)



2.3 –

(.2.3)

:

–

– 1 ;

–

– $G = 103$;

–

– $= 56303$.

,

,

:

$$= + G = 56303 + 103 = 56406 \quad (2.7)$$

:

$$= \cdot \quad (2.8)$$

-

$$= 56406 \cdot 0,07 = 3948,4$$

$$F = \frac{\quad}{1}, \quad (2.9)$$

1-

.

$$F = \frac{3948,4}{0,14} = 28202,9$$

.

(.2.4)

$$= 3948,4$$

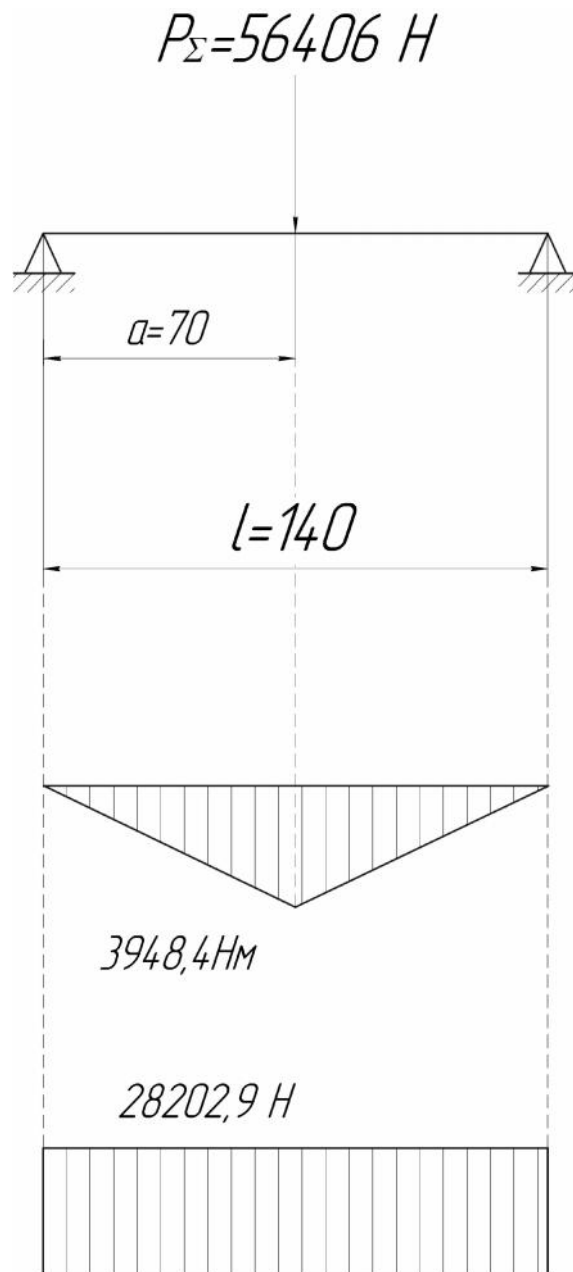
[10]:

$$W = 0,1 \cdot d^3, \quad (2.10)$$

d-

;

$$W = 0,1 \cdot 0,042^3 = 7,4 \cdot 10^{-6} \text{ }^3$$



2.4 –

[11]:

$$\sigma = \frac{3948,4}{7,4 \cdot 10^{-6}} = 5,33 \cdot 10^8 \text{ / }^2 = 534$$

$$\sigma = 534 \leq 0,6 \cdot \sigma$$

$$= 930 - 40 ;$$

$$\sigma = 534 \leq 0,6 \cdot 930 = 558$$

42 .

$$\delta \geq P_{\Sigma} / (d[\sigma]) = 56406 / (0,042 \cdot 285 \cdot 10^6) = 0,0047 = 4,7 \quad , \quad (2.12)$$

$$\delta = 6 \quad .$$

$$h_{\min} \geq 0,5 P_{\Sigma} / (\delta[\sigma]) = 0,5 \cdot 56406 / (0,006 \cdot 285 \cdot 10^6) = 0,016 \quad (2.13)$$

$$D_p = 2(R_0 + 1) = 2(210 + 79,5) = 579 \quad (2.14)$$

$$D = 800 \quad ,$$

:

$$L_p = (0,6 \dots 1,2) D_p = 0,6 \cdot 800 = 480 \quad = 0,48 \quad (2.15)$$

$$L_p = 0,6$$

[2]:

$$= 1,66 \cdot D_p^2 \cdot L_p \cdot n, \quad (2.16)$$

n –

, ⁻¹

:

$$_{1300} = 1,66 \cdot 0,800^2 \cdot 0,6 \cdot 1300 = 828 \text{ }^3 / ,$$

.

,

$$D_p \quad L_p \quad n \quad / \quad .$$

,

[12]:

$$N = 0,125 \cdot D_p \cdot L_p \cdot n, \quad (2.17)$$

$$N = 0,125 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1300 = 78$$

[13]:

$$d_0 = 0,052 \sqrt{N / \omega} = 0,052 \sqrt{78 / 136,1} = 0,039 \quad = 39 \quad (2.18)$$

:

$$d_{\text{н}} = \cdot d_0, \quad (2.19)$$

=1,6 –

$$d_{\text{н}} = 1,6 \cdot 39 = 62,4$$

$$d_{\text{н}} = 110 \quad . [14]$$

2.2

Q.

:

$$q = (z_1 m_1 + z_2 m_2 + z_3 m_3 + m) / L, \quad (2.20)$$

$$z_1 - , z_1 = 24;$$

$$z_2 - , z_2 = 6;$$

$$z_3 - , z_3 = 5;$$

$$m_1 - , m_1 = 10,5 = 103 ;$$

$$m_2 - , m_2 = 6,02 = 59,1 ;$$

$$m_3 - , m_3 = 8,56 = 84 ;$$

$$m - , m = 82,8 = 812,3 ;$$

$L_p -$

$$q = \frac{24 \cdot 103 + 6 \cdot 59,1 + 5 \cdot 84 + 812,3}{0,600} = 6764,8 \quad /$$

. 3.5.

$$M = q \frac{l^2}{2}, \quad (2.21)$$

$l -$, $q,$

$$I(.2.5 .) \quad q \quad 1 \quad (2.21):$$

$$M = \frac{6764,8 \cdot 0,6^2}{2} = 1217,7 \quad ,$$

[15]:

$$= 9550 \frac{P}{n}, \quad (2.22)$$

$-$, ;
 $n -$, -1 ;

$$= 9550 \cdot \frac{78}{1300} = 573 \text{ .}$$

. 2.5 .
:

$$M_{\max} = M + = 1217,7 + 573 = 1790,7 \text{ . ,} \quad (2.23)$$

(. 2.5).

.

:

$$d_{\dots} \geq \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi[\sigma]}} \text{ ,} \quad (2.24)$$

$d_{\dots} -$, ;

$-$, ;

$[\uparrow]$ $-$,

$[\sigma] = 598 \cdot 10^6$.

[16]:

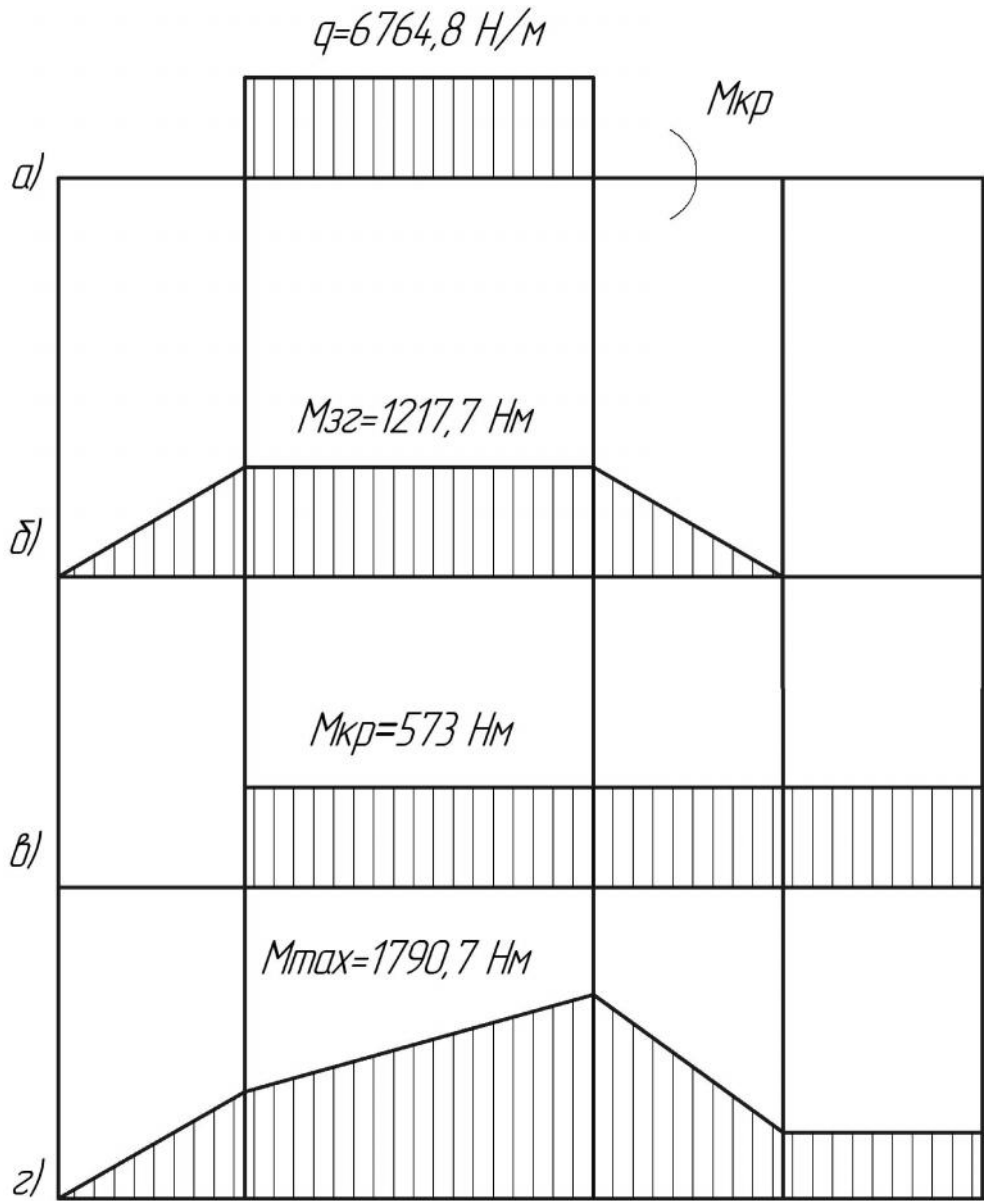
$$= \sqrt{{}^2 + 0,75 {}^2} \text{ ,} \quad (2.25)$$

(2.25) , :

$$= \sqrt{1217,7^2 + 0,75 \cdot 573^2} = 1314,9 \text{ . ,}$$

(2.24) :

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1314,9}{3,14 \cdot 598 \cdot 10^6}} = 0,028 = 28 \text{ ,}$$



— ; — ; —
; — .

2.5 —

$$d = 110 \text{ ,} \quad n = 1300^{-1} \text{ ,}$$

3 -

3.1

, . , , ,

, . 1000 ,

- .

. ,

, , , ,

. , ,

. , , ,

.) , , (, ,) ,

(, , , -) ,

, .

, .

. .

. :

1.

· , ;

2.

· ,

;

3.

,

·

,

—

,

·

,

-

·

. [17]

(

,

·

().

,

·

(*Lokomo*).

55-75 ,

32 ,

10 .

,

:

$$W_i = \frac{47,6 \cdot A}{\rho}, \quad \cdot / , \quad (3.1)$$

– , / ;
 – , / ³.
 :

$$A = \frac{320 \cdot H}{h}, \quad / , \quad (3.2)$$

H – , ;
 h – , .
 .

(*Metso Minerals*). 50-75 – 16,93
 .
 , .
 :

$$W_i = \frac{67,8 \cdot H}{h \cdot \rho}, \quad \cdot / , \quad (3.3)$$

H – ,
 (,) ;
 h – ;
 – , / ³.

Wi-Tester (*Sandvik*).

12

55

75

30°

5°

:

$$W_i = 0,0285 \cdot \frac{A}{\rho}, \quad \cdot / , \quad (3.4)$$

A – ;

– , / ³.

:

$$A = 129,64 (1 - \cos \quad), \quad (3.5)$$

–

. [18]

3.2

,

h.

50, 25, 10

.

,

.

,

,

.

$$= mgh, \tag{3.6}$$

, :

$$E_n = E_k = mgh = \frac{mV^2}{2}, \tag{3.7}$$

$$V = \sqrt{2gh} \tag{3.8}$$

3.1.

3.1 –

d,	h,	m,	E,	V, /	
50	25	0,04	9,81	22,4	
25	25	0,005	1,23	22,4	
10	25	0,0003	0,074	22,4	

3.1 :

-

10

, 10 3333,3

258

/ ,

10

- , , , (1,5-10) ,
 30-60 ,

- .
 10 ,

22,4 / .

4.3

- , .
 ,
 - . [17]
 I 2 :

$$v_1 = v = \frac{m_1 v_0 + m_2 v_0'}{m_1 + m_2}, \tag{3.9}$$

m_1, m_2 - , ;
 v_0, v_0' - ,
 / ;
 $v_0' = 0$:

$$v_1 + v_2 = \frac{m_1 v_0}{m_1 + m_2}, \tag{3.10}$$

1 2 :

$$v_0 + v_0' = \frac{m_1 v_0^2}{2} + \frac{m_2 (v')^2}{2}, \quad (3.11)$$

I 2 :

$$v_1 + v_2 = \frac{(m_1 v_0 + m_2 v')^2}{2(m_1 + m_2)}, \quad (3.12)$$

,

:

$$= (v_0 + v_0') - (v_1 + v_2) = \frac{m_1 m_2 (v_0 - v_0')^2}{2(m_1 + m_2)}, \quad (3.13)$$

$v_0' = 0$:

$$= \frac{m_1 m_2 v_0^2}{2(m_1 + m_2)}, \quad (3.14)$$

3.2

22,4 /c

(3.1) (3.3)

:

$$n = \frac{30 \cdot V}{\pi \cdot R}, \quad (3.15)$$

V -

, / ;

R – , R = R = 0,2895 .

$$n = \frac{30 \cdot 22,4}{3,14 \cdot 0,2895} = 739 \quad /$$

$$V = 22,4 \quad /$$

10,5

50

(3.9) :

$$= \frac{10,5 \cdot 0,04 \cdot 22,4^2}{2(10,5 + 0,04)} = 9,997$$

50 .

(3.14) (3.10)

3.1 -1300 -1,

50 -1,

10,5 .

4.2

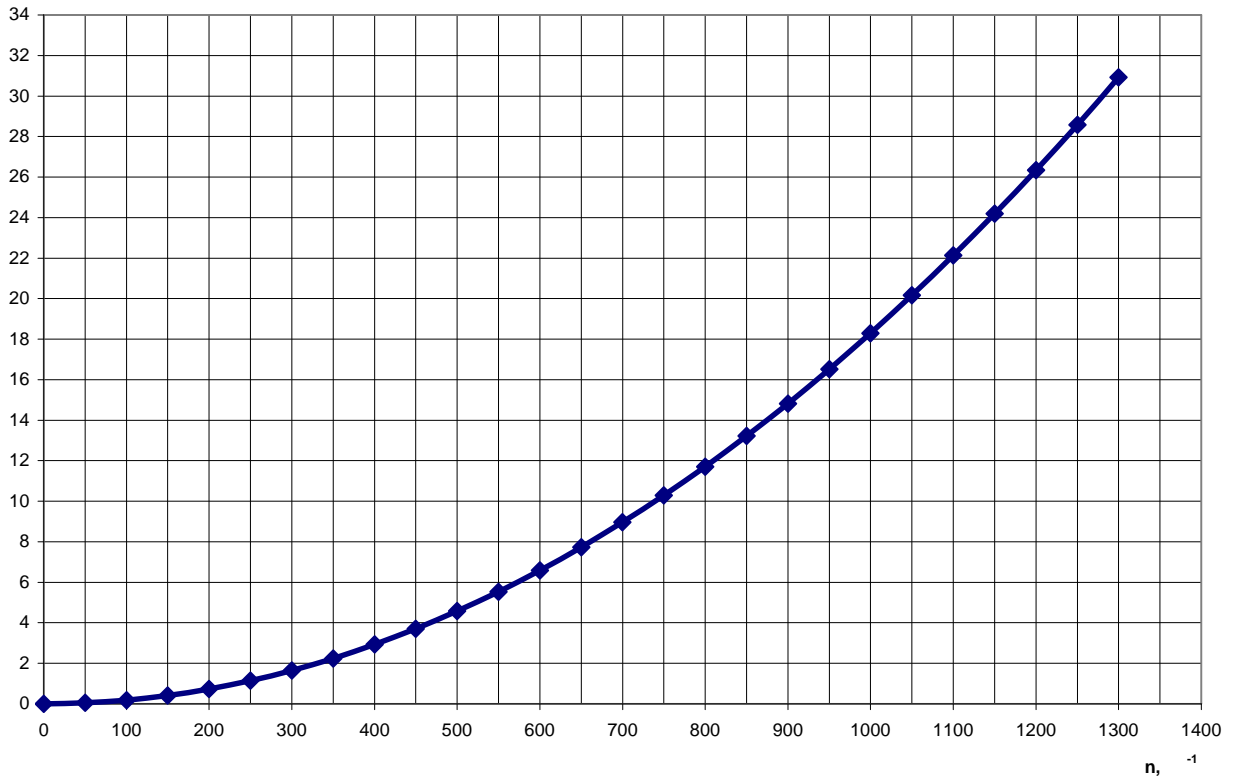
=f (n)

4.1.

3.2 –

n, ⁻¹	, /	V, /	,
0	0.000	0	0
50	5.233	1.51505	0.045733
100	10.467	3.0301	0.182933
150	15.700	4.54515	0.4116
200	20.933	6.0602	0.731733
250	26.167	7.57525	1.143333
300	31.400	9.0903	1.646399
350	36.633	10.60535	2.240932
400	41.867	12.1204	2.926932
450	47.100	13.63545	3.704398
500	52.333	15.1505	4.573331
550	57.567	16.66555	5.53373
600	62.800	18.1806	6.585596
650	68.033	19.69565	7.728929
700	73.267	21.2107	8.963728
750	78.500	22.72575	10.28999
800	83.733	24.2408	11.70773
850	88.967	25.75585	13.21693
900	94.200	27.2709	14.81759
950	99.433	28.78595	16.50972
1000	104.667	30.301	18.29332
1050	109.900	31.81605	20.16839
1100	115.133	33.3311	22.13492
1150	120.367	34.84615	24.19292
1200	125.600	36.3612	26.34239
1250	130.833	37.87625	28.58332
1300	136.067	39.3913	30.91572

750 ⁻¹



3.1 –

=f(t)

1000⁻¹, (3.14) 10

$$m_{\min} = \frac{2 \cdot \cdot m_2}{(m_2 \cdot v_0^2 - 2 \cdot)}, \tag{3.16}$$

m_1, m_2 –

v_0 , –

$n=1000$ $v_0=30,3$ / (.3.2);

=10

:

$$m_{\min} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 0,04}{(0,04 \cdot 30,3 - 2 \cdot 10)} = 0,05$$

3

(3.1)-(3.5)

$m_{\max}=10,95$

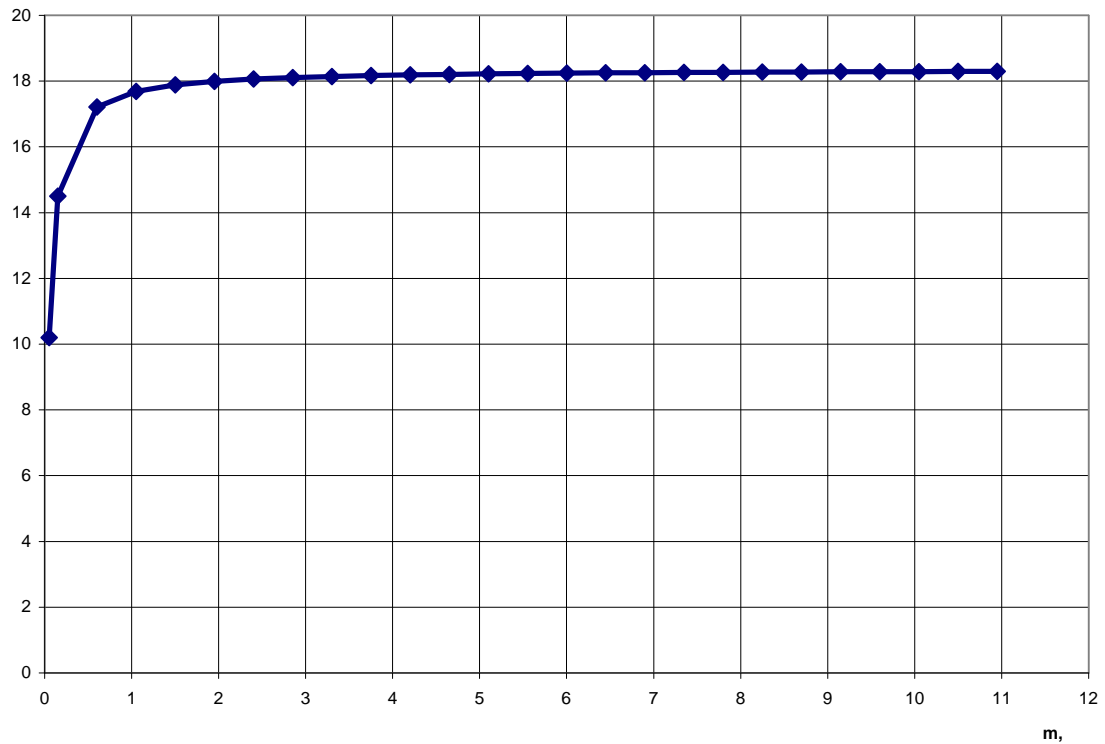
$n=1000$ ⁻¹

0,45

3.3

$E_y=f(m_1)$

3.2.



3.2 –

$=f(m)$ $n=const=1000$ ⁻¹

3.2 –

m,	n, ⁻¹	, /	V, /	,
10.95	1000	104.667	30.301	18.29618
10.5				18.29332
10.05				18.29022
9.6				18.28682
9.15				18.28309
8.7				18.27897
8.25				18.27441
7.8				18.26932
7.35				18.26362
6.9				18.25717
6.45				18.24983
6				18.2414
5.55				18.23161
5.1				18.22011
4.65				18.2064
4.2				18.18978
3.75				18.16921
3.3				18.1431
2.85				18.10885
2.4				18.06198
1.95	17.99391			
1.5	17.88605			
1.05	17.68914			
0.6	17.21532			
0.15	14.49711			
0.05	10.20167			

70 %

[19]

10,5

3

3.4

APM FEM

APM FEM

-3D,

APM FEM

-

(

)

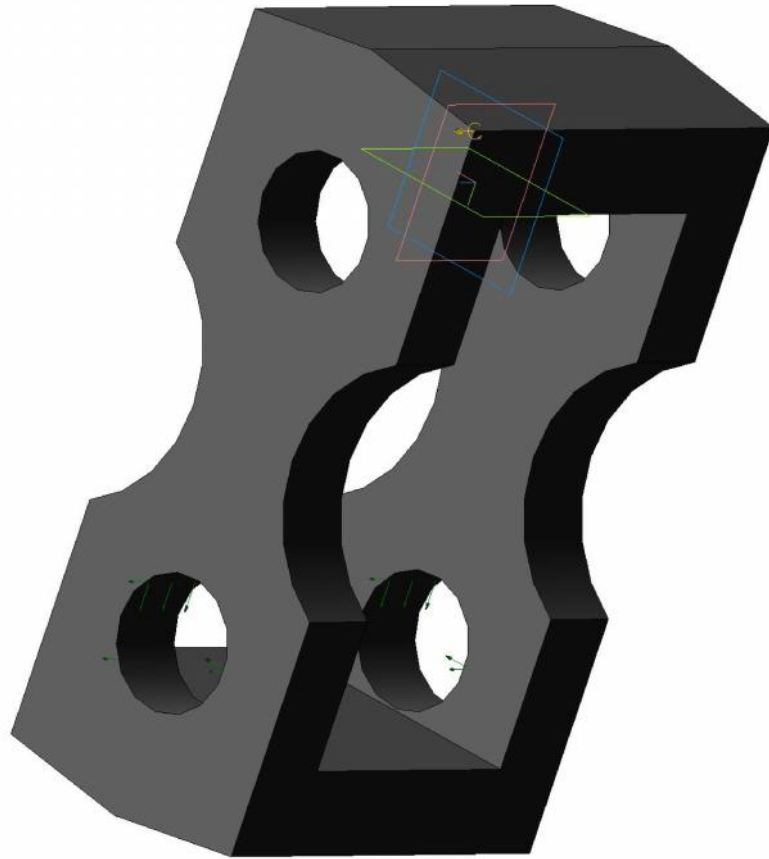
APM FEM

(

$\sigma = 7812$ / . $\sigma = 672$.
140 , 50 ,

2016 , ,

(. 3.3) APM FEM,



3.3 –

2)

N		
1	_ _147\ 3D\molotok_135.m3d	27

: 27

[]	235	-
[]	200000	-
	0.28	-
[/ ^3]	7900	-
[1/C]	0.000012	-
[/ (*C)]	26.4	-
[]	410	-
[]	209	-
[]	139	-

3)

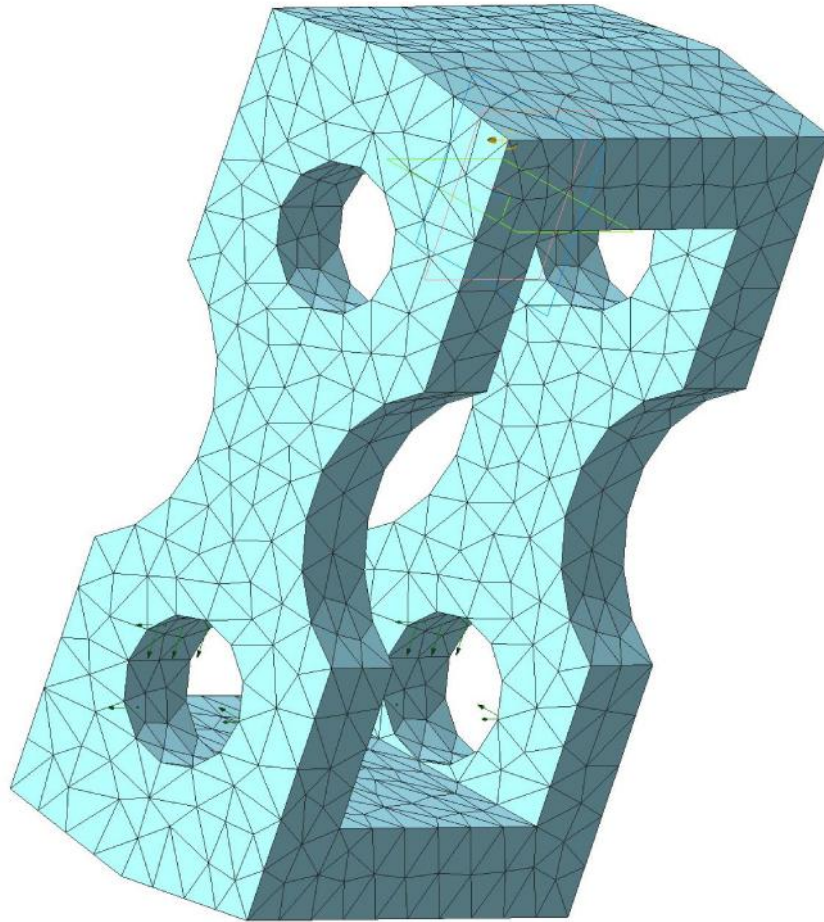
:1	-	: X = -45; Y = -36.621563; Z = 70 : X = 0; Y = 0; Z = 0.1 : 6001 / : 0 / ^2

4)

		X []	Y []	Z []	Rot. X []	Rot. Y []	Rot. Z []
:1	:2	.	.	.	-	-	-

5)

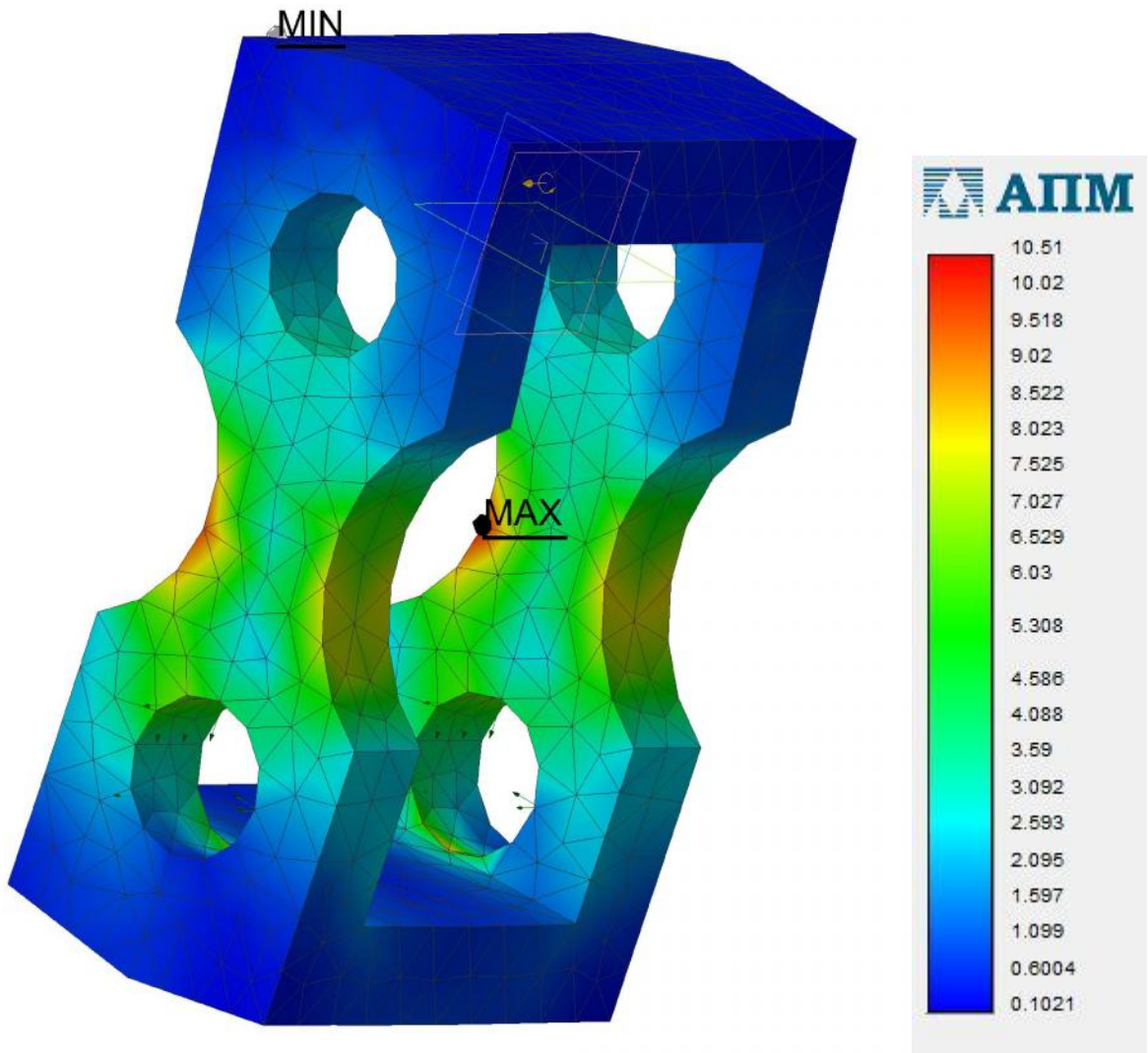
[]	15
	1
	1.5
	3379
	1133



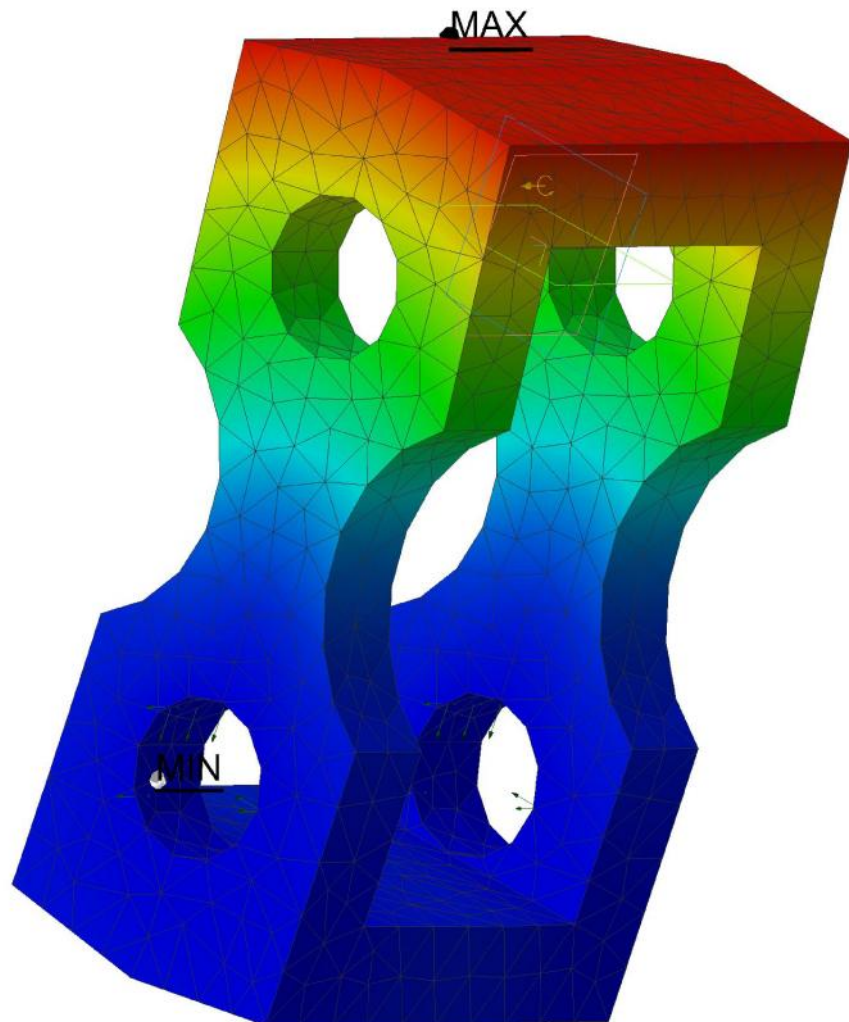
6)

[]	10.508398
[]	(-0.000004 ; 0.079501 ; 0)
[* ^2]	(0.006898 ; 0.144652 ; 0.024508)
[*]	(-0.001777 ; -0.001955 ; -0)
[]	(-5186.909996 ; -13386.122708 ; -0)
o []	14355.915731
o [*]	0.002642

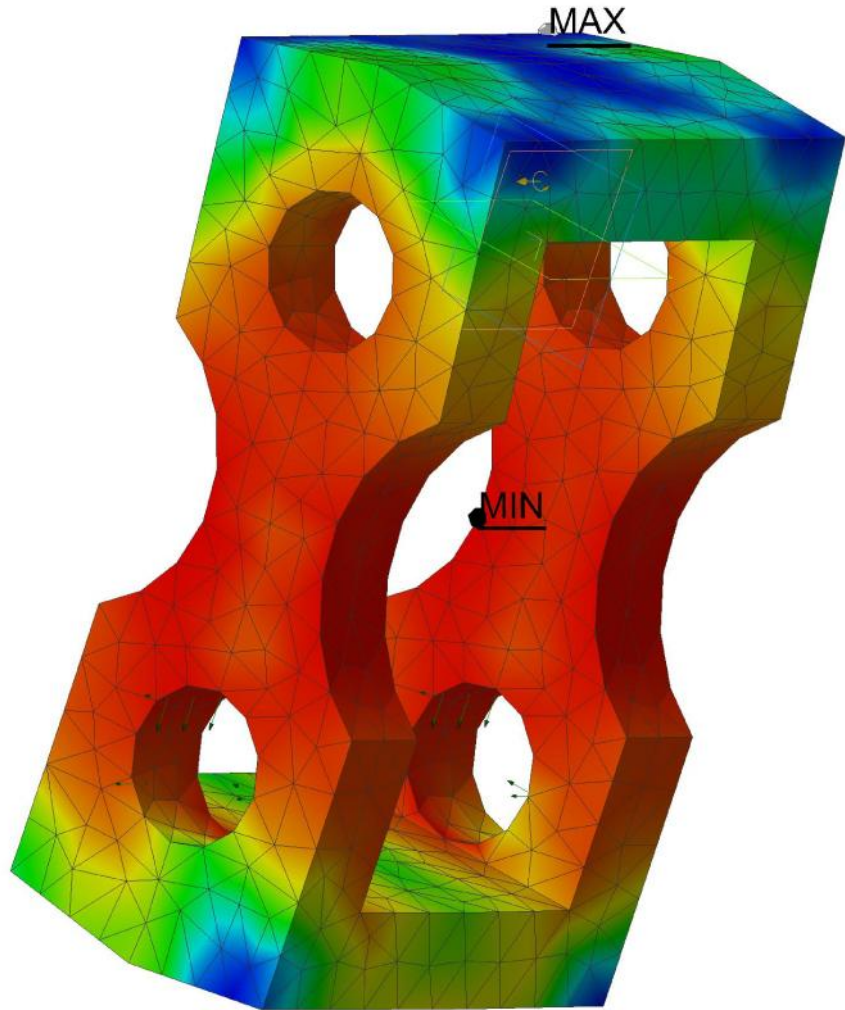
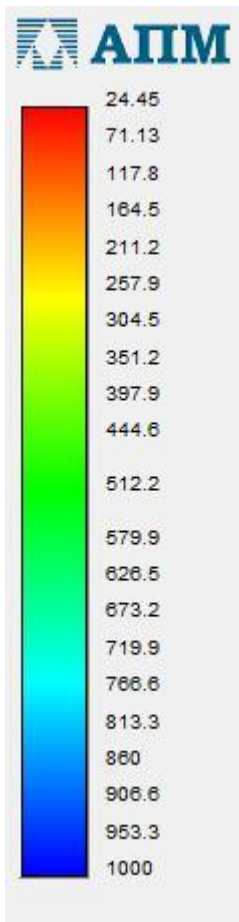
	SVM []	0.102095	10.51464



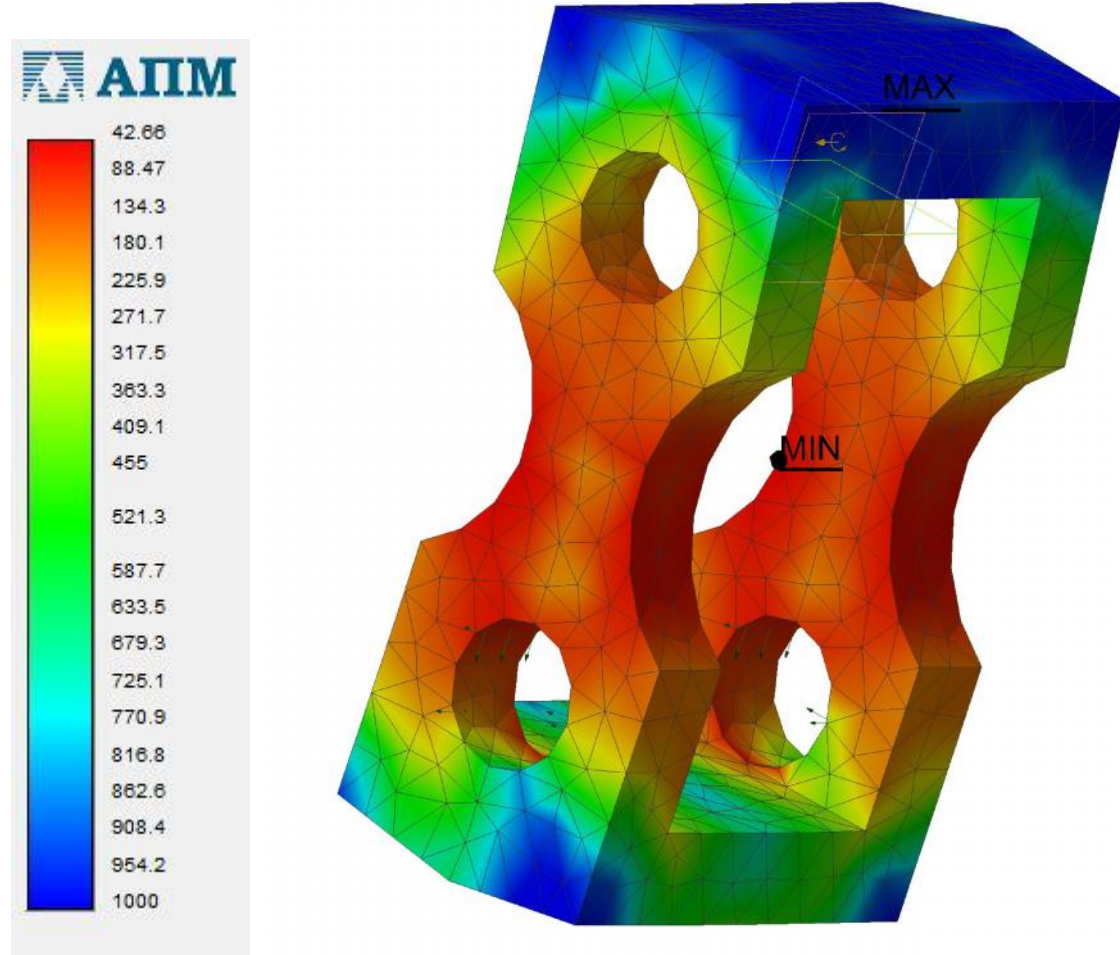
	USUM []	0	0.023209



		24.453227	1000



		42.663077	1000



,
 .
 =10,5 []=120 ,
 .
 f=0,023 ,
 .
 - 24,45, 42,7,
 .

3.7 -

147,

2

“ ”,

55 110 ,

181×50 ,

48 24,

24

3.3.

3.3 -

	-			
27 40 13 ()	1, 2	.	96000	112000
	Z ₁ , Z ₂	.	48	24
			120	240

4

4.1

4.1

·
 ,
 ” — ”.
 .
 4.1 —

/					
1				10000 3/	
2			“ ”	10 / 3	
3				90	
4			20	t=-20°C	
5		+	-1	-	

4.2

4.2

4.2 –

	-	-	III			-
			1	2	3	
/ 3: , 0,075%	0,2	1,03			5,15	91
-IV-						
/ 3. (,)	6	6,9	1,15			91
,	80	85	5			91
: ,°	26	36			10	91
-, %	60	69	9			91
:						
-					-	
-						

(.4.2) –

III 3 .

-

(.4.2) -

: III - 3, II - 1, I - 3..

1. 4.3

4.3 -

1.	-1	-1
2.	24 %	24 %
3.	10	10
4.	(0,5)	(0,5)

4.3

4.3.1

2-33-75.

7.4.

4.4 –

3.3.6.042 – 99).

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

4.3.2

2-4-96

VI

80

LED,

100

500÷700

4.3.3

4.4.3

IV

-1(10), -2 (14 .), -1 (18),

);

(, , .).

:

— ,

— ;

— , , ,

— , ;

— , ;

— , ;

— ;

— ;

— .

4.4.4

— ()

— , :

— .9-01

— .41-28, , ,

— , , ; ,

— , ; ,

— ;

— ;

— ;

— .

— , , :

— , ;

— ;

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

4.5

 ,
 .
 , ,
 ,
 .
 (.4.1).
 :

$$D = d + 0,8h = 1720 + 0,8 \cdot 1250 = 2720 \quad , \quad (4.1)$$

$$d = 1720 -$$

$$h = 1250 -$$

 , ;
 , .
 :

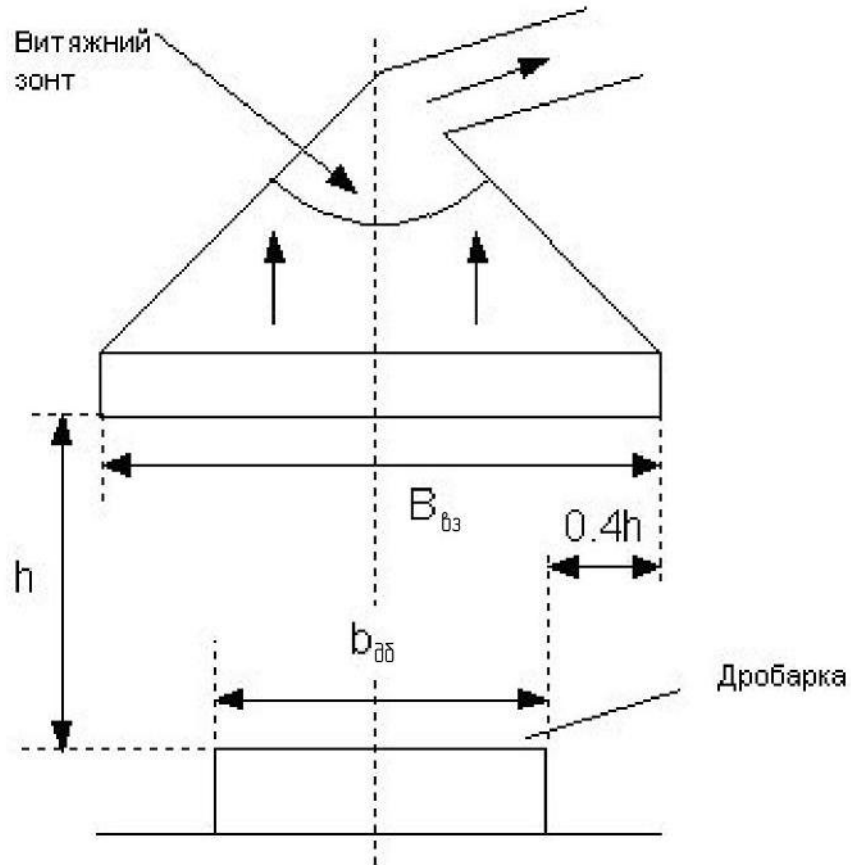
$$B = b + 0,8h = 1400 + 0,8 \cdot 1250 = 2400 \quad , \quad (4.2)$$

$b = 1400 -$

;

$h = 1250 -$

, .



4.1 –

, , ,
:

$$L = L_k + \frac{F}{F} = 17,9 + \frac{0,0314}{0,19215} = 17,9 + 0,16 = 18 \quad ^3 / \quad (4.3)$$

:

$$L = L_k + \frac{F}{F} = 17,9 + \frac{0,0576}{0,19215} = 17,9 + 0,3 = 18,2 \text{ }^3/ \quad (4.4)$$

L_k – , $^3/$;
 F – 2 .

$$L_k = A\sqrt{Q_k H^5} = 22,4\sqrt{0,039 \cdot 1,75^5} = 22,4\sqrt{0,644} = 17,9 \text{ }^3/ \quad (4.5)$$

– , 22,4;
 Q_k – , / ;
 – , .
 .
 , , .
 , , .
 , :
 – , G

$$G = V \cdot n, / \quad (4.6)$$

$V=57\ 000$ – , $^3($ $h=9,5$, –
 $=60$, $-b=100$) ;
 $=1,32$ – , / 3 ;
 $n=6$ – .

$$G = 57000 \cdot 1,32 \cdot 6 = 451440 /$$

$$G = 460000 \text{ /}$$

$$= G = 460000 \text{ / ;}$$

$$h = 10 \text{ ;}$$

$$t = 24^\circ \text{ ;}$$

$$t = 34^\circ \text{ ;}$$

$$= 45^\circ .$$

$$= 90^\circ .$$

$$1/h = 1,5,$$

$$t = t + \frac{t - t}{m}, \quad (4.7)$$

$$t - \quad , \quad ($$

$$t = t = 24^\circ \text{C};$$

$$m = 0,41 -$$

$$t = 24 + \frac{34 - 24}{0,41} = 48,4^\circ \text{C}$$

$$\gamma = \frac{353}{t + 273}, \quad (4.8)$$

$$\gamma = \frac{353}{24 + 273} = 1,19 \quad / \quad ^3$$

$$\gamma = \frac{353}{48,4 + 273} = 1,098 \quad / \quad ^3$$

:

$$\Delta p_{1,2} = h(\gamma - \gamma), \quad (4.9)$$

$$\Delta p_{1,2} = 10 \cdot (1,19 - 1,098) = 0,92 \quad / \quad ^2$$

:

$$\Delta p_1 = \beta \cdot \Delta p_{1,2}, \quad (4.10)$$

 $\beta -$

,

 $(\beta=0,1-0,4).$

$$\Delta p_1 = 0,25 \cdot 0,92 = 0,23 \quad / \quad ^2 = 23$$

:

$$\Delta p_2 = \Delta p_{1,2} - \Delta p_1, \quad (4.11)$$

$$\Delta p_2 = 0,92 - 0,23 = 0,69 \quad / \quad ^2 = 69$$

F

F :

$$F = \frac{G}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \gamma}{\xi_1} \Delta p_1}}, \quad (4.12)$$

$$F = \frac{G}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \gamma}{\xi_2} \Delta p_2}}, \quad (4.13)$$

$g =$

$$(g=9,8 \text{ / } ^2);$$

$\xi_1, \xi_2 =$

$$(\xi_1=2,7, \xi_2=6,3).$$

$$(4.12) \quad (4.13) \quad :$$

$$F = \frac{460000}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,19}{3,7} 0,23}} = 106,1 \text{ } ^2$$

$$F = 107 \text{ } ^2$$

$$F = \frac{460000}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,098}{6,3} 0,69}} = 83,2 \text{ } ^2$$

$$F = 84 \text{ } ^2$$

1.

« » , « »
,
,

2.

, ,
, ,
, « ».

3.

, — ,
— ,
,

4.

,
.

5.

10,5 .

6.

.

7.

« »,
.

1. . . . , ,
/ . . . , - . :
, 1990. – 320 .
2. . . :
: / . . . - :
, 2004. – 75 .
3. . . . :
/
. - . : , 1991. – 192 .
4. : . .57949. UA.
02 13/28 , ,
, ,
- 2001129177;
. 28 12 2001; . 15 07 2003, . 7. – 3 .
5. : . .65434. UA. 02 13/28
, ,
- u201104859 ; . 19.04.2011; . 12.12. 2011, .
23. – 2 .
6. : . .77014. UA. 02 13/28
, ,
, ,
- 20040403054; . 26.04.2004; .
16.10.2006, . 10. – 2 .
7. : 98901. UA. 02 13/28
- 201107639; . 17.06.2011; .
25.06.2012, . 12. – 4 .
8. : 120333. UA.
02 13/28 , ,

- u201704977; . 22.05. 2017; . 25.10.2017,

. 20.-3

9. ' . . . 10 . :
. . . / . . ' .- ∴ ,

2010.-256 .

10. . . / . . -2-
, . . - ∴ : , 1982.-280 .

11. . . : . . / . .
, . . - ∴ . . , 1989.-624 .

12. C. . ,
. / C. . , . . . 3-
. - ∴ , 1980.-415 .

13. . . : .
. . . / . . , . . - 4-
. - ∴ . . , 1985.-416 .

14. . . :
. /
. . . , . . , . . ; . . .
- ∴ , . - , 1984. 400 .

15. . . : . . 3- . . 1
. / . . , . . -
: , 2001.-398 .

16. / [. C. , . . , . .
.]- ∴ . , 1986.-775 .

17. . . ,
/ . . - ∴ , 1973.-

268 .

18. . .

/

... , ... , ... // .
- 2015. - 12. - .70-72.

19. . .
/ . . . // . - 2018. -
7. - . 61-66.

20.APM FEM [] - :
<https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/apm/>.

21. . . i. i i
i ./ . . . - : , i - , 2003. - 280 ..

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

23. . . . / .
. - . : , 2007.

24. . . «
» ()
 , / . . . , . . . -
: , 2012. - 16 .

25. (8.090218 “ ”
“ ”) / . . . , - : ,
2004. - 71 .

26. /
.: . . . , - , , 2002.- 124

/		.	
1		1	1
2		1	1
3		1	1
4	(,)	2	2
5	(, , ,)	4	3
6		1	1
7	FEM	APM	1
		1	1

