

631.348:620.1: 621.01

05.05.11 –

:

.

,

-

,

,

• •

• -

05.05.11 -

• -

, • , 2021.

•

-

,

,

•

-

•

-

-32

3

•

,

24

•

-32

,

23 % 53 %

•

:

,

-

,

-

-32,

().

.

,

.

-32

-

3

,

-

.

,

-

3

-32

:

1,4,

-32

1,8

6,4

.

3

.

,

-32 -

,

.

,

$da/dN \cong 2 \cdot 10^{-5} /$,

,

,

-

.

2 .

()

3

3 .

836

(1,5) .

7

,

,

.

.

,

5

.

,

,

,

,

;

-

,

,

,

,

.

,

,

(

)

4

.

,

,

-

,

,

.

,

-600

-3524,

-2000

,

,

,

-

,

.

,

-3524

«

».

,

«

» —

.

«

»,

«

».

«

»,

«

».

.

:

,

,

,

,

,

,

,

,

-

.

ABSTRACT

Babii A.V. Durability calculation methods and improvement of agricultural sprayers broadcast booms design. – Qualification scientific paper as a manuscript copyright.

Doctor of Science thesis in Engineering Sciences on specialism 05.05.11 – machines and mechanical equipment of agricultural production. – Ternopil I.Puluj National Technical University of MES of Ukraine, Ternopil, 2021.

An important scientific-technical problem has been solved in the thesis under consideration due to the conducted complex of theoretical and experimental studies. The problem covers the development of theoretical basis and new methods for the field sprayer boom section metal framework service life assessment and forecast taking into account the specific loading and corrosion media influence. The problem solution under discussion aims at increasing the accuracy of the calculations in designing new sprayer booms and improving the conventional ones to provide the necessary service life and to prevent various failures under their operation conditions.

The scientific novelty of the obtained results has involved the development of completely new theoretical and experimental approaches to the calculation methods concerning agricultural sprayer broadcast booms service life taking into account operational and physical-chemical factors.

Some mechanisms of metal corrosion failure of the sprayer boom section metal frame systems under study in the saturated insecticide Nurelle D solutions and liquid complex fertilizer UN-32media have been determined due to the use of the adapted methods of polarization and impedance tests. The most intensive corrosion of the steel 3 has been found to occur in the demineralized water. During the first 24 hours the velocity in the saturated solutions of insecticide Nurelle D and also liquid complex fertilizer UN-32is approximately 23% and 53% lower respectively. The similar tendencies have been observed under long-term exposition conditions as well: the highest speed of steel corrosion was observed in

the demineralized water, lower speed was observed in insecticide Nurelle D, and the lowest – in the liquid complex fertilizer UN-32medium whose composition includes an inhibitor (compounds of ammonia phosphate).

The impedance tests results have justified the quality and durability of protective paint coating applied under production conditions. Nevertheless, due to the damage its barrier properties can't be the key factor of protective action for the sprayer boom steel framework.

The research has been conducted by standardized methods and the influence of the saturated solutions of insecticide Nurelle D and liquid complex fertilizer UN-32on both the fatigue and corrosion-fatigue durability of steel 3 of the boom section frame and on the characteristics of its crack resistance under cyclic loading conditions as well has been estimated. It has been found that corrosion-fatigue resistance of steel 3 in the corrosion media of demineralized water and in the saturated solutions of insecticide Nurelle D and liquid complex fertilizer UN-32is being decreased in comparison with the air: the conventional border of corrosion fatigue was 1,4 times lower in the demineralized water, and in the saturated solutions of insecticide Nurelle D and liquid complex fertilizer UN-32was 1,8 and 6,4 times lower respectively. The working media under study have made different impact on steel 3 cyclic crack resistance comparing to the tests in the air. The fatigue crack growth speed in the Nurelle D solution is increasing and in the UN-32is decreasing in comparison with the air which is caused by the inhibitors. The demineralized water has made different impact on the diagram of steel cyclic crack resistance, namely the specific value of the crack growth speed $da/dN \cong 2 \cdot 10^{-5}$ mm/cycl. has been found where the lower this value, the higher the steel crack resistance is than in the air, but the higher this value, the lower the crack resistance is.

A completely new calculation model to determine the service life of the field sprayers broadcast booms components under cyclic operational loading conditions has been constructed on the basis of principles of the modern theory of materials fatigue and the well-known energy approach. The outcome of the model under

discussion implementation has been the calculation value obtaining of the boom service life under maximum amplitudes of cyclic bending of the most loaded elements conditions. In this case, it was found that the service life was mainly determined by the period of fatigue crack initiation which was more than twice less than the specified one.

The study of small surface fatigue crack growth in the most loaded component of the boom under cyclic oscillations conditions has been conducted by means of a numerical experiment. The experiment has proved that the biggest period of the fatigue crack growth was in the section when the crack was passing through the walls of the component, namely the rectangular pipe. This period should be considered as a defining one which can change the boom residual service life in accordance with the initial size of the defect.

The calculation method of residual service life of the sprayer boom under maneuver loading mode conditions has been developed on the basis of the well-known energy approach in the mechanics of structural members delayed failure. The method under discussion has revealed that the above-mentioned mode in case of sprayers broadcast booms (of certain parameters) made of steel 3 can reduce its residual service life in approximately three times.

A nontraditional calculation model to determine the field sprayer broadcast boom service life involving the combination of operational and physical-chemical factors impact has been proposed on the basis of certain statements of the corrosion-fatigue failure theory, namely electrical-chemical corrosion and energy approach of fatigue fracture. Here, the boom service life is represented as a sum of periods of crack initiation and subcritical growth in the weakest boom component. Under specified possible operational conditions (cyclic loading and corrosion medium Nurelle D) the boom service life of 836 operation hours has been found (approximately 1,5 seasons). It is completely unsatisfying service life in comparison with the standard service life of the sprayers – 7 seasons, and has proved the need of the boom vibrations removal, its strengthening and service life increase.

The calculation method of the field sprayer broadcast boom residual service life at the metal structure loading under maneuver mode conditions and taking into account the mechanism of insecticide Nurelle D solution corrosion medium action has been developed on the basis of the fundamental energy approach of delayed fatigue fracture. It was found that under such conditions of the sprayer operation the boom residual service life was 5 times lower.

A new design of the boom downpipe which has increased its stabilization characteristics under oscillations caused by different agricultural background conditions has been developed. Some completely new dynamic models of operation have been constructed for the above-mentioned boom downpipe for different modes of the sprayer loading, namely under maneuver loading mode conditions, the efficient operational parameters have been found.

The fundamental results of corrosion-mechanical failures of metal materials and structural members have been obtained on the basis of the developed method for the residual service life of the boom improved design determination. The boom under discussion is fixed by the vibration suppressors. The specific impacts of nonscheduled loads caused by the field roughness have been determined on the boom service life in general. The results of calculations have proved that the field roughness (separate bumps) can reduce the boom residual service life more than in 4 times even in case of relatively steady running of the boom. As follows from the study under consideration, the only way in this case to increase the boom service life can be the improvement of corrosion-protective coatings for the most loaded components and the thorough control of the paint coatings state, and their resurfacing if necessary under sprayer seasonal servicing conditions.

According to the developed program and experimental research methods a number of experimental data characterizing the booms dynamic loads and kinematic parameters, stress-and-strain state of the boom frames in dangerous cross-sections, vibrational and isolation properties of the downpipes has been obtained including those obtained due to the use of boom downpipe test sample. The necessary field experiments have been made for the installed spraying

machine SHM-600 and trailer sprayers PSH-3524, P -2000.

On the basis of conducted analytical and experimental research a completely new efficient life-size sprayer boom downpipe has been developed and made which has been tested successfully as a part of the sprayer design PSH -3524 on the fields of PE “Viknyny”. The materials of the theoretical basis, methods of calculations and experimental research conducting have been passed and used by the design bureau of ALC «Lvivagromashproekt» – the producer of sprayers for their design and modernization. The developed techniques of the metal structures service life determination taking into account the specific operating loading have been passed and used by the DB PJSC “Rivnesilmash”, OJSC “Kolomyiasilmash”. Some of the patented decisions and recommendations on the sprayers operational efficiency increase have been used in agricultural companies: PACC «Nichlava», LLC «Ukraine». The results of theoretical and experimental studies of the thesis under consideration have been successfully used in the educational process of the Ternopil I.Puluj National Technical University, the Department of engineering mechanics and agricultural machines.

Key words: chemical protection, sprayer, boom, boom downpipe, service life, corrosion medium, maneuver load mode, fatigue crack, corrosion-fatigue crack.

1. Andreikiv O.E., Babii A.V., Dolinska I.Ya., and Matviiv Yu.Ya. Determination of the Residual Life of the Spraying Boom of a Field Sprinkler in the Maneuvering Loading Mode. *Materials Science*. Vol. 56. No. 1, July, 2020. P. 112–118. **(Scopus, Web of Science)**.
2. Andreikiv O.E., Babii A.V. & Dolinska, I.Y. Influence of the Working Media and Maneuvering Loading Mode on the Service Life of Spraying Booms of Field Sprinklers. *Materials Science*. Vol. 56. December, 2020. P.166–173. **(Scopus, Web of Science)**.
3. Rybak O., Babii A.V., Bortnyk I.M., Ts'ou G.B., and Konovalenko S.I. Evaluation of the service life of the frames of sections of boom field sprayers. *Materials Science*. Vol. 55. No. 3. November, 2019. P. 374–380. **(Scopus, Web of Science)**.
4. Leshchak R.L., Babii A.V., Barna R. O., and Syrotyuk O. Corrosion resistance of steel of the frames of boom sprayers. *Materials Science*. Vol. 56. No. 3. November, 2020. P. 425–431. **(Scopus, Web of Science)**.
5. Andreikiv O.E., Lysyk A.R., Shtayura N.S., and Babii A.V. Evaluation of the Residual Service Life of Thin-Walled Structural Elements with Short Corrosion-Fatigue Cracks. *Materials Science*. Vol. 53. No. 4. January, 2018. P. 514–521. **(Scopus, Web of Science)**.
6. Alexander Nanka, Ivan Morozov, Vladimir Morozov, Mykola Krekot, Anatolii Poliakov, Ivan Kiralhazi, Mykhailo Lohvynenko, Konstantin Sharai, Andriy Babiy, Mykola Stashkiv. Improving the efficiency of a sowing technology based on the improved structural parameters for colters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4. No. 1 (100) (2019) Engineering Technological

Systems. . 33 – 45. (Scopus).

7. Babii A. Important aspects of the experimental research methodology. *Scientific Journal of TNTU*. Tern. : TNTU, 2020. Vol. 97. No. 1. P. 77–87. ().

8. Babii A. Study of the efficiency of working mixture application in chemical crop protection. *Scientific Journal of TNTU*. Tern. : TNTU, 2020. Vol. 98. No. 2. P. 99–109. ().

9. Babii A. Parameters investigation for independent pendular suspension of sprayer boom. *Scientific Journal of TNTU*. Tern. : TNTU, 2019. Vol. 96. No. 4. P. 90–100. ().

10. Babii A., Babii M. Taking impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. *Scientific Journal of TNTU*. Tern. : TNTU, 2019. Vol. 95. No 3. P. 97–104. ().

11.
 . 16, 3. , 2011.
 . 76–85. ().

12. . . .
 . *Machinery & Energetics. Journal of Rural
 Production Research*. Kyiv. Ukraine, 2019. Vol. 10. No. 4. . 51–55. ().

13.
 – . .
 , 2. , 2011. . 164–172. ().

14.

 20 17 1 - . -
 , 2020. 5. . 110–117. ().

23. 41, . 1. . 2011. . 150–154. ().
24. 18. , 2009. . 404–417. ().
2007. . 239–250. ().
25. 15. , 2008. . 408–415. ().
26. 13. : - , 2020. . 356–360.
27. Babiy A.V. Method of solving of shell theory limit tasks. “*Metalurgija*”. Vol. 51. (2012), br. 3, str. 430.
28. Popovich P.V., Stashkiv M.J., Babiy A.V., Ferendjuk O.V. Criterion estimation of elements of the reserved type of bearings frames. “*Metalurgija*”. Vol. 49. (2010), br. 3, str. 237.

29. . .

I

, (16-17

2019 .), 2019. . 8.

30. . .

V

, (24-27 2019

.). :
, 2019. . 145–148.

31. . .

. -
« : »,
90- -
(7-8 2019).

. , 2019.

. 30–32.

32. . .

.

- , 16

2020 . .: . . (. .) . : « »,
2020. . 121–123.

33. . .

. :
- 60-

175- , (, 14–15

2020). :
, 2020. . 53–54.

34. . . ,

·

· X

· 119-

· , 17-19 , 2019 ., .

·

· : , 2019. . 77-79.

35. . ., . .

· : .

· , , (- 2017): .

· - , (, 21-22

· 2017). - .

[.]. : , 2017. . 11-13.

36. . ., . .

·

· :

· , 14-15 2011 . . .

· . . , . . . 2 . . 1. : ,

2011. . 137-140.

37. ., ., . -

· .

· , 2006. . 94.

38. . ., . ., . .

· .

· , 2007. . 101.

39.
 1436292 A01 7/00 (2020.01);
 . 27.01.2020 u2020 00463, . 10.08.2020, . 15.
40.
 141105 B05B 3/00,
 B05B 12/00, G01F 3/36 (2006.01); . 16.07.2019, u201908385,
 25.03.2020, . 6/2020.
41.
 137527 01M11/00,
 01M7/00; . 15.04.2019, u201903846; . 25.10.2019, . 20.
42.
 123736 G01M 13/00; . 11.08.2017, . 12.03.2018,
 . 5.
43.
 73090 A01B 51/00; . 01.03.2012, . 10.09.2012,
 . 17.
44.
 63398 G01L 1/00; . 02.03.2011,
 10.10.2011, . 19.
45.
 59390 A01M 7/00 A01M 11/00; . 17.11.2010 U201013645,
 10.05.2011, . 9.

.....	24
1	35
.....	35
1.1	..... 36
1.2	..... 46
1.3	..... 62
1.4	..... 81
-	..... 88
1.5	1 90
2	90
.....	90
2.1	..... 90
2.2	' , 95
2.3	, 97
2.4	- 104
2.5	..... 112

2.6	2.....	117
	3.....	119
	-	
	.....	119
3.1	' , ,	119
3.2	-	
	,	120
3.3	-	
	.....	126
3.4	-	
	.....	144
3.5	3.....	148
	4.....	149
	()	
	.....	149
4.1	.....	150
4.2	.....	153
4.3	.....	162
4.4	()	
	.....	173
4.5	.....	186

4.6		.....	193
4.7	4	.....	201
	5	.....	202
	-		
		.....	202
5.1		.....	203
5.2		.....	209
5.3		.....	212
5.4			
	-	.....	217
5.5	()		
		...	223
5.6	,	.....	232
5.7			
			240
5.8	5	.....	250
	6	.....	252
		.....	252
6.1		.....	252
6.2		.....	267
6.3		.....	275

6.4		.....	291
6.5		.....	-
		.....	298
6.6		-	
		.....	306
6.7	6.....		312
	7.....		314
	,		
		.....	314
7.1		.....	314
7.2		.....	322
7.3		.....	343
7.3.1			
	-600		343
7.3.2			
	-3524 -2000.....		348
7.4		.....	361
7.5		.....	369
7.6	7.....		375
		.....	376
		.....	382
		.....	412

,
 .
 ,
 - ,
 .
 , , , .
 -
 2006–2020 .,
 , : I158-09 «
 » (0109U002299);
 178-11 «
 -2000 -
 » (0111U002588); 242-19 «
 » (0119U001323).
 , «
 2022
 », 30
 2015 . 1437-
 102- 14.02.2018, 254- 17.04.2019
 6 2014 . 385 «

2020 ».

.

,

.

:

1.

,

2.

.

-

3.

.

4.

.

5.

-

.

,

,

6.

7.

8.

9.

10.

-

.

.

.

.

,

.

,

-

()

.

,

.

,

-

-

-

.

-

,

«Krejator».

: Mathcad, Statistika, SolidWorks, APM

Structure3D.

—

-32

;

—

-32

-

3

,

-

;

—

;

—

;

—

-

-

,

;

—

;

—

,

,

，
；
— —

，
，
，
·

—
·
，
·
·

，
3
，
—
，
·

，
·

, 2017);

(. , 2006–2008, 2019, 2020); «International Symposium of Croatia Metallurgical Society», Croatia (, Šibenik, 2010, 2012); « » (: , 2011); « , 2011); « » (: , 2011); « »; « » (: , 2006–2011). , : - (. , 2020), (. , 2020) (. , 2021).

•

25 – 51 : , , ; 13 – ; 13 – .

•

, , , , , .

356 . 172

, 28 , 5 .

300 .

1

,

.

—

,

.

,

.

,

,

,

,

.

[109].

,

,

,

.

,

,

,

.

,

.

.

,

.

,

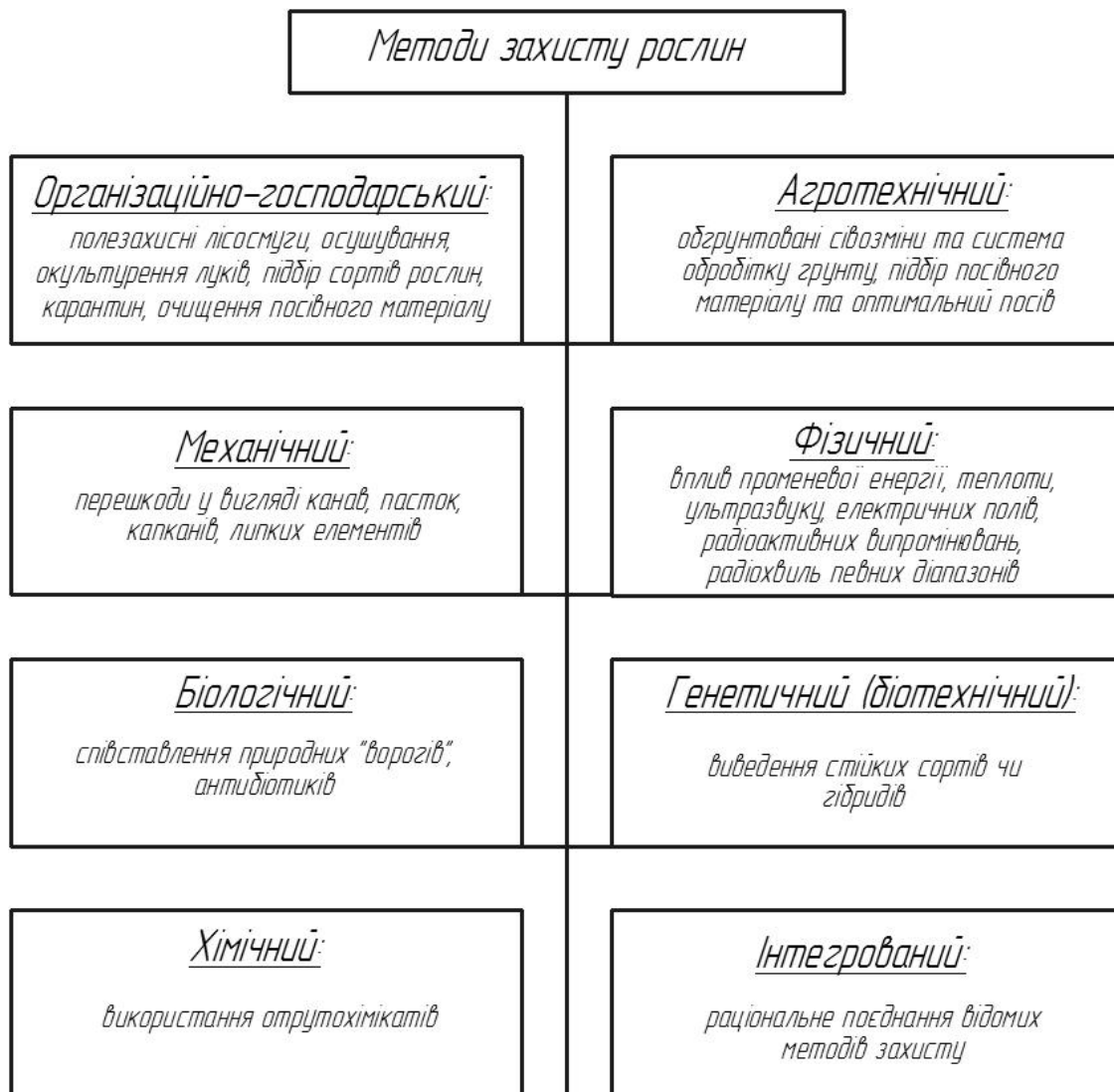
.

, ,
 .
 , -
 [98, 249, 105, 111, 13,
 252].

-
 () , - ()
 ,
 . -
 ,
 ,
 .
 ,
 .
 [31, 98, 99, 249, 105, 111, 106, 102, 100, 13,
 110, 109, 252, 115, 19].

1.1

,
 .
 [136, 170, 177, 279],
 . 1.1.



1.1 –

100 %

[136, 170, 177, 279]

4500 [223].

— . ,

,
.

: . ,

, , ,

.

-

(: 1,1,1- -2,2- (4-)
) , .

. [146]

. 1873 .

.

. 1939 .

.

1948 .

.

—

,

.

. 1972 .

,

2001 .

[207].

,

.

.

(2019)

,

9 . [147].

2018

[126],

16

200

, 16

16 000000

100 / ,

 $16 \cdot 10^8$

10 %

 $16 \cdot 10^7$

. « »

[136]: « (pestis – , c edo –) –

: (herba –)

; (funqus –)

, (insektis –)

».

,
 .
 , ()
 ,
 , -
 , .
 , .
 [136]:
 -
 , ,
 , , ,
 , ,
 , ()
 ,)
 . - ()
), ,
 ;
 - -
 , ,
 , ,
 , ,
 « » , ,
 , .

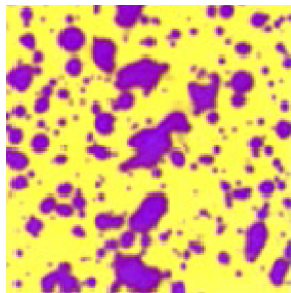
; — . : —
 . . ,
 [136, 269, 77] ,
 80% 60% — .
 , [136, 170]
 +15% -20%, [77] :
 5 % ,
 10% — .
 .
 30% [136] 25 % [77],
 — 25 % 20%.
 5 / , 23⁰ .
 -
 .
 ,
 1800 300
 [77].
 — , , 320 ,
 5 . ,
 . ,
 -200 (« ») [237],

« - » ,

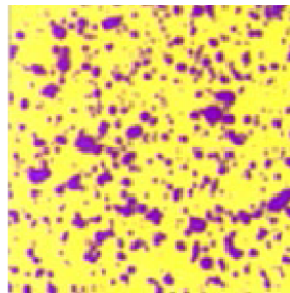
550 .

20-30 / ² - , 30-40 / ² - , 50-70 / ² -

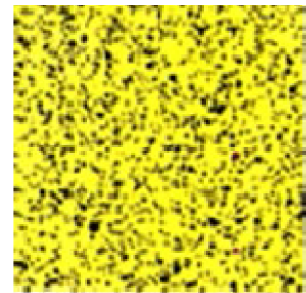
1.2 [193].



30 – 40
капель/см²



70 – 80
капель/см²



250 – 280
капель/см²

1.2 –

1 ²

600...250 ,
- 250...100 , - 100...20 .
[269, 19]

-

$$d_{cp} = \frac{d_{cp}}{\left(\frac{4 \sin^3 \alpha_k}{2 + \cos^3 \alpha_k - 3 \cos \alpha_k} \right)^{\frac{1}{6}}}, \tag{1.1}$$

$$d_i - \dots, \dots; \\ k - \dots; \\ - \dots k_k (\%)$$

$$k_k = \frac{25\pi}{S_0} \sum d_i^2 n_i \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (1.2)$$

$$d_1 d_2 \dots d_n - \dots, \dots; \\ n_1, n_2 \dots n_n - \dots; \\ S_0 - \dots, \dots^2; \\ - \dots k$$

$$k = \frac{S}{S} = \frac{(d + 2r)^2}{d^2}, \quad (1.3)$$

$$S - \dots, S = 0,78d^2; \\ S - \dots, S = 0,78(d + 2r)^2; \\ r - \dots (r = 100 \dots 200 \dots).$$

S

$$k = k k_k. \quad (1.4)$$

[170, 177, 269],

, ()

. -

,

—

.

,

,

,

,

,

,

,

.

,

15 20 / ,

,

—

,

.

,

.

,

,

0,5 .

,

,

,

,

.

,

200 / ,

,

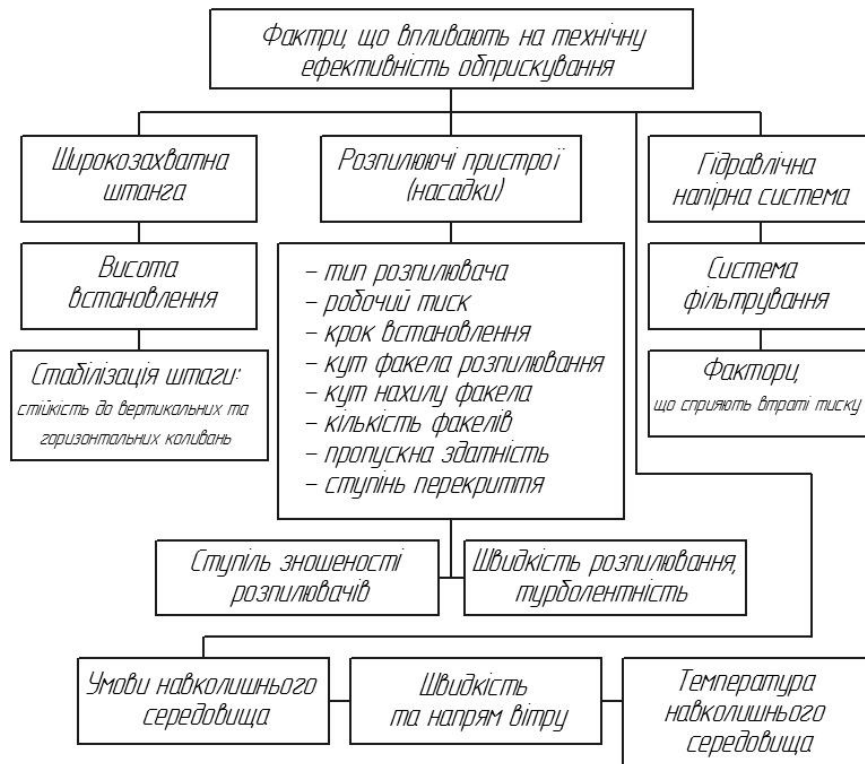
,

.

1.2

[100],

, . 1.3 [172, 128, 231].

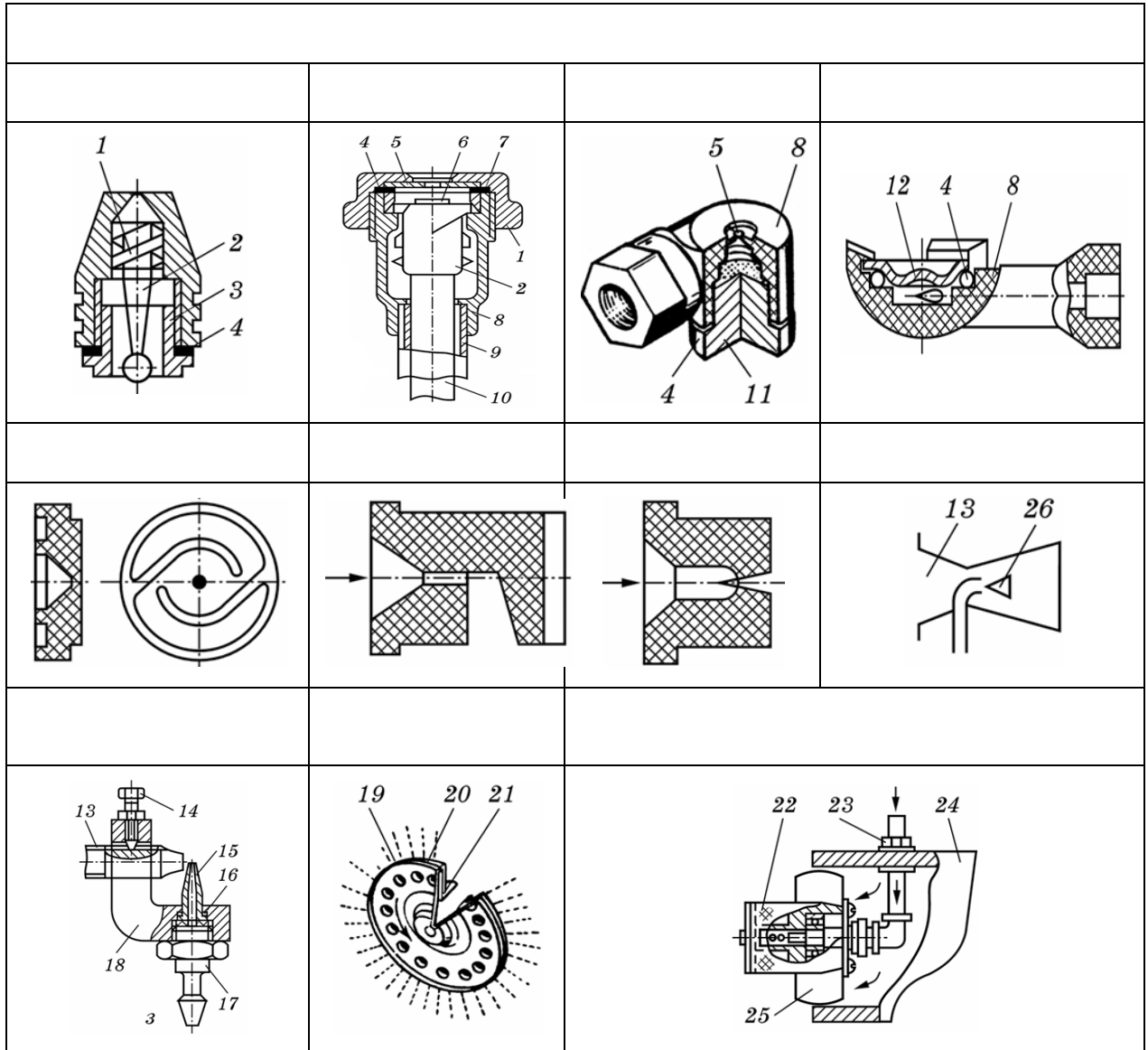


1.3 –

. 1.1

[136, 170].

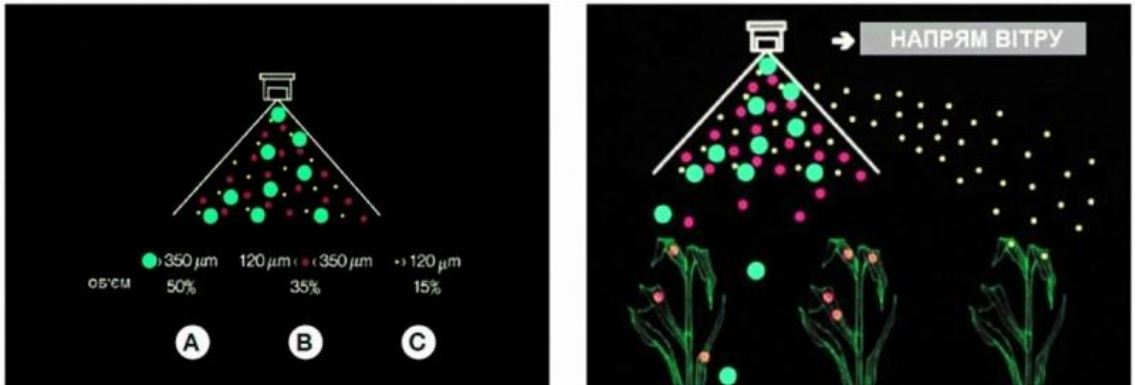
1.1 –



Умовні позначення: 1 – ковпачок; 2 – осердя; 3 – ніпель; 4 і 16 – ущільнювальна і регулювальна прокладки; 5 – змінний диск з вихідним отвором; 6 – гумове кільце; 7 – втулка; 8 – корпус; 9 – трубка; 10 – шток; 11 – заглушка; 12 – діафрагма; 13 – сопло для подавання повітря; 14 – стопорний болт; 15 – розпилювальний наконечник; 17 – штуцер; 18 – кронштейн; 19 і 20 – диски; 21 – кришка (кожух); 22 – сітчастий циліндр; 23 – штуцер для підведення робочої рідини; 24 – повітропровід (корпус); 25 – крилатка; 26 – плівкоутворювач

, . 1.4

[189].



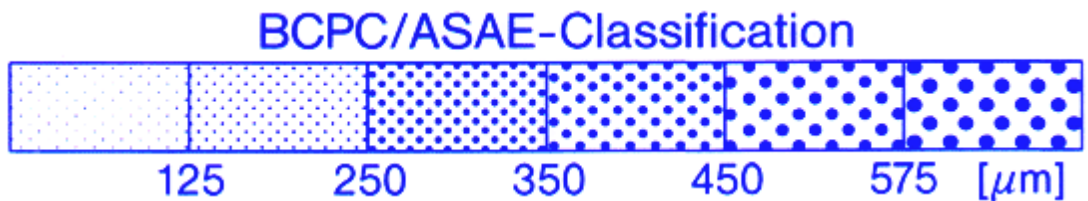
() – 120...350 ; () – 350...500 ;
 () – 120...350 ; () – 120
 1.4 –

BCPC/ASAE,

(. 1.5),

1.2,

[156].

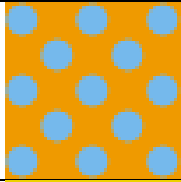
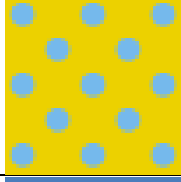
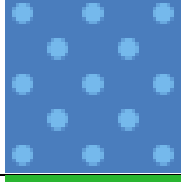
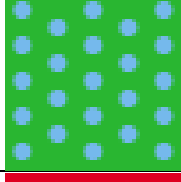
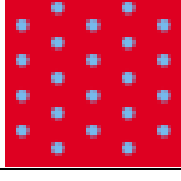


1.5 –

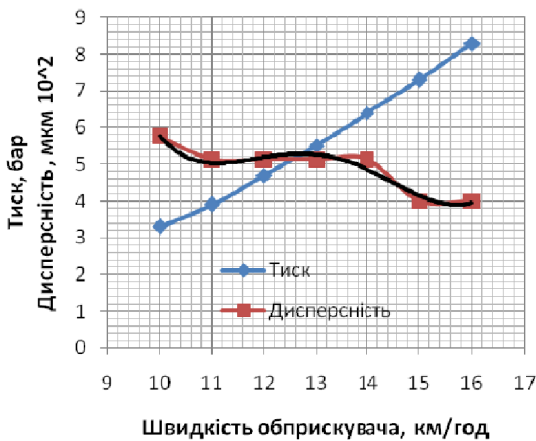
BCPC/ASAE

1.2 –

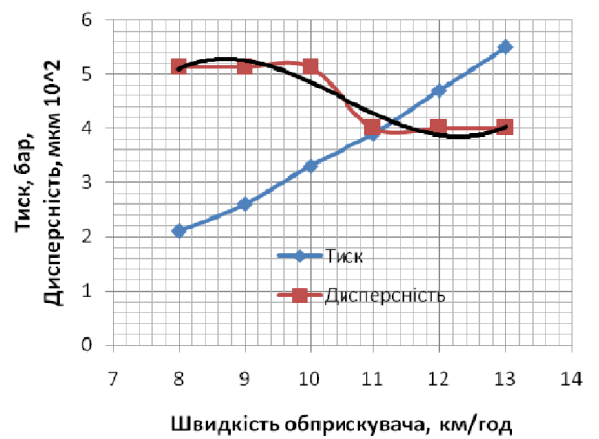
BCPC/ASAE [156]

	,			
	> 575		ID, IDN –	,
	450-575		ID, IDN, IDK, IDKN –	
>	350-450		ID, IDN, IDK, IDKN, IDKT, AD –	,
	250-350		IDK, IDKN, IDKT, AD, LU –	,
	125-250		LU, ST, SC, DF	,

. 1.6



a)



)

ID-04; – IDK-04

1.6 –

200 / [106].

:

– ID-04

$$y_{ID} = 0,024x^4 - 1,273x^3 + 24,91x^2 - 214,4x + 6910; \quad (1.5)$$

– IDK-04

$$y_{IDK} = 0,062x^3 - 1,977x^2 + 20,15x - 61,72. \quad (1.6)$$

[137]. 1.7,

, 1.7, – ()

3 .



Калібр	Колір	Витрата, л/хв (при 3 атм)
01	оранжевий	0,39
015	зелений	0,59
02	жовтий	0,80
025	ліловий	0,99
03	синій	1,19
04	червоний	1,58
05	коричневий	1,97
06	сірий	2,36
08	білий	3,16
10	голубий	3,86
15	салатовий	6,12
20	чорний	7,72

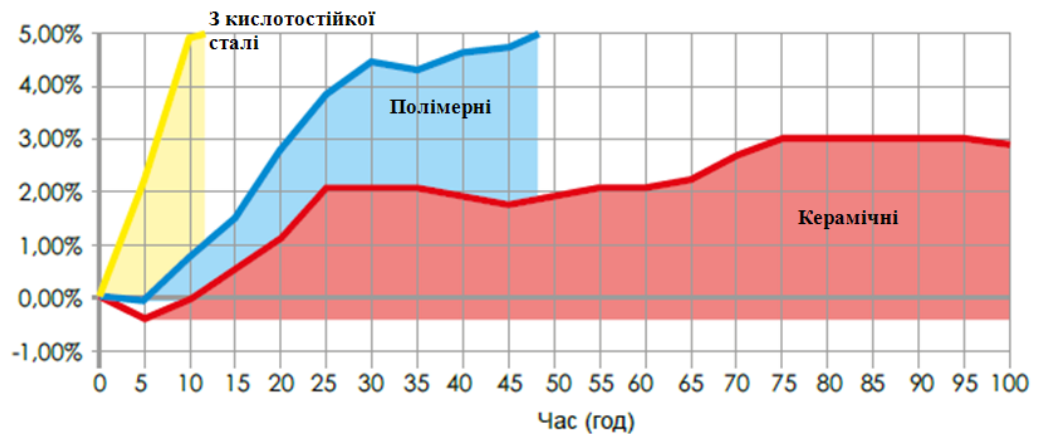
) 1.7 – () ()

,
 : Lechler
 (), Geoline (), Teejet (), Albuz (), Polmac (),
 Comet (), Agroplast (), (,) . .

[231].

Agroplast
 ASAE S471 DEC95 Procedure for Measuring Sprayer Nozzle
 Wear Rate ,
 , . 1.8 [1].

Agroplast ISO
 ENTAM.



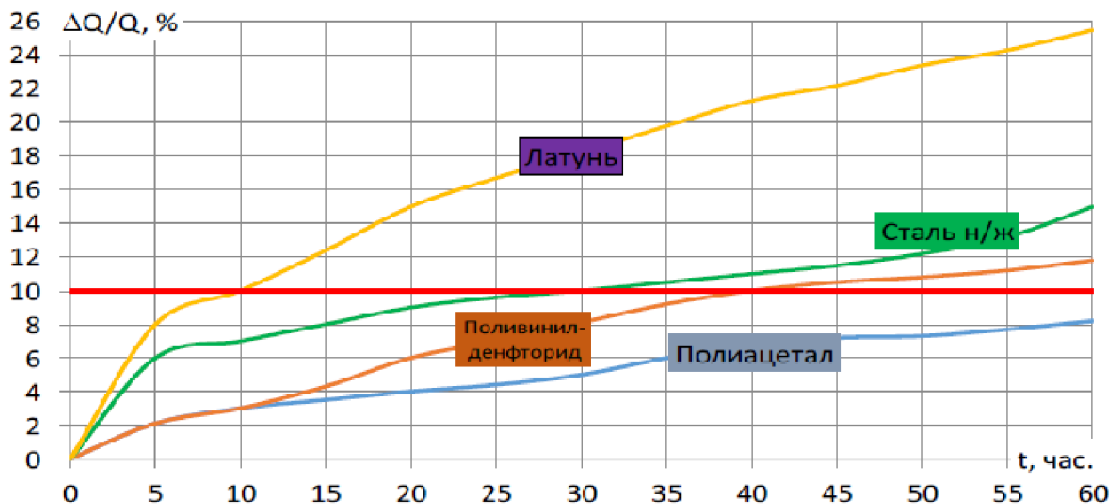
1.8 –

SGS UK Ltd (),

2,5%

0,28 ,

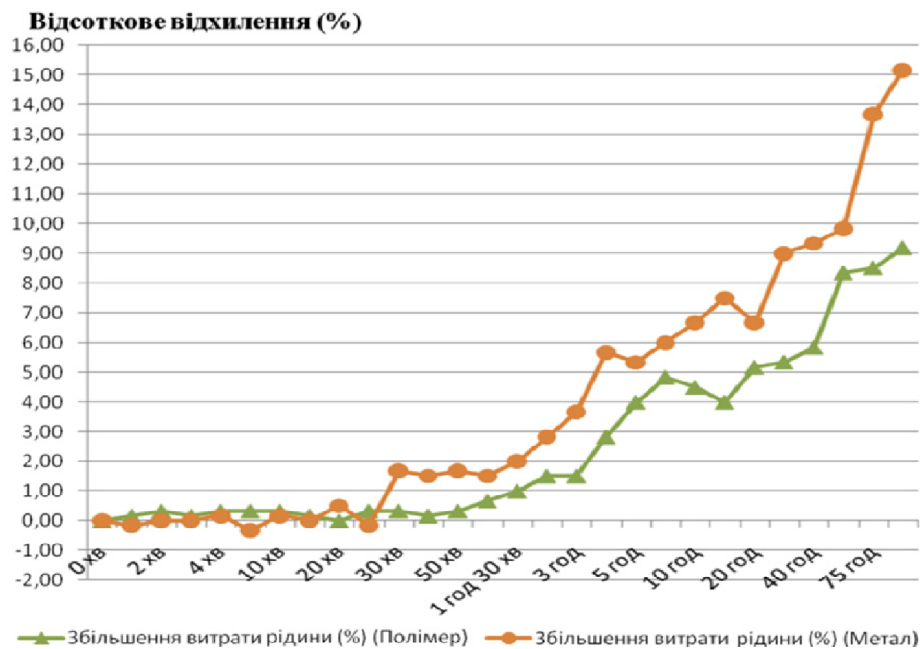
, . 1.9 [193, 176].



1.9 –

SGS UK Ltd ()

, . 1.10 [174].



1.10 –

[174]:

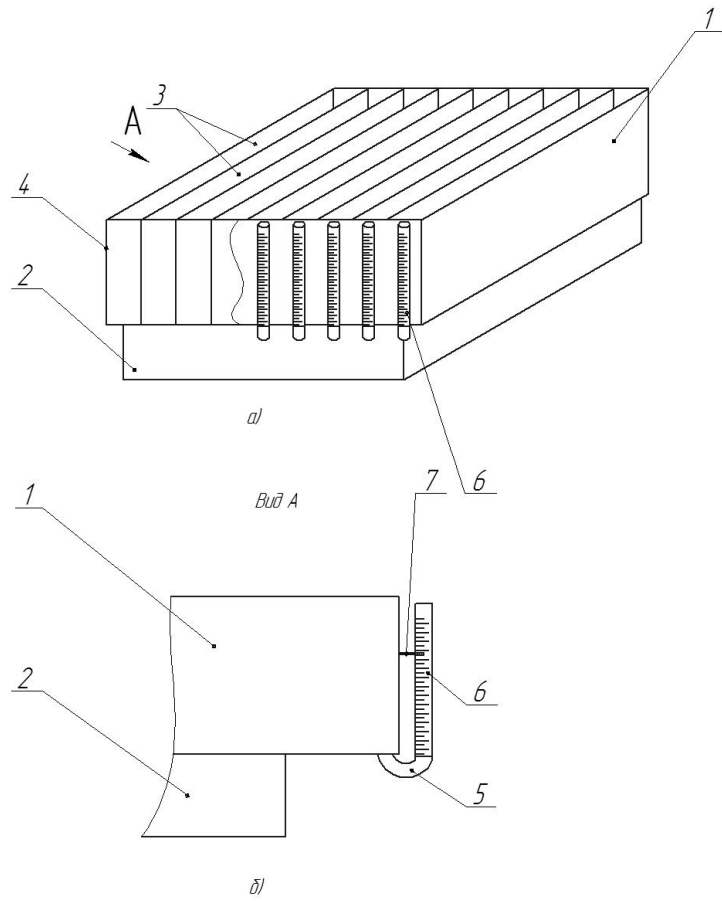
(2%), (,)
 1 ; (10 %) –
 50 , – 80 ;
 10%.

,
 , .
 .
 [41, 167,
 188]. ,
 [41], [204],

.
 «
 »
 [199]. V- ,

.
 [109], , .1.11.

(),
 1 *n*- 3. ,
n- 3,
 - 4
n- 3 ,
 . , 1 -



1.11 –

4

n -

3,

3

n -

6,

7.

6

U-

5,

n -

3.

n -

3,

6.

n- 3 1. ,

U- 5

6 - ,

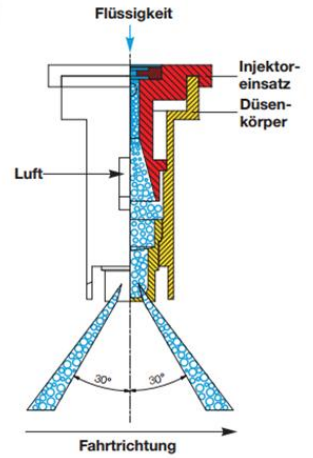
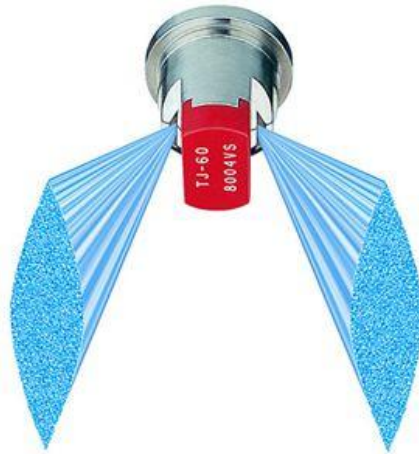
[21].

[284].

- TJ-60 11004

(TeeJet) IDKT 12003 (Lechler ()),

, . 1.12.



) 1.12 -

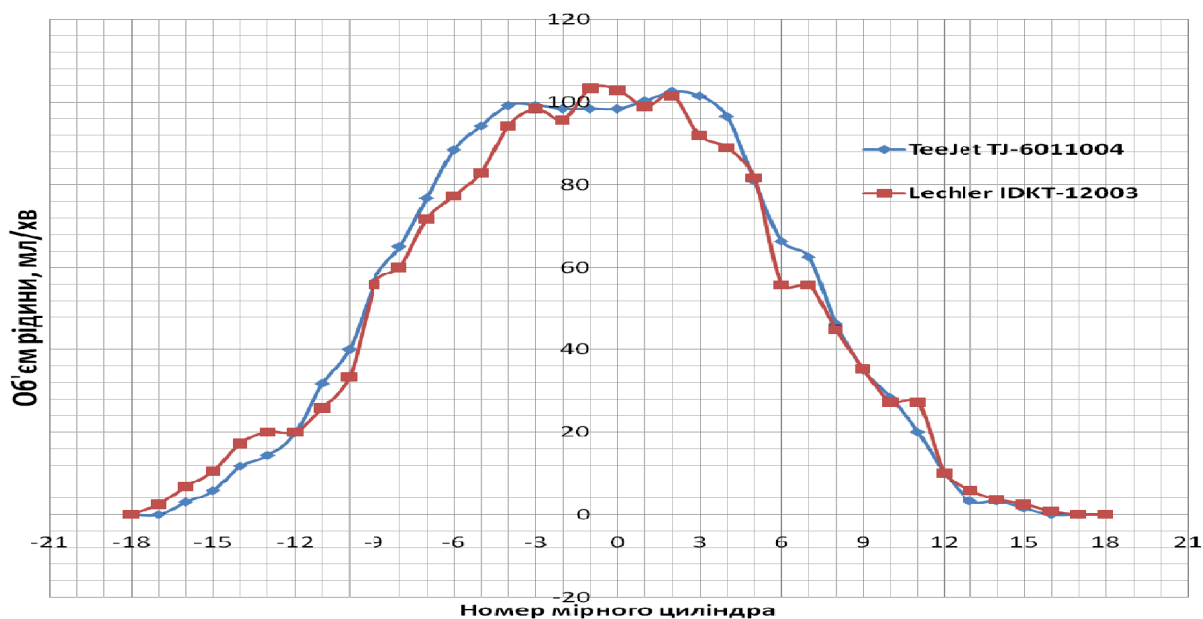
) TJ-60 () IDKT ()

40 100 ,

– 30 110

, . 1.13

() [284].



1.13 –

6-

 $R^2 = 0,99$:

– TeeJet TJ-6011004

$$y_{TJ} = -1,9207 \cdot 10^{-6} x^6 - 8,6382 \cdot 10^{-6} x^5 + 0,0025x^4 + 0,0070x^3 - 0,9252x^2 - 1,3364x + 105,9076; \quad (1.7)$$

– Lechler DKT-12003

$$y_{TDK} = -4,3904 \cdot 10^{-6} x^6 - 3,5759 \cdot 10^{-6} x^5 + 0,0036x^4 + 0,0042x^3 - 1,0146x^2 - 1,0188x + 103,5954. \quad (1.8)$$

<10%,

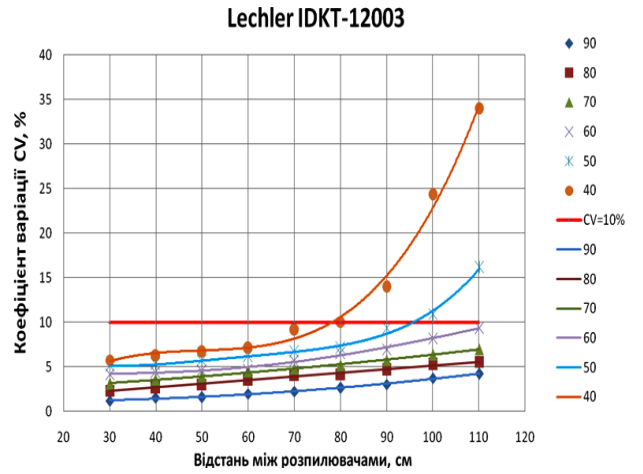
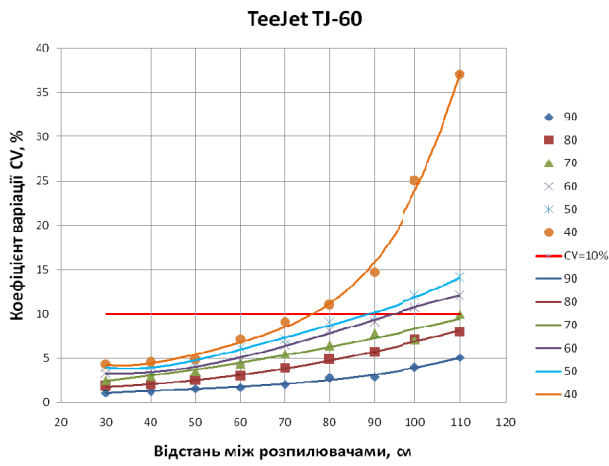
TJ-60 (TeeJet),

b,

0,3 ,
,
h,

, . 1.14

[284].



1.14 –

TJ-60 (a), IDKT-12003 ()

(10%) « »

[284]

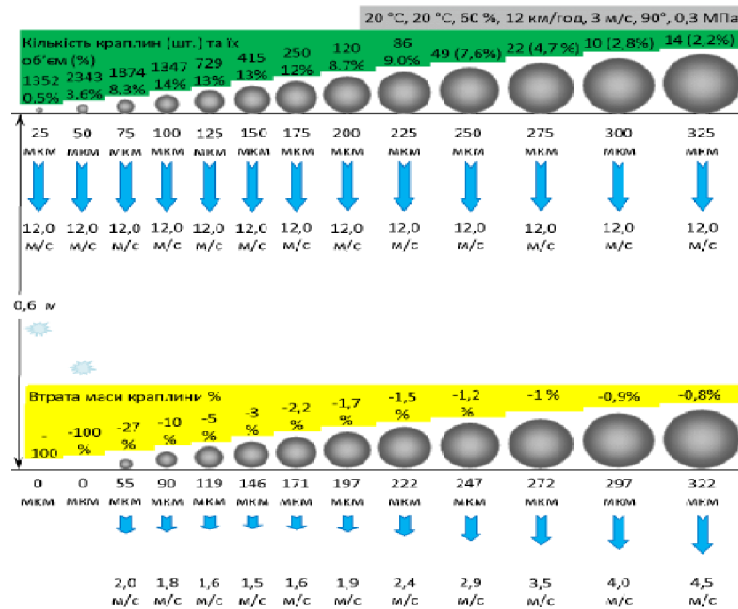
60

TJ-60 (TeeJet)

[193]

.03.1.2

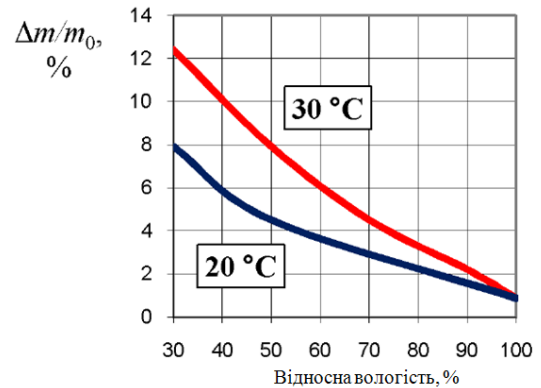
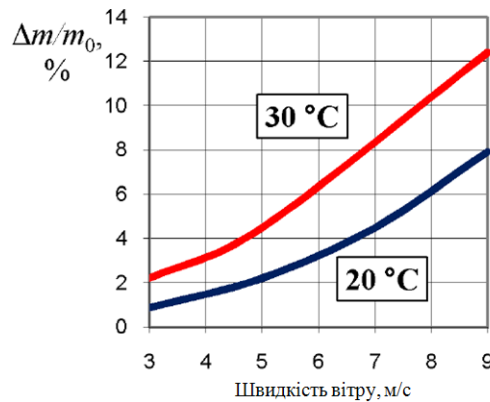
(,), . 1.15.



1.15 –

[193]

, . 1.16, 1.17.

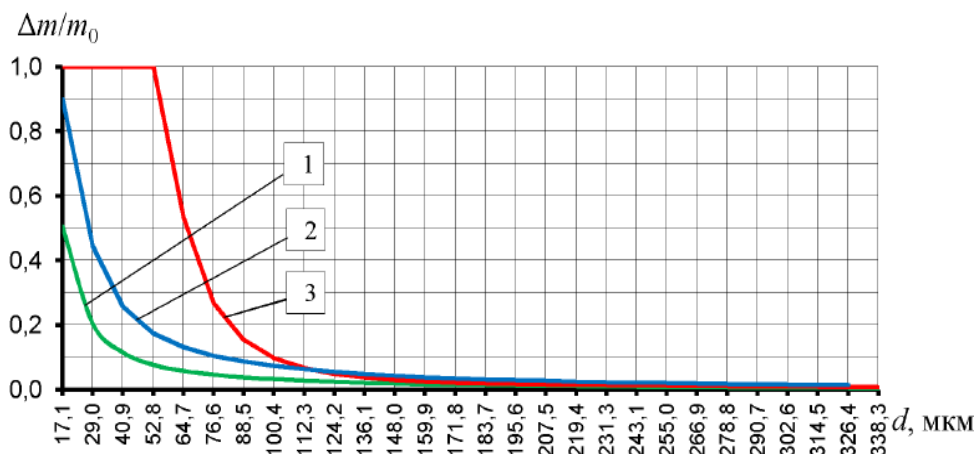


1.16 –

()

()

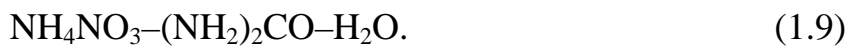
:
 20° , 60 % .
 . 1.17 [193]: 1 12 / ; 2
 - 30 / ; 3 - 12 / 32,4 /
 (9 /) .



1.17 -

, ()
 .
 () .
 : 35,4% , 44,3% , 19,4% , 0,5%
 [169].

[268]



[169].

[190, 20, 21].

[222]:

. 1.18.



1.18 –

[222]

FL

Lechler

() , ' ,

· , ·

0,8 1,8 .
() .

V2A

FD

: 04, 05,

06, 08, 10, 15, 20; - 1,5-4,0 .

, . 1.19 [222].



1.19 -

0,25 ,
1,0 10 ,

[110],

« - » ,

[115]

1.3

[76, 117, 130, 127, 129, 183, 215, 23, 16, 17, 24, 25, 44, 57, 61].

1 –

:

;

2 –

;

3 –

:

()

[23]

30 %.

Sprayer,

Recycling-

[28].

[99, 102].

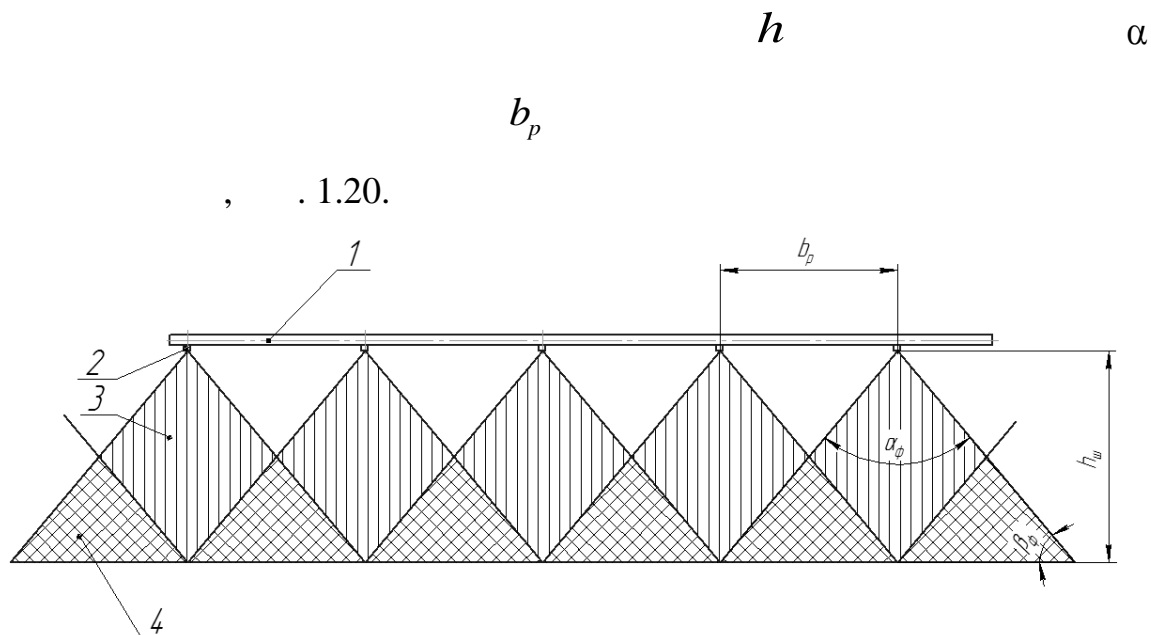
. 1.20.

$$h = \frac{b_p \sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (1.10)$$

b_p –

α –

β -



)



)

- ; 1 - ; 2 - ; 3 - ; 4 - ;

-

LED-
1.20 -

(1.10)

,

(. 1.21)

[200].

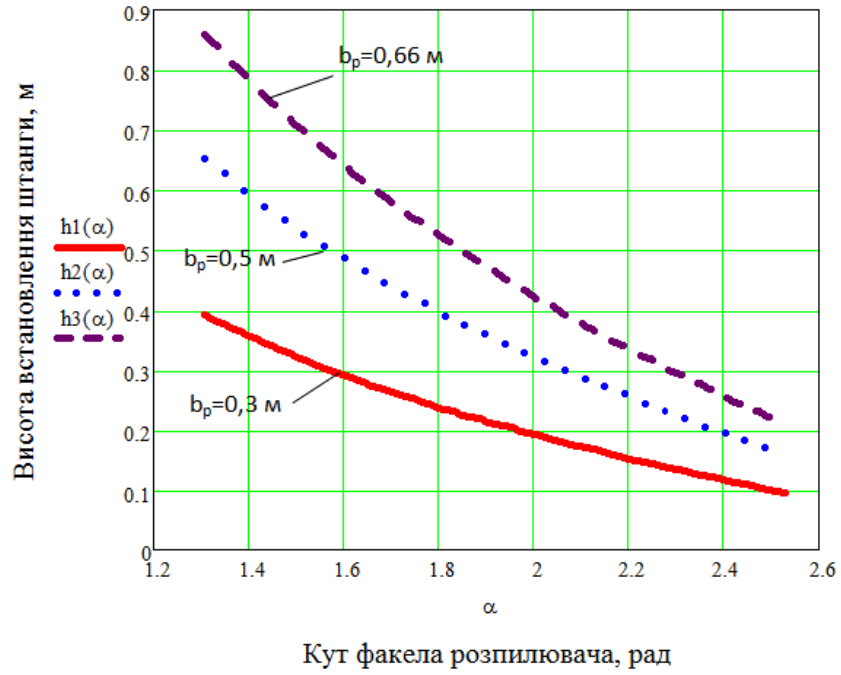
110°
0,35 [200],

(1.10)

0,35 .

. 1.21

(1.10)



1.21 –

h

α

B_{pp} ,

h ,

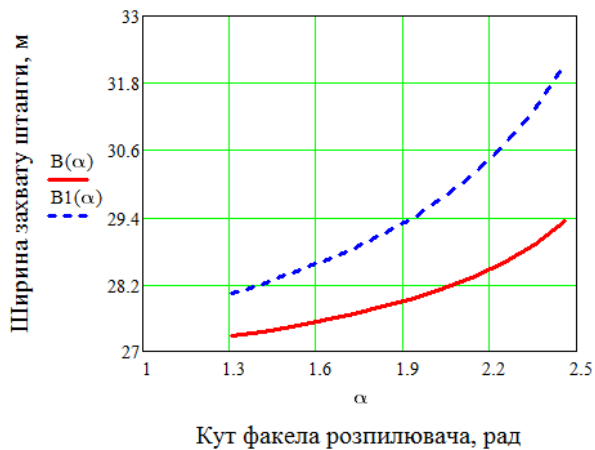
α

k_n , . 1.20

$$B_{pp} = b_p (n_p - 1) - \frac{2b_p \sin \beta}{\cos \frac{\alpha}{2}} [1 - 2k_n^{-1}], \quad (1.11)$$

n_p –

; k_i –



1.22 –

. 1.22,

(. 1.23),

75° 145° :

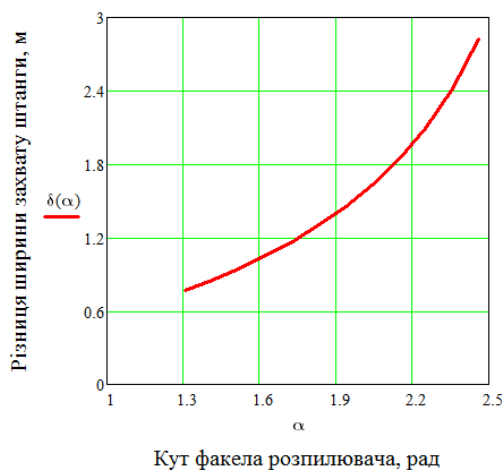
0,5 ,

– 1 .

. 1.23

0,5 1 ,

110° 1,43 [102].



1.23 –

0,5 1 ,

. 1.24 [209].



1.24 –

()

4 %.

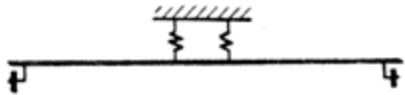
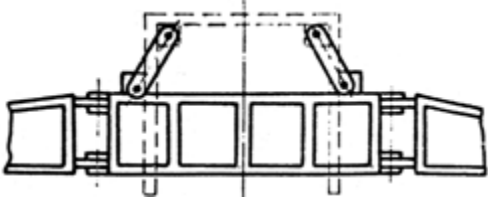
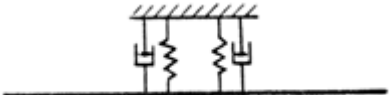
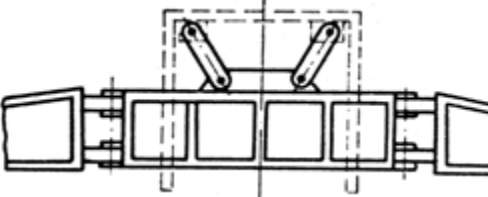
[98, 249,

105, 111, 13, 252],

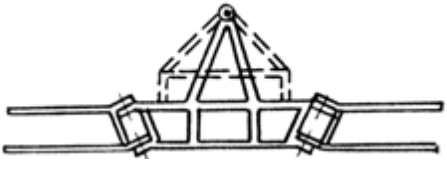
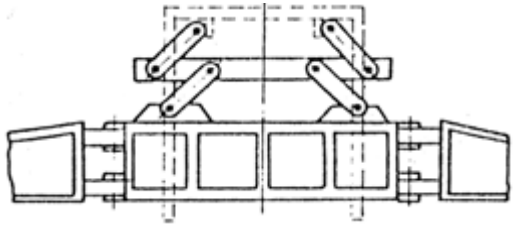
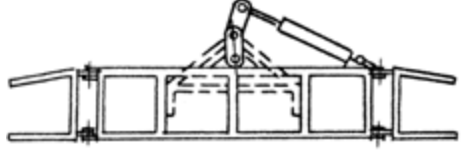
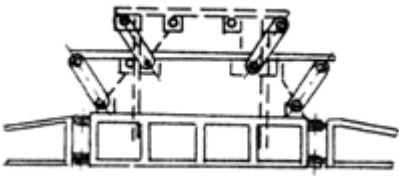
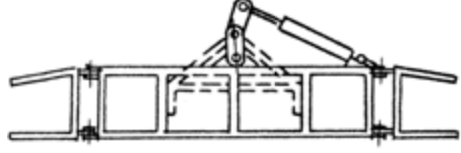
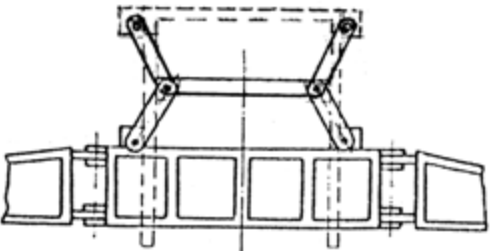
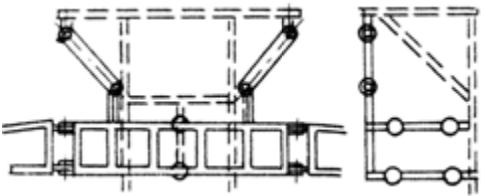
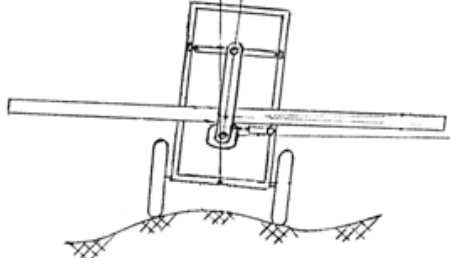
(. 1.3),

1.3 –

[200]

1.		7.	
2.		8.	 V -

1.3

<p>3.</p>	 <p style="text-align: center;">-</p>	<p>9.</p>	
<p>4.</p>	 <p style="text-align: center;">-</p>	<p>10.</p>	 <p style="text-align: right;">(V -)</p>
<p>5.</p>	 <p style="text-align: center;">-</p>	<p>11.</p>	 <p style="text-align: right;">(-)</p>
<p>6.</p>		<p>12.</p>	 <p style="text-align: right;">(DOUVEN)</p>

(. 1.3)

[200]

10

)

(

[43],

[165, 134].

(. 1.3)

-3000, . 1.25 [234] -2000, . 1.26 [54].



1.25 – (« ») -3000

-3000

19,2-

28,8 / ; , 3000 ; ,

18 , 21 , 24 ;

0,5-1,8 .

. 1.26

-2000,

18 .



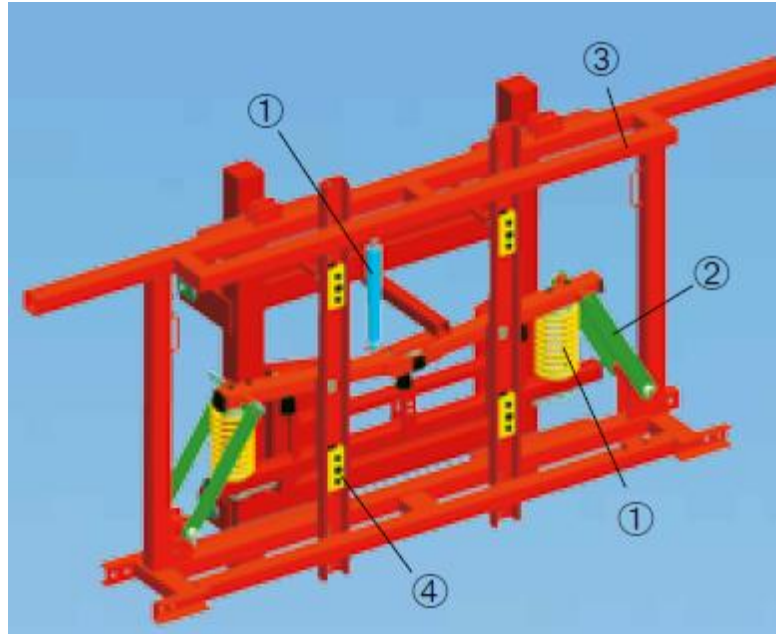
1.26 –

-2000 (« »)

. 1.26.

NAVIGATOR

HARDI, . 1.27 [202].



1 – ; 2 – ;
 3 – ; 4 –
 1.27 – 3-D NAVIGATOR

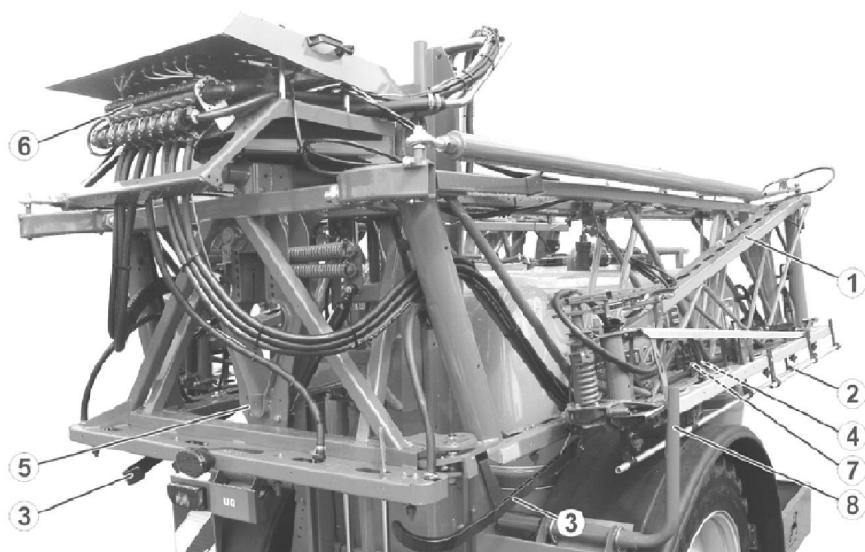
EAGLE (18-30

),

Amazone

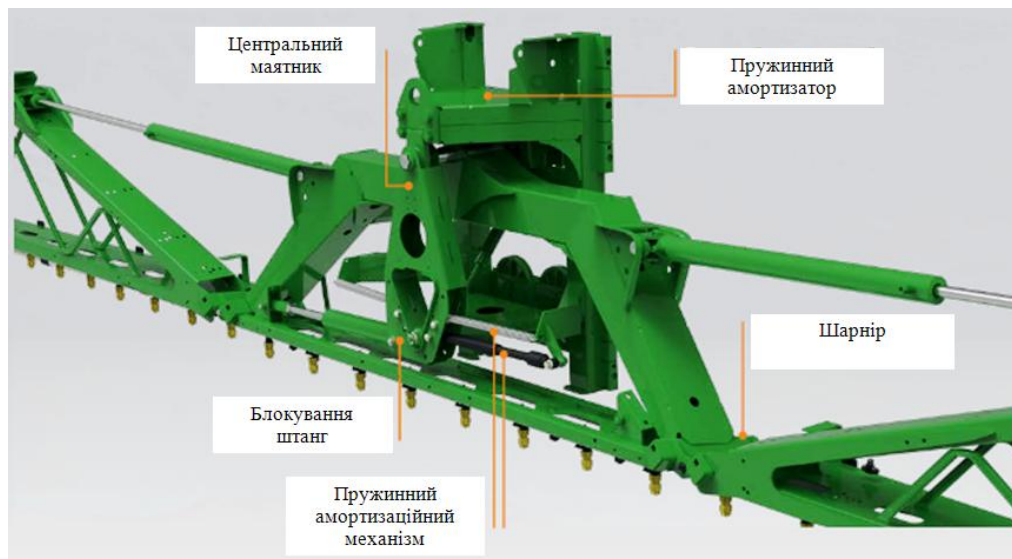
Amazone UG 3000 Super

. 1.28 [2].



1 – ; 2 – ; 3 – ; 4 –
 ; 5 – ; 6 – ; 7 – ;
 8 –
 1.28 – Super-L1

. 1.29 [201].



1.29 – Super-S1 (Super-S2)

Super-S1, Super-S2 (

) 15 30 .

Lemken Primus 12
(рис. 1.30),



1.30 –

Primus 12 (Lemken)

BOGUSLAV®.

()
[236].

«

», .

: , , , ,
, . 1.31 [235].



1 2 – ; 3 – ; 4 –
 ; 5 – ; 6 – ; 7 – ;
 8 – ; 9 –
 1.31 – BOGUSLAV®

(). ,

,

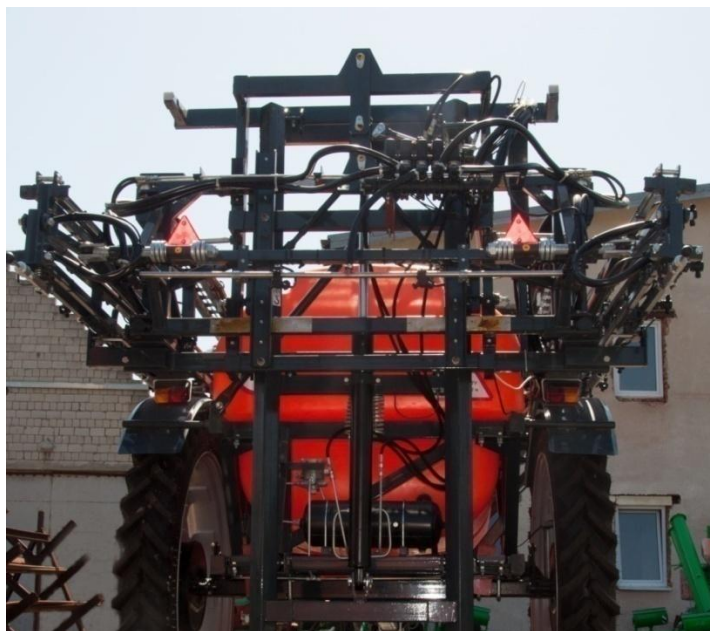
-

« ».

. 1.32

-3524 (. 1.32,)

-3521 (. 1.32,) [191].



)
 -
 1.32 -

)
 -3524; -
 -3521
 « »

,
 . « »
 - ()
 .
 ,
 ,
 ,
 .
 ,
 ,
 .
 ,
 .
 -2000
 (« »)
 NAVIGATOR
 EAGLE.

« »

[211].

-3000

. 1.33.



)) ;

1.33 -

-3000

[211]:

- 9,6-28,8 / ;

- 24 ;

- 2500 ;

- 4-12 / ;

- 10%;

30 / ².

.

,

.

,

Versatile SX 275 ()

, [71].

(« »)

ProActionFlex 27 , 30 , 36 ,

. 1.34

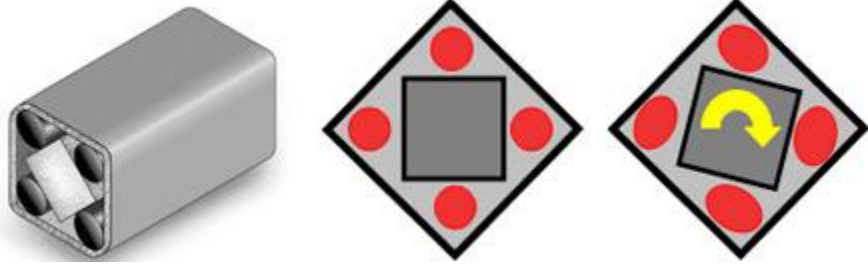


1.34 –

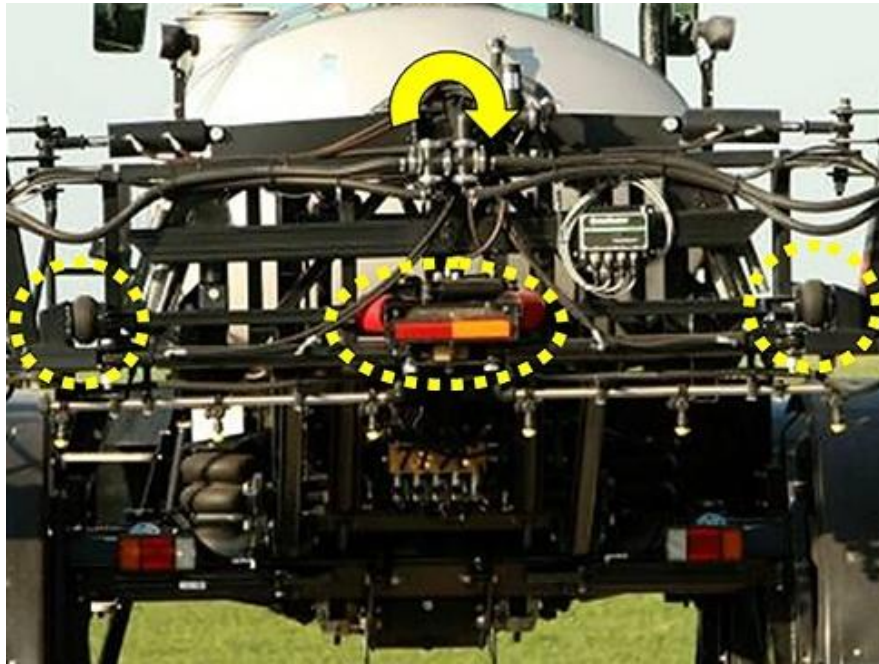
Versatile SX 275 ()

Henschen®,

, . 1.35 [71].



)



)

- -
-
1.35 -

Henschen®;

HORSCH

BoomControl [30].

(50). BoomControl

[35] John Deer ()

30

, 1.36.



1.36 – John Deer () 30

(BoomTrac Pro)

1.4

-

,

,

:

.

,

[151].

.

«

», . 1.37.

. 1.37

,

,

.

,

.

,

.

,

.

.

«

».



1.37 –

« »

[216]

« »

«

»,

. 1.38, .

[216],



)



)

—

;

—

1.38 —

BOGUSLAV®

,
,

, ,
. . 1.38,

.
,

,
,
.

1.39
John Deere M732.



1.39 – John Deere M732

Case 3330

()

, 1.40.

1500

John Deer 4730, . 1.41.



1.41 –

John Deer 4730

. 1.41

« »

. 1.41.

·
 , , , ,
 ,
 , ,
 , , ().
 ()

1.5

1

1. , , ,
 - , ,
2. ,
 ,
3. , , ,
 : , ,
 ,

80%

4.

,

,

,

,

()

5.

.

,

.

.

—

,

.

6.

()

.

2

3

-32.

,

,

-

.

,

,

.

(3-5),

.

[114, 38].

2.1

(Food and Agriculture Organization),

,

,

,

,

,

,

,

.

,
 . , ,
 , () ,
 . , ,
 -
 ,
 ; - ,
 , ,
 .
 ().
 , (,)
 (, , ,) .
 ,
 ,
 (NH₃) (H₂S);
 ((NH₄Cl)),
 (> 7). , (NH₄H₂PO₄)
 (NH₄NO₃)
 (pH).
 , , [22, 49],
 15% , ,
 (CH₄N₂O),
 (NH₄NO₃).
 . 2.1.
 ,
 ,
 , ().

– (RH) ()

60% RH, 90% RH. () [22].

2.1 – [22]

:		
	,	(, , , ,) .
		; , (>7) .

[22],

500

(. 2.2).

(Type 304)

. 2.3

(

30)

(Super PK

(0-24-24 + 4,8% SO₃).

2.2 –

[22]

	()	
:		
63% :	1250 380	250 280
:		
67% :	815 1070	330 340
(Super PK (0-24-24 + 4,8% SO ₃))	200 60	60 20

2.3 –

[22]

	()
(Type 304)	0,253 282
(5052)	132

,
 ,
) 1,5% (2,4-).
 (C₁₀H₆C₁₈), (pH = 2),
 (Na₃AsO₄)

: .
 .
 .
 ,
 ,
 .
 ,
 ,
 .
 .
 ,
 ,
 .

2.2 ' ,

, 3
 - :

-32.

3 [162],

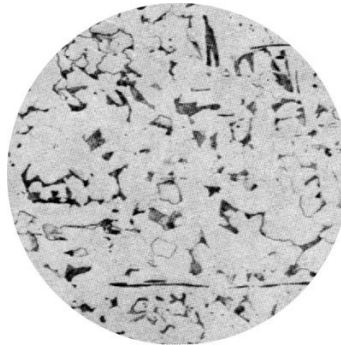
[159].

. 2.4, – . 2.1 (

, ; 120 HV).

2.4 – 3

, .%									
	Si	Mn	P	S	Cr	N	Cu	As	Fe
0,14...0,22	0,05...0,15	0,4...0,65	< 0,04	< 0,05	< 0,3	< 0,008	< 0,3	< 0,08	



2.1 – (× 100) 3

– ()

-32.

– (, ,),

500 / ; 50 / :

. : II (').

-32 (- 32%) –

(- ,) 1:1 (

),

. : N₄N₃ –

(N₂)₂ – 2 . -32

(),

: . :

2.3

,
 -
 . (. 2.2)
 [158] (Ø 20)
 ,
 48 ,
 t (24; 168; 288
 576),
 ,
 (
 $R_a = 0,63$),
 2 .
 (K) (K) ,
 (K_m)

[158].

$\pm 0,0001$,

[283, 257]

$$K = \Delta m / S \text{ [/c }^2\text{]}, \tag{2.1}$$

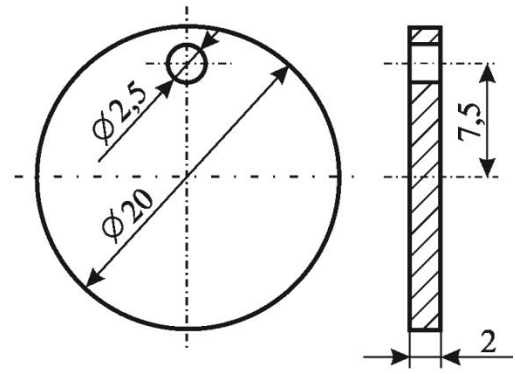
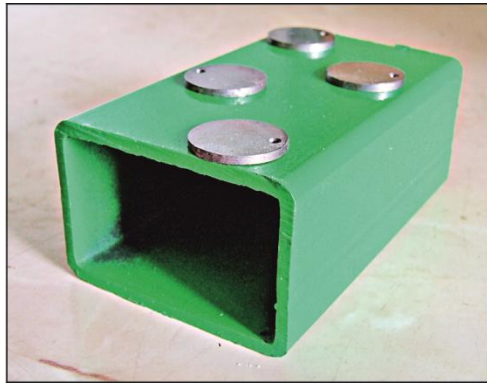
$$K_m = \Delta m / (S \cdot t) \text{ [/ (c }^2 \cdot \text{)]}, \tag{2.2}$$

$$K_m = 10 K_m \cdot k / \rho \text{ [/]}, \tag{2.3}$$

m -

S - , ;
 , c^2 ;

t – , ; k – / , $k = 8760$;
 – , /c³ (3 – 7,85 /c³).



) 2.2 –) ()

z (%)

$$z = \frac{K_m - K_{mi}}{K_m} 100\% , \tag{2.4}$$

K_m $K_{m(i)}$ –

, pH

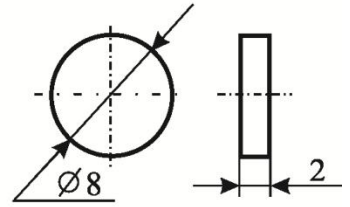
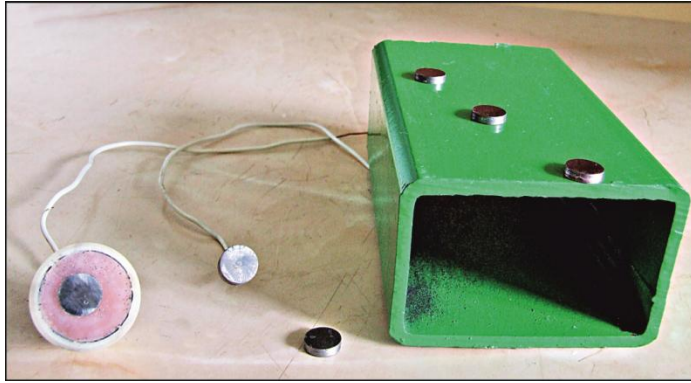
pH- ADWA AD1200 .

40XUP (Zeiss) EVO-
 350 [75]. INCA Energy

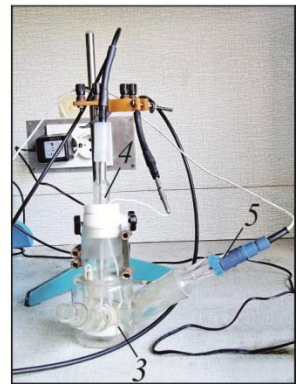
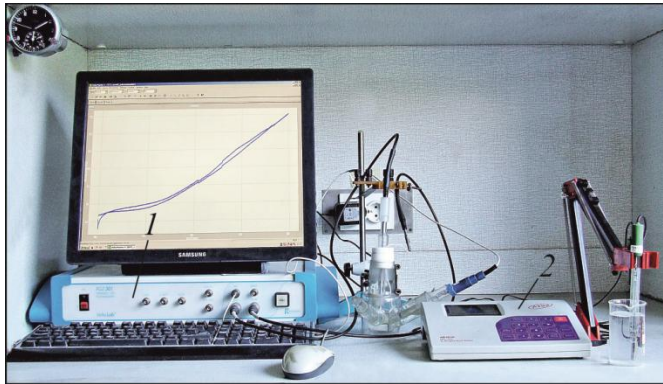
(. 2.3),

0,5 c²,

9 ,



)
2.3 –
()



)
3 – 1 – VoltaLab40; 2 – pH- ;
(. 2.3); 4 – ;
5 –
2.4 –
() ()

VoltaLab40 (. 2.4) [72].

3 ; - ; -

1 / , -1000...+1000 .

[72]. K_j

[283, 257]

$$K_j = \frac{j_{\text{corr}} \cdot k \cdot A}{n \cdot F}, \tag{2.5}$$

j_{corr} — , A/c²;
 k — ($k = 1,$, —
 c²);
 — (= 56);
 n — ($n = 3$);
 F — .
 () —

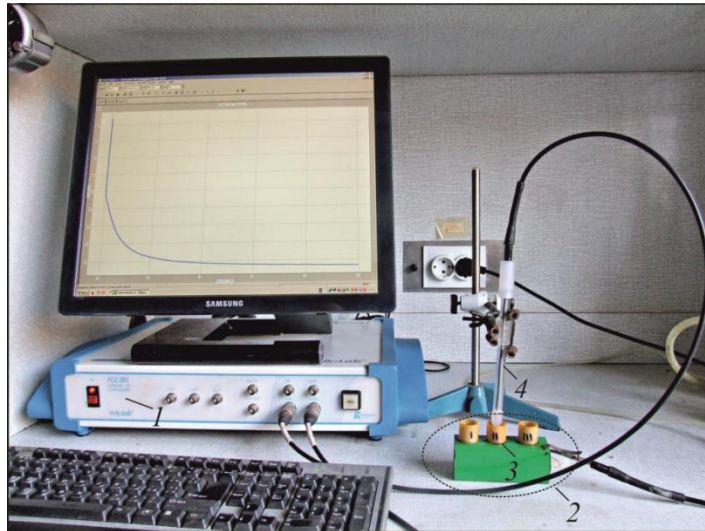
[14].

[171].

[159]

190...200 °C.

50...60 ,



1 –
2 – ; 3 –
4 –
2.5 –

(. 2.5)

VoltaLab40 [72],

() – 2,54 ²,
 1,8 , –
 .
 0,1; 0,2; 1; 10;
 25; 50 100 .
 0,2 ,
 , – .

• ”
 ”,

 (<http://www.ipm.lviv.ua/cem.php>)

EVO 40XVP
 (. 2.6) INCA Energy :
 1) EVO 40XVP

• , :
 •

• – ;
 • : – (SE); 4-
 (EBSD)

(, ,
);
 (VPSE); ;

;

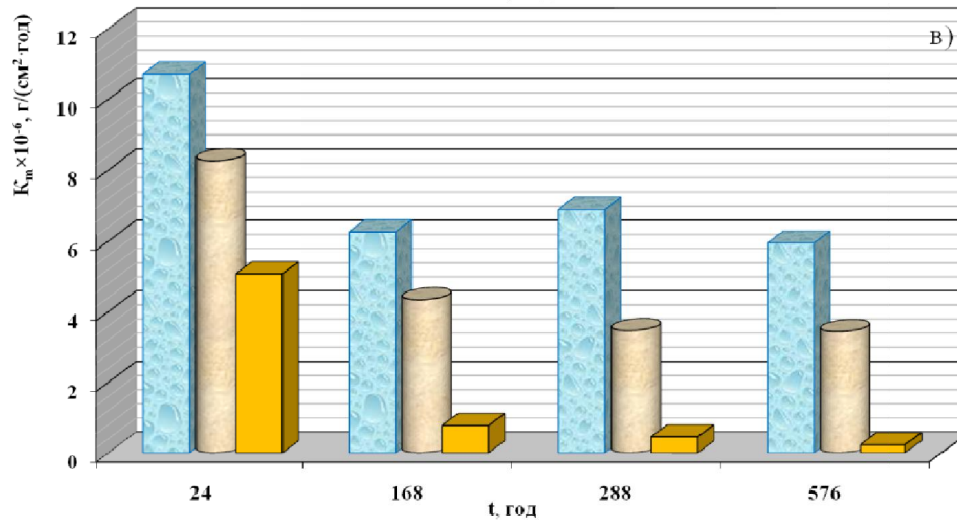
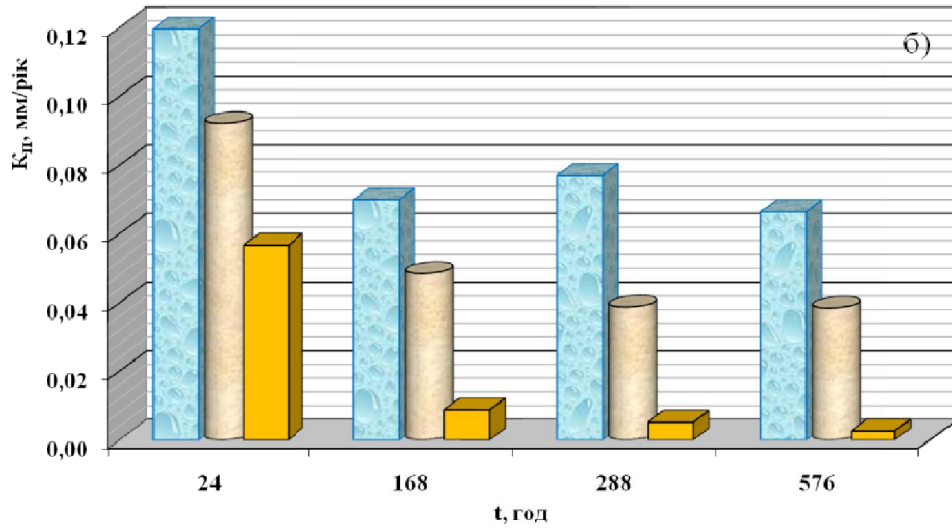
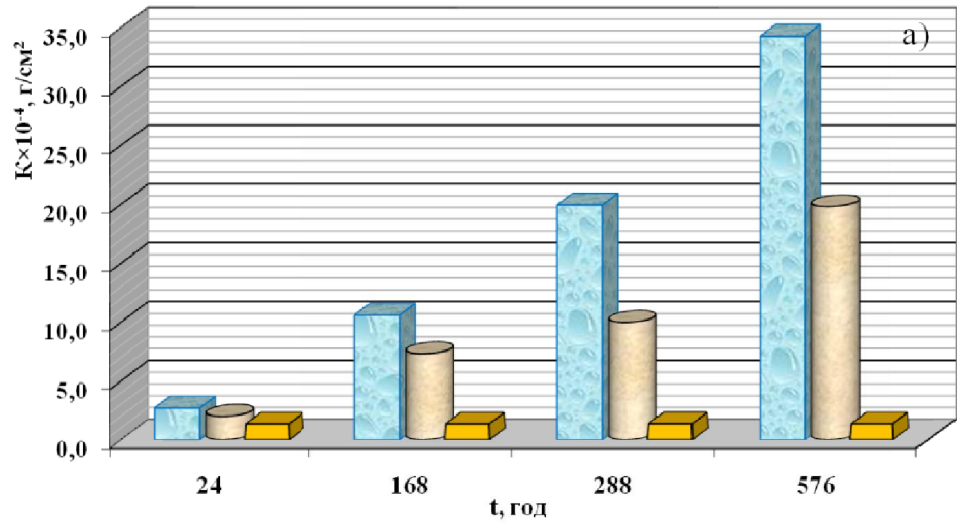
- ;
- ;
- .

2.4

, 3
 (.2.7),
 [55, 56].
 (.2.7,), (.2.7,)
 (.2.7,), , - .
 -32
 (), ,
 (). 3
 .
 :
 (.2.7,), (.2.7,)
 (.2.7,), , - . 24
 , , 23% 53% .
 (168; 288 576) :
 , -
 , -
 -32, , ().
 576 :

42% 96%

(2.7,).



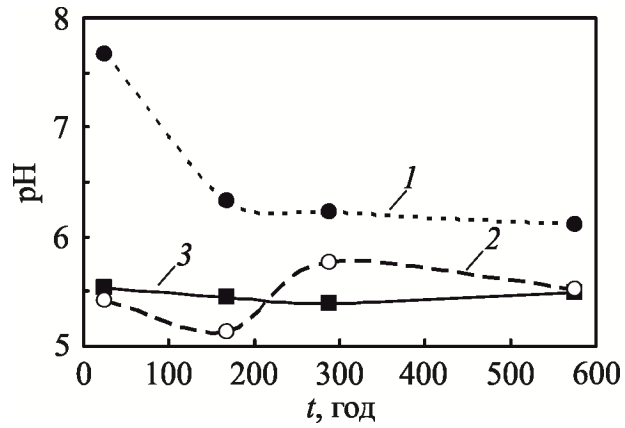
2.7 – (a) () ,
 () 3 () ; -32 ()

(. 2.8, 1),

(. 2.7,).

-32 (. 2.8, 2, 3)

(. 2.7,),



2.8 – pH (1); (2) -32 (3)

(2.4),

576

42%

96 %

3

(. 2.9)

576

(.2.9, , .2.5)





(Fe³⁺)

(.2.9, , .2.5)

),

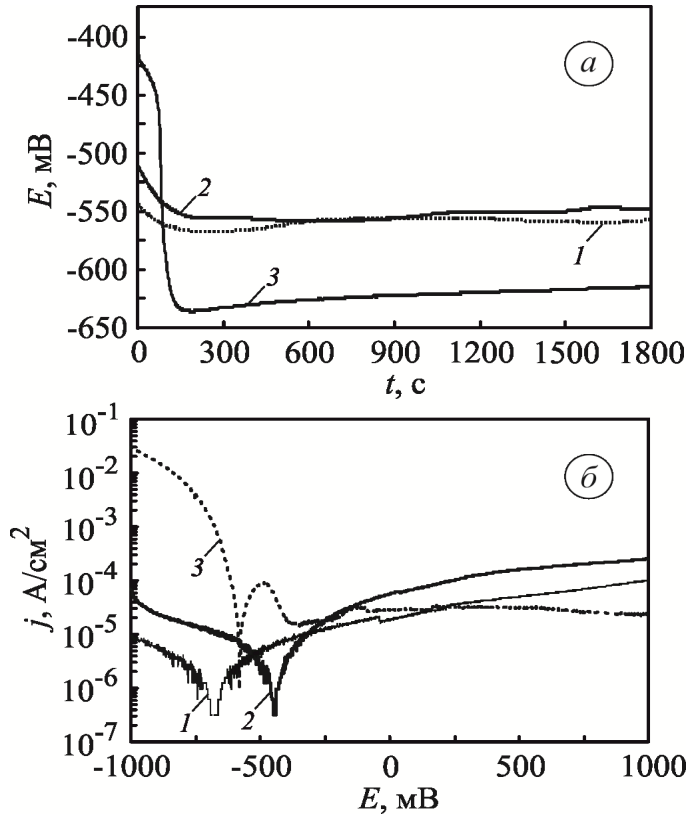
Fe³⁺

2.5 –

				-32
<i>t,</i>	24			
	168			
	288			
	576			

. 2.6) E_{st} 900 . (. 2.10, *a*;

70 ,



1 – ; 2, 3 – -32
 2.10 – ()
 () 3

(. 2.6), E_{corr}

(. 2.6) b_c

(. 2.10,)

(b

).

j_{corr}

1,7

2.6–

3

	$-b_c$	b_a	E_{st}	E_{corr}	$j_{corr} \times 10^{-7},$ A/c^2
	62	53	-558	-675	2,854
	29	59	-549	-450	4,865
-32	22	32	-615	-579	30,380

.2.7

(K_m)

(j_{corr})

$(K_j),$

.2.6.

24

(.2.10. , 2),

()

(.2.9,).

2.7 –

(K_m)

24

3 ,
(j_{corr})

(K_j)

$K_m \times 10^{-9},$ /(c^2 .)	$j_{corr} \times 10^{-7},$ A/c ²	$K_j \times 10^{-9},$ /(c^2 .)
2,978	2,854	0,055
-32		
$K_m \times 10^{-9},$ /(c^2 .)	$j_{corr} \times 10^{-7},$ A/c ²	$K_j \times 10^{-9},$ /(c^2 .)
2,293	4,865	0,094
$K_m \times 10^{-9},$ /(c^2 .)	$j_{corr} \times 10^{-7},$ A/c ²	$K_j \times 10^{-9},$ /(c^2 .)
1,410	30,380	0,588

, , ,

3 (.2.10,). ,

,

,

-

,

(.2.9,),

.

2.5

3

(.

2.4).

,

.

.

(0,2)

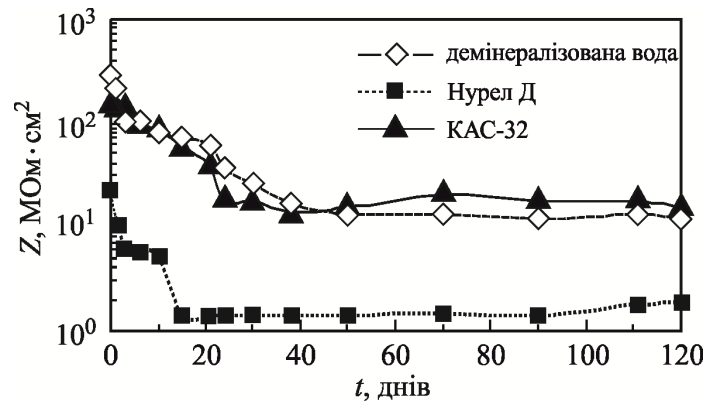
(. 2.11)

(

-32) 120 .

2...15 . 2.

(. 2.11).



2.11 –

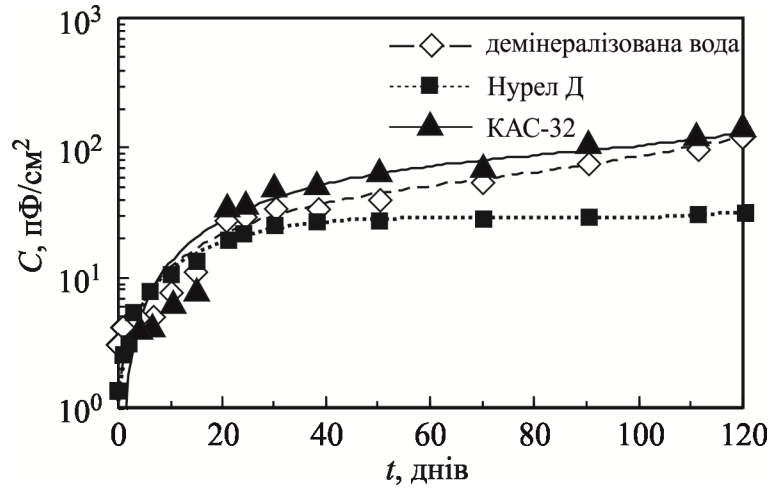
3

$f = 0,2$

20

20 120

20 120



2.12 –

3

$f = 0,2$

[258, 266, 63]

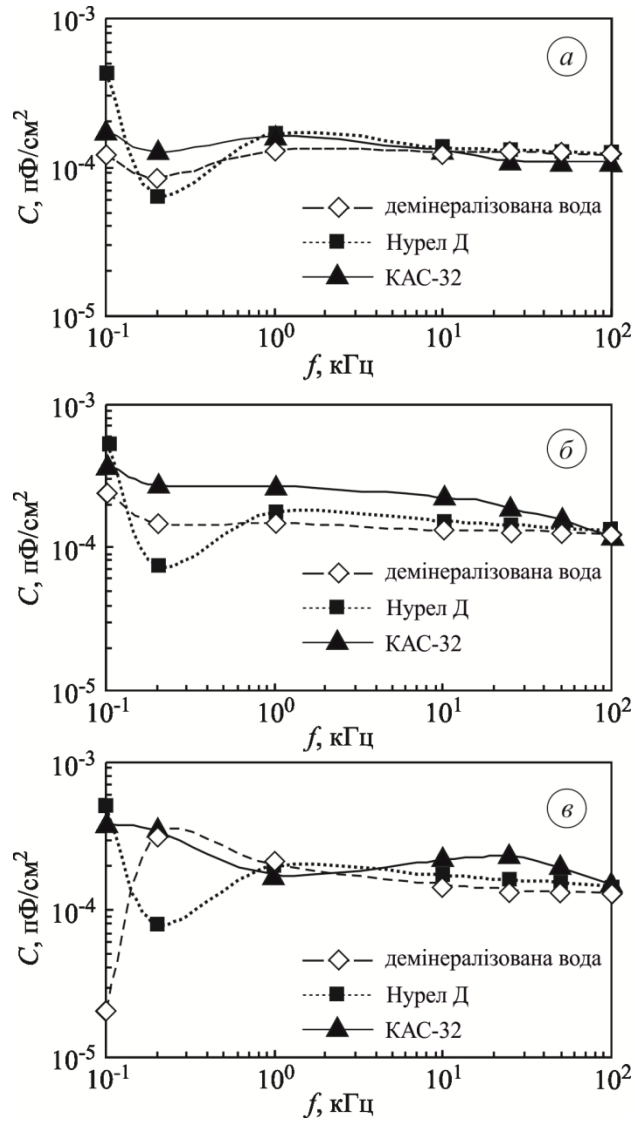
(2.12)

-32. 20

(2.13)

0...120

[33].



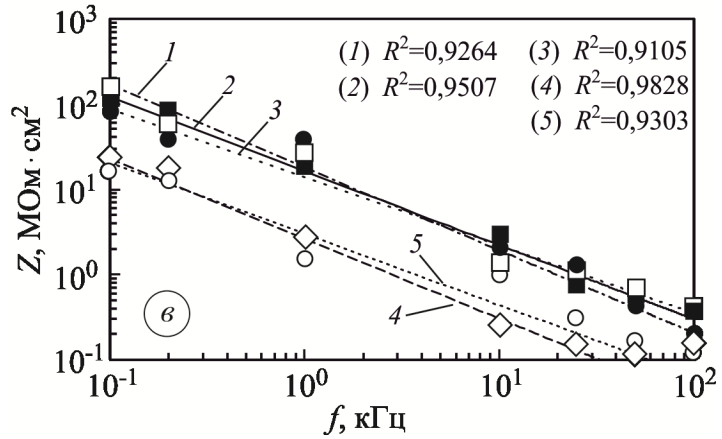
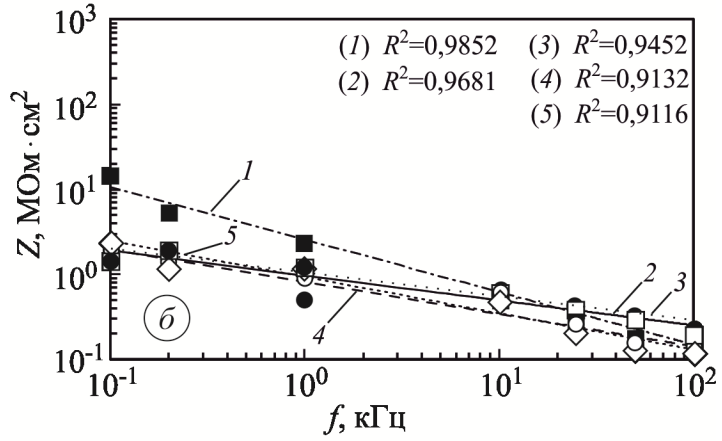
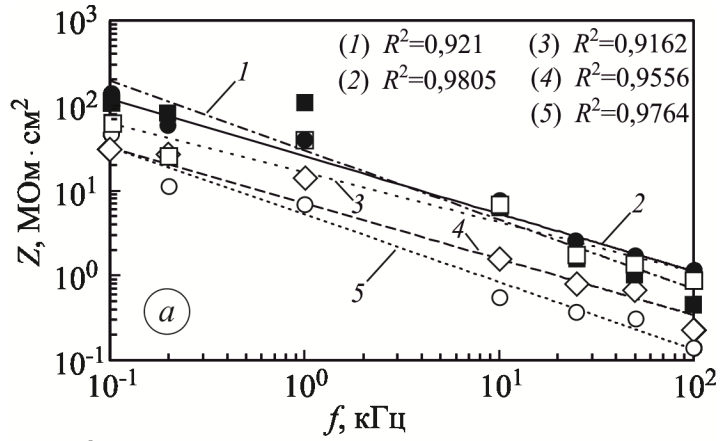
2.13 –

30 (a), 90 () 120 ()

(. 2.14)

R^2

0,9105...0,9852,



2.14 –

(5)

10 (1); 21 (2); 30 (3); 90 (4) 120

(a),

()

-32 ()

2.6

2

1.

3

24

-32

23 %

53 %

(168; 288 576):

-32,

(). 576

:

42 % 96 %

2.

E_{st}

900 c.

70

E_{corr}

-32 3

j_{corr}

1,7

3.

-32,

4.

3

-

-32

-

3 ,

-

.

-

3 .

(4 5) ,

-

.

[54, 273, 229],

[97, 230, 250].

3.1 ' ,

,

-

3 ,

-

:

-32.

3 [162]

[159]

25 .

. 2.4 (. 2, 2.2), - . 2.1 (. 2, 2.2).

3

[260, 265]

. 3.1.

3.1 –

3

		B ,	0,2 ,	δ, %	ψ, %
3	: 900...920 ; 200...500	400	240	25	–

– ()

-32 (. 2, 2.2).

3.2

,

25.502–79 [143],

(. 3.1) ($d = 5,0$; $l = 5d$;

$R = 5$).

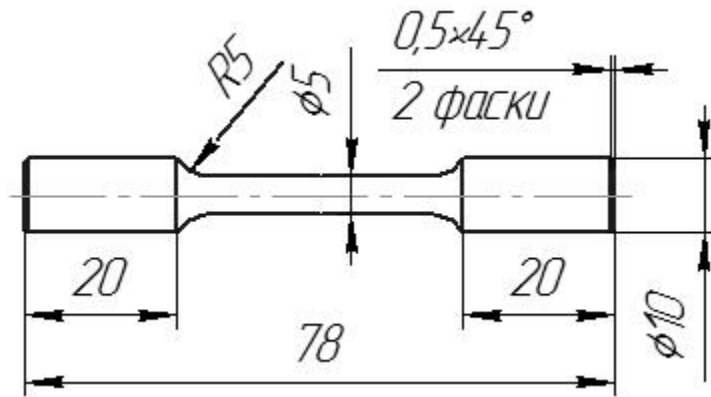
7-

2498–94 [161],

R_a

2409-94 [160]

0,32...0,16



3.1 -

0,01

50

-5 (. 3.2).

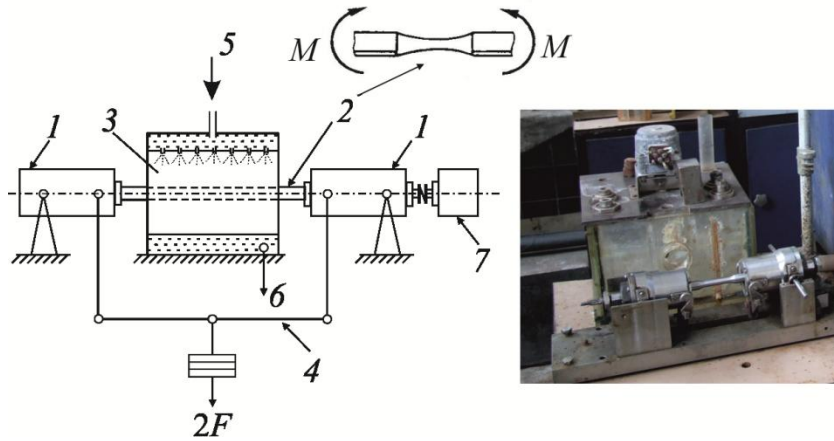
F.

[143]

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{32Fl}{\pi d^3}, \tag{3.1}$$

— , ;
 W — ;
 F — , ;
 l — ;
 d — .

Схема навантаження зразка



))
 1 — ; 2 — ;
 3 — ; 4 — ;
 5 — ;
 6 — ;
 7 — ;
 3.2 — () () —5

0,95...1,05

15

50%),

(10⁷)

25.502–

79 [143].

$$K_I < K_{IC},$$

[52, 53].

[260, 220, 261, 265, 286]

[260, 286].

$$da/dN = f(C_i, K_I), \tag{3.2}$$

da/dN – ; C_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) –

[53]

$$da/dN = C(\Delta K_I)^n, \tag{3.3}$$

C n –

$$\Delta K_I = K_{\max} - K_{\min}$$

$$; K_{\max} \quad K_{\min} -$$

[52]

$$(3.3)$$

$$da/dN = 10^{-7} \cdot (\Delta K_I / \Delta K_*)^n, \quad / \quad (3.4)$$

ΔK_* –

$$10^{-7} /$$

$$(3.2)$$

[260,

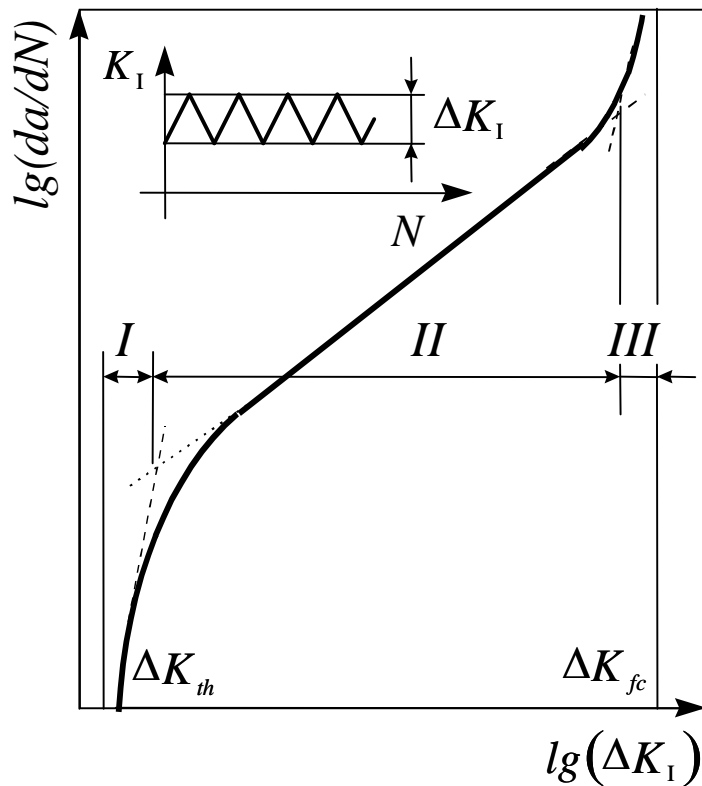
220, 265],

(. 3.3) S-

K_{th} ,

K_{fc}

(K_{IC}),



3.3 –

K_{fc}

K_{IC}

[119, 144].

K_{fc}

[260, 220, 265],

[265],

K_{fc}

(. 3.3): - ()

(),

(),

(3.3) (3.4).

[260, 220, 299].

(3.3)

[260, 265, 286, 299].

[260, 299].

[195, 260].

()

(

)

Δa ,

ΔN .

$$da/dN \cong \Delta a/\Delta N$$

$$\Delta K (K_{max})$$

(. 3.3).

[286, 299],

[144, 195, 238].

3 ,

”

”;

(<http://www.ipm.lviv.ua/cem.php>)

EVO 40XVP (. 2,

2.3).

3.3

-

3

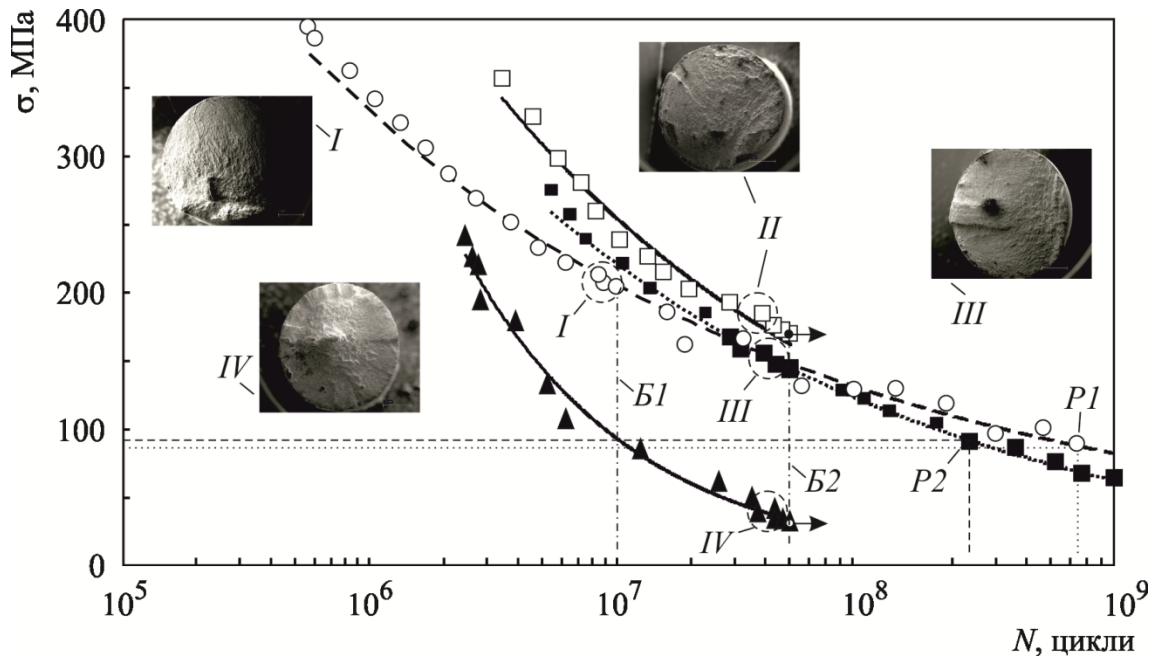
-32

(. 3.4,

. 3.2):

1,4,

-32 1,8 6,4



3.4 – 3
(,)
: (□,);
I, 2 – (■,) -32 (▲, V);
(.3.2),
; I, 2 –

3.2 – 3

	10^7	198	. 3.5, ; 3.6 ($N = 9,21 \cdot 10^6$)
	$5 \cdot 10^7$	143	. 3.5, ; 3.7; 3.8 ($N = 48,61 \cdot 10^6$)
	$5 \cdot 10^7$	111	. 3.5, ; 3.9; 3.10 ($N = 46,02 \cdot 10^6$)
-32	$5 \cdot 10^7$	31	. 3.5, ; 3.11–3.13 ($N = 48,20 \cdot 10^6$)

(.3.4, . 3.2) ,

,

.

.

,

(.3.5).

,

(

.3.5,),

.

,

,

.

.3.5, .

,

,

,

(0,1...0,2)

(.3.5,).

,

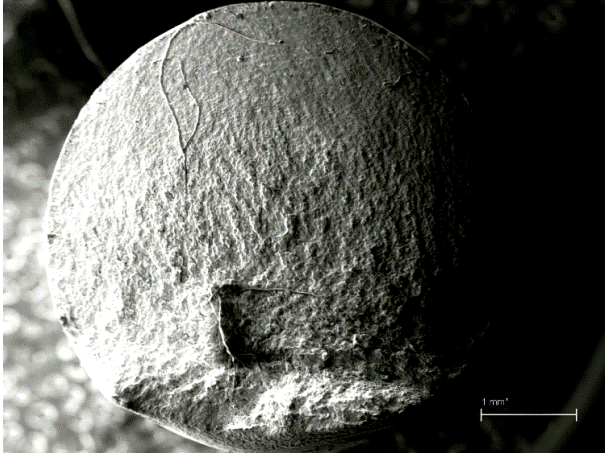
,

,

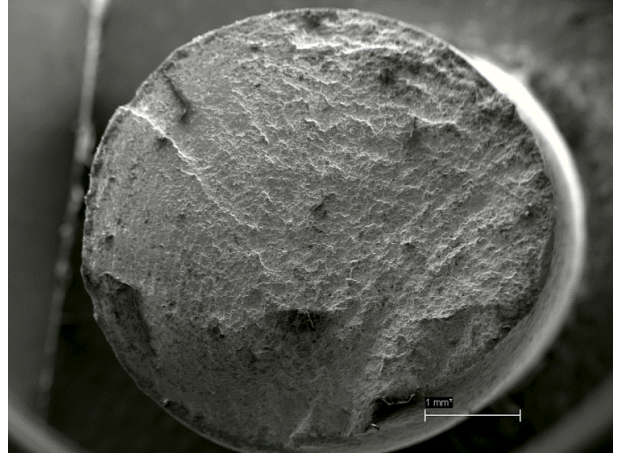
.

1 ,

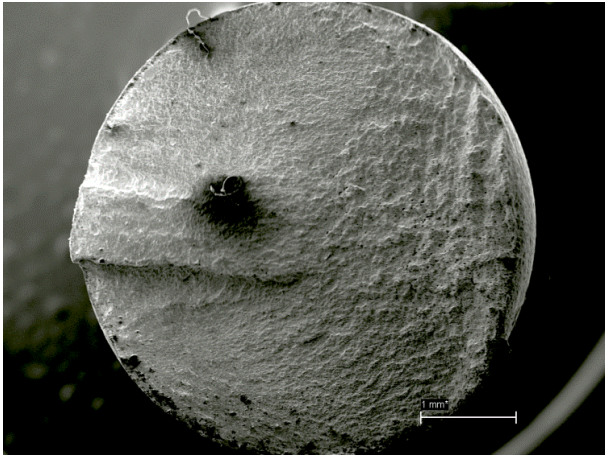
.



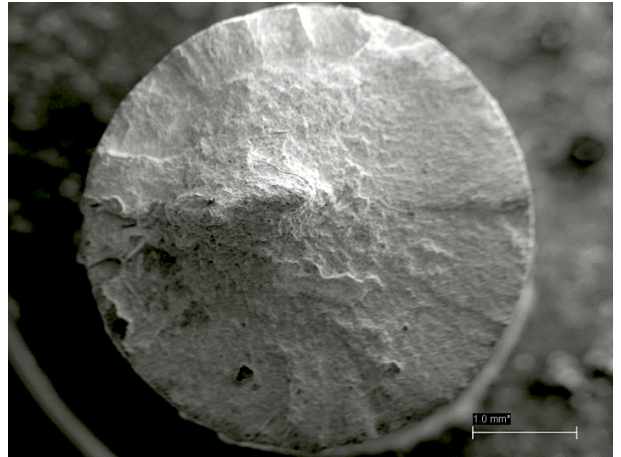
)



)



)



)

3.5 -

(),

,

()

()

-32 ()

,

(
16.00)

.

,

,

,

,

.

(. 3.5,).

.
,

.

.
-32

(. 3.5,).

. ,

.

,

.
0,7 (

20.00 13.00

) 1,5

.

.

:

■

;

■

,

:

—

—

—

-32;

■

-32

()

()

).

(. 3.8, ,

$9,21 \cdot 10^6$

(. 3.6,).

(. 3.6,).

).

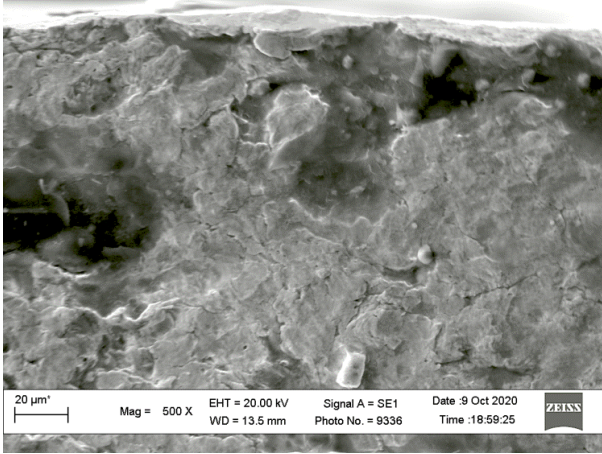
(. 3.6,

(. 3.6,).

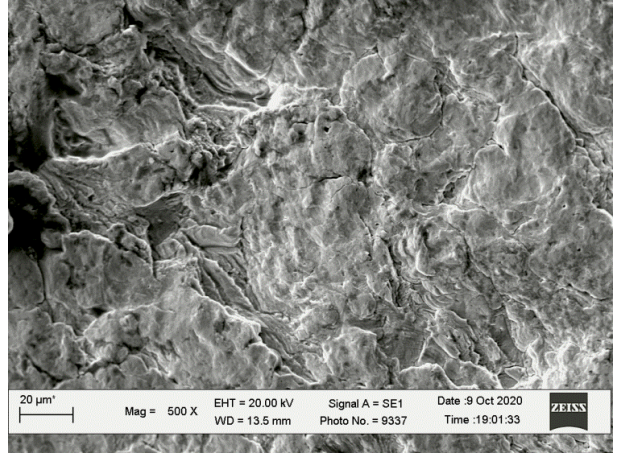
()

(. 3.6,),

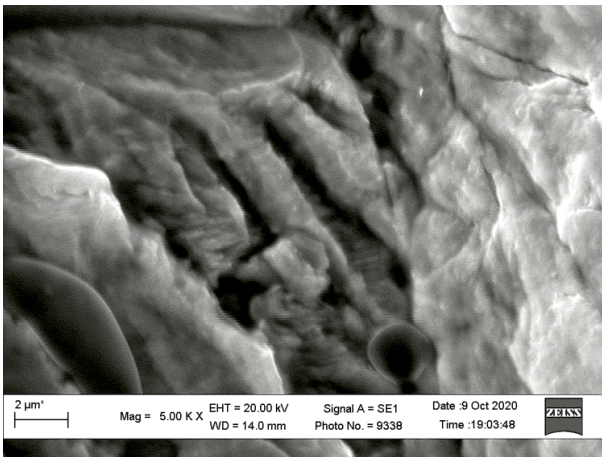
(10),



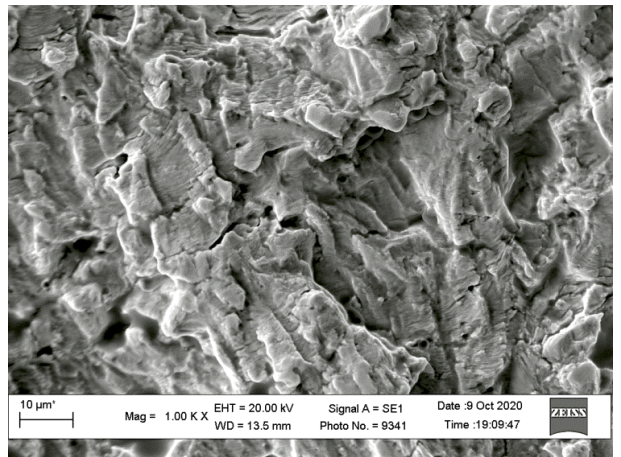
)



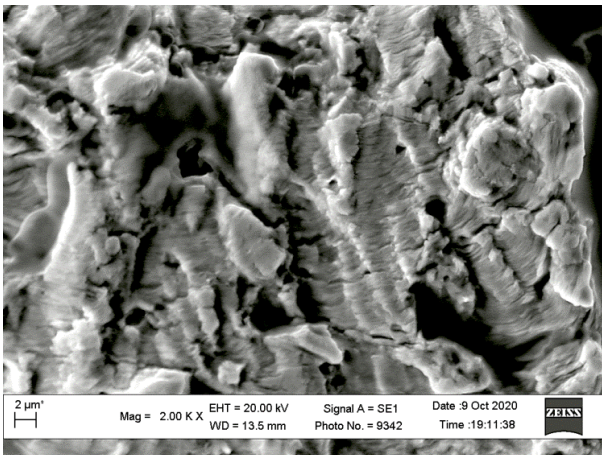
)



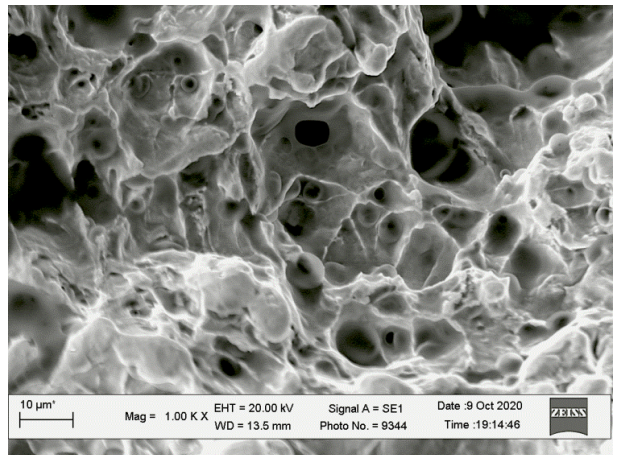
)



)



)



)

3.6 -

3

(-),

(-)

.

,

.

.

,

,

$48,61 \cdot 10^6$

(.3.7).

(.3.7,)

.

(.3.7,)

(.3.7,

),

(.3.7,).

(.3.7, ,).

(. 3.8,).

-

,

,

.

,

,

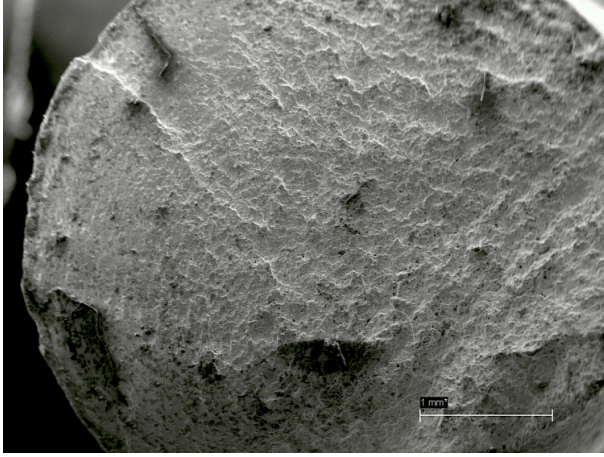
,

,

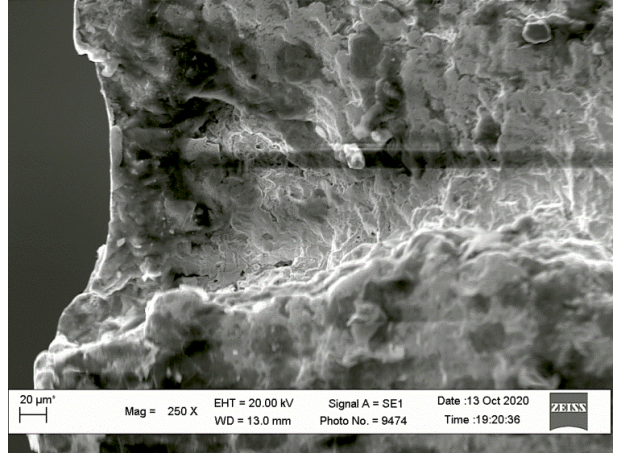
.

,

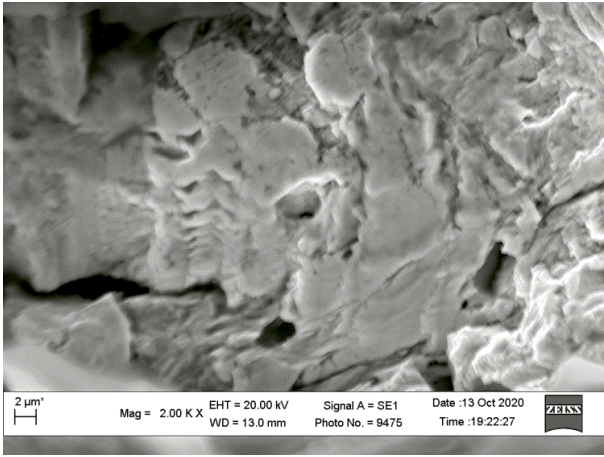
.



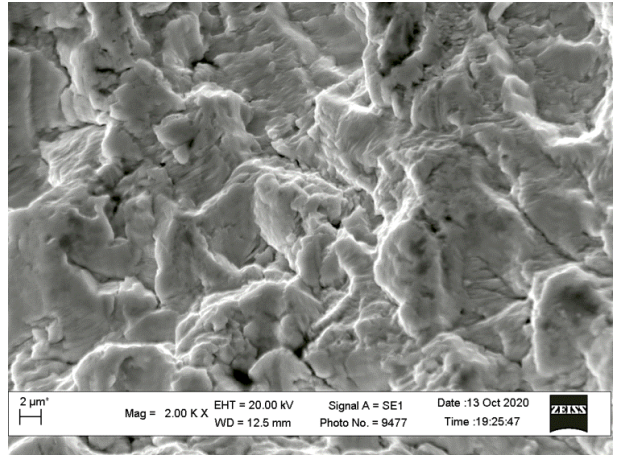
)



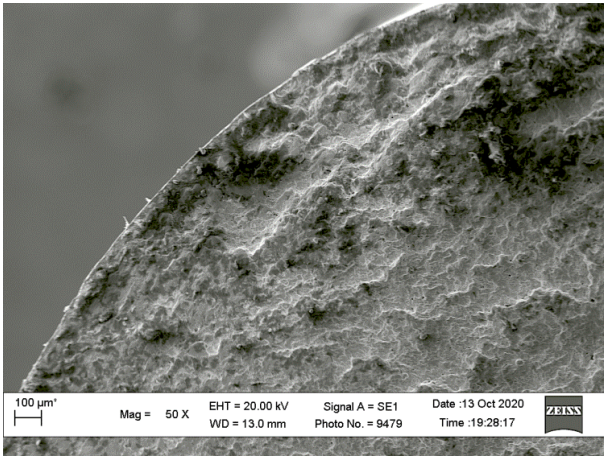
)



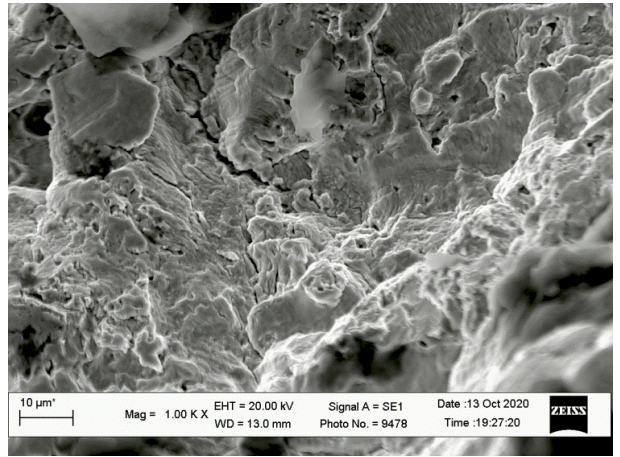
)



)



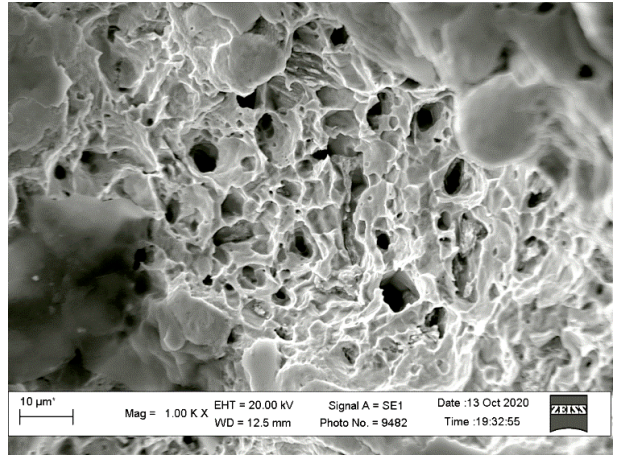
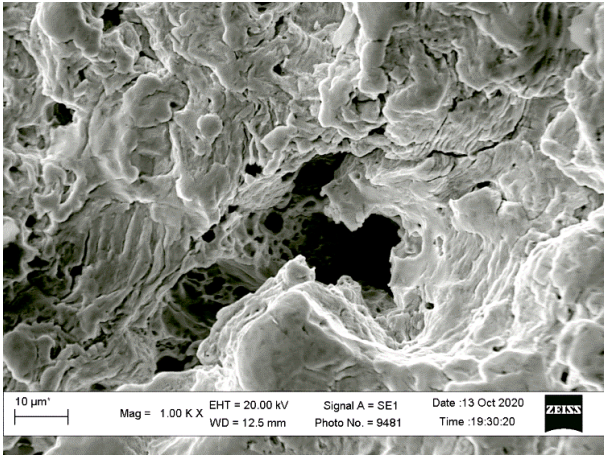
)



)

3.7 -
3

(-)
(,)



))
 3.8 –
 3

() ()

(.3.8,).

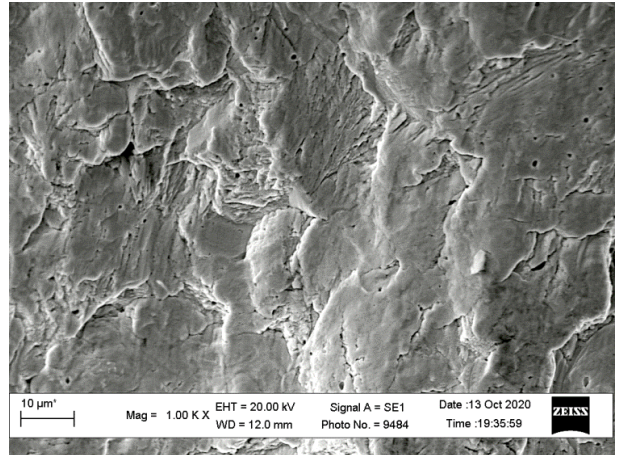
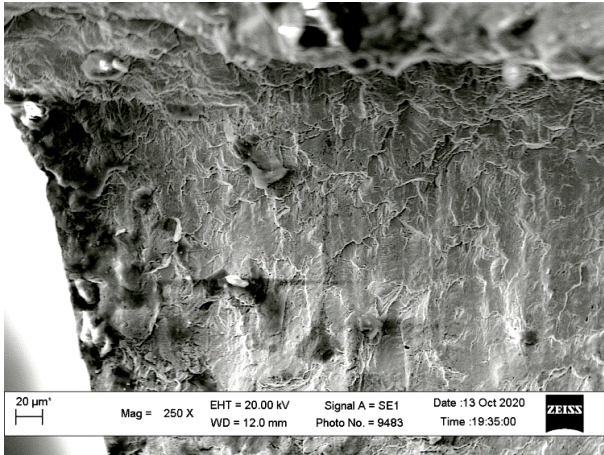
$46,02 \cdot 10^6$

(.3.9).

(.3.9, , ,).

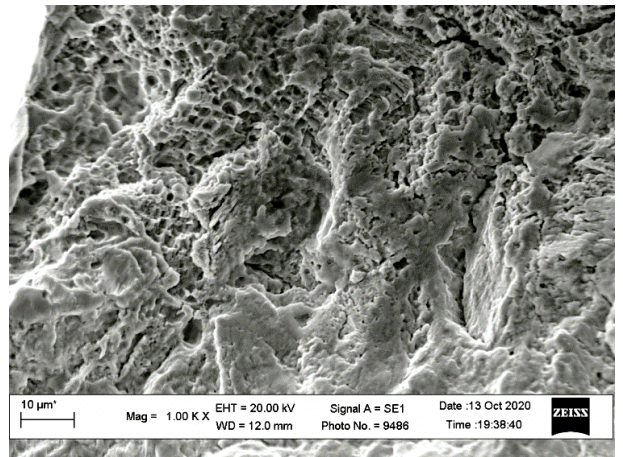
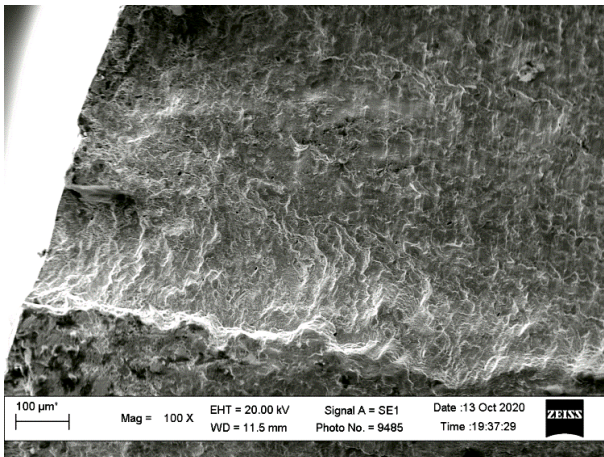
(.3.9,),

(.3.9, ,).



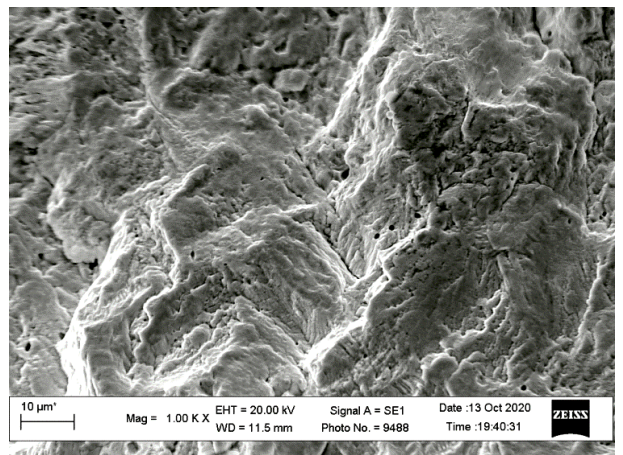
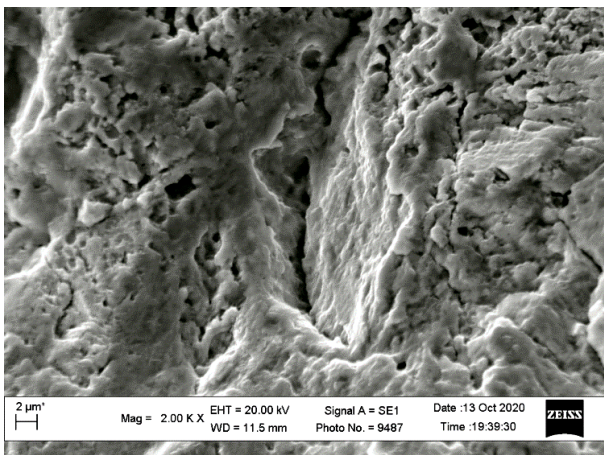
)

)



)

)



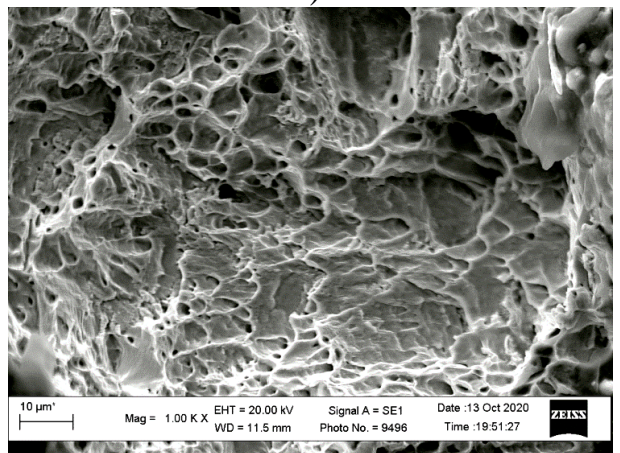
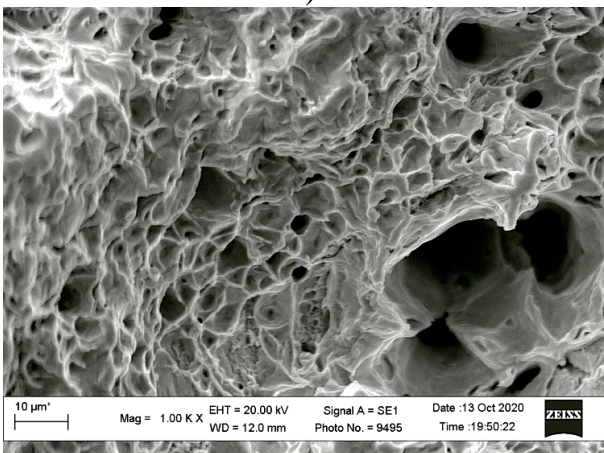
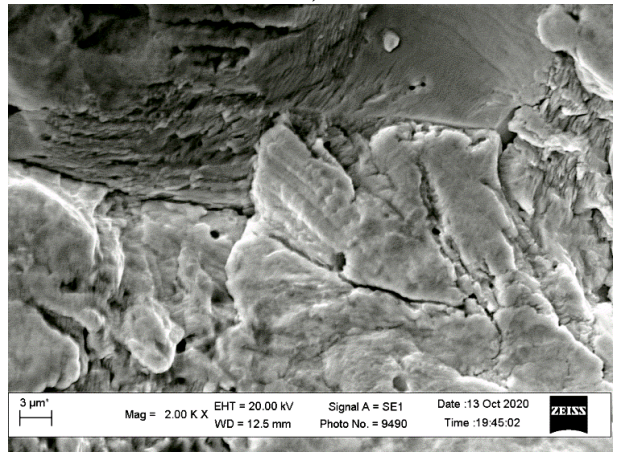
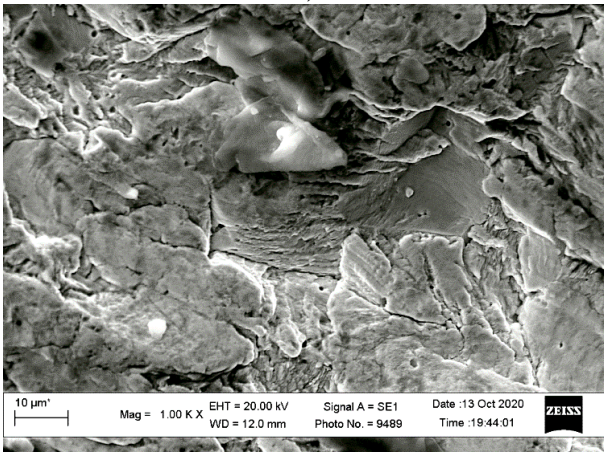
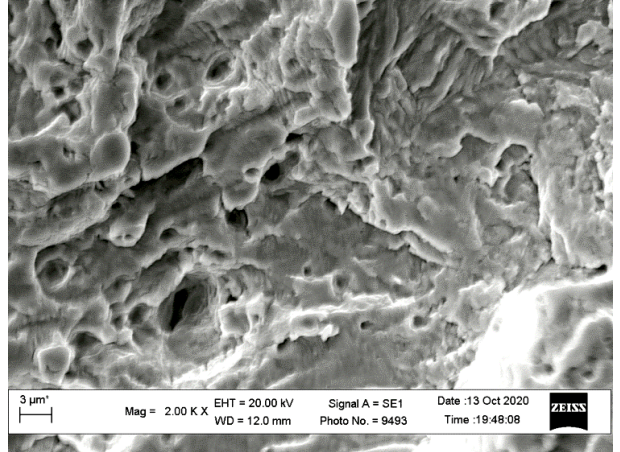
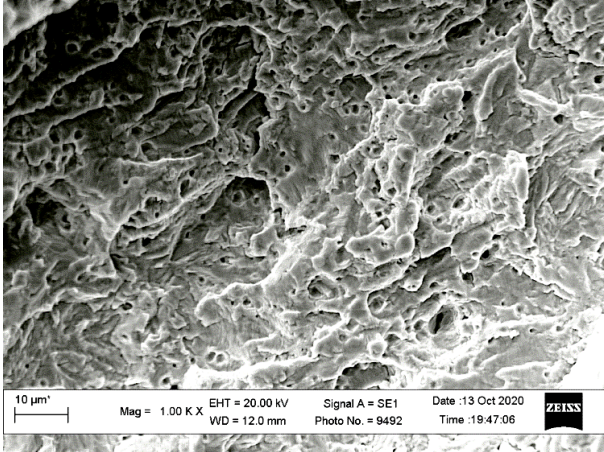
)

)

3.9 –
3

(-) (,)

(. 3.10).



3.10 –
3

(,)

(,) ,

(,)

(.3.10, ,).

.

,

,

,

,

.

,

(

)

,

(.3.10, ,).

,

,

(.3.10, ,).

,

,

.

,

.

.

,

(.3.10, ,).

(.3.10,),

,

(.3.10,),

.

(.3.10,),

,

,

.

,

-32.

$$48,20 \cdot 10^6$$

(.3.11).

(.3.11,).

-32

(.3.11, , ,).

-32

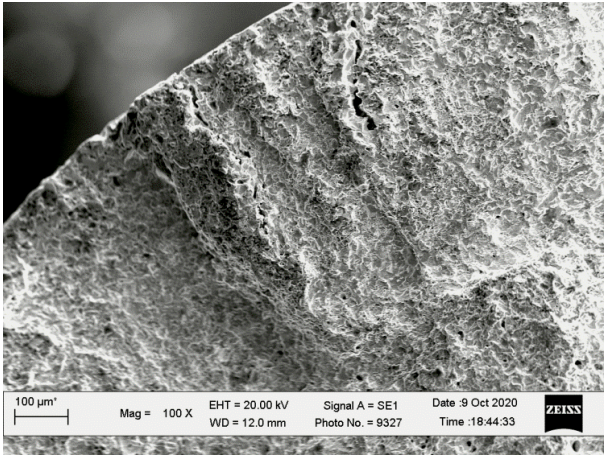
(.3.12).

(.3.12, , ,),

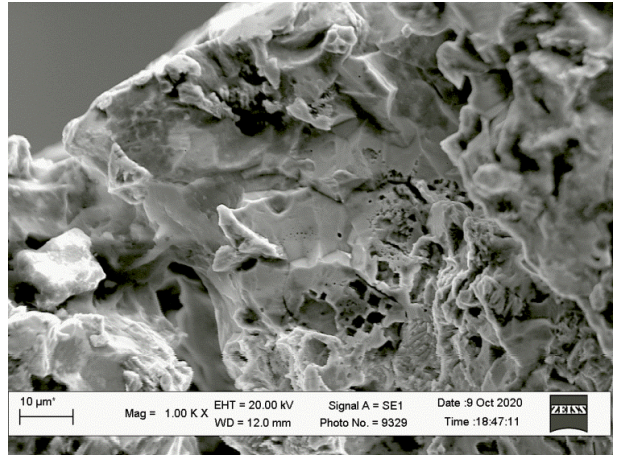
(.3.12, ,).

(

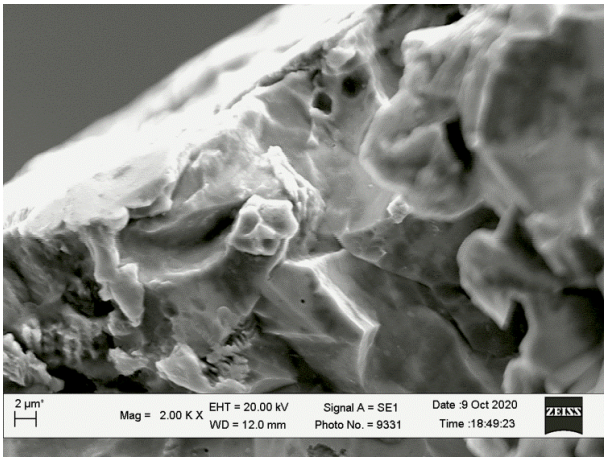
).



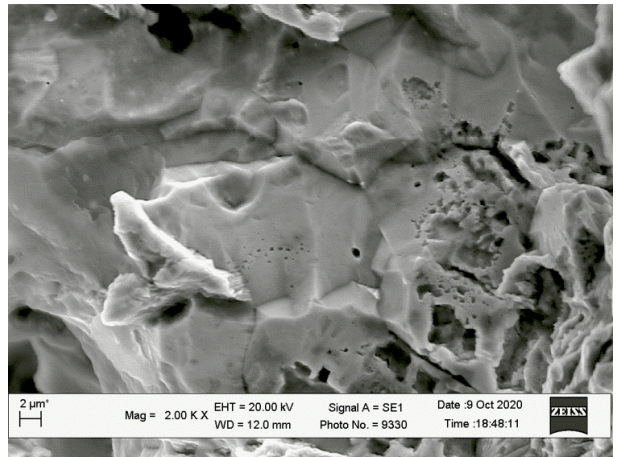
)



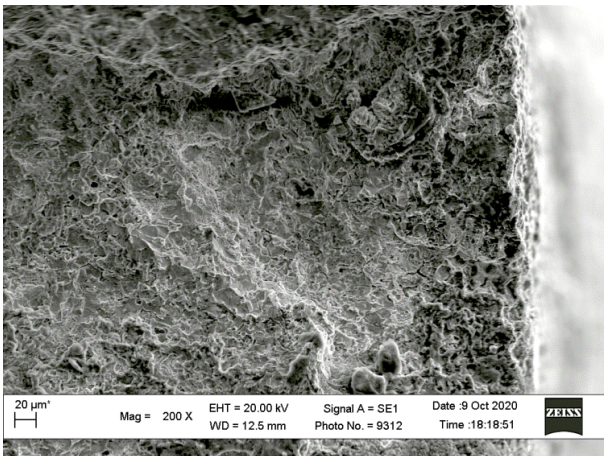
)



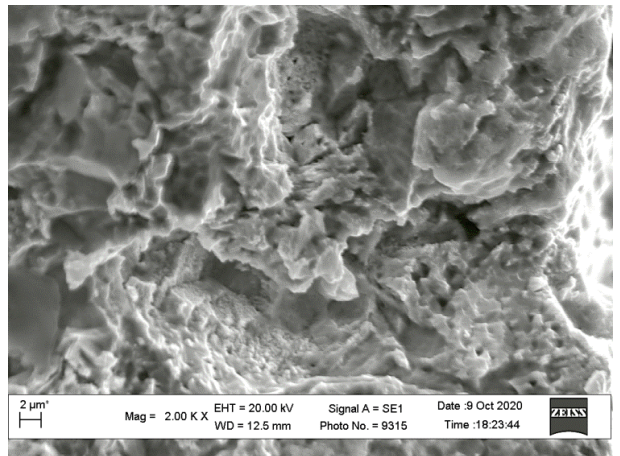
)



)



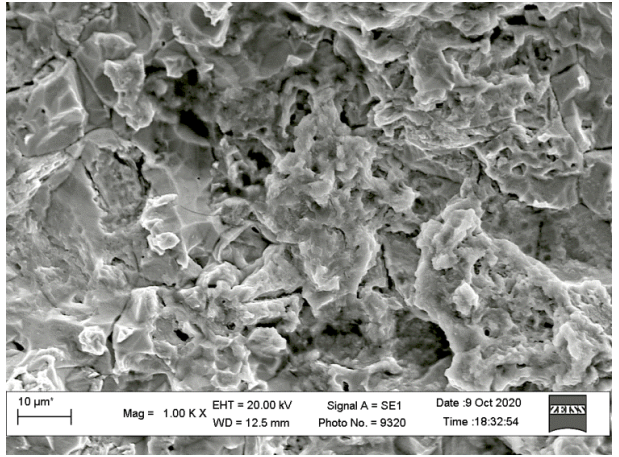
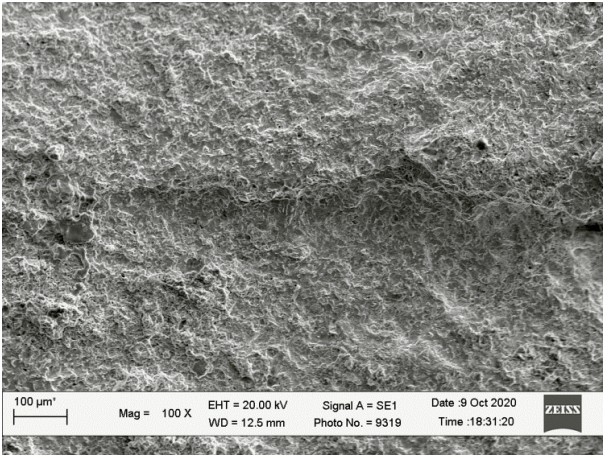
)



)

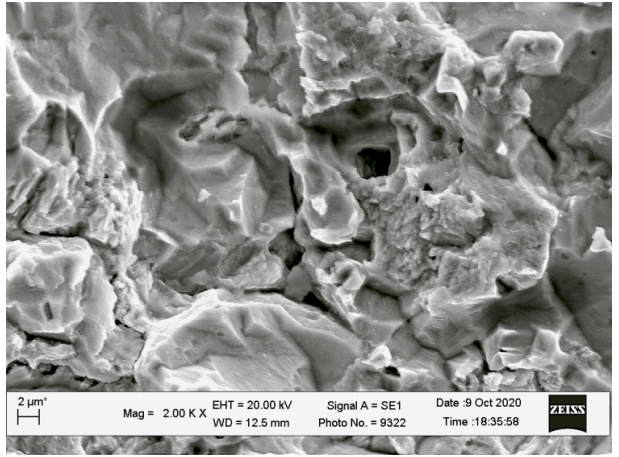
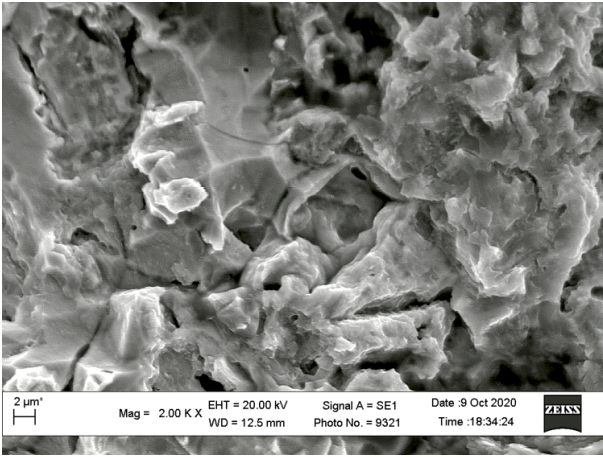
3.11 –
3

-32



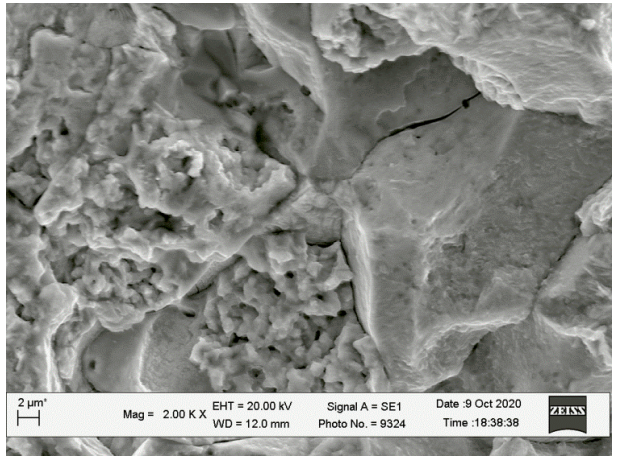
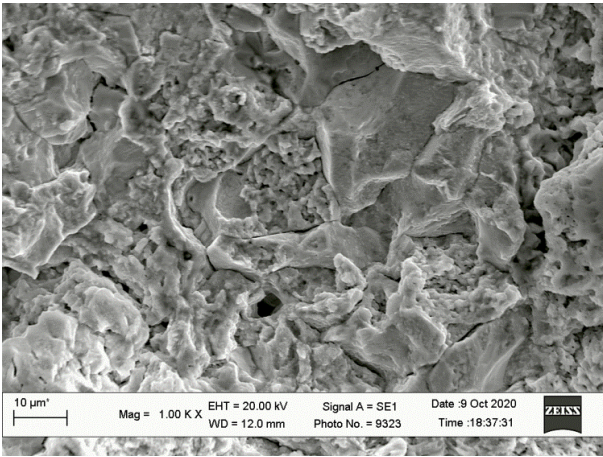
)

)



)

)

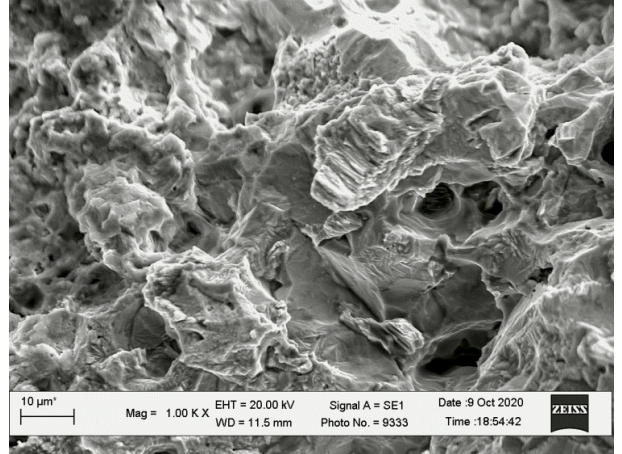
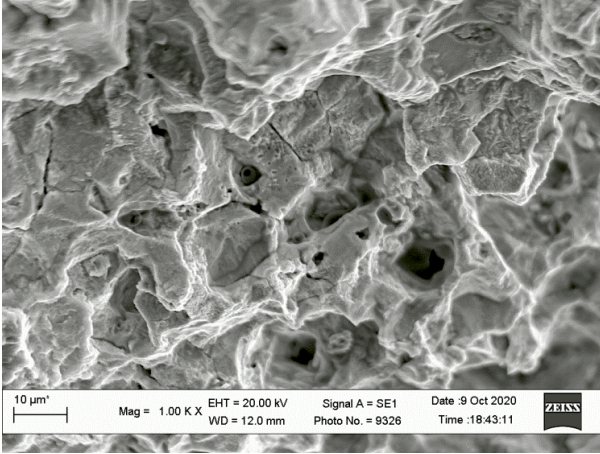


)

)

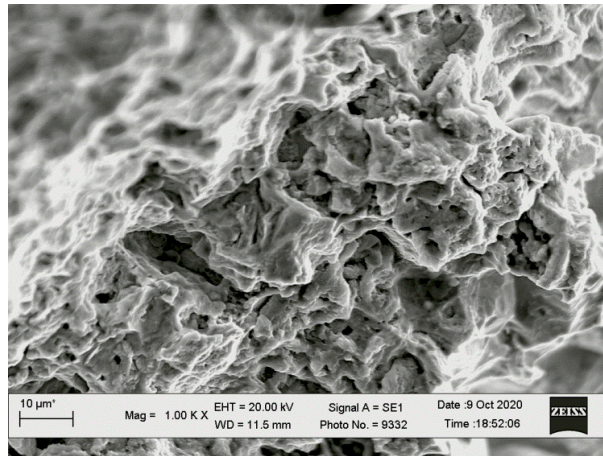
3.12 –
3
-32

(. 3.13, ,).



)

)



)

3.13 –
3
-32

,

(. 3.13,).

(. 3.13,).

()

,

,

.

-32,

(, ,)

-32.

:

■

3

,

,

,

:

-

-

-

-32.

■

,

,

.

■

((), ' ()

(-32) ,

.

■

(), (

) , .

■

,

()

■

.

()

,

,

.

■

,

(

),

(

-32),

,

,

.

3.4 -

- 3

da/dN K (.3.14,).

[260].

[52, 53]

$$\frac{da}{dN} = C \cdot (\Delta K)^n, \tag{3.5}$$

C n -

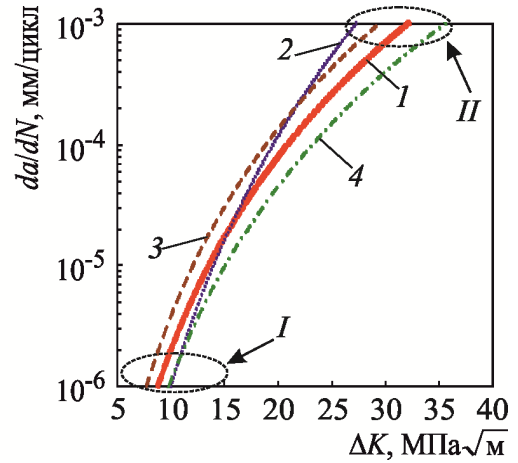
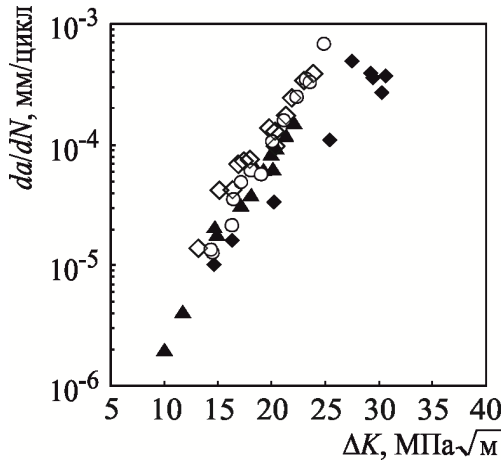
R^2 . 3.3.

$$R^2 \tag{3.5}$$

(3.5)

. 3.16, .

-32



▲, 1 – ; ○, 2 – ; ◇, 3 – ; ◆, 4 – (3.5);
 I – ΔK_{th}^* ($da/dN = 10^{-6}$ /); II – ΔK_{fc}^* ($da/dN = 10^{-3}$ /)
 3.14 –
 3

3.3 –

n

(3.5)

3

	n	$C, \frac{1}{(\sqrt{\quad})^n}$	R^2
	5,33	$9 \cdot 10^{-12}$	0,99
	6,89	$1 \cdot 10^{-13}$	0,98
	5,17	$3 \cdot 10^{-11}$	0,96
-32	5,35	$5 \cdot 10^{-12}$	0,95

$$[260]. \quad da/dN = 2 \cdot 10^{-5} / \dots$$

[260].

[52, 53]

$$da/dN = 10^{-3} / \dots \quad da/dN = 2 \cdot 10^{-6} / \dots \quad \Delta K_{th}^* \quad \Delta K_{fc}^* -$$

(. 3.4).

[260],

$$\Delta K_{th}^* \quad \Delta K_{fc}^* \quad \Delta K_{th}^* = F_1(K_m) \quad \Delta K_{fc}^* = F_2(K_m)$$

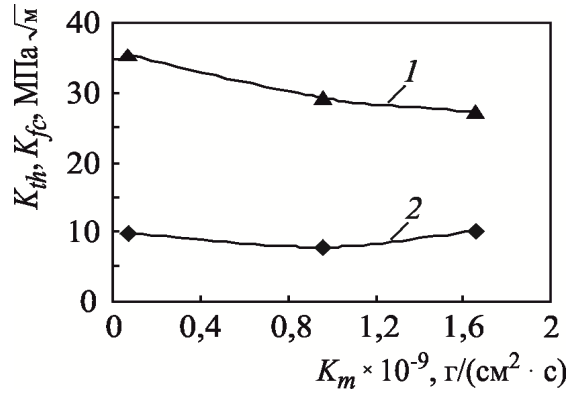
(3.15),

K_m

ΔK_{th}^* ,

ΔK_{fc}^* :

ΔK_{fc}^*



3.15 –

ΔK_{fc}^* (1), ΔK_{th}^* (2) K_m .

3.4 –

ΔK_{th}^* , ΔK_{fc}^* ,

(576 (2.7))

3

	ΔK_{th}^* , $\sqrt{\quad}$	ΔK_{fc}^* , $\sqrt{\quad}$	$K_m \times 10^{-9}, \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{c})$
	8,9	32,1	–
	10,1	27,3	1,652
	7,8	29,3	0,955
-32	9,8	35,5	0,064

[154]

3

-32 –

$da/dN \cong 2 \cdot 10^{-5} /$,

K_{th} K_{fc}

K_m

3.5 3

1. , - 3

-32

:
1,4,

-32 1,8 6,4

2.

3

-32 -

$da/dN \cong 2 \cdot 10^{-5} /$,

[246, 155, 132, 216].

[149]

[121].

() , .

, , .

(. , [197, 50]) ()

.

()

, , .

.

[60, 3, 38, 101, 244, 95, 242, 245, 243].

4.1

(" ") ,

,

()

:
285, 294, 29, 300].

[91, 80, 218, 259,

().

(

);

()

() .

() ,

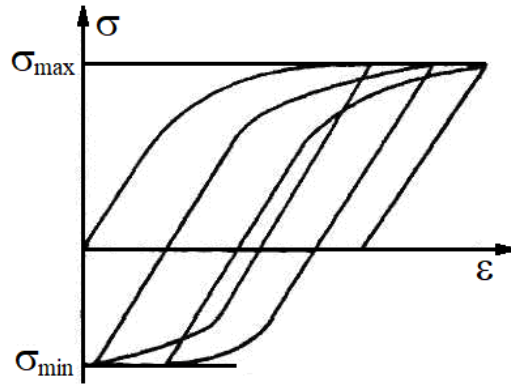
$\varepsilon_0 \sigma$ ($\varepsilon -$

$\sigma -$

)

()

. 4.1.



4.1 -

, - ,

,

,

,

.

-

(. 4.1).

,

. 4.1,

ε ,

,

.

.

()
 Oε (.4.1) 0,5 N

· ,
 - ,
 (, ,
 , , .).

4.2

() [91,
 80, 218, 259, 285, 294, 29, 300]. [259]:

· · · , · · · , · · ·
 ()

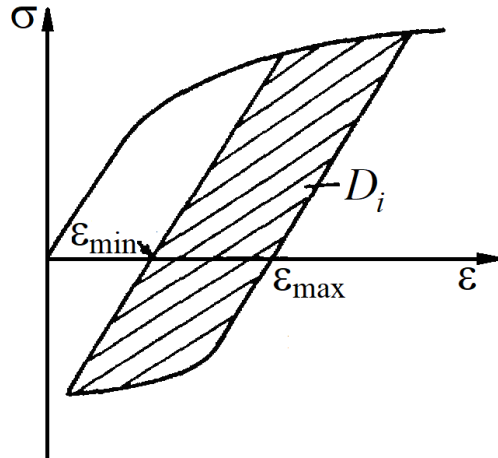
· ,
 · ,
 , [217].

[91, 80, 218, 259, 285, 294, 29, 300].

· ,
 (,
)

()

(D_i)
(.4.2).



4.2 -

()

D_i

$$D_i = 2 \int_{\varepsilon_{\min i}}^{\varepsilon_{\max i}} \sigma_i(\varepsilon) d\varepsilon \tag{4.1}$$

$\sigma_i(\varepsilon) = \dots (\sigma) \dots (\varepsilon)$
 $(\dots n),$
 $:$

$$\sigma_i(\varepsilon) = \sigma_Y (\varepsilon / \varepsilon_Y)^n, \quad \sigma_Y = E \varepsilon_Y \quad (\sigma_Y = \sigma_T), \tag{4.2}$$

$\sigma_Y = \dots ; \varepsilon_Y = \dots$
 $;$
 $(4.1) \quad (4.2)$

$$D_i = 2 \frac{\sigma_Y}{n+1} (\varepsilon_{\max i}^{n+1} - \varepsilon_{\min i}^{n+1}) \varepsilon_Y^{-n}, \tag{4.3}$$

$\sigma_Y, \varepsilon_Y, n$

(\dots)
 (\dots)
 $).$

$\dots [259, 217])$

$:$

$$\sum_{i=1}^{N_*} D_i = \text{const} = C_1, \tag{4.4}$$

$$\sum_{i=1}^{N_*} (D_i - D_b) = \text{const} = C_2, \tag{4.5}$$

$$\sum_{i=1}^{N_*} (D_i - D_b (D_i/D_b)^n) = \text{const} = C_3. \tag{4.6}$$

1. $D_i -$, ,
 , - ; $D_b -$,
 ; - , 0

(4.4) ,
 N_* ,
 $(N_* -$).

,
 D_i N_* C_1 C_1

(4.5) , " ,
 N_*

, D_b .
 () ,

($\sigma_{\max} \leq \sigma_R$) ,
 . (4.5) C_2 ,

, , C_1 .
 (4.6) , D_i

() " " ,

$$=0 \quad (4.6) \quad (4.4), \quad n=1$$

$$(4.4) - (4.6)$$

$$(4.6),$$

$$C_1 \quad C_2 \quad C_3$$

([259, 285, 217])

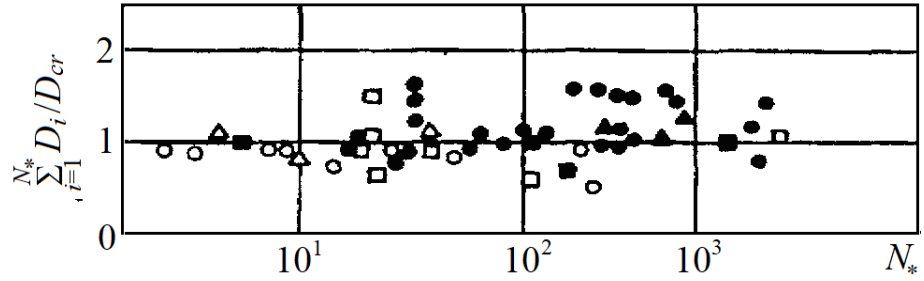
$$D_i$$

$$D_i,$$

)

4.3

[262].



$$- \quad 22 \quad ; \quad - \quad 16 \quad ; \quad - \quad 45 \quad ; \quad - \quad 4 \quad ;$$

$$4.3 \quad - \quad -33 \quad (4.4)$$

(4.4).

D_i

C_1

D_{cr} ,

D_{cr}

(,

),

(4.4)

$$\sum_{i=1}^{N_*} D_i = D_{cr} \quad (4.7)$$

[259, 285, 217]

6

(. 4.3).

(N_*)

D_{cr} .

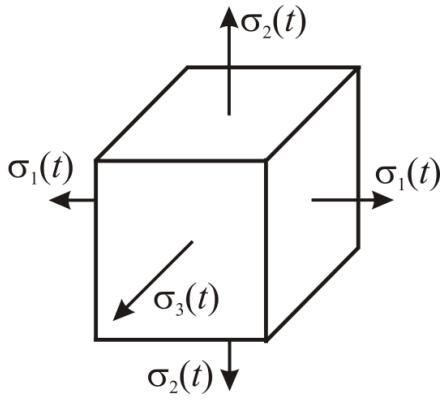
(

$D_i \quad D_{cr}$)

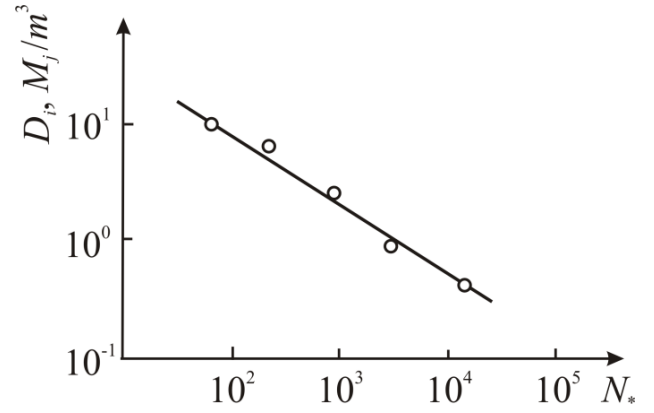
(

., . .

[16, 17]).



4.4 -



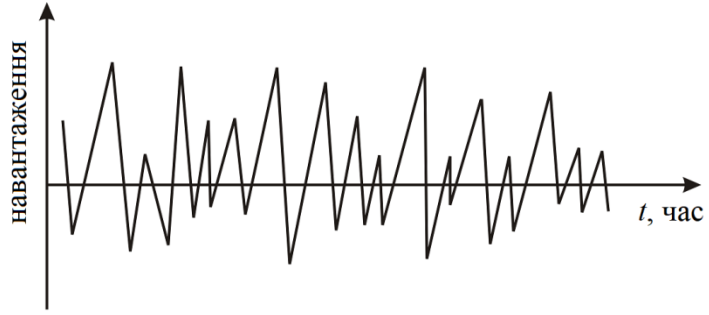
4.5 -

, ()
 (. 4.4).
 , ,
 () .
 () :
 .
 . 4.5.
 . . [142]).

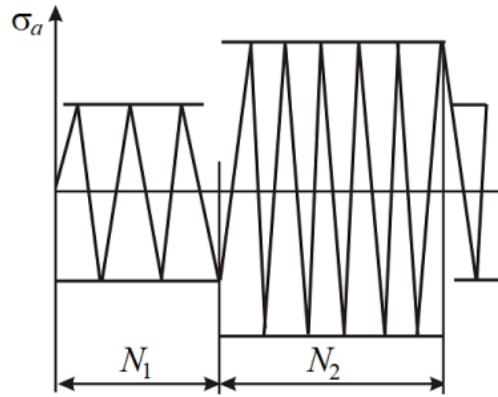
(4.4).

5,

(4.4).



4.6 –



4.7 –

(. 4.6-4.7).

()

()

$$\sum_i N_i / N_{i^*} = 1, \tag{4.8}$$

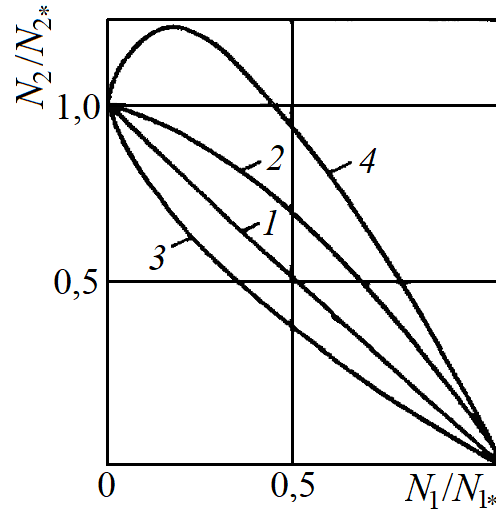
N_i –

σ_i

;

N_i^* –

σ_i .



1 – ; 2 – ;
 3 – ;
 4 – ;
 4.8 –

((4.8))

. 4.8 (. [285])

. 1

(4.8); 2 – , (.

. 4.8) (

" "); 4 ,

" " "

$I(\quad)$
3

$I(\quad),$

(\quad)

4.3

(\quad [79, 83]).

(\quad).

, . , ,

, .

,

,
(), .

,

.

,

[259].

, - ,

(. .).

J- (-),

, .

J- , J-

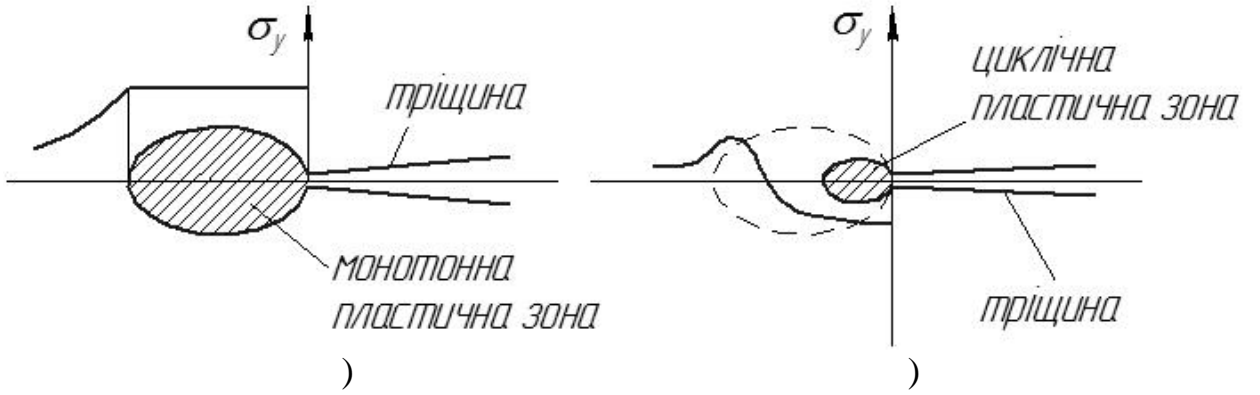
, ,

- .

- .

() [80, 259].

.4.9.



4.9 –

()

()

(. 4.9,).

()

()

(. 4.9,).

(

).

[51].

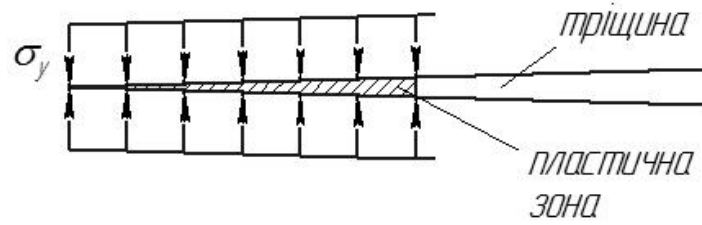
$\delta_c -$ (

), [217]

()

: ()

(.4.10).



4.10 –

$\delta_c -$. 4.10

- ()

(.4.11,)

$\delta_c -$.

$$\sigma_0 \approx \sigma_y \cdot$$

()

()

$$U_{\max}(x).$$

()

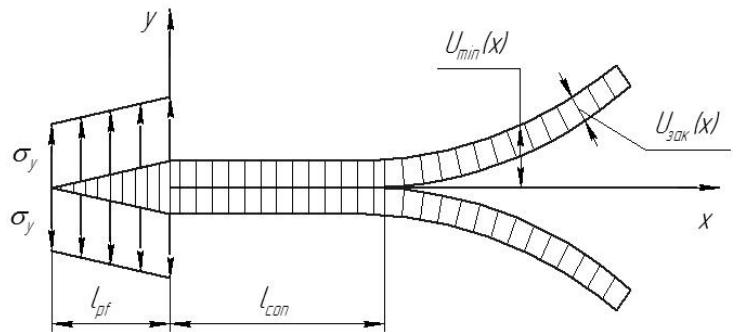
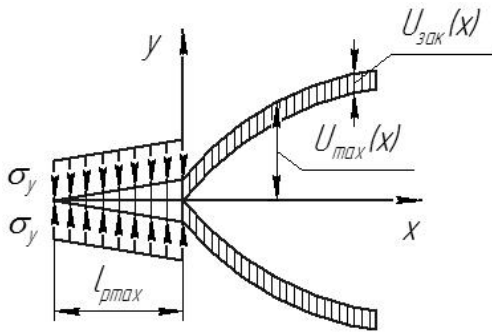
δ_c - [217].

.4.11,

$$l_{pf} \quad (\quad . \quad . \quad 4.11)$$

()

$$U_{res}(x)$$



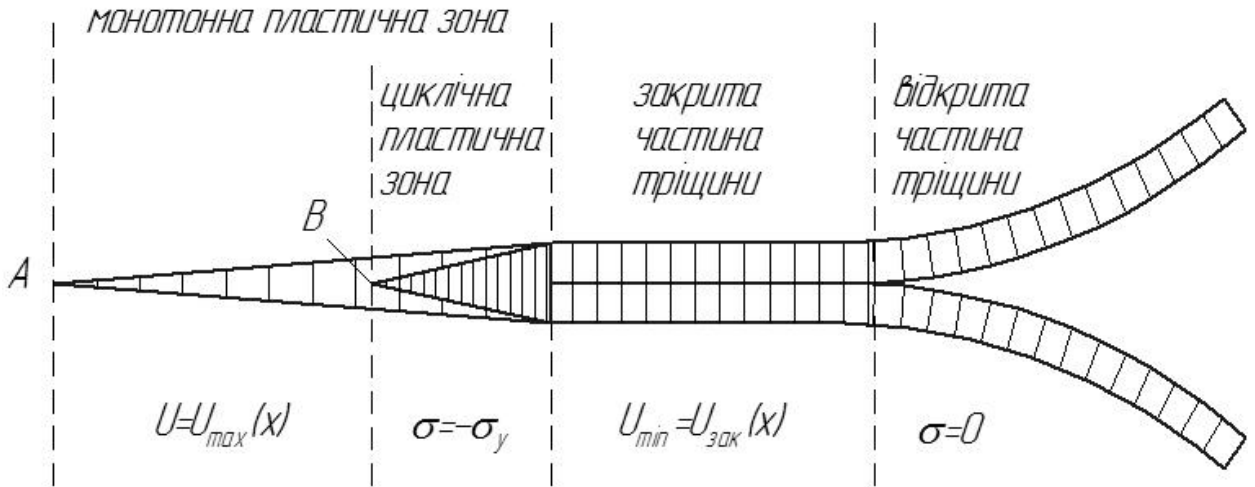
4.11 -
()

()

(U_{res})

(l_{con}).

(.4.12).



4.12 –

(σ_0).

[51].

$$\sigma_{con}(x) \quad 0 \leq x \leq l_{con} .$$

[80, 51]

$$\sigma_{con}(x) \quad 0 \leq x \leq l_{con} .$$

$$\int_0^{l_{con}} \frac{\varphi(y)\sigma_{con}(y)}{y-x} dy = \pi F(x), \tag{4.9}$$

$$\varphi(y) = F(x) -$$

$$K_{IA} = 0 \quad p = p_{max}; \tag{4.10}$$

$$K_{IB} = 0 \quad p = p_{min}; \tag{4.11}$$

$$\sigma_{con} = 0 \quad x = l_{con}, \tag{4.12}$$

$$K_{IA} \quad K_{IB} -$$

$$(\quad \cdot \quad \cdot 4.12).$$

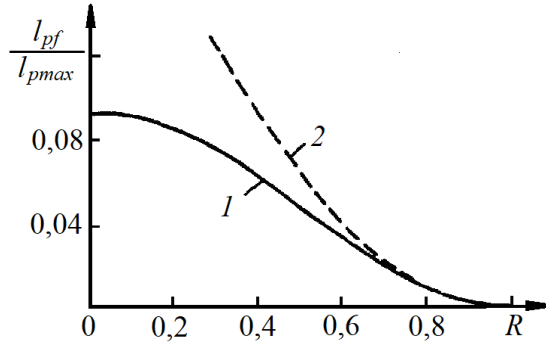
$$\tag{4.9} \tag{4.10} -$$

$$\tag{4.12}, \quad : l_{pmax}, l_{pf}, l_{con}, \sigma_{con} \cdot$$

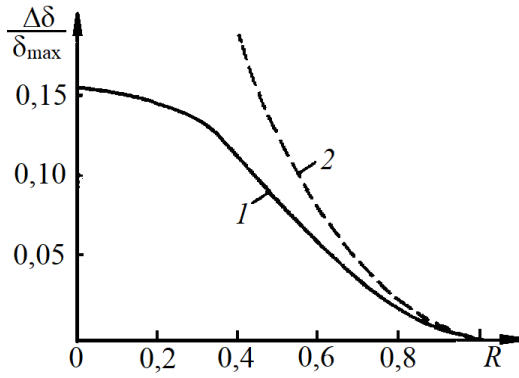
. 4.13, 4.14

$$R = \sigma_{min} / \sigma_{max} = const \cdot$$

$$K_{I_{max}} \cdot$$



1 – ;
 2 –
 4.13 – $l_{pf} / l_{p \max}$
 R



1 – ;
 2 –
 4.14 – $\Delta\delta / \delta_{\max}$
 R

δ_c -
 $l_{p \max}$ δ_{\max}
 $K_{I \max}$

$$l_{p \max} = \frac{\pi}{8} \frac{K_{I \max}^2}{\sigma_Y^2}; \quad \delta_{\max} = \frac{K_{I \max}^2}{E\sigma_Y} \quad (4.13)$$

4.13 $l_{pf} / l_{p \max}$
 R l

, 2 - .

$$\Delta\delta \quad (\Delta\delta = \delta_{\max} - \delta_{\min})$$

R.

. 4.14,

l

2 -

$R \rightarrow 0.$

$R = 0$

$(l_{pf} / l_{p\max})$

1/4

0,093.

$\Delta\delta / \delta_{\max}$

0,50 0,16.

1970 . [259].

[39, 40, 37]

$\delta_c -$

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

10HNAP,

[294].

δ_c - [91].

[51, 19]

[59]

[41].

(,).

[18, 67, 140].

[140]

[47]

[68, 36]

[45],

[46]

[64],

[66].

[85, 84, 157]

4.4 ()

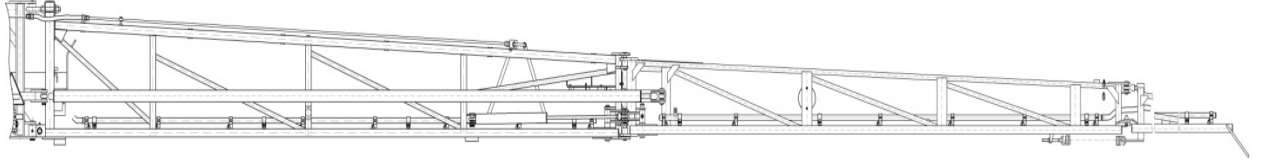
()

(4.15).

f,

($f \approx 1$).

($N = N_*$),
 ()
).



4.15 –

[91, 259],

,
 ([91, 259]) N_*

$$N_* = N + N . \tag{4.14}$$

N – ; N –
 , $\sigma \sim \lg N$
 [91, 259]

$$\sigma \sigma_0^{-1} = \lg(N_0 N^{-1}). \tag{4.15}$$

σ_0, N_0 –

N

$\sigma,$

[91]

$$N = N_0 10^{-\sigma \sigma_0^{-1}}. \tag{4.16}$$

$$N = N$$

[91, 187, 88]

Δl_c

ΔN_c

$l = l_0$

$l = l_*$

V

$$V = \frac{dl}{dN} \approx \frac{\Delta l_c}{\Delta N_c}. \tag{4.17}$$

Δl_c

([88, 92])

$$A = W + \dots \tag{4.18}$$

$A -$

$\Delta N_c; W -$

$\Delta l_c,$

$$W = W_s + W_p^{(1)}(l) - W_p^{(2)}(t), \tag{4.19}$$

$W_s -$

$W;$

$W_p^{(1)}(l) -$

$l;$
 $W_p^{(2)}(t) -$
 $N = tT^{-1}$

$$\frac{dA}{dN} = \frac{dW}{dN} + \frac{d}{dN}. \tag{4.20}$$

(4.19) (4.20),

$$\frac{\partial}{\partial l} [\Gamma - (A - W_s - W_p^{(1)})] \frac{dl}{dN} - \frac{dW_p^{(2)}}{dN} = 0. \tag{4.21}$$

(4.21)

$$\frac{dl}{dN} = \left[\frac{dW_p^{(2)}}{dN} \right] / \frac{\partial}{\partial l} [\Gamma - (A - W_s - W_p^{(1)})]. \tag{4.22}$$

[88, 92],

(4.22)

$$\frac{\partial}{\partial l} [\Gamma - (A - W_s - W_p^{(1)})] = \gamma_f - \sigma_t \delta_{t_{\max}}(0). \tag{4.23}$$

$\gamma_f = \sigma_t \delta_{fc} -$
 $;$ $\delta_{t_{\max}}(0) - \delta_t(0)$

σ_t

;

$\delta_{fc} - \delta_t(0).$

σ_t

$$\sigma_t = 0,5[2\sigma_{0,2} + \sigma(\varepsilon_t)], \tag{4.24}$$

$\varepsilon_t -$

$;\ \sigma(\varepsilon_t) = A_0 \varepsilon_t^n ; \sigma_{0,2} -$

$;\ A_0, n -$

[88, 92]

l_{fp}

$$l_{fp} \approx \alpha_0 \Delta \delta_t(0) = \alpha_0 [\delta_{t_{max}}(0) - \delta_{t_{min}}(0)],$$

$\alpha_0 -$

$x = \Delta l_c$

$\delta_t(x)$

x

$$\delta_t(x) \approx \delta_t(0) \quad (0 \leq x \leq \Delta l_c). \tag{4.25}$$

$W_p^{(2)}(N),$

[88, 92]

$$W_p^{(2)}(N) = \alpha_0 N \sigma_t \{ [\delta_{t_{max}}(0) - \delta_{t_{min}}(0)]^2 - W_0^{(2)} \}. \tag{4.26}$$

$W_0^{(2)} -$

$$W_0^{(2)} = \sigma_t [\delta_{\max th} - \delta_{\min th}]^2,$$

$$\delta_{\max th}, \delta_{\min th} -$$

$$\delta_t(t),$$

$$(4.22)$$

$$N,$$

$$(4.23) \quad (4.26)$$

V

$$\frac{dl}{dN} = \frac{\alpha_0 [\delta_{t\max}^2 - \delta_{\max th}^2] [1 - R_\delta]^2}{\delta_{fC} - \delta_{t\max}}. \quad (4.27)$$

$$(4.26) \quad (4.27) \quad \delta_{fC} - \delta_t(0, \xi)$$

$$; \delta_{t\max}(0, \xi), \delta_{t\min}(0, \xi) -$$

$$\delta_t(0, \xi) ; R_\delta = \delta_{t\min}^{-1} \delta_{t\min}.$$

$$, \quad (4.27)$$

:

$$N = 0, \quad l(0) = l_0; \quad (4.28)$$

$$N = N_*, \quad l(N_*) = l_*, \quad (4.29)$$

$$L_* -$$

$$() [92]$$

$$\delta_t(L_*) = \delta_{fC}. \quad (4.30)$$

$$[80, 92],$$

$$\delta_t$$

$$K_t$$

$$\delta_t = K_t^2 [E\sigma_t(1-\xi^2)]^{-1}, R_\delta = K_{Imin}^2 K_{Imax}^{-2} = R^2; \xi = p\sigma_t^{-1}, K_{th} = K_{th}^* \sqrt{(1-\xi^2)}. \quad (4.31)$$

$$P - \quad ;$$

$$K_{max\ th} = K_{th}, \quad K_{Imax}$$

$$(4.31) \quad [92] \quad K_{th}$$

$$\xi,$$

$$[92]$$

l

$$dl/dN = \alpha_0(1-R^2)^2(K_{Imax}^4 - K_{th}^4)[(1-\xi^2)(K_{fc}^2 - K_{Imax}^2)]^{-1}. \quad (4.32)$$

(4.32)

$$N = 0, l(0) = l_0; N = N, l(N) = l_* \quad (4.33)$$

$$N = N$$

$$($$

$$l = l_*$$

$$[92]$$

(4.30)

$$\delta_t(l_*) = \delta_{fc}. \quad (4.34)$$

$\delta_t(l_*) -$

$$\sigma_t, \delta_{fc}$$

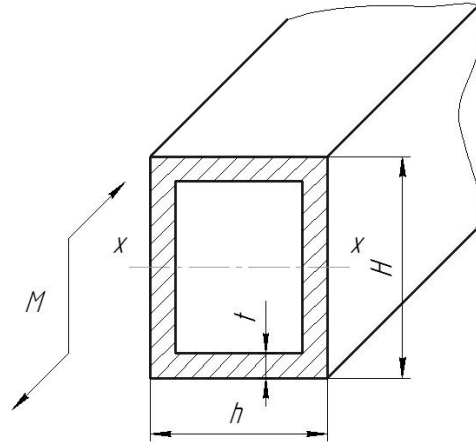
$$($$

$$)$$

,

40 × 25 × 3 ,

3
(. 4.16).



4.16 -

H, h, t

$\Delta\sigma$

:

$$140 \leq \Delta\sigma \leq 180, R = 0,1, t = 3, H = 40, h = 25. \quad (4.35)$$

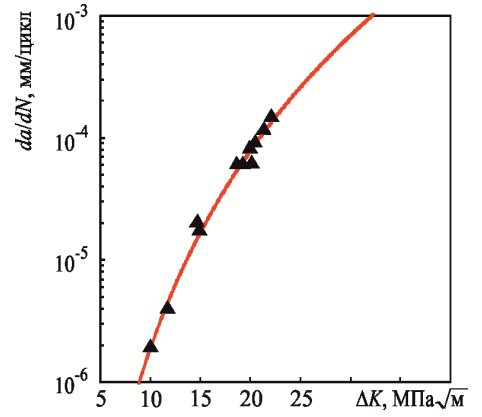
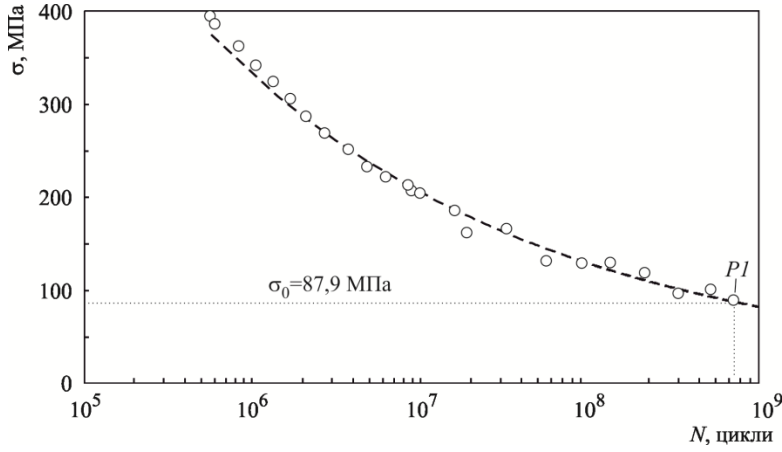
(4.32)-(4.35)

$$N = N$$

: $\sigma_0, N_0, K_{fC}, K_{th}, \alpha_0$.

(. 3,

3.3, 3.4)



a)

)

4.17 – () () 3

(4.16), (4.32)

« – », :

$$N_0 \approx 6,28 \cdot 10^8, \alpha_0 \approx 4,51 \cdot 10^{-9} ()^{-1} ()^{-2}, K_{fC} \approx 321 \sqrt{ }, R=0,1,$$

$$\sigma_0 \approx 87,9, K_{th}^* \approx 8,9 \sqrt{ }, \sigma_t \approx 440, \sigma_{-1} \approx 175. \quad (4.36)$$

(4.33)

l_0 .

[219].

(4.32) (4.33)

l_0

N

(4.35)

$\Delta\sigma$

()

$\Delta\sigma$, $\Delta\sigma \approx 180$.

(4.16) (4.36)

, N

$$N = 6,3 \cdot 10^6, \quad t = 1750. \quad (4.37)$$

$$l_0 = 0,001.$$

: (. 4.18,);
(. 4.18,).

$$N \text{ (. 4.18,)},$$

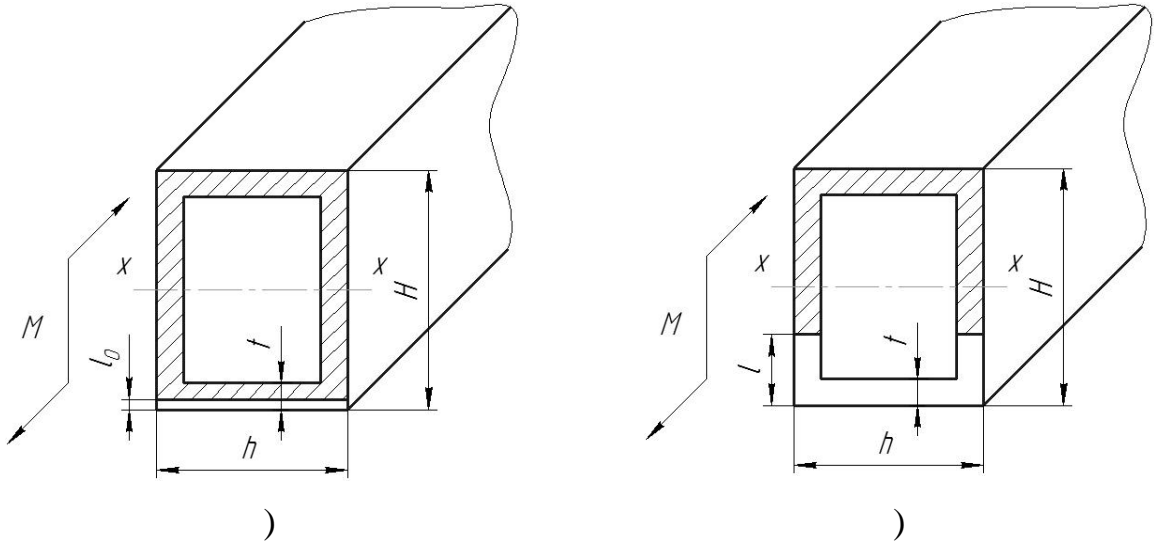
$$N^{(1)} \text{ (. 4.18,)},$$

$$N^{(2)}$$

$$N_* = N + N^{(1)} + N^{(2)}. \quad (4.38)$$

$$N \quad (4.36),$$

(4.38)



4.18 –

M

l_0

(4.18,) .

$$N = N^{(1)},$$

$$(4.32),$$

$$(4.33). \quad (4.32)$$

$$K_{I_{\max}}, \quad [29]$$

$$K_{I_{\max}} = \Delta\sigma \sqrt{\pi t} \varphi(\varepsilon), \quad \varphi(\varepsilon) = \sqrt{\varepsilon} [0,26(1-\varepsilon)^4 + (0,86 + 0,26\varepsilon)/(1-\varepsilon)^{1,5}], \quad (\varepsilon = l/t). \quad (4.39)$$

$$(4.32) \quad (4.33) \quad (4.39),$$

$N^{(1)}$

$$N^{(1)} = [\alpha_0 t (1-R)^4]^{-1} \int_{0,33}^1 \frac{(1-\xi^2)[K_{fc}^2 - (\Delta\sigma)^2 \pi t \varphi^2(\varepsilon)]}{[(\Delta\sigma)^4 (\pi t)^4 \varphi^4(\varepsilon) - K_{th}^4]} d\varepsilon. \quad (4.40)$$

(4.40) (4.36), (4.39),

$$N^{(1)} = 60568 \quad , \quad t^{(1)} = 16,82 \quad . \quad (4.41)$$

(4.18),

$$(4.32)$$

(4.33)

$$K_{I \max} \quad , \quad - \quad (\quad K_{I \max}$$

[218]

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi H} f_1(\varepsilon_1), \quad f_1(\varepsilon_1) = \sqrt{\varepsilon_1} [1,12 + 0,52\sqrt{\varepsilon_1} (1 + 6,42\varepsilon_1^2 - 6,53\varepsilon_1^3 + 5,86\varepsilon_1^4)], \quad \varepsilon_1 = \frac{l_1}{H}, \quad (4.42)$$

$$I_0 = \left\{ \begin{aligned} &(H-t-l_1)^3 + 3(H-t-l_1-2y_0)^2 \times \\ &\times (H-t-l_1) + 0,5ht^2 + 0,75(2H-2l_1-t-2y_0)^2 h \end{aligned} \right\} t/6;$$

$$\sigma = \frac{M}{I_0} y_0, \quad y_0 = H \frac{1 - (t/2H) - \varepsilon_1 + (1 - t/H - \varepsilon_1)^2 (H/h)}{1 + (1 - t/H - \varepsilon_1)H/h}.$$

(4.42) $K_{I \max}$

$K_{I \max}$

(4.32)

(4.33).

$$N = N^{(2)}$$

M

$$N^{(2)} = \frac{H(1-\xi^2)}{\alpha_0(1-R^2)^2} \int_{\varepsilon_{10}}^{\varepsilon_{1*}} \frac{K_{fc}^2 - (\sigma\sqrt{\pi H})^2 f_1^2(\varepsilon_1)}{(\sigma\sqrt{\pi H})^4 f_1^4(\varepsilon_1) - K_{th}^4} d\varepsilon_1, \quad \varepsilon_{10} = \frac{l_0}{H}, \quad \varepsilon_{1*} = \frac{l_*}{H}. \quad (4.43)$$

l_0, l_* –

l .

(4.43)

(4.35), (4.36)

(4.42),

$$N^{(2)} \approx 415$$

$$t^{(2)} \approx 7$$

(4.38),

$$t_* \approx 1767$$

(4.44)

[96],

7 ,

550 . ,

3,2 ,

()

[132, 149, 121].

4.5

() .

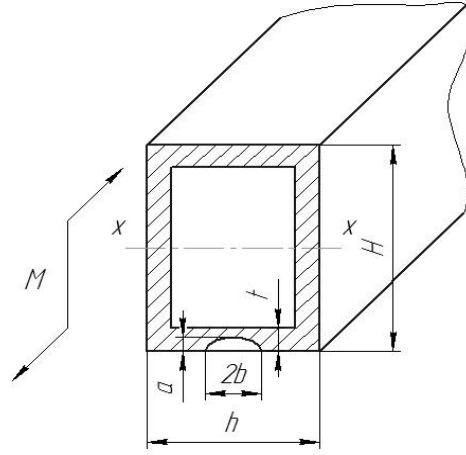
()

3 $H \times h \times t$ (0,040 × 0,025 × 0,003),

a, b

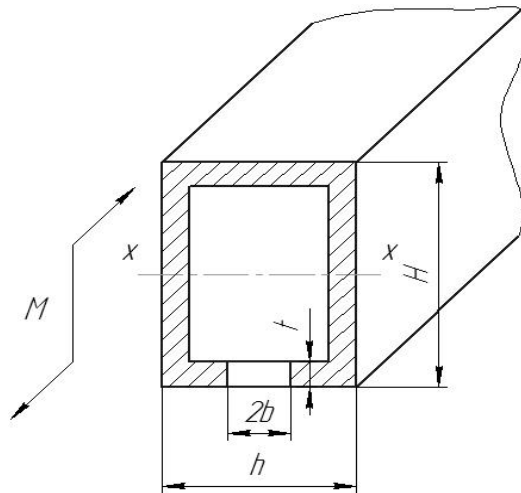
$M,$

σ (. . 4.19).



4.19 –

$$N = N$$



4.20 –

$$N = N_1 + N_2 + N_3. \tag{4.45}$$

$$\left(\dots \right) \tag{4.19} \quad \left(\dots \right) \tag{4.20}$$

[88, 92]

$$\frac{dS}{dN} = \frac{dW_p^{(2)}}{dN} / [\gamma_f - \gamma_t]; \tag{4.46}$$

$$N = 0, \quad S(0) = S_0; \quad N = N_1, \quad S(N_1) = S_1, \tag{4.47}$$

$$S - \dots; \quad S_0 - \dots; \quad \gamma_f - \dots; \quad \gamma_t - \dots; \quad N_1 - \dots; \quad S = S_1$$

$$S_1 = \pi b(N_1) a(N_1), \quad b(N_1) = t. \tag{4.48}$$

, (4.45)–(4.48), , ,

[91, 80],

ρ , ,

(4.45)–(4.48)

$$d\rho / dN = \alpha_0(1 - R^2)^2 (K_{I_{\max}}^4 - K_{th}^4) [(1 - \xi^2)(K_{fc}^2 - K_{I_{\max}}^2)]^{-1}, \quad (4.49)$$

:

$$N = 0, \rho(0) = \rho_0 = \sqrt{a_0 b_0}; \quad N = N_1, \quad \rho(N_1) = t, \quad (4.50)$$

[29]

$$K_1 = 0,7\sigma \sqrt{\pi t} f(\varepsilon), \quad f(\varepsilon) = \sqrt{\varepsilon} (1 + 0,32\varepsilon^2)(1,04 + 0,23\varepsilon^2 - 0,11\varepsilon^4); \quad (4.51)$$

$$\varepsilon = \rho / t; \quad \varepsilon_0 = \rho_0 t^{-1}.$$

(4.49)

(4.50)

(4.51),

$$N_1 = t \int_{\varepsilon_0}^1 \frac{(1 - \xi^2) [K_{fc}^2 - 0,49\sigma^2 \pi t f^2(\varepsilon)]}{\alpha_0(1 - R^2)^2 (0,24\pi^2 t^2 \sigma^4 f^4(\varepsilon) - K_{th}^4)} d\varepsilon. \quad (4.52)$$

 N_2

(. . . 4.20,

)

(. . . 4.18, ,

).

,

,

(4.32)

(4.33).

$$N = N_2$$

$$dl / dN = \alpha_0(1 - R^2)^2 (K_{I_{\max}}^4 - K_{th}^4) [(1 - \xi^2)(K_{fc}^2 - K_{I_{\max}}^2)]^{-1}; \quad (4.53)$$

$$N = 0, l(0) = t; \quad N = N_2, \quad l(N_2) = 0,5h. \quad (4.54)$$

$$l(0) = t$$

$$K_{I \max}$$

[218]

$$K_I = \sigma \sqrt{h} f_1(\varepsilon_1), \quad f_1(\varepsilon_1) = \frac{1,2533 \sqrt{\varepsilon_1}}{\sqrt{(1-\varepsilon_1)(1+1,4675\varepsilon_1)}}, \quad \varepsilon_1 = \frac{2l}{h}. \quad (4.55)$$

(4.53)

(4.54)

(4.55),

$$N_2 = \int_{2l/h}^1 \frac{0,5h(1-\xi^2)[K_{fc}^2 - \sigma^2 h f_1^2(\varepsilon_1)] d\varepsilon_1}{\alpha_0(1-R^2)^2[\sigma^4 h^2 f_1^4(\varepsilon_1) - K_{th}^4]}. \quad (4.56)$$

$$N_3$$

(4.18,) , l

$$(l = l_*)$$

(4.53)

$$dl / dN = \alpha_0(1-R^2)^2(K_{I \max}^4 - K_{th}^4)[(1-\xi^2)(K_{fc}^2 - K_{I \max}^2)]^{-1}; \quad (4.57)$$

$$N = 0, l(0) = t; \quad N = N_3, l(N_3) = l_*.$$

$$K_{I \max}$$

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi H} f_1(\varepsilon_1), \quad f_1(\varepsilon_1) = \sqrt{\varepsilon_1} [1,12 + 0,52 \sqrt{\varepsilon_1} (1 + 6,42 \varepsilon_1^2 - 6,53 \varepsilon_1^3 + 5,86 \varepsilon_1^4)], \quad \varepsilon_1 = \frac{l_1}{H}, \quad (4.58)$$

$$I_0 = \left\{ \begin{aligned} &(H-t-l_1)^3 + 3(H-t-l_1-2y_0)^2 \times \\ &\times (H-t-l_1) + 0,5ht^2 + 0,75(2H-2l_1-t-2y_0)^2 h \end{aligned} \right\} t/6,$$

$$\sigma = \frac{M}{I_0} y_0, \quad y_0 = H \frac{1 - (t/2H) - \varepsilon_1 + (1 - t/H - \varepsilon_1)^2 (H/h)}{1 + (1 - t/H - \varepsilon_1)H/h}.$$

(4.53)

(4.54),

N_3

$$N_3 = \frac{H(1-\xi^2)}{\alpha_0(1-R^2)^2} \int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon_*} \frac{K_{fc}^2 - (\sigma\sqrt{\pi H})^2 f_1^2(\varepsilon_1)}{(\sigma\sqrt{\pi H})^4 f_1^4(\varepsilon_1) - K_{th}^4} d\varepsilon_1, \quad \varepsilon_0 = \frac{t}{H}, \quad \varepsilon_* = \frac{l_*}{H}. \quad (4.59)$$

(4.55)

$\varepsilon_0 \quad \varepsilon_*$

l_0

$t,$

,

$$l_0 = t, \quad \varepsilon_0 = tH^{-1}.$$

ε_*

[218]

$$\sigma\sqrt{\pi H} f_1(\varepsilon_*) = K_{fc}. \quad (4.60)$$

N

(

)

(4.45), (4.52), (4.55)

(4.56).

,

,

,

$$t = 0,003, \quad K_{th}^* \approx 8,9 \quad \sqrt{\quad}, \quad \sigma_t \approx 440,$$

$$H = 0,040 \quad , \quad h = 0,025 \quad , \quad \sigma \approx 180 \quad ,$$

$$\alpha_0 \approx 4,51 \cdot 10^{-9} (\quad)^{-1} (\quad)^{-2}, \quad K_{fc} \approx 32,1 \quad \sqrt{\quad}, \quad R = 0,1. \quad (4.61)$$

$$(4.61) \quad N_1$$

$$N_1(\varepsilon_0) = 26 \cdot 10^4 \int_{\varepsilon_0}^1 \frac{[1 - 1,44 \cdot 10^{-2} f^2(\varepsilon)]}{[f^4(\varepsilon) - 0,83]} d\varepsilon; \quad 1 > \varepsilon > 0,6; \quad (4.62)$$

$$f(\varepsilon) = \sqrt{\varepsilon} (1 + 0,32\varepsilon^2) (1,04 + 0,23\varepsilon^2 - 0,1\varepsilon^4).$$

$$N_2 \quad (4.56) \quad (4.61)$$

$$N_2 = 11,63 \cdot 10^3 \int_{0,3}^1 \frac{[1 - 0,062 f_1^2(\varepsilon_1)] d\varepsilon_1}{[f_1^4(\varepsilon_1) - 0,011]}; \quad f_1(\varepsilon_1) = \frac{1,2533 \sqrt{\varepsilon_1}}{\sqrt{(1 - \varepsilon_1)(1 + 1,4675\varepsilon_1)}}. \quad (4.63)$$

$$N_3$$

$$(4.59)$$

$$(4.60)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_*,$$

$$\varepsilon_* = 0,57.$$

$$(4.61)$$

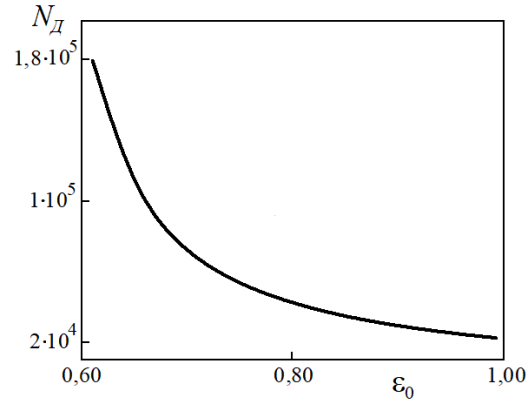
$$(4.59)$$

$$N_3 = 47 \cdot 10^2 \int_{0,075}^{0,570} \frac{1 - 0,391 f_1^2(\varepsilon_1)}{f_1^4(\varepsilon_1) - 0,0011} d\varepsilon_1,$$

$$f_1(\varepsilon_1) = \sqrt{\varepsilon_1} [1,12 + 0,52 \sqrt{\varepsilon_1} (1 + 6,42\varepsilon_1^2 - 6,53\varepsilon_1^3 + 5,86\varepsilon_1^4)]. \quad (4.64)$$

$$, \quad N$$

$$N(\epsilon_0) = N_1(\epsilon_0) + N_2 + N_3. \tag{4.65}$$



4.21 – $N \sim \epsilon_0$

(4.62)-(4.64)

(. . . 4.21) $N \sim \epsilon_0$

ϵ_0 .

N_1, N_2, N_3 . 4.21

N_1

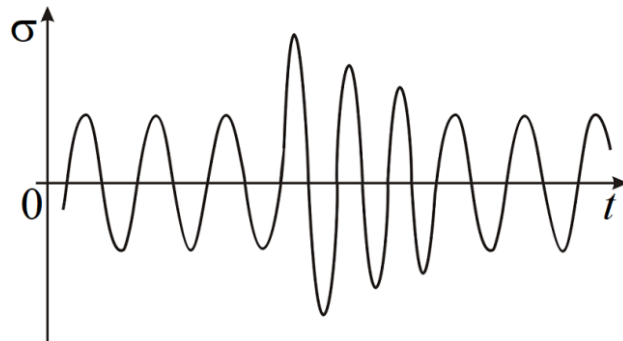
4.6

. 4.18).

a_0 $f > 1$ n

M_i ($i = 1, \dots, n$)

(. . . 4.22).



4.22 -

[218, 7],

(4.18).

$$(N = N_*, t = t^*),$$

$$l_0 \quad l = l_*$$

(4.18).

(4.18)

l (

$: H \times h -$

$; t -$

$; l_0 -$

$; M -$

M_i

l_i

V

(4.66),

$$V = \frac{dl}{dt} \approx \frac{\Delta l_c}{\Delta N_c}. \tag{4.66}$$

Δl_c

[7, 87, 89]

$$A = W + \dots \tag{4.67}$$

$W - \Delta l_c,$

$$W = W_s + W_p^{(1)}(l) - W_p^{(2)}(t) + W_p^{(3)}(l), \tag{4.68}$$

$W_s -$ $W; W_p^{(1)}(l) -$
 $W_p^{(2)}(t) -$ $l;$
 M t
 $(N = tT^{-1})$;
 $W_p^{(3)}(l) -$
 M_i $l; -$
 $l.$

$$\frac{dA}{dN} = \frac{dW}{dN} + \frac{d}{dN}. \tag{4.69}$$

(4.68) (4.69),

$$\frac{\partial}{\partial l} \left[\Gamma - (A - W_s - W_p^{(1)} - W_p^{(3)}) \right] \frac{dl}{dN} - \frac{dW_p^{(2)}}{dN} = 0. \tag{4.70}$$

(4.70)

$$V = dl/dN$$

$$\frac{dl}{dN} = \frac{dW_p^{(2)}}{dN} \bigg/ \frac{\partial}{\partial l} [\Gamma - (A - W_s - W_p^{(1)} - W_p^{(3)})]. \tag{4.71}$$

[7, 87, 89]

$$\frac{\partial}{\partial l} [- (A - W_{sp} - W_p^{(1)})] = \gamma_f - \gamma_t - \frac{dW_p^{(3)}}{dl}. \tag{4.72}$$

$$\gamma_t = \delta_t \sigma_{0f} -$$

$$; \gamma_f = \delta_c \sigma_{0f} - ;$$

$$\delta_t - ; \delta_c - ; \sigma_{0f} -$$

$$W_p^{(2)}(t), W_p^{(3)}(l) \tag{4.71}$$

[84, 86]

$$W_p^{(3)}(l) = 0,25(1 - R_\delta)^2 \int_0^l \alpha_0 \sigma_{0f} \sum_{i=1}^n \delta(x - l_i) [\delta_{Mt}^2(x) - \delta_{th}^2] dx ; \tag{4.73}$$

$$W_p^{(2)}(N) = \alpha_0 N \sigma_t (1 - R_\delta)^2 (\delta_{tmax}^2 - \delta_{th}^2). \tag{4.74}$$

$$\alpha_0 - ,$$

$$; \delta_{th} - \delta_t$$

$$; R_\delta = \delta_{tmin} \delta_{tmax}^{-1} ; \delta(x) - - [182]; \delta_{Mt} -$$

$$M_i ; l_i -$$

$$i - M_i .$$

$$(4.72)-(4.74) \tag{4.71}$$

[84, 86], ,

$$t = t_*,$$

$$M, M_i$$

$$\frac{dl}{dN} = \frac{\alpha_0(1 - R_\delta)^2[\delta_t^2(l) - \delta_{th}^2]}{\delta_c - \delta_t - 0,25\alpha_0(1 - R_\delta)^2 \sum_{i=1}^n \delta(l - l_i)[\delta_{Mt}^2(l) - \delta_{th}^2]} \quad (4.75)$$

$$(4.75)$$

:

$$N = 0, \quad l(0) = l_0; \quad N = N_*, \quad l(N_*) = l_*; \quad \delta_t(l_*) = \delta_c. \quad (4.76)$$

$$(4.75)$$

$$(4.76),$$

$$\frac{\delta_t(l)}{\delta_c} = \frac{K_{I\max}^2(l)}{K_{fC}^2}, \quad \delta_{th} = \frac{K_{th}^2}{\sigma_{0f}E}, \quad \delta_t(l) = \frac{K_I^2(l)}{\sigma_{0f}E},$$

$$N_* = \int_{l_0}^{l_*} \frac{E\sigma_{0f}[1 - K_I^2(l)K_{fC}^{-2}]}{\alpha_0 K_{fC}^2 (1 - R_\delta^2)^2 [K_{fC}^{-4} K_t^4(l) - K_{fC}^{-4} K_{th}^4]} dl - 0,25 \sum_{i=1}^n \frac{K_{MI}^4(l_i) - K_{th}^4}{K_I^4(l_i) - K_{th}^4}. \quad (4.77)$$

$$K_I, K_{MI} -$$

$$M, M_i,$$

$$l_*$$

$$K_{MI}(l_*) = K_{fC}. \quad (4.78)$$

,

-

$$M_i$$

$$t = t_i \quad (i = 1, \dots, n),$$

$$\Delta l = n^{-1}(l_* - l_0).$$

[182] n , $\Delta l \ll (l_* - l_0)$ (4.77)

$$N_* \approx \int_{l_0}^{l_*} \frac{E\sigma_{0f}(1 - K_I^2(l)K_{fC}^{-2})}{\alpha_0 K_{fC}^2 (1 - R_\delta)^2 [K_{fC}^{-4} K_I^4(l) - K_{fC}^{-4} K_{th}^4]} dl - \frac{n}{l_* - l_0} \int_{l_0}^{l_*} \frac{K_{MI}^4(l) - K_{th}^4}{K_I^4(l) - K_{th}^4} dl. \quad (4.79)$$

(4.79),
 $\alpha_0, n, K_{IC}, E, \sigma_{0f}, K_{fC}, R_\delta, K_{th}, K_{MI}, K_I, l_0, l_*, n$

M

— M_i

3

40 $\times 25 \times 3$, (. 4.22).

H, h, t

$\Delta\sigma$
 [60]:

$105 \leq \Delta\sigma \leq 150$, $R=0,1$, $t=3$, $H = 40$, $h = 25$. (4.80)

(4.79)

$N = N_*$

$K_{fC}, K_{th}, \sigma_{0f}, \alpha_0$

[116]

3 (. . 4.17,).

(4.75)

K_{fC}, K_{th}, α_0 :

$R_\delta = 0,01$, $\alpha_0 \approx 0,3375()^{-1}$, $K_{th}^* \approx 8,9 \sqrt{}$, $K_{fC} \approx 321 \sqrt{}$. (4.81)

(4.79)

l_0 .

$l_0 = t = 3$

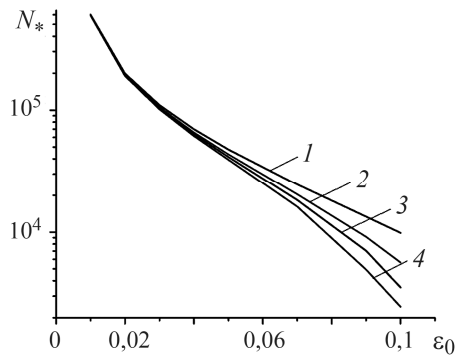
(4.80) $\Delta\sigma$ ()

: $\Delta\sigma \approx 105$, $\Delta\sigma_M \approx 150$,
 M, M_i .

) $\Delta\sigma \approx 105 M a$
 $\Delta\sigma_M \approx 150$ M_i . $K_{I\max}$

[263]

$K_I = 1,1\Delta\sigma \sqrt{\pi l} [0,265(1-\varepsilon)^4 + (0,857 + 0,265\varepsilon)/(1-\varepsilon)^{1,5}]$. (4.82)



1 - $n = 0$; 2 - 400; 3 - 600; 4 - 800
 4.23 - $N_* \sim \varepsilon_0$ (I)
 (2-4) n
 (4.79) (4.80)-(4.82)

. 4.23
 N_*
 ε_0 (I -
) (2-4)

n

,

3

.

4.7

4

1.

3

,

.

,

,

,

,

,

2

2.

.

,

,

,

.

,

.

3.

(

).

3

.

,

3

.

5

-

, , , .

.

, ,

, , .

, ,

.

,

,

.

,

.

,

.

,

(),

.

,

-

.

()

[6, 3, 4].

5.1

70-80% [225, 225, 267, 228, 56, 232, 153].

[225, 267, 228].

10 %.

(),

,
 ,
 ,
 .
 , ,
 , ,
 , ,
 .
 ,
 ,
 « » . [224] ,
 ,
 .
 - .
 , 40-60 %
 .
 : , .
 ,
 .
 , .
 .
 : () () .

().

,

.

.

,

.

.

—

.

.

,

,

.

.

,

.

(),

, ().

,

,

, (),

,

,

.

(),

,

.

,

.

,

.

,

.

,

,

,

,

,

,

, , , 0,02-0,07 / , , ,

0,42-0,44 / .

, , 40-60 %.

(,) ,

() . ,

(,).

().

[225, 267, 228, 56].

()

· ,
 · ,
) . (

5.2

, [139, 153, 173, 274].

, ()

·
 R₁

[203]

$$E = -\text{grad}\varphi, \quad i = -\frac{1}{R_1} \text{grad}\varphi. \quad (5.1)$$

[274], φ ,

$$\nabla^2\varphi = 0.$$

, φ ,

$$\Delta^2\phi = 0, \quad \phi(x, y, 0) = f_1(x, y), (x, y) \in S_1; \tag{5.2}$$

$$\Delta^2\phi = 0, \quad \left[\frac{\partial\phi(x, y, z)}{\partial z} \right]_{z=0} = -R_1 f_2(x, y), (x, y) \in S_2; \tag{5.3}$$

$$\Delta^2\phi = 0, \quad \phi(x, y, 0) = f_3(x, y), (x, y) \in S_3; \left[\frac{\partial\phi(x, y, z)}{\partial z} \right]_{z=0} = -R_1 f_4(x, y), (x, y) \in S_4. \tag{5.4}$$

where $z=0$ is the xy -plane, S_1, S_2, S_3, S_4 are regions in the xy -plane; $f_1(x, y); f_2(x, y); f_3(x, y); f_4(x, y)$ are functions defined in S_1, S_2, S_3, S_4 respectively.

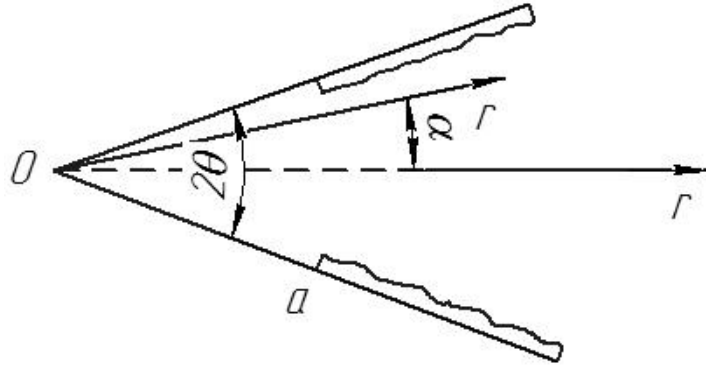
(5.2)

()

Or α

20 , Or (. 5.1)

()



5.1 -

$\varphi_0 \quad \varphi_1$

:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \alpha^2} = 0, \quad \varphi(r, \alpha) = \begin{cases} \varphi_1, & |r| < a; \\ \varphi_0, & |r| > a, \end{cases} \quad \alpha = \pm \theta. \quad (5.5)$$

(5.3)

$\varphi(r, \alpha)$

[288]

$$\varphi(r, \alpha) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{a^p (\varphi_1 - \varphi_0)}{p \cos p \theta} \cos p \alpha \cdot r^{-p} dp. \quad (5.6)$$

(5.1)

$$i = - \frac{1}{R_1} \frac{\partial \varphi}{\partial \alpha} \Big|_{\alpha=\theta}. \quad (5.7)$$

(5.6) (5.7),

[288],

$$i_a = -\frac{1}{2\pi i R_1} \left[\frac{\partial}{\partial \alpha} \int_L \frac{a^p (\varphi_1 - \varphi_0)}{p \csc p \theta} \cos p \alpha r^{-p} dp \right]_{\alpha=\theta} = \frac{(2ra)^{\pi/\theta} (\varphi_0 - \varphi_1)}{r R_1 \theta (r^{2\pi/\theta} - a^{2\pi/\theta})}. \quad (5.8)$$

(5.8) R_1

$$i(t) = \frac{(2ra)^{\pi/\theta} (\varphi_0 - \varphi_1)}{R_0 r \theta (r^{2\pi/\theta} - a^{2\pi/\theta}) + k_1 (2ra)^{\pi/\theta} (\varphi_0 - \varphi_1) [1 - \exp(-\xi m t F^1)]}. \quad (5.9)$$

(5.9)

5.3

[280]

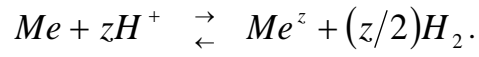
+

$$+ = 10^{-pH},$$

pH

+,

$pH,$



[274, 139].

()

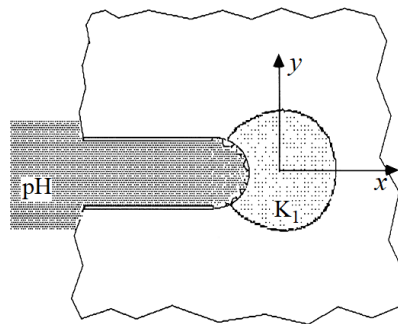
),

(

-

$l,$

. 5.2.



5.2 -

$$C_{H+}(x, t)$$

$$C_{H+}(x, t)$$

$$C_{H+}(l, t) = C_2, \tag{5.10}$$

$$C_{H+}(o, t) = C_1. \tag{5.11}$$

$$t=0,$$

$$C_{H+}(x, o) = C(x, o). \tag{5.12}$$

$$C_{H+}(x, t)$$

[173]

$$C_{H+}(x, t)$$

$$\frac{\partial C_{H+}}{\partial t} = D_H \frac{\partial^2 C_{H+}}{\partial x^2}. \tag{5.13}$$

$$D_H -$$

$$(5.10) - (5.13),$$

[239]

$$C_{H^+}(x,t) = C_1 + (C_2 - C_1)xl^{-1} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} (C_2 n^{-1} \cos(n\pi) - C_1 n^{-1}) \sin(n\pi xl^{-1}) \times \exp(-n^2 \pi^2 D_H t l^{-2}) + 2l^{-1} \sum_{n=1}^{\infty} \sin(n\pi xl^{-1}) \exp(-n^2 \pi^2 D_H t l^{-2}) \int_0^l C(\xi, 0) \sin(n\pi \xi l^{-1}) d\xi. \tag{5.14}$$

$$, \quad t \rightarrow \infty, \tag{5.14}$$

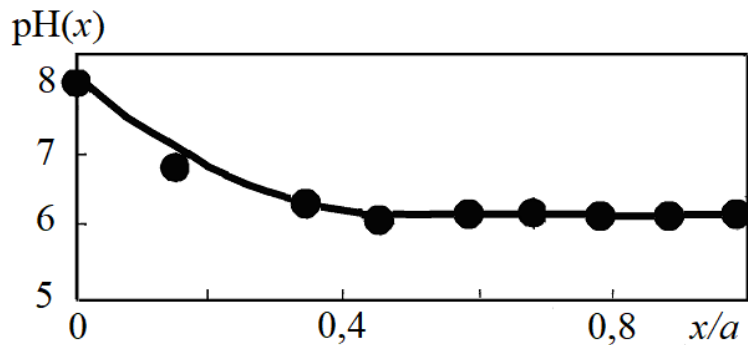
$$C_{H^+}(x, \infty) = C_1 + (C_2 - C_1)xl^{-1} \tag{5.15}$$

[173],

$$C_{H^+} = 10^{-pH}. \tag{5.16}$$

(5.15) (5.16),

$$pH = -\lg [C_1 + (C_2 - C_1)xl^{-1}] \tag{5.17}$$



5.3 – (5.17)

()

()

[153]

08 18 12

(5.17)

,

.

(5.17)

$l,$
 [153]. . 5.3
 [153] ()
 $1=10^{-8}$ $2=10^{-6,3}.$
 (5.17).
 $=0$
 $t > 0$

$$C_{H+}(0, t) = C_o, \tag{5.18}$$

,
 ()

$$\left. \frac{\partial C_{H+}(x, t)}{\partial x} \right|_{x=l} = -C_* \tag{5.19}$$

,

$$C_{H+}(x, 0) = -C_*x. \tag{5.20}$$

,

$$C_{H+}(x, t) = C_{H+}^{(1)}(x, t) - C_*x. \tag{5.21}$$

(5.18)-(5.20)

$C_{H+}(x, t)$

$$C_{H+}^{(1)}(0,t) = C_0, \quad C_{H+}(x,0) = \frac{\partial C_{H+}^{(1)}(x,t)}{\partial x} \Big|_{x=l} = 0. \tag{5.22}$$

, [239]

, , (5.21)

$$C_{H+}(x,t),$$

$$C_{H+}(x,t) = C_0 \left\{ 1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{D_H t}} - \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left[\operatorname{erf} \frac{2nl+x}{2\sqrt{D_H t}} - \operatorname{erf} \frac{2nl-x}{2\sqrt{D_H t}} \right] \right\} - C_* x. \tag{5.23}$$

$\operatorname{erf} y =$,

$$\operatorname{erf} y = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^y \exp(-x^2) dx. \tag{5.24}$$

(5.23)

H_+

5.4

-

:

:

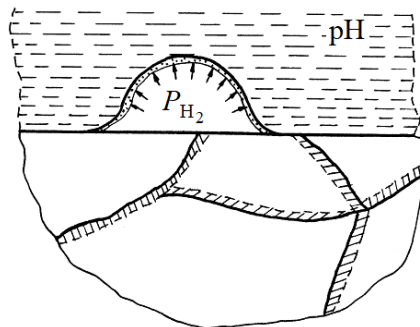
,

[69].

[282].

(. 5.4).

[274]



5.4 –

V_m p_{H_2} -

$$V_m(t) = p_{H_2}(t)V_m^{(1)}, \tag{5.25}$$

$V_m^{(1)}$ -

$$p_{H_2}(t) = \frac{RTM_{H_2}(t)}{\mu V_m(t)}. \tag{5.26}$$

$M_{H_2}(t)$ - $t; \mu$ -

$$M = mQF^{-1}$$

$$Q = S_o \int_0^t i_a dt,$$

[274, 139], (5.26) (5.25) , i

$t,$

$$p_{H_2}^2(t) = \frac{RTS_1(i)t}{2V_m(1)F}. \tag{5.27}$$

S_1 -

S'_0 - S_0

[218]

$$C_H(t) = \eta \sqrt{p_{H_2}(t)}. \tag{5.28}$$

η -

$C_H(t)$

$$C_H(t) = A^{(*)} \sqrt[4]{|i|t}, \tag{5.29}$$

$A^{(*)}$

$$A^{(*)} = \frac{S_0' \sqrt[4]{RTS_1}}{S_0 \sqrt[4]{FV_m^{(1)}}}. \tag{5.30}$$

$$C_H^*(t_*) = \alpha_* C_H(t_*) = A^{(*)} \alpha_* \sqrt[4]{|i|t_*},$$

$$C_H^*(t_*) = \alpha_* C_H(t_*) = A^{(*)} \alpha_* \sqrt[4]{|i|t_*}, \tag{5.31}$$

$$\alpha_* < 1$$

$$m_H = d_*$$

$$m_H = A_1^{(*)} \sqrt[4]{|i|}, \tag{5.32}$$

$$A_1^{(*)} = \alpha_* d_* A^{(*)} \sqrt[4]{t_*}.$$

m_H

i

[290].

$$m_H =$$

$$m_H = \alpha_1 \sqrt{i(i + \alpha_2)^{-1}}, \tag{5.33}$$

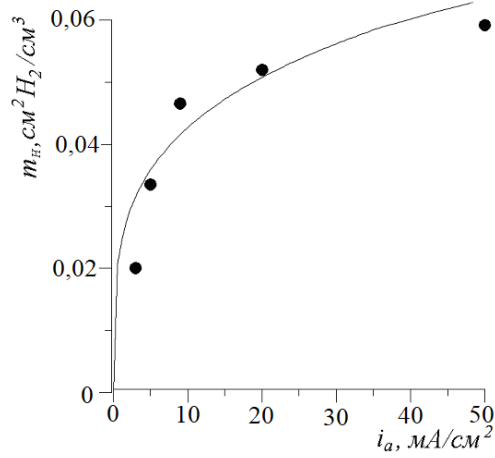
$\alpha_1, \alpha_2 -$,

. 5.5

()

[290]

98



5.5 -
)

(5.33) (

[290] (0.2 . H₂SO₄ + 2 / CS(NH₂)₂, T=22⁰C)

i_a (0.2 . H₂SO₄ + 2 / S(NH₂)₂, $t_*=60$, =22⁰)

(5.33) (

). $A_1^{(*)}$

$A_1^{(*)}=0,024.$

. 5.5, (5.33),

(5.29),

V

$$V = d_* t_*^{-1}. \tag{5.34}$$

[82],

d_*

$$d_* \approx \alpha_3 K_I^2, \tag{5.35}$$

$\alpha_3 > 1 -$
 t_*

,

[82]

.

$$t_* = \alpha_3 V^{-1} K_I^2 \tag{5.36}$$

(5.36) (5.29)

$$C_H = A^{(*)} \sqrt[4]{\alpha_3 V^{-1} K_I^2 |i|}. \tag{5.37}$$

(5.9).

$a = d_*$.

$$i_a \approx f^{(o)}(\theta, d_*, R_o, t_*, k_1, \varphi_o - \varphi_1) \frac{\varphi_o - \varphi_1}{R_o d_*}, \tag{5.38}$$

$f^{(o)}$ -

,

.

,

,

$f^{(o)}$.

[69, 282, 82]

(5.38)

(5.37)

$$C_H = A^* f_o^{1/4} (R_o V)^{-1/4} (A_1 - 0,059 pH + A_o \varepsilon_{cf} K_I^2 K_{fc}^{-2})^{1/4}. \tag{5.39}$$

(5.39)

V,

R_o i pH ,

5.5

()

[225, 267, 228, 56].

()

(. . 4.15)

[218].

(),

, .4.16.

,

()

f ,

($f \approx 1$).

,

(

)

-

.

(

$N = N_*$),

(

).

[91, 259],

N_*

$$N_* = N + N ,$$

(5.40)

$N -$

; $N -$

,

4,

,

$l_0 = 0,001$

N

(. .4.18,).

N

4

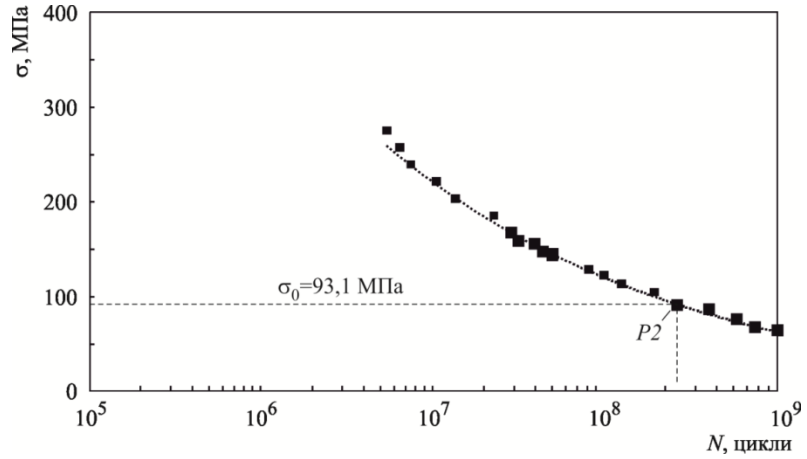
(4.16)

$$N = N_0 10^{-\sigma \sigma_0^{-1}} ,$$

$\sigma_0, N_0 -$

,

(. . 3.4, . 3.4),
 . 5.6.



5.6 – 3
 (■)

(5.41) . 5.6 ,

$$\sigma_0 = 93,1 \quad , \quad N_0 = 2,33 \cdot 10^8 \quad . \quad (5.41)$$

N

() $60 \times 60 \times 3$ (4.35)

4.

$$\Delta\sigma \approx 180 \quad .$$

(4.16) (5.41)

$$N \approx 3 \cdot 10^6 \quad .$$

$l_0 = 0,001$ (. . 4.18,),

l_* , . 4.18, . 4,

$$l = l_0$$

$$\begin{aligned}
 l=l_1 \quad N^{(1)} & \quad (4.18,) , \\
 N^{(2)} & \quad l=l_1 \\
 l=l_* , \\
 N & = N^{(1)} + N^{(2)} . \tag{5.42}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N^{(1)} & \tag{4.18} \\
 [228, 5]. \quad W & \\
 (4.18) \quad \Delta l_c & \\
 (4.19) &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W & = W_s + W_p^{(1)}(l) - W_p^{(2)}(t). \tag{5.43} \\
 (4.18), &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{dA}{dN} & = \frac{dW}{dN} + \frac{d}{dN}. \tag{5.44} \\
 - & \\
 (5.43) & \quad (5.44) \\
 t. & \\
 (5.45) &
 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial}{\partial l} \left[\Gamma - (A - W_s - W_p^{(1)}) \right] \frac{dl}{dN} + \frac{d\Gamma}{dN} - \frac{dW_p^{(2)}}{dN} = 0. \tag{5.45}$$

$$\begin{aligned}
 V & = dl/dN , \\
 (5.45) &
 \end{aligned}$$

$$\frac{dl}{dN} = \left[\frac{dW_p^{(2)}}{dN} - \frac{d\Gamma}{dN} \right] / \frac{\partial}{\partial l} [\Gamma - (A - W_s - W_p^{(1)})]. \tag{5.46}$$

$$(5.46)$$

[296, 89] (4.23).

$$\sigma_t \tag{4.24}$$

$$(4.23) \tag{5.46}$$

$$\frac{dl}{dN} = \left[\frac{dW_p^{(2)}}{dN} - \frac{d\Gamma}{dN} \right] / \sigma_0 (\delta_{fc} - \delta_t). \tag{5.47}$$

$$(5.47) \quad \frac{dW_p^{(2)}}{dN}, \frac{d\Gamma}{dN}, \tag{5.17), (5.29)}$$

[89, 80]

$$dW_p^{(3)} / dN = \beta \sigma_0 [(\delta_{t \max} - \delta_{t \min})^2 - (\delta_{scc}^{(\max)} - \delta_{scc}^{(\min)})^2], \eta_2 = 0,25 \beta A B^4 \sqrt{Ti_{\max}},$$

$$d\Gamma / dN = -\eta_2 \sigma_0 T (\delta_{t \max} - \delta_{scc}^{(\max)}) + \sigma_0 F T n^{-1} m^{-1} i(T) [\delta_{fc} - AC_H(T)]. \tag{5.48}$$

$$(5.48) \quad (5.47),$$

$$\frac{dl}{dN} = \frac{\beta [(\delta_{t \max} - \delta_{t \min})^2 - (\delta_{scc}^{(\max)} - \delta_{scc}^{(\min)})^2] + \eta_2 (\delta_{t \max} - \delta_{scc}^{(\max)})}{\delta_{fc} - \delta_{t \max}}, \tag{5.49}$$

$$\beta \quad \eta_2 - \quad , \quad - \quad 3 \quad , \quad (\quad . \quad 3), \quad \delta_{t \max}, \delta_{t \min}, \delta_{scc}^{(\max)}, \delta_{scc}^{(\min)} -$$

$$[3, 60, 228], \quad \delta_{fc} -$$

$$; T - \quad , \quad (5.49)$$

$$, \quad , \quad 4,$$

$$\delta_{l_{\min}} = K_{l_{\min}}^2 [E\sigma_t(1-\xi^2)]^{-1}, \quad \delta_{l_{\max}} = K_{l_{\max}}^2 [E\sigma_t(1-\xi^2)]^{-1}, \quad \xi = p\sigma_t^{-1},$$

$$\delta_{fc} = K_{fcc}^2 [E\sigma_t(1-\xi^2)]^{-1}, \quad \delta_{scc}^{(\max)} = (K_{scc}^{(\max)})^2 [E\sigma_t(1-\xi^2)]^{-1}, \quad \delta_{scc}^{(\min)} = (K_{scc}^{(\min)})^2 [E\sigma_t(1-\xi^2)]^{-1},$$

$$R_\delta = K_{l_{\min}}^2 K_{l_{\max}}^{-2} = R^2. \quad (5.50)$$

$$\frac{dl}{dN} = \frac{\beta [K_{l_{\max}}^2 - (K_{scc}^{(\max)})^2] \{ (1-R^2)^2 [K_{l_{\max}}^2 + (K_{scc}^{(\max)})^2] + \eta_2 [E\sigma_t(1-\xi^2)] \}}{[E\sigma_t(1-\xi^2)] (K_{fcc}^2 - K_{l_{\max}}^2)}. \quad (5.51)$$

:

$$N = 0, \quad l(0) = l_0; \quad N = N^{(1)}, \quad l(N^{(1)}) = l_1. \quad (5.52)$$

(5.51)

$$K_{l_{\max}}, \quad [29]$$

$$K_{l_{\max}} = \Delta\sigma \sqrt{\pi t} \varphi(\varepsilon), \quad \varphi(\varepsilon) = \sqrt{\varepsilon} [0,26(1-\varepsilon)^4 + (0,86 + 0,26\varepsilon)/(1-\varepsilon)^{1,5}], \quad (\varepsilon = l/t). \quad (5.53)$$

(5.51)

(5.52)

(5.53),

 $N^{(1)}$

$$N^{(1)} = \int_{0,33}^1 \frac{t\beta^{-1} E\sigma_t(1-\xi^2) [K_{fcc}^2 - (\Delta\sigma)^2 \pi t \varphi^2(\varepsilon)]}{[(\Delta\sigma)^2 \pi t \varphi^2(\varepsilon) - K_{scc}^2] \{ (1-R^2)^2 [(\Delta\sigma)^2 \pi t \varphi^2(\varepsilon) + K_{scc}^2] + \eta_2 [E\sigma_t(1-\xi^2)] \}} d\varepsilon.$$

(5.54)

$$E, \sigma_t, K_{fCC}, R, K_{scc}, l_0, t, \xi, \Delta\sigma, N^{(1)}, \beta, \eta_2, R=0,1, c=3, H=60, \Delta\sigma = 180, \sigma_t = 440, \xi = 0,41, \beta, \eta_2, E, \sigma_t, K_{fCC}, R, K_{scc} \cdot 3$$

$$\beta, \eta_2, E, K_{fCC}, K_{scc} :$$

$$\beta \approx 0,3()^{-1}, \eta_2 \approx 1,2 \cdot 10^{-5} / c, E = 2 \cdot 10^5, \quad (5.55)$$

$$K_{fCC} = 101 \sqrt{\quad}, K_s = 11 \sqrt{\quad}.$$

(5.55) (5.54)

$$N^{(1)} = 141 \int_{0,33}^1 \frac{[1 - 0,03\rho^2(\varepsilon)]}{[2,52\rho^2(\varepsilon) - 1][0,3\rho^2(\varepsilon) + 1]} d\varepsilon. \quad (5.56)$$

(5.56),

$$N^{(1)} \approx 4,61.$$

$$N^{(2)}, \quad (\cdot 4.18,), \quad l = l_*.$$

(5.51)

(5.52)

$$K_{I \max} \cdot \quad , \quad - \quad (\quad)$$

$$1 \cdot \quad K_{I \max}$$

[218]

$$K_I = \Delta\sigma \sqrt{\pi H} \varphi_1(\varepsilon_1), \quad \varphi_1(\varepsilon_1) = \sqrt{\varepsilon_1} [1,12 + 0,52\sqrt{\varepsilon_1} (1 + 6,42\varepsilon_1^2 - 6,53\varepsilon_1^3 + 5,86\varepsilon_1^4)], \quad \varepsilon_1 = \frac{l_1}{H} \quad (5.57),$$

$$I_0 = \left\{ \begin{aligned} & (H - c - l_1)^3 + 3(H - c - l_1 - 2y_0)^2(H - c - l_1) + \\ & + 0,5hc^2 + 0,75(2H - 2l_1 - c - 2y_0)^2 h \end{aligned} \right\} c/6;$$

$$\Delta\sigma = \frac{M}{I_0} y_0, \quad y_0 = H \frac{1 - (c/2H) - \varepsilon_1 + (1 - c/H - \varepsilon_1)^2 (H/h)}{1 + (1 - c/H - \varepsilon_1)H/h}.$$

$$h = H,$$

(5.57)

$K_{I \max}$

$K_{I \max}$

(5.51)

(5.52).

$$N = N^{(2)}$$

M

$$N^{(2)} = \int_{c/H}^{l_*/H} \frac{H\beta^{-1} E\sigma_t (1 - \xi^2) [K_{fCC}^2 - (\Delta\sigma)^2 \pi H \varphi_1^2(\varepsilon_1)]}{c/H [(\Delta\sigma)^2 \pi H \varphi_1^2(\varepsilon_1) - K_{scc}^2] \{ (1 - R^2)^2 [(\Delta\sigma)^2 \pi H \varphi_1^2(\varepsilon_1) + K_{scc}^2] + \eta_2 [E\sigma_t (1 - \xi^2)] \}} d\varepsilon_1. \quad (5.58)$$

l_* -

l_1 .

(5.55).

(5.58)

$$\varepsilon_* = l_* / H .$$

ε_*

[218]

$$\sigma \sqrt{\pi H} f_1(\varepsilon_*) = K_{fc} . \tag{5.59}$$

$$, \quad \varepsilon_* \approx 0,57 .$$

(5.58)

(5.55)

(5.57),

$$, \quad N^{(2)} \approx 9986 .$$

$N, N^{(1)}, N^{(2)}$

(5.40) (5.42),

$$N_* \approx 301 \cdot 10^4$$

$$t_* \approx 836 .$$

(5.60)

[225],

7 ,

550 .

1,5 ,

(5.60)

(4.44) ,

2 .

()

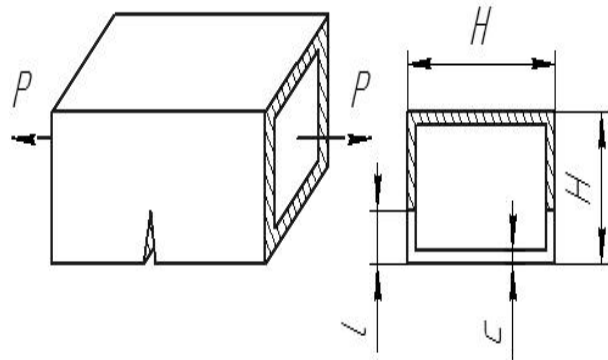
[225, 267].

5.6

- ,

,

« » ,



5.7 -

(. . . 5.7).

$$a_0 \quad f > 1 \quad , \quad n$$

$$M_i, \quad P_i$$

($i = 1, \dots, n$)

(. . . 4.22).

[218, 91],

(. . . 5.7).

$$N = N_* \quad t_* = T \cdot N_*, \quad T-$$

$$), \quad l_0$$

$$l = l_*$$

$$l (. . . 5.7). \quad , \quad .5.7$$

$$: H \times H- \quad ; c - \quad ;$$

$$l_0 - \quad ; P -$$

$$() \quad l = l_0, \quad l = l_*$$

$$M_i$$

, l_i , , V

$$V = \frac{dl}{dt} \approx \frac{\Delta l_c}{\Delta N_c}. \tag{5.61}$$

, , [81, 84, 86], (4.18)

$$A = W + . \tag{5.62}$$

(5.62) W

(Δl_c) .

$$W = W_s + W_p^{(1)}(l) - W_p^{(2)}(t) + W_p^{(3)}(l), \tag{5.63}$$

$W_p^{(3)}(l) -$

, , P_i .

l ; - ,

l .

[81, 84], ,

Δl_c - l_a l_m .

$$\Delta l_c = l_a + l_m. \tag{5.64}$$

[81, 84] , (5.64)

$$l_m = \beta (\delta_t - \xi), \quad l_a = Fm^{-1}n^{-1} \int_0^{\Delta t} i(t) dt. \tag{5.65}$$

$$F - \quad ; m - \quad - \quad ; n - \quad ; \xi, \beta, A - \quad , \quad [81]. \tag{5.66}$$

$$\frac{dA}{dN} = \frac{dW}{dN} + \frac{d}{dN} \tag{5.66}$$

$$(5.63) \tag{5.66}$$

$$\frac{\partial}{\partial l} \left[\Gamma - (A - W_s - W_p^{(1)} - W_p^{(3)}) \right] \frac{dl}{dN} + \frac{d\Gamma}{dN} - \frac{dW_p^{(2)}}{dN} = 0. \tag{5.67}$$

(5.67)

$$\frac{dl}{dN} = \left[\frac{dW_p^{(2)}}{dN} - \frac{d\Gamma}{dN} \right] / \frac{\partial}{\partial l} \left[\Gamma - (A - W_s - W_p^{(1)} - W_p^{(3)}) \right]. \tag{5.68}$$

[296],

$$\frac{\partial}{\partial l} \left[\Gamma - (A - W_s - W_p^{(1)}) \right] = \gamma_f - \gamma_t - \frac{dW_p^{(3)}}{dl}, \tag{5.69}$$

$$\gamma_t = \delta_t \sigma_{of} - \quad , \quad ; \gamma_f = \delta_c \sigma_{of} - \quad ; \delta_t - \quad ; \delta_c - \quad ; \sigma_{of} -$$

(5.68) $W_p^{(2)}(t), W_p^{(3)}(l) \quad d\Gamma/dN$ [81, 84, 86]:

$$W_p^{(3)}(l) = 0,25(1 - R_\delta)^2 \int_0^l \alpha_0 \sigma_{0f} \sum_{i=1}^n \delta(x - l_i) [\delta_{Mt}^2(x) - \delta_{th}^2] dx; \tag{5.70}$$

$$W_p^{(2)}(N) = \alpha_0 N (1 - R_\delta)^2 (\delta_{t\max}^2 - \delta_{th}^2) + \eta_2 N (\delta_{t\max} - \delta_{scc}^{(\max)}); \tag{5.71}$$

$$d\Gamma/dN = -\eta_2 \sigma_{0f} T(\delta_{t\max} - \delta_{scc}^{(\max)}). \tag{5.72}$$

α_0, η_2 — ,
 [153, 81]; δ_{th} — δ_t
 ; $R_\delta = \delta_{t\min} \delta_{t\max}^{-1}$; $\delta(x)$ — - [182];
 δ_{Mt} — M_i ;
 l_i — i -
 M_i .

(5.70)-(5.72) (5.68)

[84, 86],

$$N = N_* (t = t_*),$$

$P \quad P_i$

$$\frac{dl}{dN} \approx \frac{(\delta_{t\max} - \delta_{scc})[\alpha_0(1 - R_\delta)^2(\delta_{t\max} + \delta_{scc}) + \eta_2]}{\delta_c - \delta_{t\max} - 0,25\alpha_0(1 - R_\delta)^2 \sum_{i=1}^n \delta(l - l_i) [\delta_{Mt}^2(l) - \delta_{scc}^2]}. \tag{5.73}$$

, (5.73),

:

$$N = 0, \quad l(0) = l_0; \quad N = N_*, \quad l(N_*) = l_*; \quad \gamma_t(l_*) = \gamma_c. \tag{5.74}$$

(5.73)

(5.74),

$$\frac{\delta_t(l)}{\delta_c} = \frac{K_{\text{Imax}}^2(l)}{K_{fc}^2}, \quad \delta_{th} = \frac{K_{th}^2}{\sigma_{of} E}, \quad \delta_t(l) = \frac{K_I^2(l)}{\sigma_{of} E},$$

$$N_* \approx \int_{l_0}^{l_*} \frac{E\sigma_{of}[K_{fc}^2 - K_I^2(l)]}{[K_I^2(l) - K_{scc}^2][\alpha_0(1-R^2)^2[K_I^2(l) + K_{scc}^2] + \eta_2 E\sigma_{of}]} dl -$$

$$- \sum_{i=1}^n \frac{0,25\alpha_0(1-R^2)^2[K_{MI}^4(l_i) - K_{scc}^4]}{(K_I^2(l_i) - K_{scc}^2)[\alpha_0(1-R^2)^2[K_I^2(l_i) + K_{scc}^2] + \eta_2 E\sigma_{of}}}. \quad (5.75)$$

 $K_I, K_{MI} -$ $P, P_i,$ l_*

$$K_{MI}(l_*) = K_{fc}. \quad (5.76)$$

 P_i $N = N_i (t = t_i, i = 1, \dots, n),$ $\Delta l = n^{-1}(l_* - l_0).$ $[84, 86]$ $n,$

$$\Delta l \ll (l_* - l_0) \quad (5.75)$$

$$N_* \approx \int_{l_0}^{l_*} \frac{E\sigma_{of}[K_{fc}^2 - K_I^2(l)]}{[K_I^2(l) - K_{scc}^2][\alpha_0(1-R^2)^2[K_I^2(l) + K_{scc}^2] + \eta_2 E\sigma_{of}]} dl -$$

$$- \frac{n}{l_* - l_0} \int_{l_0}^{l_*} \frac{0,25\alpha_0(1-R^2)^2[K_{MI}^4(l) - K_{scc}^4]}{(K_I^2(l) - K_{scc}^2)[\alpha_0(1-R^2)^2[K_I^2(l) + K_{scc}^2] + \eta_2 E\sigma_{of}} dl. \quad (5.77)$$

(5.77)

$\alpha_0, n, \eta_2,$

$K_I, E, \sigma_{0f}, K_{fC}, R, K_{scc}, K_{MI}, K_I, l_0, l_*, n$

P

$P_i.$

(5.7).

H, h, c

$\Delta\sigma$

$80 \leq \Delta\sigma \leq 150, R = 0,1, c = 3, H = 60$ (5.78)

(5.77)

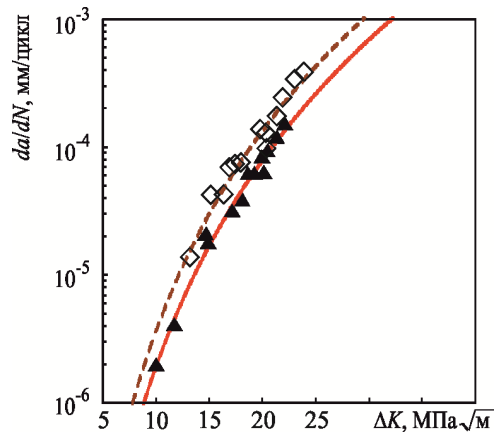
$N = N_*$

$\alpha_0, \eta_2, K_I, E, \sigma_{0f}, K_{fC}, R, K_{scc}, K_{MI}, K_I, l_0, l_*, n.$

3

3

5.8.



5.8 –

(▲)

(◇)

3

[260]

$$, \quad (5.73)$$

$$\alpha_0, \eta_2, K_{fCC}, R, K_{scc} :$$

$$\alpha_0 \approx 0,3(\quad)^{-1}, \eta_2 \approx 1,2 \cdot 10^{-5} / c,$$

$$E = 2 \cdot 10^5 \quad , K_{fCC} = 101 \quad \sqrt{\quad} , \quad (5.79)$$

$$R = 0,1, K_s = 11 \quad \sqrt{\quad} .$$

$$, \quad (5.77) \quad l_0 .$$

$$l_0 = c = 3 \quad .$$

$$(5.78) \quad , \quad \Delta\sigma \quad (\quad)$$

$$\Delta\sigma \approx 90 \quad , \quad \Delta\sigma_M \approx 130 \quad ,$$

$$P, P_i .$$

)

$$P \quad \Delta\sigma_M \approx 130$$

$$P_i .$$

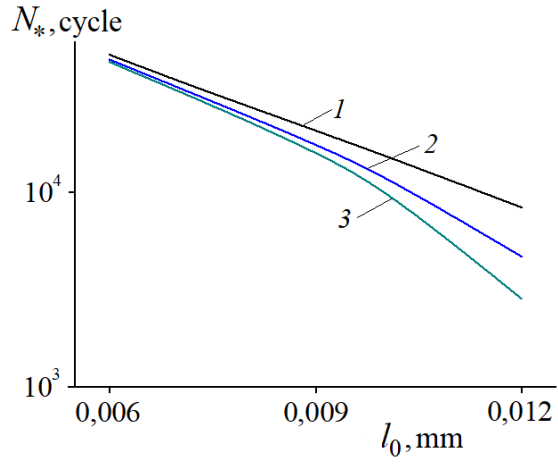
$$K_{I\max}$$

[29]

$$K_I = 1,1\Delta\sigma \sqrt{\pi l} [0,265(1-\varepsilon)^4 + (0,857 + + 0,265\varepsilon)/(1-\varepsilon)^{1,5}] . \quad (5.80)$$

(5.77)

(5.78)-(5.80),



5.9 – $N_* \sim l_0$ (1)
 (2, 3) n
 ($n = 1 \sim 0; 2 \sim 1000; 3 \sim 15000$)

. 5.9

N_* l_0
 (1) (2, 3)
 n -

5.7

()

(. .5.7).

(.5.7)

M

($H \times H \times c$) $\sigma \approx 50$.

$t_i (i = 1, \dots, n)$

M_i ,

$\sigma_i = 90$.

: n

() ,

$t = t_*$ - ,

$l = l_0 = 0,003$, $l = l_*$
 ().

$$\Delta l_c \quad \Delta t_c,$$

$$V$$

$$V = \frac{dS}{dt} \approx \frac{\Delta S_c}{\Delta t_c}. \tag{5.81}$$

$$A = W + . \tag{5.82}$$

W

$$W = W_s + W_p^{(1)}(l) + W_p^{(2)}(l), \tag{5.83}$$

W_s - W ; $W_p^{(1)}(l)$ -

M l ;

$W_p^{(2)}(l)$ - M_i

l ; -

l ,

t .

$$\frac{dA}{dt} = \frac{dW}{dt} + \frac{d}{dt}. \tag{5.84}$$

(5.83) (5.84),

$$\frac{\partial}{\partial l} [\Gamma - (A - W_s - W_p^{(1)} - W_p^{(2)})] \frac{dl}{dt} - \frac{d\Gamma}{dt} = 0. \tag{5.85}$$

$$\frac{dl}{dt} = \frac{d\Gamma}{dt} / \frac{\partial}{\partial l} [\Gamma - (A - W_s - W_p^{(1)} - W_p^{(2)})]. \tag{5.86}$$

:

$$t = 0, \quad l(0) = l_0; \tag{5.87}$$

$$t = t_*, \quad l(t_*) = l_*. \tag{5.88}$$

[6],

$$\frac{\partial}{\partial l} [- (A - W_s - W_p^{(1)} - W_p^{(2)})] = \gamma_c - \gamma_t - \frac{dW_p^{(2)}}{dl}, \tag{5.89}$$

$$\gamma_t = \delta_t \sigma_0 -$$

$$; \gamma_c = \delta_{cc} \sigma_0 -$$

$$, W_p^{(2)}(l) \tag{5.86}$$

[3, 60, 4, 225]

$$\Gamma = \Delta l_c \sigma_0 \delta_{cc} ,$$

$$W_p^{(2)}(l) = 0,25(1 - R_\delta)^2 \int_0^l \alpha_0 \sigma_0 \sum_{i=1}^n \delta(l - l_i) [\delta_{1t}^2(l) - \delta_{sc}^2] dl . \tag{5.90}$$

$$\alpha_0 -$$

$$; \delta_t -$$

$M; \delta_{CC} -$; $\delta_{scc} -$
 δ_t -
 ; $R_\delta = \delta_{scc} / \delta_t -$; $\delta(x) -$
 - [182]; $\sigma_0 -$
 ; $l_i -$ - $i -$
 $M_i .$

Δl_c

$$\Delta l_c = l_a + l_m . \tag{5.91}$$

[225, 267], $\Delta l_c, l_a, \delta_{CC},$
 (5.90) (5.91),

$$l_m = \beta \delta_{1t}, l_a = Fm^{-1} n^{-1} \int_0^{t_*} i(t) dt, \delta_{CC} = \delta_C - AC_H(t_*). \tag{5.92}$$

(5.90)-(5.92) (5.86)

[225, 228, 56, 232, 153],

$t = t_*$

n

$$\frac{dl}{dt} = \frac{[\partial(\delta_{CC} \Delta l_c) / \partial t]_{t=t_*}}{\delta_{CC} - \delta_t - 0,25\alpha_0(1-R)^4 \sum_{i=1}^n \delta(l-l_i) [\delta_{1t}^2(l) - \delta_{scc}^2]} . \tag{5.93}$$

(5.93)

$$t = 0, \quad l(0) = l_0; \tag{5.94}$$

$$t = t_*, \quad l(t_*) = l_*. \tag{5.95}$$

$$M_i, \tag{5.93}$$

$$\frac{dl}{dt} = \frac{[\partial(\delta_{CC}\Delta l_C)/\partial t]_{t=t_*}}{\delta_{CC} - \delta_t}. \tag{5.96}$$

[153, 173],

$$\delta_t \quad V_{sc}$$

-
 $\delta_t,$

$$\frac{dl}{dt} = \frac{[\partial(\delta_{CC}\Delta l_C)/\partial t]_{t=t_*}}{\delta_{CC} - \delta_t} \approx V_{sc}. \tag{5.97}$$

(5.97),

$$[\partial(\delta_{CC}\Delta l_C)/\partial t]_{t=t_*} = V_{sc}(\delta_{CC} - \delta_t). \tag{5.98}$$

(5.98) (5.93)

$$\frac{dl}{dt} = \frac{V_{sc}(\delta_{CC} - \delta_t)}{\delta_{CC} - \delta_t - 0,25\alpha_0(1 - R_\delta)^2 \sum_{i=1}^n \delta(l - l_i) [\delta_{lt}^2(l) - \delta_{scc}^2]} \tag{5.99}$$

(5.99) (5.94), (5.95), ,

$$\frac{\delta_t(l)}{\delta_{CC}} = \frac{K_I^2(l)}{K_{IC}^2}, \quad \delta_{scc} = \frac{K_{scc}^2}{\sigma_0 E}, \quad \delta_{lt}(l) = \frac{K_{II}^2(l)}{\sigma_0 E},$$

$$t_* = \int_{l_0}^{l_*} V_{sc}^{-1} dl - \frac{\alpha_0(1 - R_\delta)^2}{8V_{sc}E\sigma_0} \sum_{i=1}^n [K_{II}^4(l_i) - K_{scc}^4 [K_{fC}^2 - K_I^2(l_i)]]^{-1}. \tag{5.100}$$

$$\begin{aligned}
 & , \\
 t = t_i \quad (i = 1, \dots, n), & \quad - \\
 \Delta l = n^{-1}(l - l_0). & \quad , \\
 [182] \quad n, \quad \Delta l \ll (l_* - l_0), & \quad (5.100)
 \end{aligned}$$

$$t_* = V_{sc}^{-1}(l_* - l_0) - \frac{\alpha_0(1 - R_\delta)^2}{8V_{sc}E\sigma_0} \frac{n}{l_* - l_0} \int_{l_0}^{l_*} \left[\frac{K_{II}^4(l) - K_{sc}^4}{K_{fC}^2 - K_I^2(l)} \right] dl . \quad (5.101)$$

(5.101)

$V_{sc}, \sigma_0, \alpha_0, K_{fC}, K_{sc}, E, n, l_*$

(. . . 5.7),

n

(5.101)

$l_* -$

[218]

$$K_{II}(\varepsilon_{i*}) = K_{IC}, \quad \varepsilon_{i*} = l_{i*} / H . \quad (5.102)$$

$$K_{II}(\varepsilon_i) \quad [263]$$

M_i

l_{i*}

$$K_{II} \approx \Delta\sigma_i \sqrt{2H} \varphi(\varepsilon_i), \quad \varphi(\varepsilon_i) = \sqrt{tg(0,7\varepsilon_i)} \{0,923 + 0,199[1 - \sin(0,7\varepsilon_i)]^4\} \cos^{-1}(0,7\varepsilon_i), \quad (5.103)$$

$$K_I \approx \Delta\sigma \sqrt{2H} \varphi(\varepsilon_i), \quad \Delta\sigma_i = 2,824 \sigma_i, \quad \Delta\sigma = 2,824\sigma, \quad \varepsilon_i = l_*^{-1} l_i.$$

$$(5.103) \quad (5.102), \quad , \quad \varepsilon_{i*} \approx 0,45, \quad l_* \approx 0,027 .$$

(5.101)

$V_{sc},$

[293, 292, 180, 138]

$$V_{sc} - V_{scc} -$$

3

$$V_{scc} \approx 2,1 \cdot 10^{-6} / (\dots \cdot 5.8). \quad - V_{sc} \approx 1,6 \cdot 10^{-3} / \dots, \quad (5.101),$$

(5.103),

3

$$t_* = 16.875 \cdot 10^3 \cdot (1 - \varepsilon_0) - \frac{1.176 \cdot n}{1 - \varepsilon_0} \int_{\varepsilon_0}^1 \frac{\varphi^4(\varepsilon_i)}{[1 - 0.234\varphi^2(\varepsilon_i)]} d\varepsilon_i \quad (\dots), \quad (5.104)$$

m

n

$$n = m \cdot k, \quad t_* = t_1 \cdot k, \quad (5.105)$$

$k -$; $t_1 -$
 ($t_1=550$).

(

)

$$k = 16,875 \cdot 10^3 (1 - \varepsilon_0)^2 \left[t_1 (1 - \varepsilon_0) + 1,176 \cdot m \int_{\varepsilon_0}^1 \frac{\varphi^4(\varepsilon)}{[1 - 0,234 \varphi^2(\varepsilon)]} d\varepsilon \right]^{-1} \quad (\dots),$$

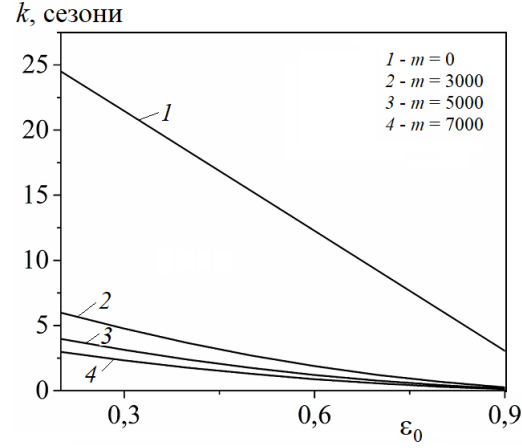
$$(0,2 \leq \varepsilon_0 < 1). \quad (5.106)$$

(5.106) . 5.10

k ε_0 –

: (1) (2-4)

m



5.10 – k

ε_0 (1) (2-4) (2-4) m

. 5.10

.

.

,

.

,

,

« »

,

,

.

,

,

.

,

.

,

.

,

.

.

5.8

5

1.

-

,

,

-

(
). ,

836 , 1,5 .
7 ,

2.

(24) 3

3.

5 .

4 .

6

,

,

.

,

,

,

.

.

-

.

[270, 271, 253, 104, 103, 112, 254,

113, 10]

6.1

,

,

(

)

.

[152].

[27, 62, 164, 184, 192, 213, 206, 128, 130, 26, 61, 65, 295, 34, 133, 73, 131].

[32, 65, 42, 34, 26]. [26]

[206, 48, 58, 70].

70.7.3-82 [214].

,
10%. , . 6.1 [122].

6.1 –

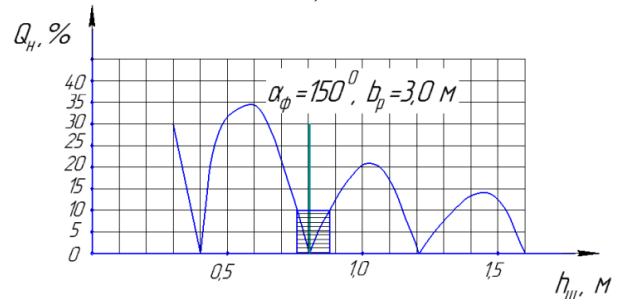
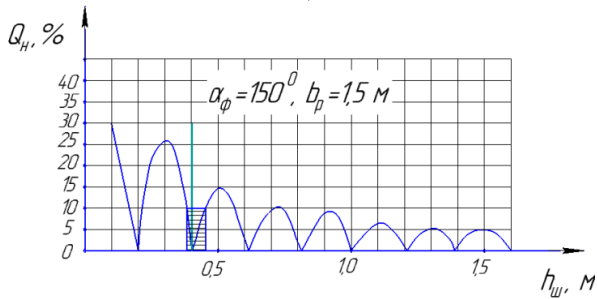
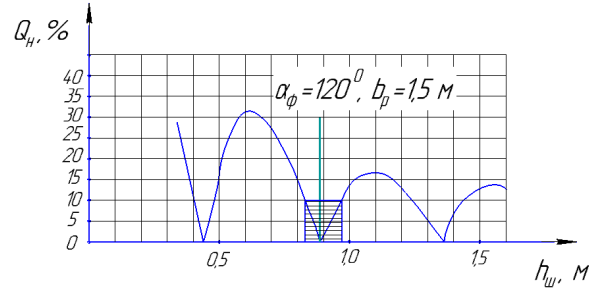
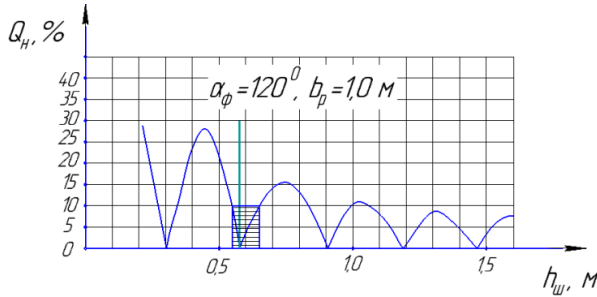
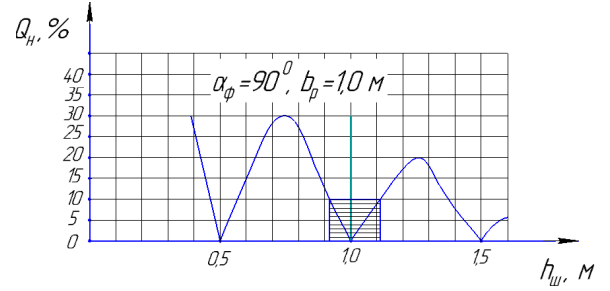
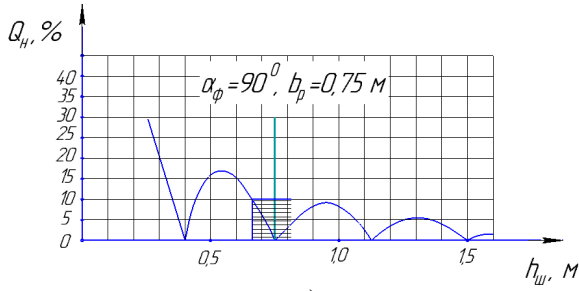
/	,	,	,	,	: «+», «-»
1.	90	1,0	1,0	0,20	+11; -9
2.	120	1,5	0,866	0,14	+8; -6
3.	150	3,0	0,804	0,12	+7; -5

,
(1.10)
,
, . 6.1.

, . 6.1,
,
(1.10) ()
, . 6.1.

,
±10%.
[122]
,
,
. 6.1.

. 6.1 .



$a - \alpha = 90^\circ, b_p = 0,75$; $-\alpha = 90^\circ, b_p = 1,0$; $-\alpha = 120^\circ, b_p = 0,75$;
 $-\alpha = 120^\circ, b_p = 1,5$; $-\alpha = 150^\circ, b_p = 1,5$; $-\alpha = 150^\circ, b_p = 3,0$

6.1 –

α

b_p [122]

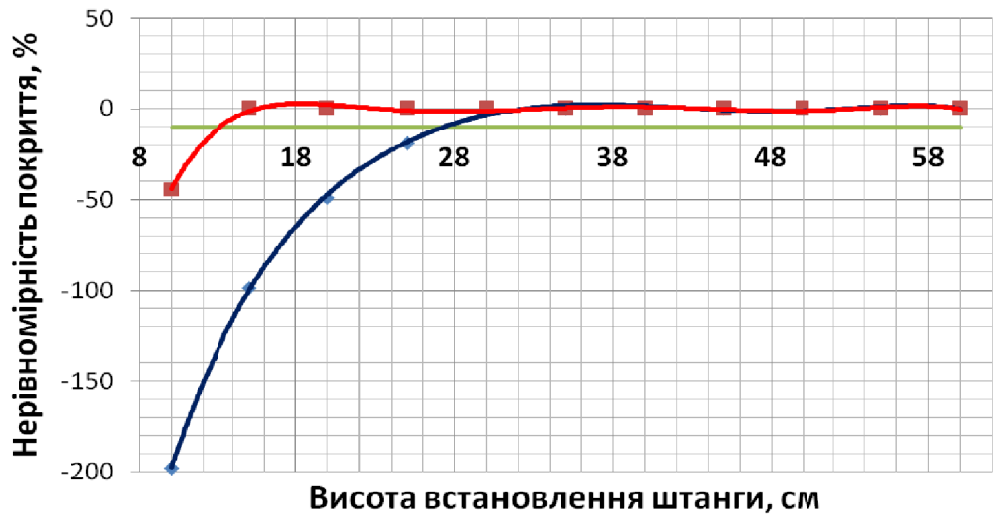
)

-0,5 .

$\alpha = 80^{\circ}$ ($\alpha = 120^{\circ}$)

$b_p = 0,5$

, . 6.2.



■ — $\alpha = 120^{\circ}$; ◆ — $\alpha = 80^{\circ}$

6.2 —

$\alpha = 120^{\circ}$

— 0,15 .

0,1

-44 %, .

$\alpha = 80^{\circ}$:

0,3 ,

0,25

-19,2 %.

$y_{(\alpha)}$

$x :$

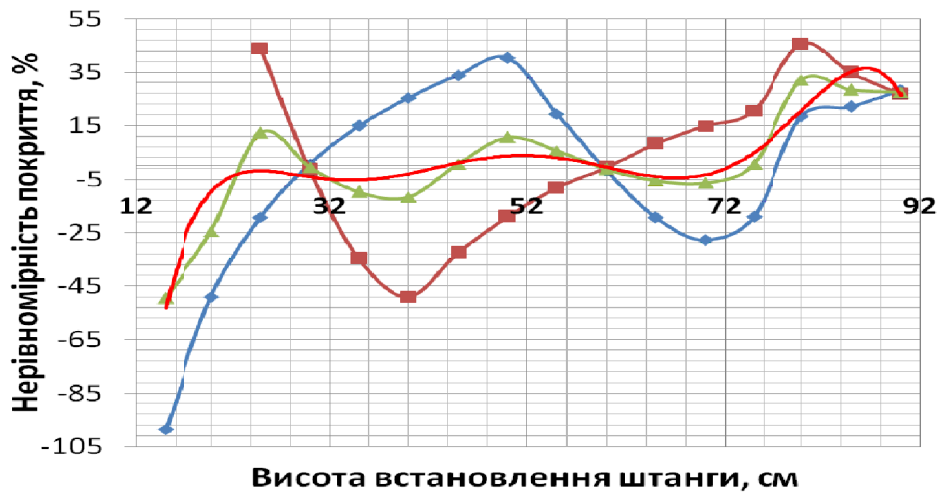
– $\alpha = 120^0$

$$y_{(120)} = -3,0542 \cdot 10^{-7} x^6 + 7,0716 \cdot 10^{-5} x^5 - 0,0066x^4 + 0,3161x^3 - 8,1656x^2 + 107,2459x - 556,4692 \quad (6.1)$$

– $\alpha = 80^0$

$$y_{(80)} = -7,4294 \cdot 10^{-7} x^6 + 0,0002x^5 - 0,0139x^4 + 0,6213x^3 - 15,2180x^2 + 201,0448x - 1188,9479. \quad (6.2)$$

(. 6.3, 6.4), 0,7 – , . 6.5, 6.6.



6.3 –

0,45

$\alpha = 80^0$,

◆ –
▲ –

■ –
;

0,15 .

$\alpha = 120^0$



6.4 –

0,45

$\alpha = 120^0$,

♦ –
▲ –

■ –
–

. 6.3, 6.4,

$\alpha = 80^0$

$b_p = 0,5$

0,3 ; 0,6 .

(1.10)

$h = 0,596$,

;

$\alpha = 120^0$

$b_p = 0,5$

: 0,3 ; 0,43 ; 0,58 ; 0,72 .

$- h = 0,289$.

$\alpha = 80^0$

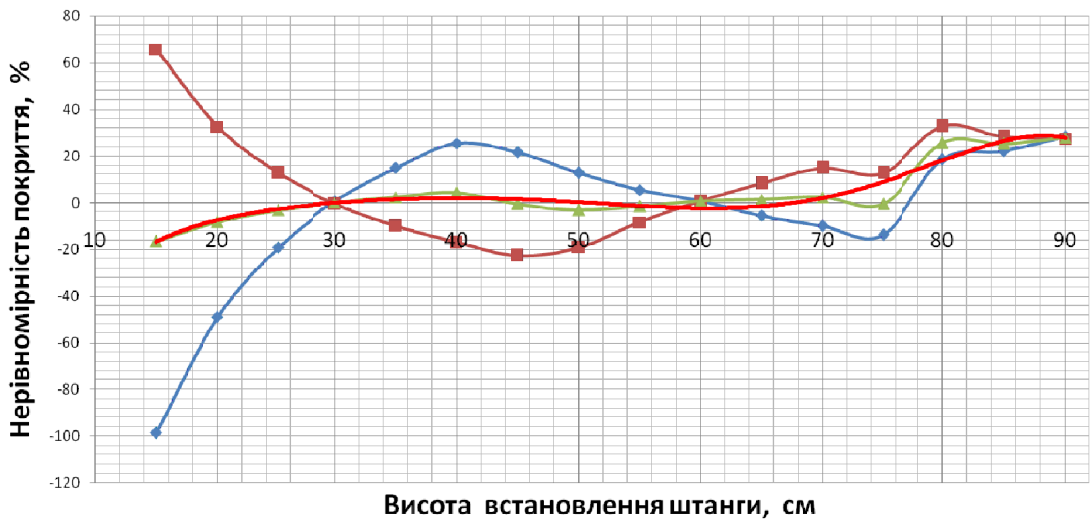
$y_{(80_{-15})} = -9,6427 \cdot 10^{-8} x^6 + 3,0564 \cdot 10^{-5} x^5 - 0,0039x^4 + 0,2475x^3 - 8,4812x^2 + 147,1334x - 1014,0072;$ (6.3)

$\alpha = 120^0$

$y_{(120_{-15})} = -4,0920 \cdot 10^{-9} x^6 + 1,5749 \cdot 10^{-6} x^5 - 0,0002x^4 + 0,0168x^3 - 0,6312x^2 + 11,5895x - 82,2498.$ (6.4)

0,7

0,3 , . 6.5, 6.6.



6.5 –

0,7

$\alpha = 80^0,$

: ◆ –
; ▲ –

; ■ –
;

–

$\alpha = 120^{\circ}$, . 6.6.



6.6 –

0,7

$\alpha = 120^{\circ}$,

◆ –
▲ –

■ –
;

$\alpha = 80^{\circ}$

0,7

0,3 , ,

()

0,3

0,4

25 %, –

0,45

22,5 %.

0,6

) – 0,596 .

, . 6.5.

:

– $\alpha = 80^0$

$y_{(80_70)} = -1,5607 \cdot 10^{-8} x^6 + 4,4848 \cdot 10^{-6} x^5 - 0,0005x^4 + 0,0296x^3 - 0,9605x^2 + 17,2049x - 136,0819;$ (6.5)

– $\alpha = 120^0$

$y_{(120_70)} = -2,5158 \cdot 10^{-9} x^6 + 8,4382 \cdot 10^{-7} x^5 - 0,0001x^4 + 0,0074x^3 - 0,2510x^2 + 4,0827x - 23,1796.$ (6.6)

$\alpha = 120^0$ 0,7

0,3

:

0,3 ;

0,35 – 15,8 %;

,

–

±10 %.

-

: 0,3 ;

0,45 ; 0,6

.

$h = 0,289$.

.

,

(. 6.3–6.9)

,

[122]

. 6.1.

[122]

,

±10%,

:

$$\alpha = 120^{\circ}$$

- 0,15

0,05

0,1

-44 %

(0,15)

$$\alpha = 80^{\circ}$$

0,3

0,25

-19,2 %

0,25

,
 - :
 0,45 ,
 0,15 :
 $\alpha = 80^0$
 $b_p = 0,5$,
 0,3 , $\pm 0,02$; 0,6 -
 $\pm 0,045$. (1.10)
 $h = 0,596$;
 - $\alpha = 120^0$
 $b_p = 0,5$: 0,3 $\pm 0,03$; 0,43
 $\pm 0,04$; 0,58 ; 0,72 .
 0,61 $\pm 0,01$ $\pm 12\%$,
 0,55 0,82
 , ;
 0,70 ,
 0,30 :
 $\alpha = 80^0$,
 , ()
 0,3 $\pm 0,04$.
 ,
 0,4 25 % , -
 0,45 22,5 % . 0,6 $\pm 0,08$
 . ()
) - 0,596 ;
 $\alpha = 120^0$
 0,3 ; 0,35 -

15,8 %; 0,38

, 0,9 -

±10%.

-

: 0,3 ;

0,45 ; 0,6

.

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

,

,

,

,

.

0,6

,

,

.

,

,

,

,

,

.

,

« »

,

.

.

,

.

,

.

:

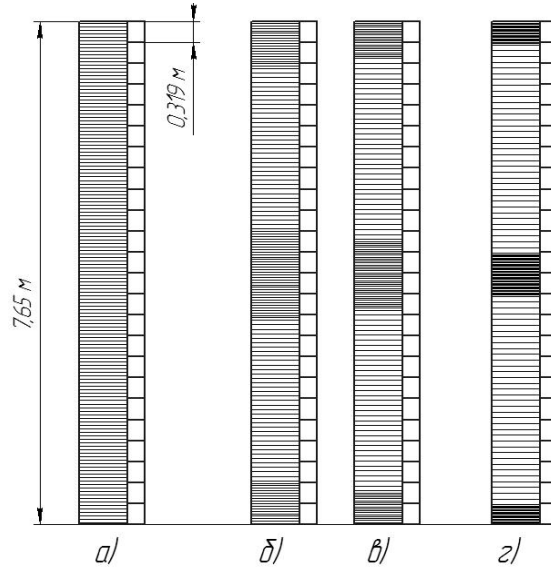
0,8 ,

$\pm 3^0$;

;

-0,0174 .

, .6.7.



- ; - 5
 - ; - 8 ;
 6.7 - 12

(. 6.7)

.6.8

12

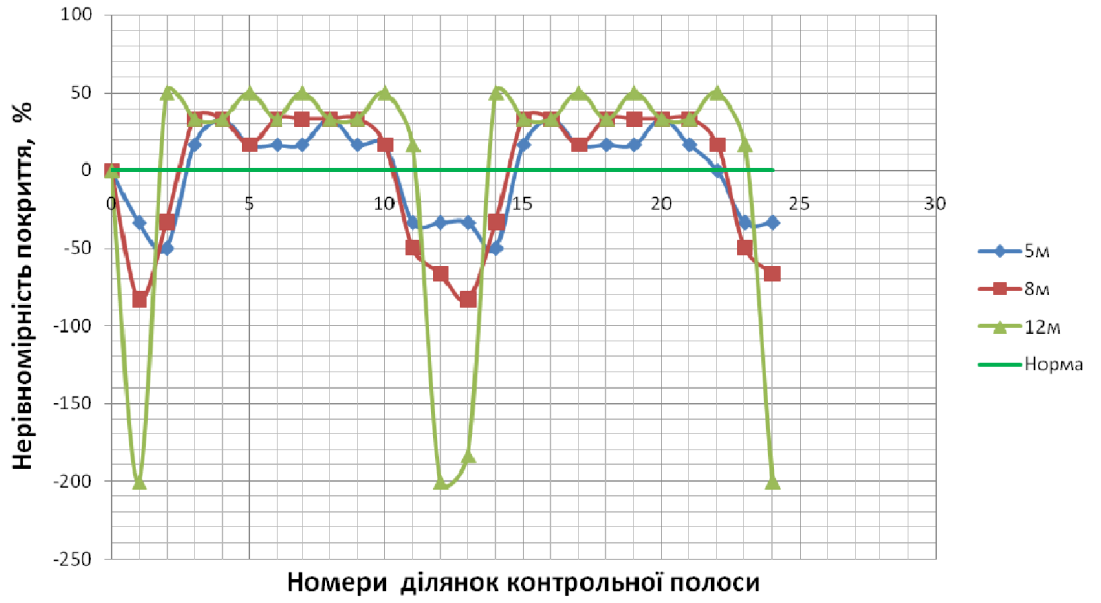
7,65 ,
 0,0174 .

24

0,319 ,

(%)

5 , 8 ,



6.8 –
7,65

: ◆ – 5 ; ■ – 8 ; ▲ – 12

, , 200 %, .

,
30-50 %.

, .6.7.

, , ,

-

, ,

. ,

,

,

,

.

. . . [155, 135, 128].

[107],

. 6.9.

5

2

1.

5.

1,

2,

3, 4

5.

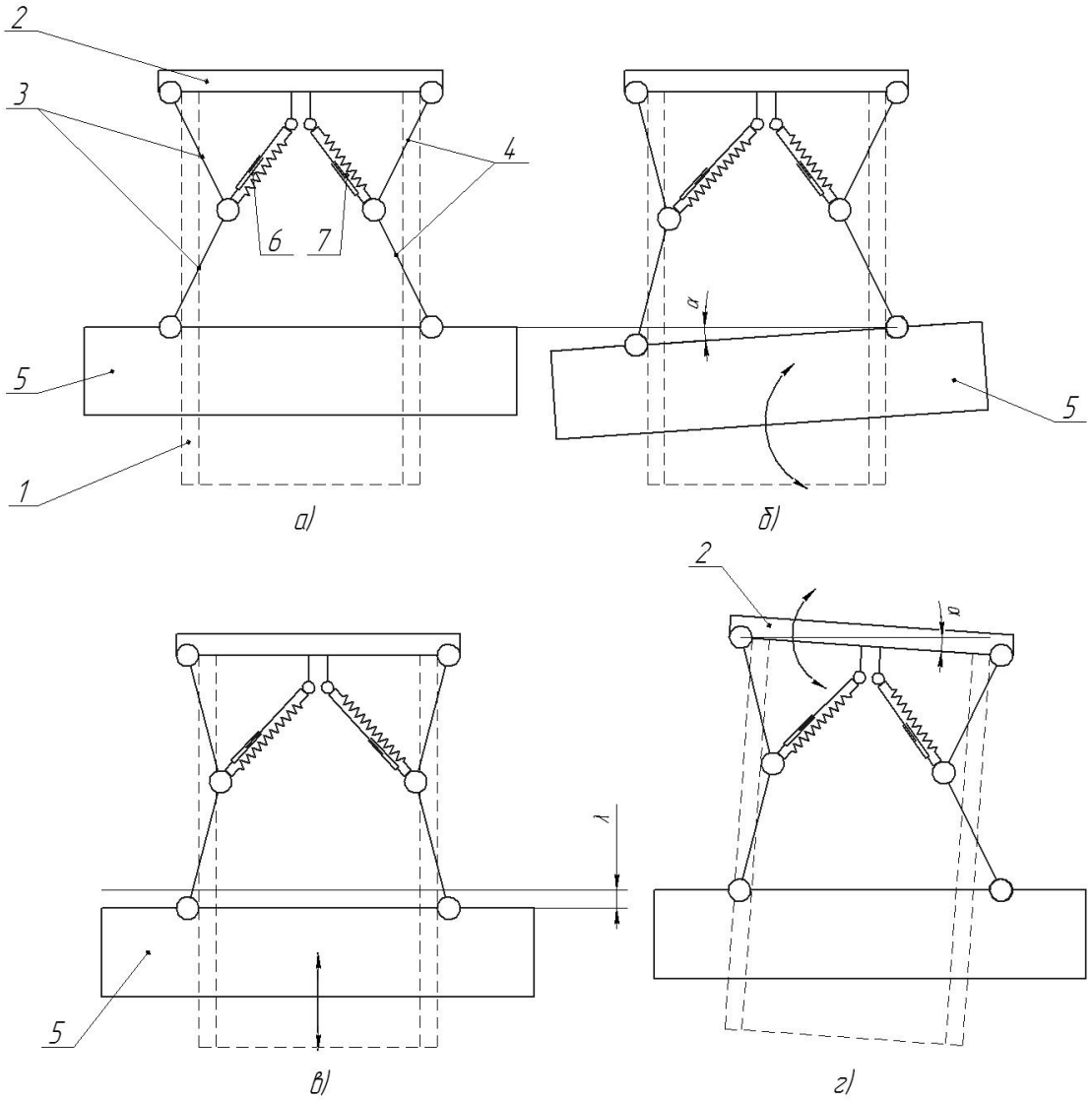
5

3, 4

6, 7

-

3, 4



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

6.9 —

6, 7

5.

5 (),
 , 3,

6 - , 4

7 - .

5

3,4

6,7 - .

, , ,

, 1

2,

3,4

5,

,

3,4,

6,7

-

,

1

,

«

»

-

.

,

-

,

,

.

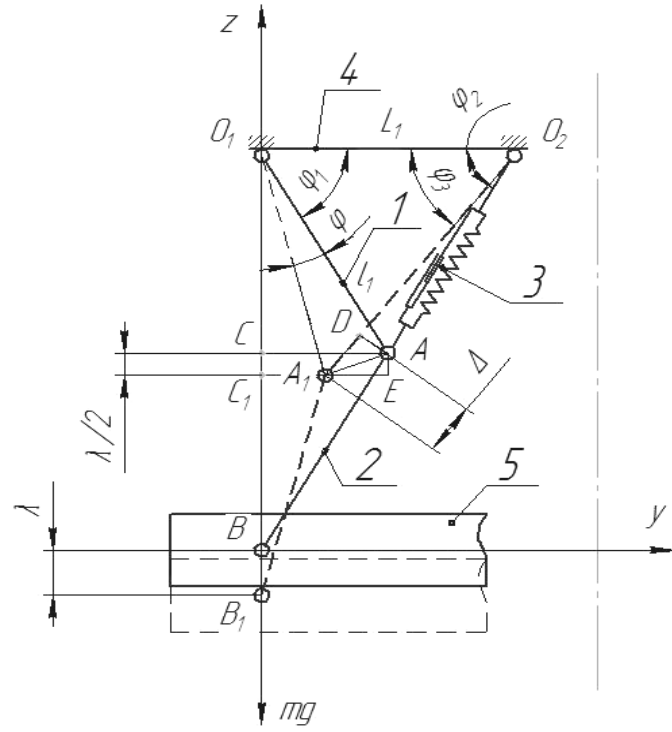
,

.

.

. 6.10

.



1, 2 – ; 3 – - ; 4 – -

; 5 –

6.10 –

3.

[150],

λ

Δ , . 6.10.

l_1 (

),

$\lambda/2$

λ ,

1,

2.

λ .

, φ_1 l_1 ,
 . 6.10,

$$\frac{\lambda}{2} = O_1 C_1 - O_1 C$$

$$\frac{\lambda(\varphi)}{2} = l_1 \cdot (\sin(\varphi) - \sin \varphi_1). \tag{6.7}$$

$\varphi -$, 1
 $\varphi_1 \cdot$
 , $1, 3, 4$

QAQ_2 ,
 $2 \ 1$ -
 (3), 1

φ QAQ_2 .
 $3 \ O_2 A_1$ $R(\varphi)$,

, R_0 ,

$$\Delta(\varphi) = R(\varphi) - R_0.$$

$$\Delta(\varphi) = \sqrt{L_1^2 + l_1^2 - 2L_1 l_1 \cos(\varphi)} - R_0, \tag{6.8}$$

$L_1 -$

$\lambda(\varphi)$ $\Delta(\varphi)$.

$$\begin{array}{l}
 A_1D, \quad A_1EA, \quad A_1A. \\
 A_1EA, \quad , \quad EA=\lambda/2.
 \end{array}$$

$$A_1A = \sqrt{AE^2 + A_1E^2}, \quad (6.9)$$

$$A_1E = l_1 \cdot (\cos\varphi_1 - \cos\varphi).$$

A_1DA :

$$A_1A = \sqrt{\Delta(\varphi)^2 + DA^2 - \Delta(\varphi) \cdot DA \cos\alpha}, \quad (6.10)$$

$$DA = \sqrt{2R_0^2(1 - \cos(\varphi_2 - \varphi_3))},$$

$$\varphi_3 = \arccos \frac{R(\varphi)^2 + L_1^2 - l_1^2}{2R(\varphi)L_1}; \quad (6.11)$$

$$\angle A_1DA = \alpha = \frac{\pi}{2} + \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{2}; \quad \varphi_2 -$$

(6.9) (6.10),

$$(\lambda/2)^2 + (l_1 \cdot (\cos\varphi_1 - \cos\varphi))^2 =$$

$$= \Delta(\varphi)^2 + 2R_0^2(1 - \cos(\varphi_2 - \varphi_3)) - \Delta(\varphi) \cdot \sqrt{2R_0^2(1 - \cos(\varphi_2 - \varphi_3))} \cdot \cos\alpha,$$

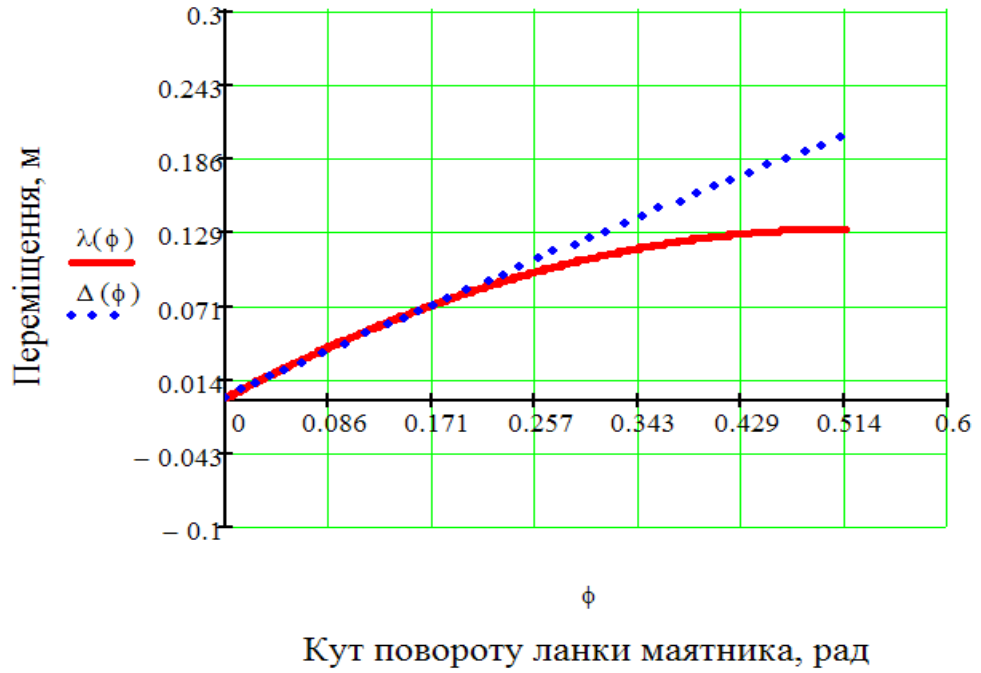
$$\lambda(\varphi) = 2 \sqrt{\Delta(\varphi)^2 + 2R_0^2(1 - \cos(\varphi_2 - \varphi_3)) - 2\Delta(\varphi)R_0\sqrt{2(1 - \cos(\varphi_2 - \varphi_3))} \cdot \cos\alpha - (l_1 \cdot (\cos\varphi_1 - \cos\varphi))^2}. \quad (6.12)$$

$\Delta(\varphi)$

- λ , :

$O_1A = BA = l_1 = 0,5$; $O_1O_2 = L_1 = 0,494$; $AO_2 = R_0 = 0,5$; $\varphi_1 = \varphi_2 = 60,4^\circ$;

$\varphi = \varphi_1 \dots 90^\circ$, . 6.11.



6.11 –

$\lambda(\varphi)$ () - $\Delta(\varphi)$ ()

36 %.

6.3

,
 ,
 ,
 .
 — —
 .
 — —
 .
 , ,

[31, 15, 185, 265, 186, 264].

, ,
 ,
 [254].
 [281].
 [128],

. . ,
 ,
 ,
 ,
 [128].
 ,
 v t $x = v t$,

$$z = z_p \cdot \sin \frac{\pi x}{a_p}; \tag{6.13}$$

(6.13)

$$z = z_p \cdot \sin \omega t; \tag{6.13)}$$

$$z_p - ;$$

$$\omega - (\quad), \omega = \frac{\pi v}{a_p};$$

$$T_v = \frac{2\pi}{\omega}, \quad -$$

$$f_v = \frac{\omega}{2\pi}.$$

$$\psi(t) = \psi_p \cdot \cos \omega t, \tag{6.14}$$

$$\Psi_p - .$$

. 6.10,

$$\begin{aligned}
 & m \ddot{z} + 2c \left[\left(z - z_p \sin(\omega t) \right) \begin{pmatrix} az_p^2 \sin(\omega t)^2 - 2az_p z \sin(\omega t) - \\ -bz_p \sin(\omega t) + az^2 + bz + f \end{pmatrix} \right] + \\
 & + 2\mu \left[\begin{matrix} \left[\dot{z} + \omega z_p \left(2 \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 1 \right) \right] \times \\ \times \begin{pmatrix} 3az_p^2 \sin(\omega t)^2 - 6az_p z \sin(\omega t) - \\ -2bz_p \sin(\omega t) + 3az^2 + 2bz + f \end{pmatrix} \end{matrix} \right] = 0; \tag{6.15} \\
 & I \ddot{\phi} + 2cd \left[\begin{matrix} d(\phi - \psi_p \cos(\omega t)) \times \\ \times \begin{pmatrix} ad^2 \psi_p^2 \cos(\omega t)^2 - 2ad^2 \psi_p \phi \cos(\omega t) + ad^2 \phi^2 - \\ -bd \psi_p \cos(\omega t) + bd \phi + f \end{pmatrix} \end{matrix} \right] + \\
 & + 2\mu d \cdot \left[\begin{matrix} \left[\begin{matrix} 6a \left(2 \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 1 \right) d^2 \psi_p \phi - \\ -3a(\sin(\omega t)^2 - 1) d^2 \psi_p^2 + 3ad^2 \phi^2 + \\ + 2b \left(2 \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 1 \right) d \psi_p + 2bd \phi + f \end{matrix} \right] \end{matrix} \right] = 0, \tag{6.16} \\
 & : m - ; \\
 & I - - ; \\
 & z - ;
 \end{aligned}$$

$\varphi -$;
 $c -$;
 $\mu -$;
 $d -$;
 $a, b, f -$

$$\Delta_z = az^3 + bz^2 + fz, \tag{6.17}$$

$\Delta_z - z .$

(6.15), (6.16)

$$m \ddot{z} + 2c \left(\begin{array}{l} 3az_p^2 z \sin(\omega t)^2 - az_p^3 \sin(\omega t)^3 + bz_p^2 \sin(\omega t)^2 - \\ - 3az_p z^2 \sin(\omega t) - 2bz_p z \sin(\omega t) - fz_p \sin(\omega t) + az^3 + bz^2 + fz \end{array} \right) + 2\mu \times$$

$$\times \left(\begin{array}{l} 6a\omega z_p^3 \sin(\omega t)^2 \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 3a\omega z_p^3 \sin(\omega t)^2 - 12a\omega z_p^2 z \sin(\omega t) \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 + \\ + 6a\omega z_p^2 z \sin(\omega t) + 3az_p z^2 \sin(\omega t)^2 - 4\omega bz_p^2 \cdot \sin(\omega t) \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 + \\ + 2\omega bz_p^2 \sin(\omega t) + 6a\omega z_p z^2 \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 3a\omega z_p z^2 - \\ - 6az_p z \sin(\omega t) + 4\omega bz_p z \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 2\omega bz_p z - 2bz_p z \sin(\omega t) + \\ + 2\omega fz_p \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - \omega fz_p + 3az_p z^2 + 2bz_p z + fz ; \end{array} \right)$$

(6.18)

$$\begin{aligned}
 & I \ddot{\phi} + 2cd \left[\begin{aligned} & 3ad^3 \psi_p^2 \phi \cos(\omega t)^2 - ad^3 \psi_p^3 \cos(\omega t)^3 - 3ad^3 \psi_p \phi^2 \cos(\omega t) + \\ & + ad^3 \phi^3 + bd^2 \psi_p^2 \cos(\omega t)^2 - 2bd^2 \psi_p \phi \cos(\omega t) + \\ & + bd^2 \phi^2 - fd \psi_p \cos(\omega t) + fd \phi \end{aligned} \right] + 2\mu d \times \\
 & \times d \left(\dot{\phi} + \omega \psi_p \sin(\omega t) \right) \left[\begin{aligned} & f + \frac{3ad^2 \psi_p^2}{2} + 3ad^2 \phi^2 + 2bd\phi - \\ & - \frac{3ad^2 \psi_p^2 (2 \sin(\omega t)^2 - 1)}{2} + 2bd \psi_p \left(2 \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 1 \right) + \\ & + 6ad^2 \psi_p \phi \left(2 \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 1 \right) \end{aligned} \right] = 0.
 \end{aligned}
 \tag{6.19}$$

(6.18), (6.19)

Mathcad.

(6.17),

$$a = 75,99; \quad b = -8,37; \quad f = 1,21 .$$

(6.17)

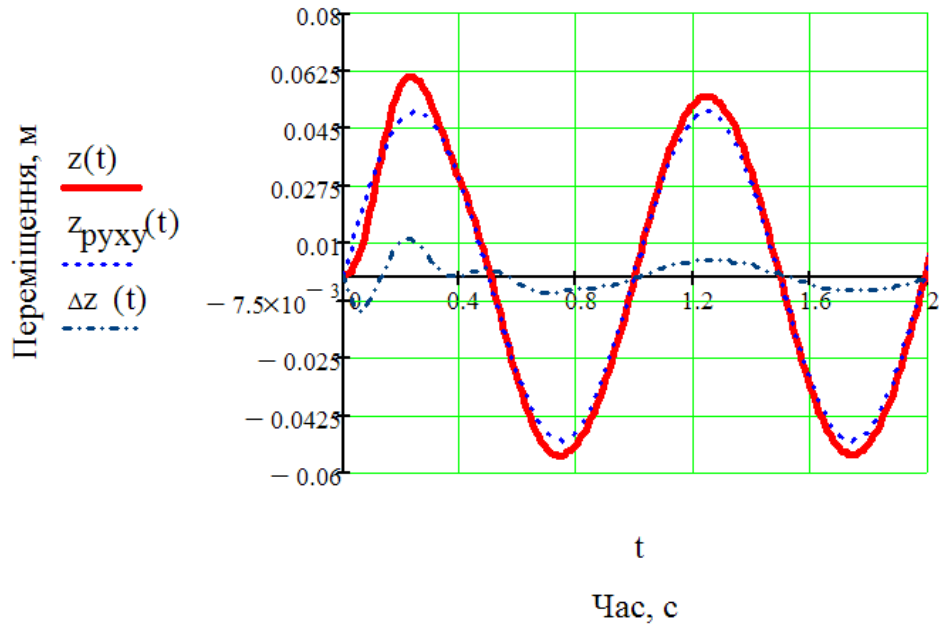
$$\Delta_z = 7599z^3 - 837z^2 + 1,21z .$$

$$m = 353 \quad ; \quad I = 9235,8 \cdot \text{m}^2; \quad v = 12 \quad / \quad (3,33 \quad / \quad \text{m}); \quad = 24000 \quad / \quad \text{m} ;$$

$$\mu = 1200 \frac{Hc}{\dots}; \quad d = 0,525 \quad ; \quad : \quad a_p = 1,66 \quad ,$$

$$z_p = 0,05 \quad ; \quad : \quad t = 0, \quad z_0 = 0, \quad \dot{z}_0 = 0, \quad \varphi_0 = 0, \quad \dot{\varphi}_0 = 0.$$

6.12



6.12 –

1,1 ,

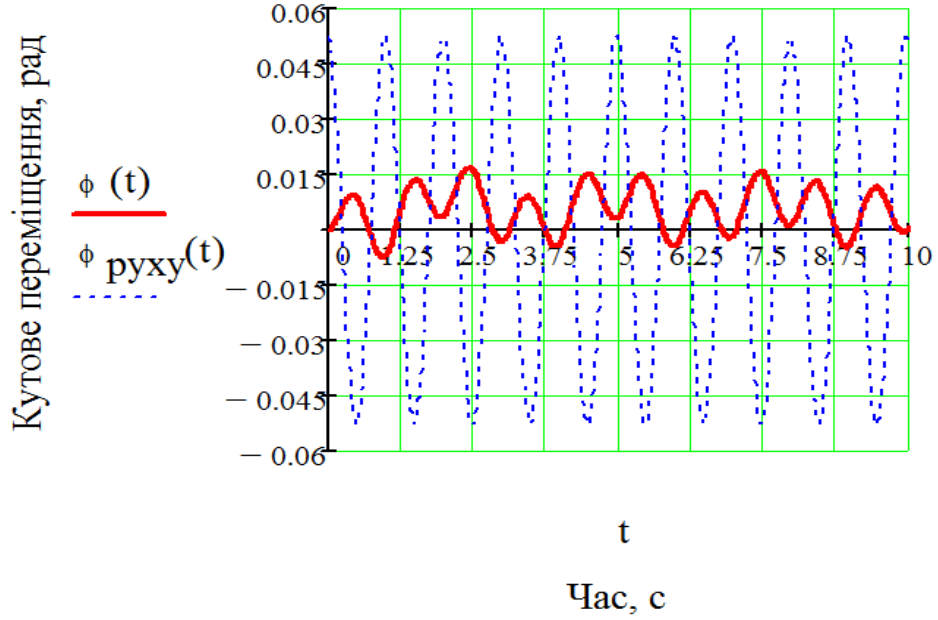
0,5 ,

6.13.

3^0 (0,052)).

24 ,

0,612 ,



— ; —

6.13 –

(. 6.13) ,

0,052 1 ,

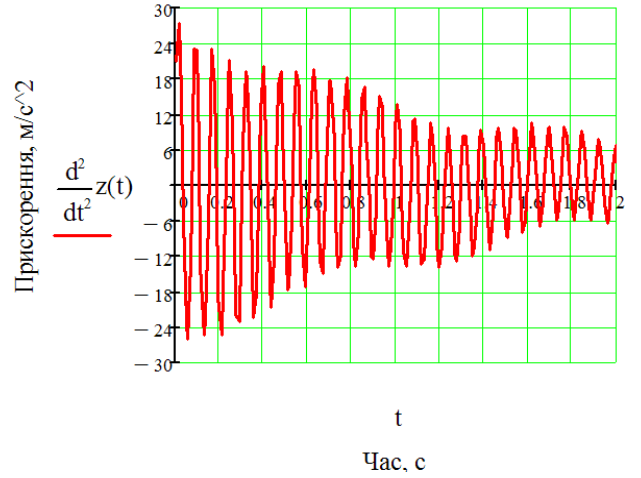
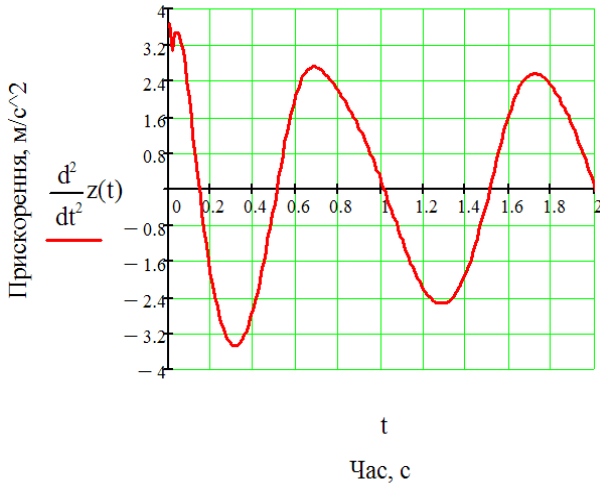
0,015 5

0,011 . , 3,5- 4,7-

0,175 , -0,129 .

5 0,2 .

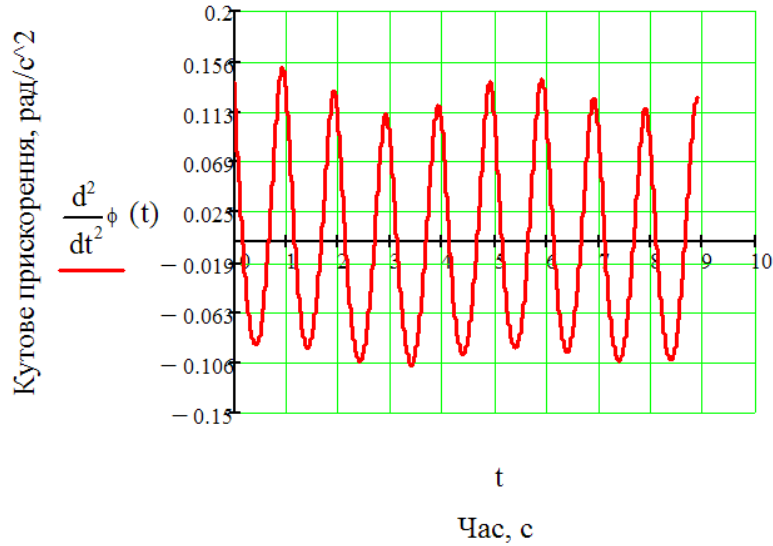
. 6.14.



)
 — ;

6.14 –

, . 6.15.



6.15 –

(. 6.14 6.15) ,
 $\pm 2,5 / ^2$,

$$-3,7 / ^2.$$

$$-0,11 / ^2 + 0,15 / ^2.$$

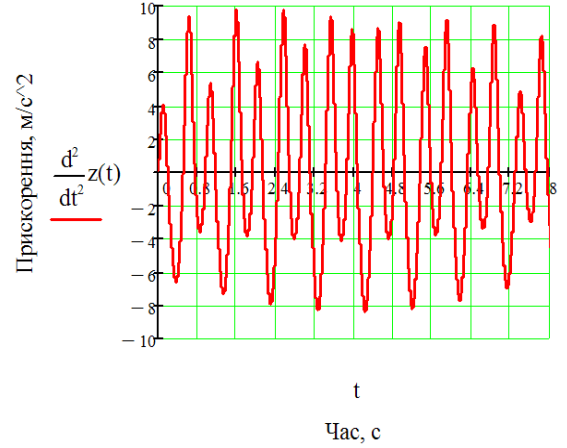
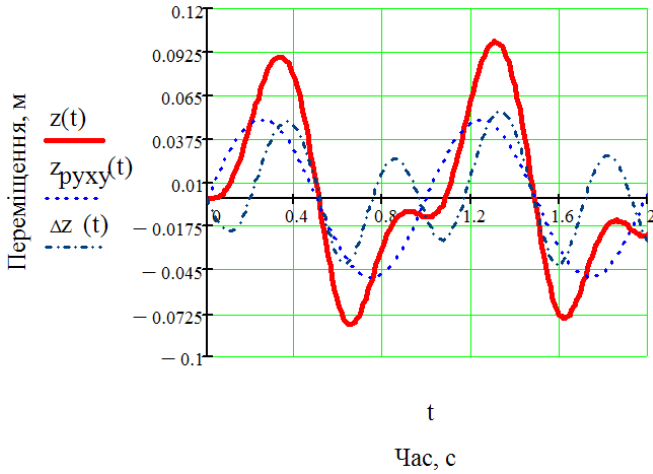
(. 6.14, 6.14,),

)

(. 6.14,).

3,1

. 6.16.



6.16 –

– 4 .

. 6.16

2

– 4 .

(. 6.10), ,

. 1.3.

$$F_z, R_z P_z [10, 281].$$

$$G = c\Delta_0, \tag{6.20}$$

$\Delta_0 -$

$$F_z = -c(\Delta_0 + z), \tag{6.21}$$

$z -$

$$R_z = -\mu \dot{z}, \tag{6.22}$$

$\dot{z} -$

$$P_z = H_0 \sin(\omega t + \beta), \tag{6.23}$$

$H_0 -$

;

$\omega -$;
 $\beta -$.
 ,
 . [281]

$$\frac{G}{g} \ddot{z} = G - c(\Delta_0 + z) - \mu \dot{z} + H_0 \sin(\omega t + \beta), \tag{6.24}$$

(6.24)

:

$$2h = \frac{\mu g}{G}, k^2 = \frac{cg}{G}, H = \frac{H_0 g}{G}. \tag{6.25}$$

(6.24)

$$\ddot{z} + 2h\dot{z} + k^2 z = H \sin(\omega t + \beta), \tag{6.26}$$

(6.26)

$$z = z_1 + z_2. \tag{6.27}$$

[128, 281]

$$\ddot{z} + 2h\dot{z} + k^2 z = 0, \tag{6.28}$$

$k > h.$

$$z_1 = e^{-ht}(C_1 \cos pt + C_2 \sin pt), \tag{6.29}$$

$C_1, C_2 -$, ;

$$p = \sqrt{k^2 - h^2} .$$

, (6.26) ,

[281]

$$z_2 = M \sin(\omega t + \beta) + N \cos(\omega t + \beta) , \tag{6.30}$$

$$(6.30) \tag{6.26}$$

$$M, N \tag{6.26}.$$

, :
 :

$$\left. \begin{aligned} (k^2 - \omega^2)M - 2\omega hN &= H; \\ 2\omega hM + (k^2 - \omega^2)N &= 0. \end{aligned} \right\} \tag{6.31}$$

, :

$$M = \frac{H(k^2 - \omega^2)}{(k^2 - \omega^2)^2 + 4\omega^2 h^2}, \quad N = -\frac{2\omega hH}{(k^2 - \omega^2)^2 + 4\omega^2 h^2}. \tag{6.32}$$

:

$$M = a \cos \varepsilon, \quad N = -a \sin \varepsilon, \tag{6.33}$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon = -\frac{N}{M} = \frac{2\omega h}{k^2 - \omega^2}; \quad a = \sqrt{M^2 + N^2} = \frac{H}{\sqrt{(k^2 - \omega^2)^2 + 4\omega^2 h^2}}.$$

,

$$\tag{6.30}$$

$$z_2 = a \sin(\omega t + \beta - \varepsilon). \tag{6.34}$$

$$\tag{6.27},$$

,

$$\tag{6.26}$$

$$z = e^{-ht} (C_1 \cos pt + C_2 \sin pt) + a \sin(\omega t + \beta - \varepsilon). \tag{6.35}$$

,

,

,

.

:

$$t_0 = 0, \quad (z)_{t=t_0} = z_0, \quad (\dot{z})_{t=t_0} = \dot{z}_0.$$

$$\tag{6.35} \quad t_0 = 0,$$

$$z_0 = C_1 + a \sin(\beta - \varepsilon). \tag{6.36}$$

$$\dot{z}_0 \tag{6.35},$$

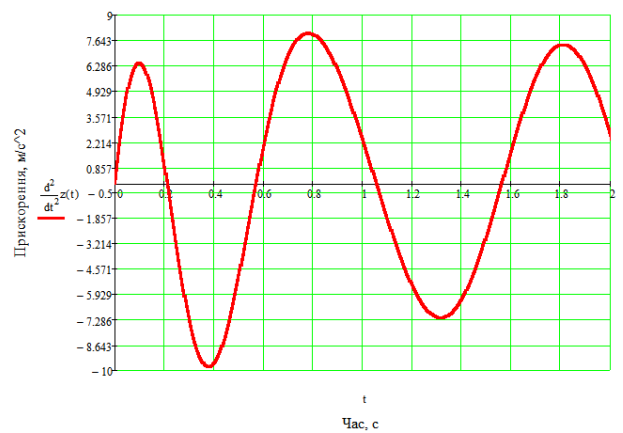
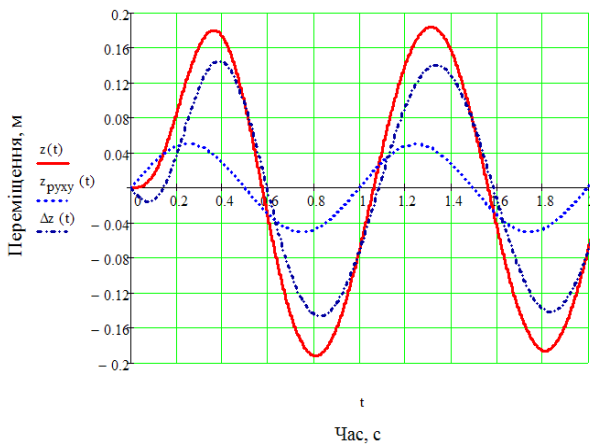
$$\dot{z} = e^{-ht} \{C_1[-h \cos pt - p \sin pt] + C_2[-h \sin pt + p \cos pt]\} + a\omega \cos(\omega t + \beta - \varepsilon), \quad (6.37)$$

$$t_0 = 0,$$

$$\dot{z}_0 = -hC_1 + C_2 p + a\omega \cos(\beta - \varepsilon). \quad (6.38)$$

(6.36) (6.38),

$$C_1 = z_0 - a \sin(\beta - \varepsilon), \quad C_2 = \frac{\dot{z}_0 + h z_0 - a[h \sin(\beta - \varepsilon) + \omega \cos(\beta - \varepsilon)]}{p}. \quad (6.39)$$



6.17 –

(. 6.17)

$$0,02 \quad , \quad - 0,145 \quad .$$

$$- 3,7 \quad / \quad ^2;$$

$$- \quad - \quad 9,8 \quad / \quad ^2.$$

,

.

,

$$20 \quad / \quad .$$

: \quad (\quad) \quad ;

$$- \quad , \quad 5$$

; \quad - 0,35 \quad ;

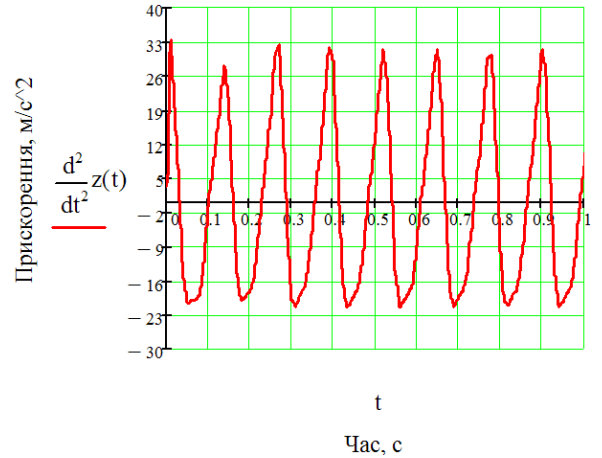
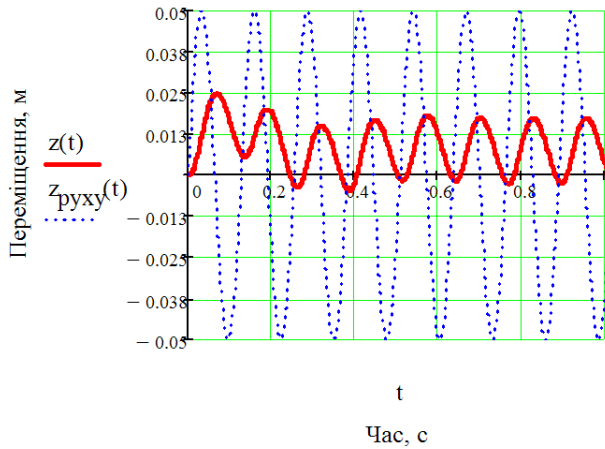
$$19,8 \quad / \quad .$$

$$7,9 \quad .$$

,

$$(6.18) \quad (6.19)$$

, \quad . 6.18.



)

-

6.18 -

)

;

1 ,

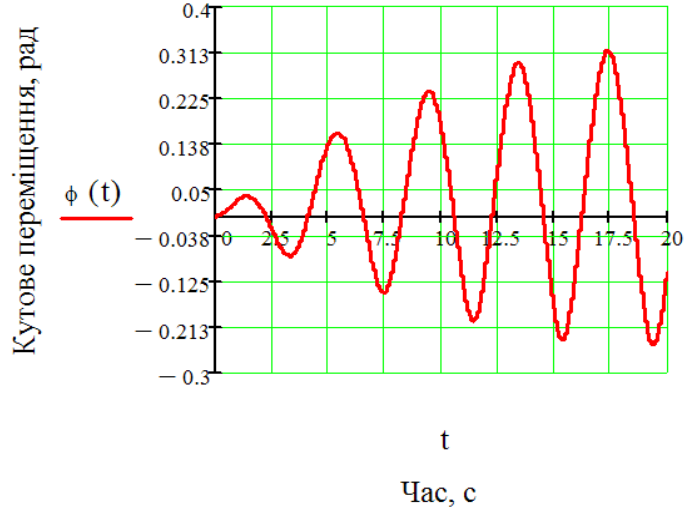
. 6.13 6.15.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2c}{m}} \tag{6.40}$$

— :
 — :
 $\omega_I = 6,3$, ; —
 — :
 $\omega_{II} = 49,4$, ; —
 $\omega_0 = 11,7$; —

, : $v = 9,6$ /
 $(2,667 /)$; : $a_p = 0,718$, $z_p = 0,05$.
 $0,07$, $17,5 / ^2$.

:
 $v = 19,8$ / $(5,5 /)$; :
 $a_p = 1,48$, $z_p = 0,05$.
 $0,07$ $17,5 / ^2$.
 , . 6.19.



6.19 –

5-

5⁰

1 (24).

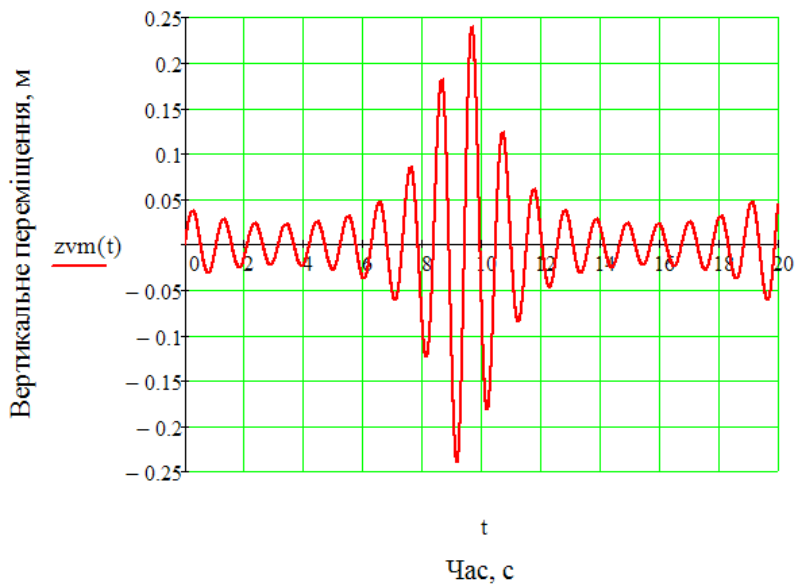
6.4

() .
() .

$$z_{vm} = \frac{a_m \sin(\omega_p t)}{m_a + \sin(T_p t)}, \tag{6.41}$$

a_m – ;
 ω_p – ;
 m_a – ,
 ;
 T_p – .

(6.41) . 6.20.



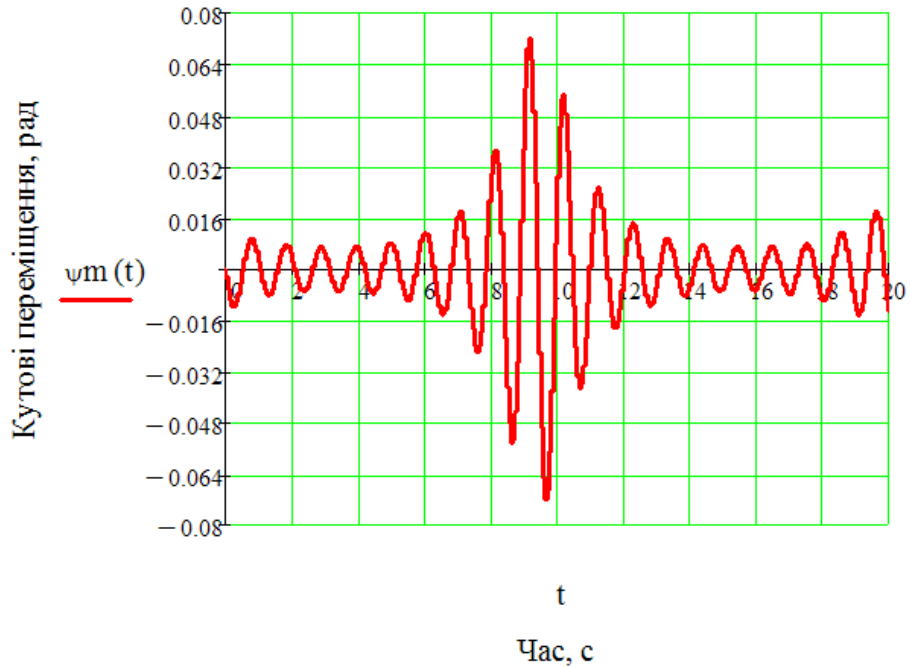
6.20 –

0,028 , - 0,24 . 1 .

(6.42)

$$\Psi_m = \frac{a_{m\psi} \cos(\omega_p t + \beta_\psi)}{m_{a\psi} - \cos(T_p t + \beta_\psi)}, \tag{6.42}$$

$a_{m\psi}$ - ;
 $m_{a\psi}$ - , ;
 β_ψ - .



6.21 -

$$4^0; \quad : \quad 0,5^0, \quad -$$

$$1 \quad ; \quad \beta_\psi = \frac{\pi}{2}.$$

$$m \ddot{z} + 2c \left(\begin{aligned} & f\dot{z} + az^3 + bz^2 - \frac{a \cdot a_m^3 \sin(\omega_p t)^3}{a_m^3 + 3m_a^2 \sin(T_p t) + 3m_a \sin(T_p t)^2 + \sin(T_p t)^3} + \\ & + \frac{a_m^2 b \sin(\omega_p t)^2}{m_a^2 + 2m_a \sin(T_p t) + \sin(T_p t)^2} - \frac{a_m f \sin(\omega_p t)}{m_a \sin(T_p t)} + \\ & + \frac{3a \cdot a_m^2 z \sin(\omega_p t)^2}{m_a^2 + 2m_a \sin(T_p t) + \sin(T_p t)^2} - \frac{2a_m b z \sin(\omega_p t)}{m_a \sin(T_p t)} - \\ & - \frac{3a \cdot a_m z^2 \sin(\omega_p t)}{m_a \sin(T_p t)} \end{aligned} \right) + 2\mu \times$$

$$\times \left[\begin{aligned} & f \left[\dot{z} - \frac{a_m \omega_p \cos(\omega_p t)}{m_a + \sin(T_p t)} + \frac{T_p a_m \cos(T_p t) \sin(\omega_p t)}{(m_a + \sin(T_p t))^2} \right] + \\ & + 2b \left(z - \frac{a_m \sin(\omega_p t)}{m_a + \sin(T_p t)} \right) \left[\dot{z} - \frac{a_m \omega_p \cos(\omega_p t)}{m_a + \sin(T_p t)} + \frac{T_p a_m \cos(T_p t) \sin(\omega_p t)}{(m_a + \sin(T_p t))^2} \right] + \\ & + 3a \cdot \left(z - \frac{a_m \sin(\omega_p t)}{m_a + \sin(T_p t)} \right)^2 \left[\dot{z} - \frac{a_m \omega_p \cos(\omega_p t)}{m_a + \sin(T_p t)} + \frac{T_p a_m \cos(T_p t) \sin(\omega_p t)}{(m_a + \sin(T_p t))^2} \right] \end{aligned} \right] = 0;$$

(6.43)

$$\begin{aligned}
& I \ddot{\varphi} + \frac{2cd}{\left(2 \sin\left(\frac{\beta_\psi}{2} + \frac{T_p t}{2}\right)^2 + m_{a\psi} - 1\right)^3} \times \\
& \left[d \left[m_{a\psi} \varphi + a_{m\psi} \left(2 \sin\left(\frac{\beta_\psi}{2} + \frac{\omega_p t}{2}\right)^2 - 1\right) + \varphi \left(2 \sin\left(\frac{\beta_\psi}{2} + \frac{T_p t}{2}\right)^2 - 1\right) \right] \times \right. \\
& \times \left[a \left(\frac{\cos(2\beta_\psi + 2\omega_p t)}{2} + \frac{1}{2} \right) d^2 a_{m\psi}^2 - 2a \cdot \right] \times \\
& \times \cos(\beta_\psi + \omega_p t) d^2 a_{m\psi} m_{a\psi} \varphi + 2a \cos(\beta_\psi + T_p t) \cos(\beta_\psi + \omega_p t) d^2 a_{m\psi} \varphi + \\
& + ad^2 m_{a\psi}^2 \varphi^2 - 2a \cos(\beta_\psi + T_p t) d^2 m_{a\psi} \varphi^2 + \\
& + a \left(\frac{\cos(2\beta_\psi + 2T_p t)}{2} + \frac{1}{2} \right) d^2 \varphi^2 - b \cos(\beta_\psi + \omega_p t) da_{m\psi} m_{a\psi} + \\
& + b \cos(\beta_\psi + T_p t) \cos(\beta_\psi + \omega_p t) da_{m\psi} + bdm_{a\psi}^2 \varphi - 2b \cos(\beta_\psi + T_p t) \times \\
& \times dm_{a\psi} \varphi + b \cdot \left(\frac{\cos(2\beta_\psi + 2T_p t)}{2} + \frac{1}{2} \right) d\varphi + fm_{a\psi}^2 - 2f \cos(\beta_\psi + T_p t) m_{a\psi} + \\
& \left. + f \left(\frac{\cos(2\beta_\psi + 2T_p t)}{2} + \frac{1}{2} \right) + f \left(\frac{\cos(2\beta_\psi + 2T_p t)}{2} + \frac{1}{2} \right) \right] +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & df \left[\phi + \frac{\omega_p a_{m\psi} \sin(\beta_\psi + \omega_p t)}{m_{a\psi} - \cos(\beta_\psi + T_p t)} + \frac{T_p a_{m\psi} \sin(\beta_\psi + T_p t) \cos(\beta_\psi + \omega_p t)}{(m_{a\psi} - \cos(\beta_\psi + T_p t))^2} \right] + \\
 & + 2bd^2 \left(\phi - \frac{a_{m\psi} \cos(\beta_\psi + \omega_p t)}{m_{a\psi} - \cos(\beta_\psi + T_p t)} \right) \times \\
 & + 2\mu \cdot \times \left[\phi + \frac{\omega_p a_{m\psi} \sin(\beta_\psi + \omega_p t)}{m_{a\psi} - \cos(\beta_\psi + T_p t)} + \frac{T_p a_{m\psi} \sin(\beta_\psi + T_p t) \cos(\beta_\psi + \omega_p t)}{(m_{a\psi} - \cos(\beta_\psi + T_p t))^2} \right] + = 0. \\
 & + 3ad^3 \left(\phi - \frac{a_{m\psi} \cos(\beta_\psi + \omega_p t)}{m_{a\psi} - \cos(\beta_\psi + T_p t)} \right)^2 \times \\
 & \times \left[\phi + \frac{\omega_p a_{m\psi} \sin(\beta_\psi + \omega_p t)}{m_{a\psi} - \cos(\beta_\psi + T_p t)} + \frac{T_p a_{m\psi} \sin(\beta_\psi + T_p t) \cos(\beta_\psi + \omega_p t)}{(m_{a\psi} - \cos(\beta_\psi + T_p t))^2} \right]
 \end{aligned} \tag{6.44}$$

, (6.43)-(6.44),

Matchcad.

:

$$m = 353 \quad ; \quad I = 9235,8 \quad \cdot \quad ^2; \quad v = 12 \quad / \quad (3,33 \quad / \quad); \quad = 24000 \quad / \quad ;$$

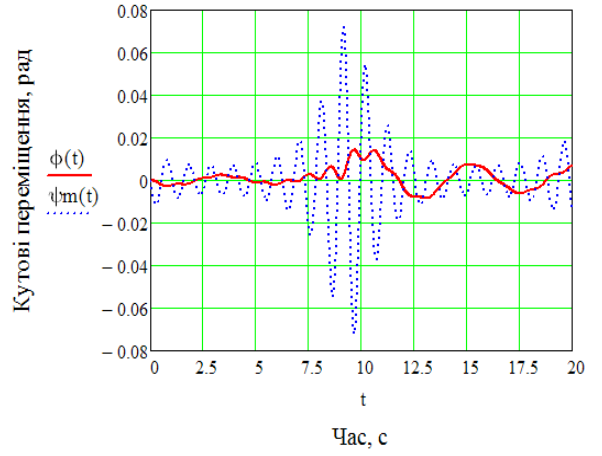
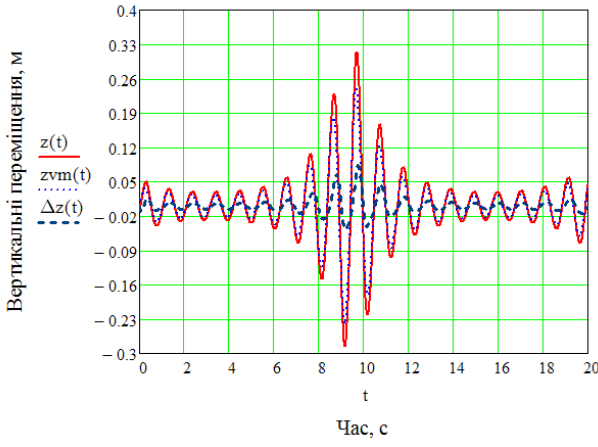
$$\mu = 1200 \frac{Hc}{\quad}; \quad d = 0,525 \quad ; \quad : \quad a_p = 1,66 \quad ,$$

$$z_p = 0,05 \quad ; \quad (6.41): \quad a_m = 0,05 \quad , \quad \omega_p = 6 \quad / \quad ;$$

$$m_a = 1,2 \quad ; \quad T_p = 1,2 \quad ; \quad a_{m\psi} = 0,015 \quad ; \quad m_{a\psi} = 1,2 \quad ; \quad \beta_\psi = \frac{\pi}{2} \quad ; \quad :$$

$$t = 0, \quad z_0 = 0 \quad , \quad \dot{z}_0 = 0 \quad , \quad \varphi_0 = 0 \quad , \quad \dot{\varphi}_0 = 0.$$

, . 6.22–6.23.

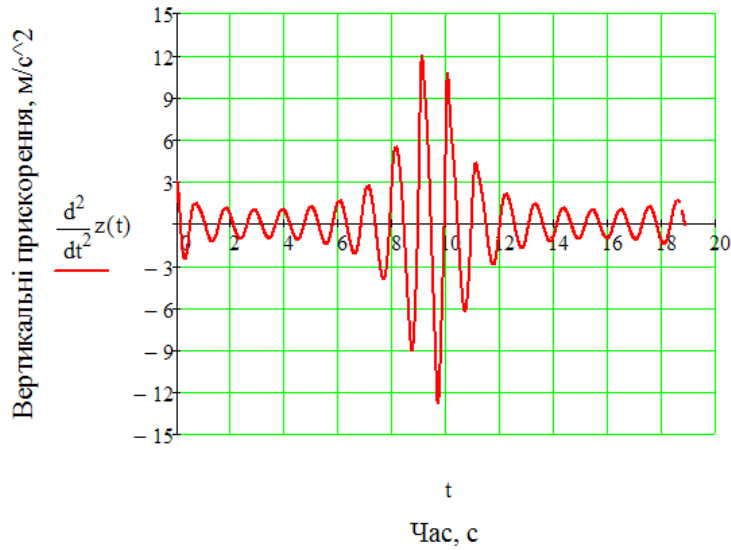


6.22 –

(. 6.22)

« » 0,013 ; « » – 0,079 .
 : 0,003 0,014 .

. 6.23.



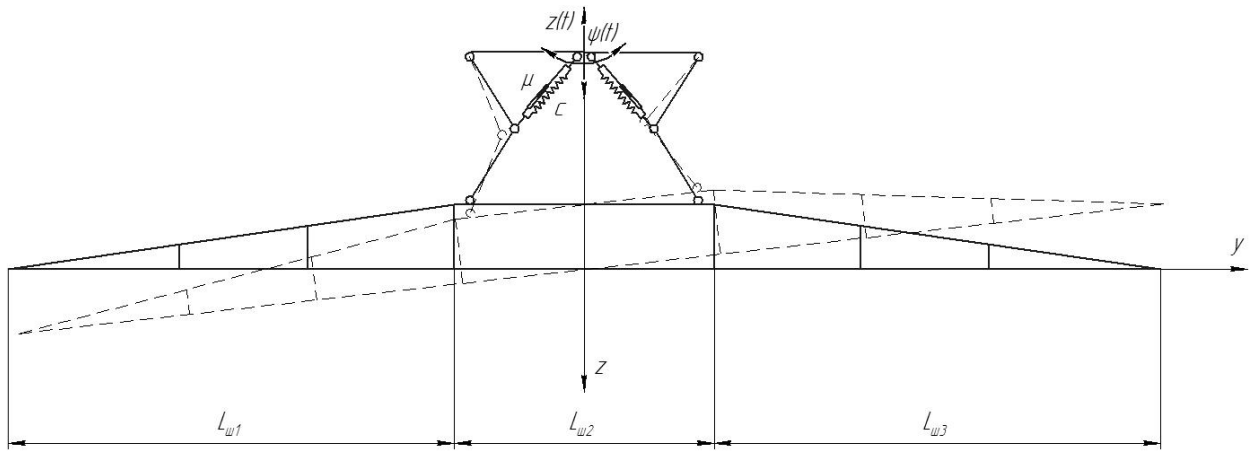
6.23 –

6.5

[125],

[125, 281].

. 6.24.



6.24 -

[128, 281, 125]

$$\frac{\partial^2}{\partial y_i^2} \left(EI_{xi}(y_i) \frac{\partial^2 w_i}{\partial y_i^2} \right) + m_{0i}(y_i) \frac{\partial^2 w_i}{\partial t^2} = 0, \quad i=1,2,3; \tag{6.45}$$

(6.45) : $w_i -$;

$EI_{xi}(y_i) -$; $m_{0i}(y_i) = \rho A_{yi}$, $\rho -$, $A_{yi} -$

$$I_{xi}(y_i)$$

[276,

289] ,

$$\xi_i = \frac{y}{L_i} \tag{128},$$

$$W^{IV}(\xi_i) - a_i^4 W(\xi_i) = 0, \tag{6.46}$$

$$a_i = L_i^4 \sqrt{\frac{\omega^2 m_{0i}}{EI_{yi}}} \tag{128}.$$

[128, 125]

$$W_i = c_{i1} \sin a_i \xi_i + c_{i2} \cos a_i \xi_i + c_{i3} \operatorname{sh} a_i \xi_i + c_{i4} \operatorname{ch} a_i \xi_i. \tag{6.47}$$

[181, 125],

$y = 0.$

(6.46), $y = 0,$

[227]:

$$W_i(0) = c_{i1}; \quad W_i'(0) = c_{i2}a_i; \quad W_i''(0) = c_{i3}a_i^2; \quad W_i'''(0) = c_{i4}a_i^3. \tag{6.48}$$

, (6.46) [181, 125]

,

$$W_i(\xi_i) = c_{i1} \left(\left[\frac{1}{2} (\cosh(a_i \xi_i) + \cos(a_i \xi_i)) \right] \right) + c_{i2} \left(\frac{1}{2} (\sinh(a_i \xi_i) + \sin(a_i \xi_i)) \right) + \tag{6.49}$$

$$+ c_{i3} \left(\frac{1}{2} (\cosh(a_i \xi_i) - \cos(a_i \xi_i)) \right) + c_{i4} \frac{1}{2} (\sinh(a_i \xi_i) - \sin(a_i \xi_i)).$$

,

$W_i(\xi_i):$

$$W_i'(\xi_i) = \frac{1}{2} a_i \left(\begin{array}{l} c_{i2}(\cos(a_i \xi_i) + \cosh(a_i \xi_i)) - c_{i4}(\cos(a_i \xi_i) - \cosh(a_i \xi_i)) - \\ - c_{i1}(\sin(a_i \xi_i) - \sinh(a_i \xi_i)) + c_{i3}(\sin(a_i \xi_i) + \sinh(a_i \xi_i)) \end{array} \right);$$

$$W_i''(\xi_i) = \frac{1}{2} a_i^2 \left(\begin{array}{l} c_{i1}(\cosh(a_i \xi_i) - \cos(a_i \xi_i)) + c_{i3}(\cosh(a_i \xi_i) + \cos(a_i \xi_i)) + \\ + c_{i2}(\sinh(a_i \xi_i) - \sin(a_i \xi_i)) + c_{i4}(\sinh(a_i \xi_i) + \sin(a_i \xi_i)) \end{array} \right);$$

$$W_i'''(\xi_i) = \frac{1}{2} a_i^3 \left(\begin{array}{l} c_{i2}(\cosh(a_i \xi_i) - \cos(a_i \xi_i)) + c_{i4}(\cosh(a_i \xi_i) + \cos(a_i \xi_i)) + \\ + c_{i1}(\sinh(a_i \xi_i) + \sin(a_i \xi_i)) + c_{i3}(\sinh(a_i \xi_i) - \sin(a_i \xi_i)) \end{array} \right). \tag{6.50}$$

,

[276]:

$$W_i' = \frac{M_i}{EI_{yi}}; \quad W_i'' = \frac{Q_i}{EI_{yi}},$$

(6.46)

:

$$\frac{EJ_{y1}}{L_1^2} (c_{13} a_1^2) = 0;$$

$$\frac{EJ_{y1}}{L_1^3} (c_{14} a_1^3) = 0;$$

$$c_{11} (\cosh(a_1 \xi_1) + \cos(a_1 \xi_1)) + c_{12} (\sinh(a_1 \xi_1) + \sin(a_1 \xi_1)) + \frac{M_{10}}{EJ_{y1} a_1^2} \times$$

$$\times (\cosh(a_1 \xi_1) - \cos(a_1 \xi_1)) + \frac{Q_{10}}{EJ_{y1} a_1^3} \cdot (\sinh(a_1 \xi_1) - \sin(a_1 \xi_1)) - 2c_{21} = 0;$$

$$\frac{1}{L_1} \left[\begin{array}{l} c_{11} a_1 (\sinh(a_1 \xi_1) - \sin(a_1 \xi_1)) + c_{12} a_1 (\cosh(a_1 \xi_1) + \cos(a_1 \xi_1)) + \\ + \frac{M_{10}}{EJ_{y1} a_1} \cdot (\sinh(a_1 \xi_1) + \sin(a_1 \xi_1)) + \frac{Q_{10}}{EJ_{y1} a_1^2} \times \\ \times (\cosh(a_1 \xi_1) - \cos(a_1 \xi_1)) \end{array} \right] -$$

$$-\frac{2}{L_2} (c_{22} a_2) = 0;$$

$$\frac{E J_{y1}}{L^2_1} \left[c_{11} a_1^2 (\cosh(a_1 \xi_1) - \cos(a_1 \xi_1)) + c_{12} a_1 (\sinh(a_1 \xi_1) - \sin(a_1 \xi_1)) + \right. \\ \left. + \frac{M_{10}}{E J_{y1}} \cdot (\cosh(a_1 \xi_1) + \cos(a_1 \xi_1)) + \frac{Q_{10}}{E J_{y1} a_1} \times \right. \\ \left. \times (\sinh(a_1 \xi_1) + \sin(a_1 \xi_1)) \right] +$$

$$+ \frac{2E J_{y2}}{L^2_2} (c_{23} a_2^2) = 0;$$

$$\frac{E J_{y1}}{L^3_1} \left[c_{11} a_1^3 (\sinh(a_1 \xi_1) + \sin(a_1 \xi_1)) + c_{12} a_1 a_1^2 (\cosh(a_1 \xi_1) - \cos(a_1 \xi_1)) + \right. \\ \left. + \frac{M_{10}}{E J_{y1}} a_1 \cdot (\sinh(a_1 \xi_1) - \sin(a_1 \xi_1)) + \frac{Q_{10}}{E J_{y1}} (\cosh(a_1 \xi_1) + \cos(a_1 \xi_1)) \right] +$$

$$+ \frac{2E J_{y2}}{L^3_2} c_{24} a_2^3 + c \left[c_{11} (\cosh(a_1 \xi_1) + \cos(a_1 \xi_1)) + c_{12} (\sinh(a_1 \xi_1) + \sin(a_1 \xi_1)) + \right. \\ \left. + \frac{M_{10}}{E J_{y1} a_1^2} \cdot (\cosh(a_1 \xi_1) - \cos(a_1 \xi_1)) + \frac{Q_{10}}{E J_{y1} a_1^3} \times \right. \\ \left. \times (\sinh(a_1 \xi_1) - \sin(a_1 \xi_1)) - \right. \\ \left. - z_p \sin(\omega t) \times \right. \\ \left. \times \left(a z_p^2 \sin(\omega t)^2 - 2 a z_p z \sin(\omega t) - \right. \right. \\ \left. \left. - b z_p \sin(\omega t) + a z^2 + b z + f \right) - \right. \\ \left. - \left(d \psi_p \cos(\omega t) \left(a d^2 \psi_p^2 \cos(\omega t)^2 - 2 a d^2 \psi_p \varphi \cos(\omega t) + \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + a d^2 \varphi^2 - b d \psi_p \cos(\omega t) + b d \varphi + f \right) \right) \right] +$$

$$\begin{aligned}
& \left[c_{11}a_1^2(\cosh(a_1\xi_1) - \cos(a_1\xi_1)) + c_{12}a_1(\sinh(a_1\xi_1) - \sin(a_1\xi_1)) + \right. \\
& \left. + \frac{M_{10}}{EJ_{y1}}(\cosh(a_1\xi_1) + \cos(a_1\xi_1)) + \frac{Q_{10}}{EJ_{y1}a_1}[(\sinh(a_1\xi_1) + \sin(a_1\xi_1))] - \right. \\
& \left. - \omega z_p \left(2 \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 1 \right) \times \right. \\
& \left. \times \begin{pmatrix} 3az_p^2 \sin(\omega t)^2 - 6az_p z \sin(\omega t) - \\ - 2bz_p \sin(\omega t) + 3az^2 + 2bz + f \end{pmatrix} - \right. \\
& \left. \left[\begin{aligned} & 6a \left(2 \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 1 \right) d^2 \psi_p \varphi - \\ & - d\omega \psi_p \sin(\omega t) - 3a(\sin(\omega t)^2 - 1) d^2 \psi_p^2 + 3ad^2 \varphi^2 + \\ & + 2b \left(2 \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 1 \right) d\psi_p + 2bd\varphi + f \end{aligned} \right] \right] = 0;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& c_{21}(\cosh(a_2\xi_2) + \cos(a_2\xi_2)) + c_{22}(\sinh(a_2\xi_2) + \sin(a_2\xi_2)) + \frac{M_{20}}{EJ_{y2}a_2^2} \times \\
& \times (\cosh(a_2\xi_2) - \cos(a_2\xi_2)) + \frac{Q_{10}}{EJ_{y2}a_2^3} \cdot (\sinh(a_2\xi_2) - \sin(a_2\xi_2)) - 2c_{31} = 0;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left[c_{21}a_2(\sinh(a_2\xi_2) - \sin(a_2\xi_2)) + c_{22}a_2(\cosh(a_2\xi_2) + \cos(a_2\xi_2)) + \right. \\
& \left. \frac{1}{L_2} + \frac{M_{20}}{EJ_{y2}a_2}(\sinh(a_2\xi_2) + \sin(a_2\xi_2)) + \frac{Q_{20}}{EJ_{y2}a_2^2} \times \right. \\
& \left. \times (\cosh(a_2\xi_2) - \cos(a_2\xi_2)) \right] -
\end{aligned}$$

$$-\frac{2c_{32}a_3}{L_3} = 0;$$

$$\frac{E J_{y2}}{L^2_2} \left[c_{21} a_2^2 (\cosh(a_2 \xi_2) - \cos(a_2 \xi_2)) + c_{22} a_2 (\sinh(a_2 \xi_2) - \sin(a_2 \xi_2)) + \right. \\ \left. + \frac{M_{20}}{E J_{y2}} \cdot (\cosh(a_2 \xi_2) + \cos(a_2 \xi_2)) + \frac{Q_{20}}{E J_{y2} a_2} \times \right. \\ \left. \times (\sinh(a_2 \xi_2) + \sin(a_2 \xi_2)) \right] +$$

$$+ \frac{2E J_{y3}}{L^2_3} (c_{33} a_3^2) = 0;$$

$$\frac{E J_{y2}}{L^3_2} \left[c_{21} a_2^3 (\sinh(a_2 \xi_2) + \sin(a_2 \xi_2)) + c_{22} a_2 a_2^2 (\cosh(a_2 \xi_2) - \cos(a_2 \xi_2)) + \right. \\ \left. + \frac{M_{20}}{E J_{y2}} a_2 (\sinh(a_2 \xi_2) - \sin(a_2 \xi_2)) + \frac{Q_{20}}{E J_{y2}} (\cosh(a_2 \xi_2) + \cos(a_2 \xi_2)) \right] +$$

$$+ \frac{2E J_{y3}}{L^3_2} c_{34} a_3^3 + c \left[c_{21} (\cosh(a_2 \xi_2) + \cos(a_2 \xi_2)) + c_{22} (\sinh(a_2 \xi_2) + \sin(a_2 \xi_2)) + \right. \\ \left. + \frac{M_{20}}{E J_{y2} a_2^2} (\cosh(a_2 \xi_2) - \cos(a_2 \xi_2)) + \frac{Q_{20}}{E J_{y2} a_2^3} \times \right. \\ \left. \times (\sinh(a_2 \xi_2) - \sin(a_2 \xi_2)) - \right. \\ \left. - (z_p \sin(\omega t) - d\psi_p \cos(\omega t)) \times \right. \\ \left. \times \left(az_p^2 \sin(\omega t)^2 - 2az_p z \sin(\omega t) - \right. \right. \\ \left. \left. - bz_p \sin(\omega t) + az^2 + bz + f \right) + \right. \\ \left. + \left(d\psi_p \cos(\omega t) \left(ad^2 \psi_p^2 \cos(\omega t)^2 - 2ad^2 \psi_p \varphi \cos(\omega t) + \right) \right) \right] +$$

$$\begin{aligned}
& \left[c_{21}a_2^2(\cosh(a_2\xi_2) - \cos(a_2\xi_2)) + c_{22}a_2(\sinh(a_2\xi_2) - \sin(a_2\xi_2)) + \right. \\
& \left. + \frac{M_{20}}{E J_{y2}}(\cosh(a_2\xi_2) + \cos(a_2\xi_2)) + \frac{Q_{20}}{E J_{y2}a_2}(\sinh(a_2\xi_2) + \sin(a_2\xi_2)) - \right. \\
& \left. - \omega z_p \left(2 \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 1 \right) \times \right. \\
& \left. \times \begin{pmatrix} 3az_p^2 \sin(\omega t)^2 - 6az_p z \sin(\omega t) - \\ - 2bz_p \sin(\omega t) + 3az^2 + 2bz + f \end{pmatrix} + \right. \\
& \left. + d\omega \psi_p \sin(\omega t) - 3a(\sin(\omega t)^2 - 1)d^2\psi_p^2 + 3ad^2\varphi^2 + \right. \\
& \left. + 2b \left(2 \sin\left(\frac{\omega t}{2}\right)^2 - 1 \right) d\psi_p + 2bd\varphi + f \right] = 0;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left[c_{31}a_3^2(\cosh(a_3\xi_3) - \cos(a_3\xi_3)) + c_{32}a_3(\sinh(a_3\xi_3) - \sin(a_3\xi_3)) + \right. \\
& \left. + \frac{M_{30}}{E J_{y3}}(\cosh(a_3\xi_3) + \cos(a_3\xi_3)) + \frac{Q_{30}}{E J_{y3}a_3} \times \right. \\
& \left. \times (\sinh(a_3\xi_3) + \sin(a_3\xi_3)) \right] = 0;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left[c_{31}a_3^3(\sinh(a_3\xi_3) + \sin(a_3\xi_3)) + c_{32}a_3a_3^2(\cosh(a_3\xi_3) - \cos(a_3\xi_3)) + \right. \\
& \left. + \frac{M_{30}}{E J_{y3}}a_3(\sinh(a_3\xi_3) - \sin(a_3\xi_3)) + \frac{Q_{30}}{E J_{y3}a_3} \times \right. \\
& \left. \times (\cosh(a_3\xi_3) + \cos(a_3\xi_3)) \right] = 0.
\end{aligned}$$

(6.51)

$$c_{ij} = \dots \quad (6.51)$$

$$\dots \quad (6.47)$$

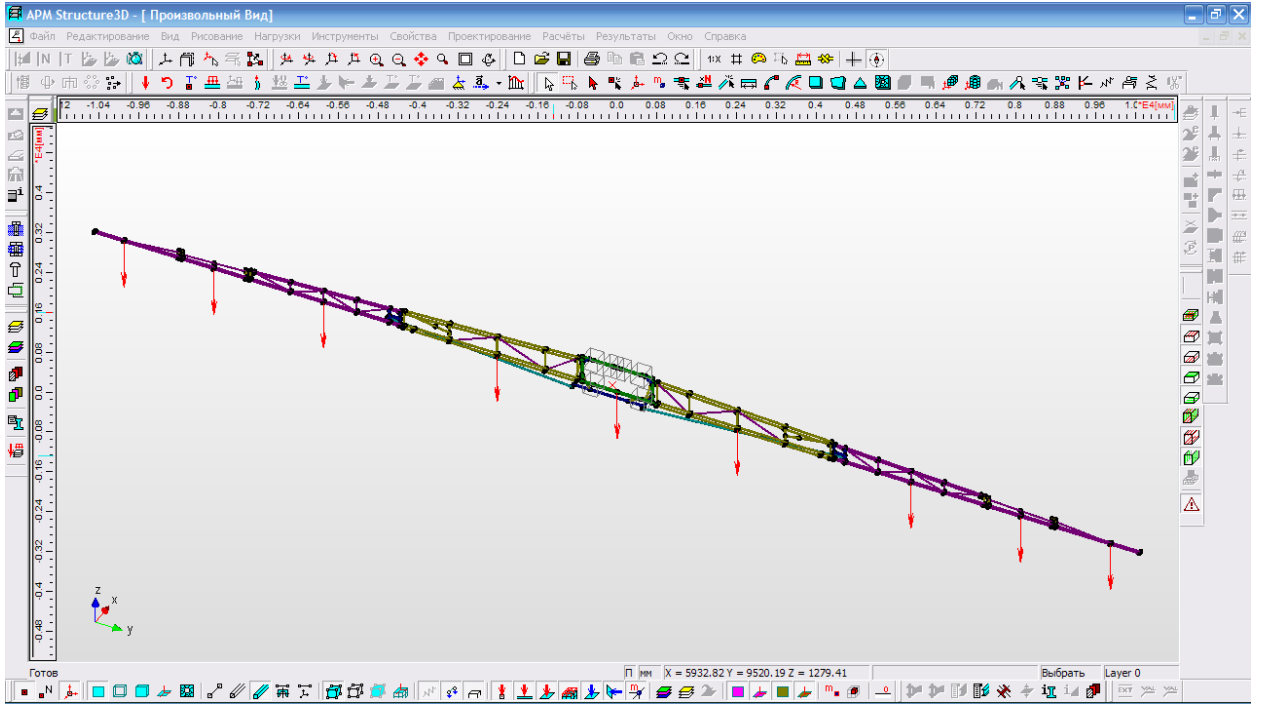
6.6

,
 ,
 — ,
 . ,
 , « »
 .

,
 - : ,
 . APM Structure3D.

[8]. APM Structure3D,

, .6.25.



6.25 –

3-D

–

,

.

,

.

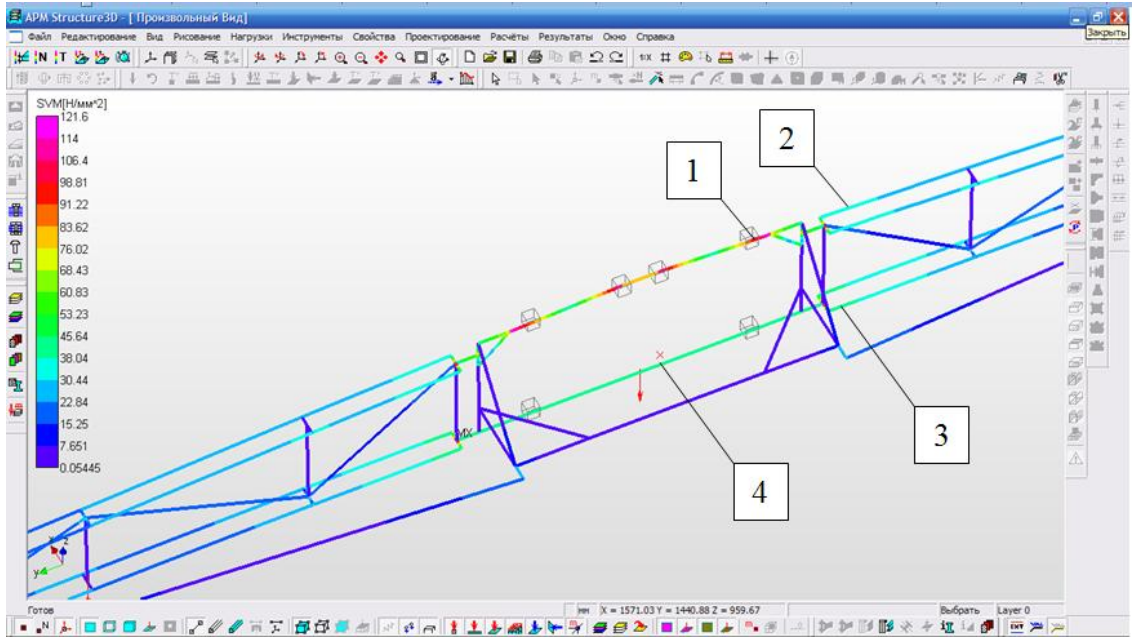
:

(

).

6.26

1-4,

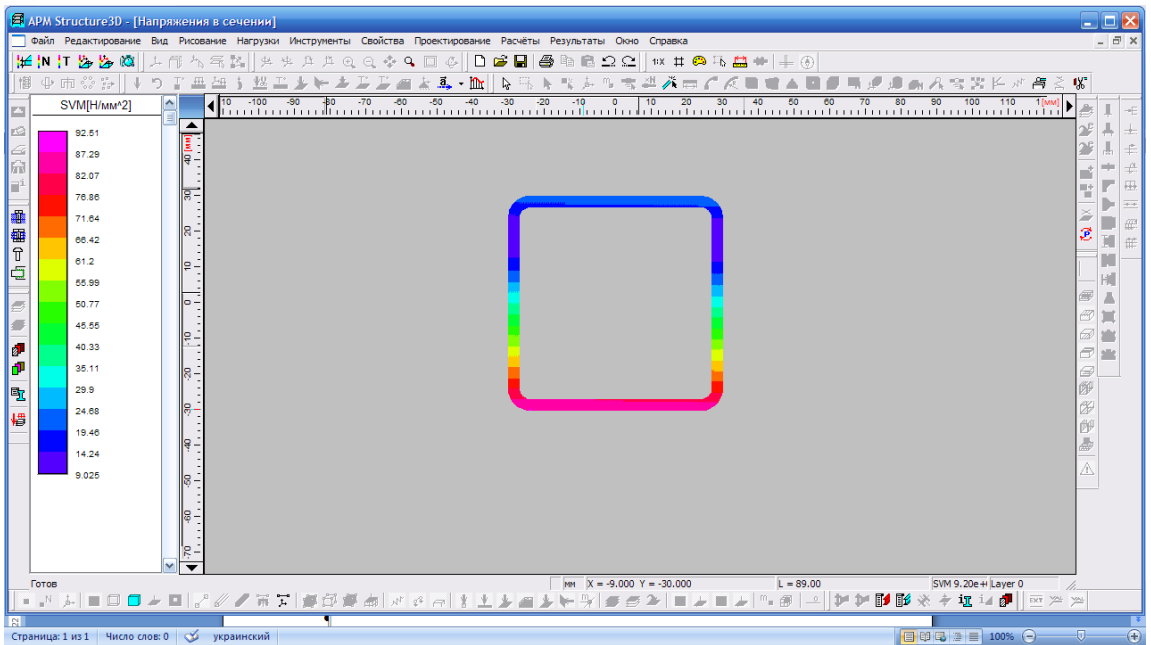


6.26 –

1 (. 6.26),

92

60 × 60 × 3 , . 6.27.



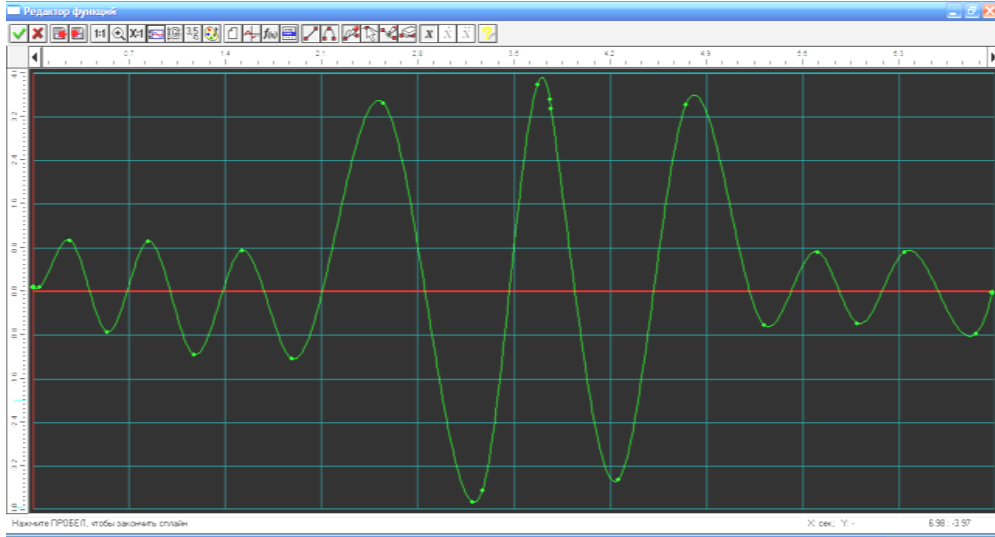
6.27 –

1

: 2 – 35,5 ; 3 –

39,7 ; 4 – 39,6 .

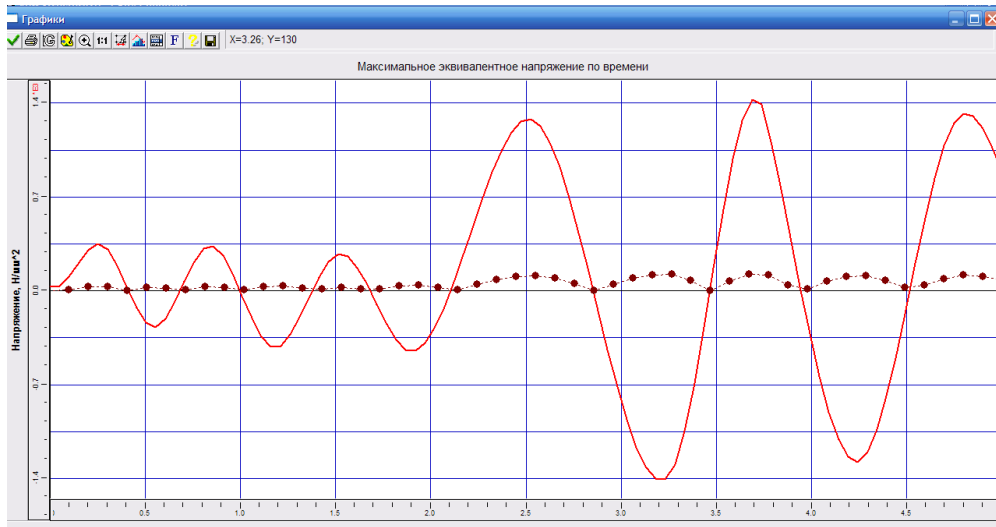
,
, . 6.28.



6.28 –

1

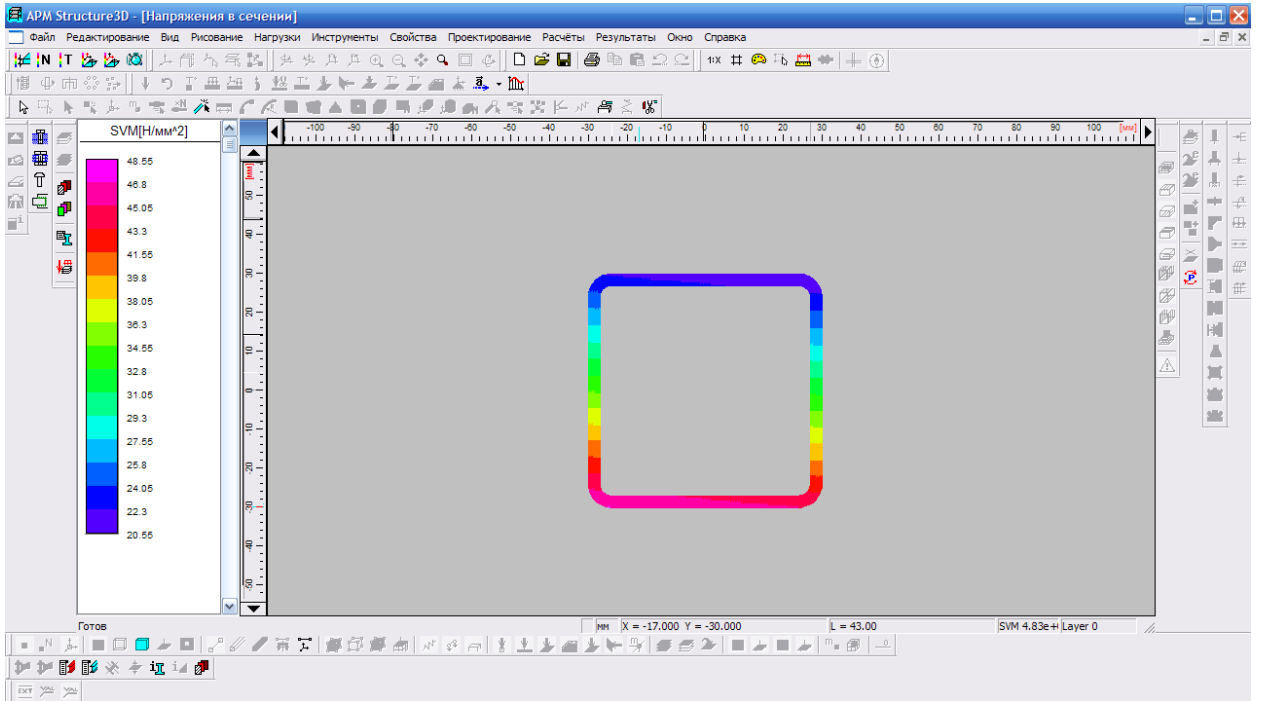
. 6.29.



6.29 –

1 130 .

, . 6.30

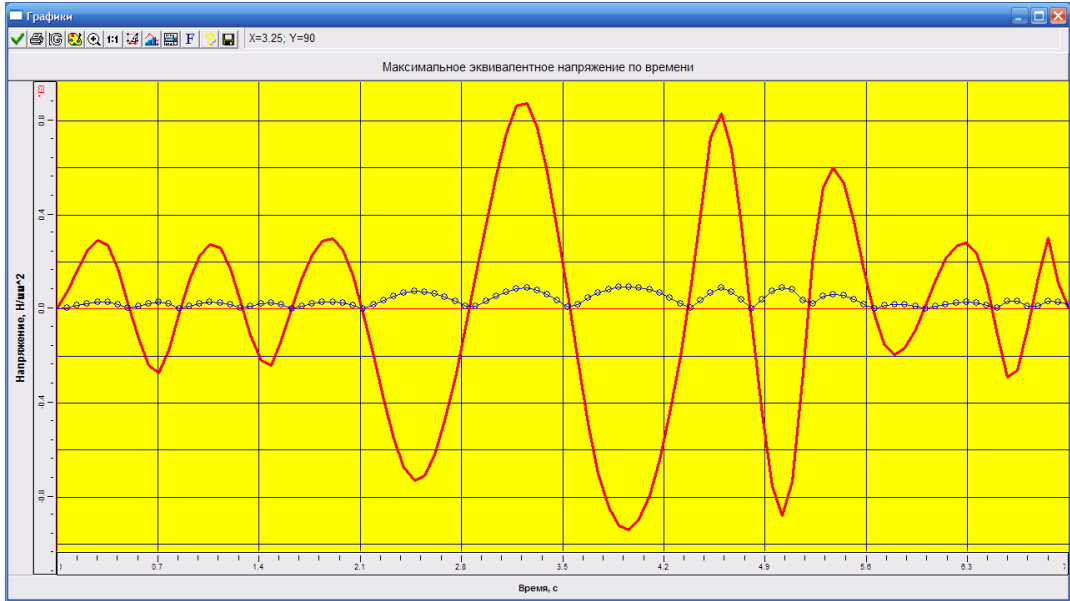


6.30 –

1

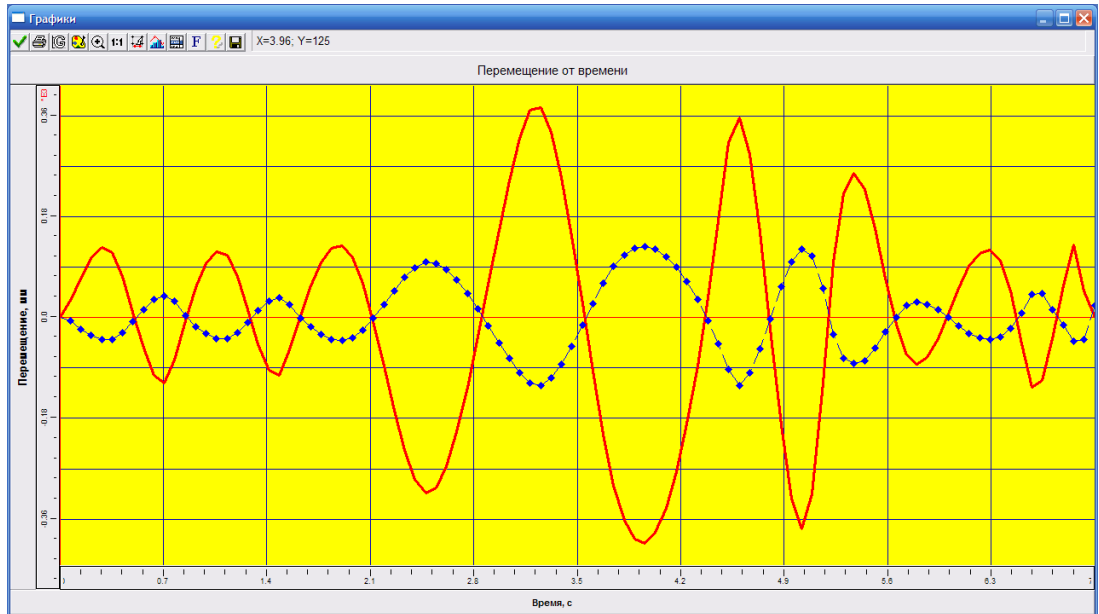
48,3 .

(,) 90 , . 6.31



6.31 –

() , . 6.32.



6.32 –

0,125 .

: =24000 / ; μ = 1200 $\frac{Hc}{}$,

,

.

,

.

.

,

3,1.

5.

,

.

,

,

6.

-

.

7.

APM Structure3D

-

,

.

7

,

,

.

,

.

,

,

.

,

[248, 108, 9,247, 256].

7.1

,

,

,

()

,

[225, 78, 94, 95, 123, 124, 145, 179, 194, 198, 212, 226, 277, 298].

переріз

,

.

:

—

-600

;

—

-600;

—

-3524

-2000

переріз ;

—

підвіск

;

—

підвіск

();

—

-3524

.

,

[247, 256, 97, 250],

:

—

переріз

,

,

;

,

;

-3- 1,

-4- 1
±300 /c;

() [255, 287].

,

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, n \geq 30 \dots 50$

[78, 145, 198, 212, 277].

,

$$\mu = \bar{x} \pm \Delta x, \tag{7.1}$$

$\bar{x} - \Delta x$;
 $\Delta x -$,

P .

(7.1)

$$\mu = \bar{x} \pm \Delta x, (P=0,95). \tag{7.2}$$

,

x , Δx P . ,

$$y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta x^2}{2\sigma^2}}, \tag{7.3}$$

σ — ;
 σ^2 — () .

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \tag{7.4}$$

, $n \rightarrow \infty$,

$$\mu = \lim_{n \rightarrow \infty} \bar{x}. \tag{7.5}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}. \tag{7.6}$$

, $n \rightarrow \infty$, $\sigma = \lim_{n \rightarrow \infty} S$ [145].

\bar{x}

[145]

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}} = \frac{S}{\sqrt{n}}. \tag{7.7}$$

$n \geq 30 \dots 50.$

$$\Delta x = \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}, \tag{7.8}$$

$t -$

N

() $N = p^k$, $k = 3$,
 $p = 3$, $N = 27$, $n = 3$.

$N = 3^3$ [118].

7.1 –

3^3

-											
					$1^{\mathcal{X}_2}$	$1^{\mathcal{X}_3}$	$2^{\mathcal{X}_3}$				$\overline{y_i}$
	0	1	2	3				1	2	3	
1.	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	y_{11}	y_{12}	y_{13}	$\overline{y_1}$
2.	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	y_{21}	y_{22}	y_{23}	$\overline{y_2}$
3.	+1	0	-1	-1	0	0	+1	y_{31}	y_{32}	y_{33}	$\overline{y_3}$
4.	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	y_{41}	y_{42}	y_{43}	$\overline{y_4}$
5.	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	y_{51}	y_{52}	y_{53}	$\overline{y_5}$
6.	+1	0	+1	-1	0	0	-1	y_{61}	y_{62}	y_{63}	$\overline{y_6}$
7.	+1	-1	0	-1	0	+1	0	y_{71}	y_{72}	y_{73}	$\overline{y_7}$
8.	+1	+1	0	-1	0	-1	0	y_{81}	y_{82}	y_{83}	$\overline{y_8}$
9.	+1	0	0	-1	0	0	0	y_{91}	y_{92}	y_{93}	$\overline{y_9}$
10.	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	y_{10}	y_{10}	y_{10}	$\overline{y_{10}}$
11.	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	y_{11}	y_{11}	y_{11}	$\overline{y_{11}}$
12.	+1	0	-1	+1	0	0	-1	y_{12}	y_{12}	y_{12}	$\overline{y_{12}}$
13.	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	y_{13}	y_{13}	y_{13}	$\overline{y_{13}}$

7.1

14.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	\mathcal{Y}_{14}	$\mathcal{Y}_{14:}$	$\mathcal{Y}_{14:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{14}}$
15.	+1	0	+1	+1	0	0	+1	\mathcal{Y}_{15}	$\mathcal{Y}_{15:}$	$\mathcal{Y}_{15:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{15}}$
16.	+1	-1	0	+1	0	-1	0	\mathcal{Y}_{16}	$\mathcal{Y}_{16:}$	$\mathcal{Y}_{16:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{16}}$
17.	+1	+1	0	+1	0	+1	0	\mathcal{Y}_{17}	$\mathcal{Y}_{17:}$	$\mathcal{Y}_{17:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{17}}$
18.	+1	0	0	+1	0	0	0	\mathcal{Y}_{18}	$\mathcal{Y}_{18:}$	$\mathcal{Y}_{18:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{18}}$
19.	+1	-1	-1	0	+1	0	0	\mathcal{Y}_{19}	$\mathcal{Y}_{19:}$	$\mathcal{Y}_{19:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{19}}$
20.	+1	+1	-1	0	-1	0	0	\mathcal{Y}_{20}	$\mathcal{Y}_{20:}$	$\mathcal{Y}_{20:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{20}}$
21.	+1	0	-1	0	0	0	0	\mathcal{Y}_{21}	$\mathcal{Y}_{21:}$	$\mathcal{Y}_{21:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{21}}$
22.	+1	-1	+1	0	-1	0	0	\mathcal{Y}_{22}	$\mathcal{Y}_{22:}$	$\mathcal{Y}_{22:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{22}}$
23.	+1	+1	+1	0	+1	0	0	\mathcal{Y}_{23}	$\mathcal{Y}_{23:}$	$\mathcal{Y}_{23:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{23}}$
24.	+1	0	+1	0	0	0	0	\mathcal{Y}_{24}	$\mathcal{Y}_{24:}$	$\mathcal{Y}_{24:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{24}}$
25.	+1	-1	0	0	0	0	0	\mathcal{Y}_{25}	$\mathcal{Y}_{25:}$	$\mathcal{Y}_{25:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{25}}$
26.	+1	+1	0	0	0	0	0	\mathcal{Y}_{26}	$\mathcal{Y}_{26:}$	$\mathcal{Y}_{26:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{26}}$
27.	+1	0	0	0	0	0	0	\mathcal{Y}_{27}	$\mathcal{Y}_{27:}$	$\mathcal{Y}_{27:}$	$\overline{\mathcal{Y}_{27}}$

[74, 275]

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2, \quad (7.9)$$

$b_0 -$; $b_j -$ $j -$ $(j = 1, 2, 3)$; $b_{jk} -$
 $k = 1, 2, 3.$

b_0

$x_0 = 0,$

. 7.1.

y j

[248, 275, 108,

141, 225]

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ji} \bar{y}_i}{N}. \tag{7.10}$$

b_{jk}

$$b_{jk} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} x_{ki} \bar{y}_i. \tag{7.11}$$

()

$$x_j = \frac{z_j - z_j^0}{\Delta z_j}, \tag{7.12}$$

$$z_j^0 = \frac{z_j^{\max} + z_j^{\min}}{2}, \Delta z_j = \frac{z_j^{\max} - z_j^{\min}}{2}, \tag{7.13}$$

$z_j^{\max} \quad z_j^{\min} -$ $j-$.

(z_1^0, z_2^0) ; Δz_1

$\Delta z_2 -$ $z_1 \quad z_2 \cdot$

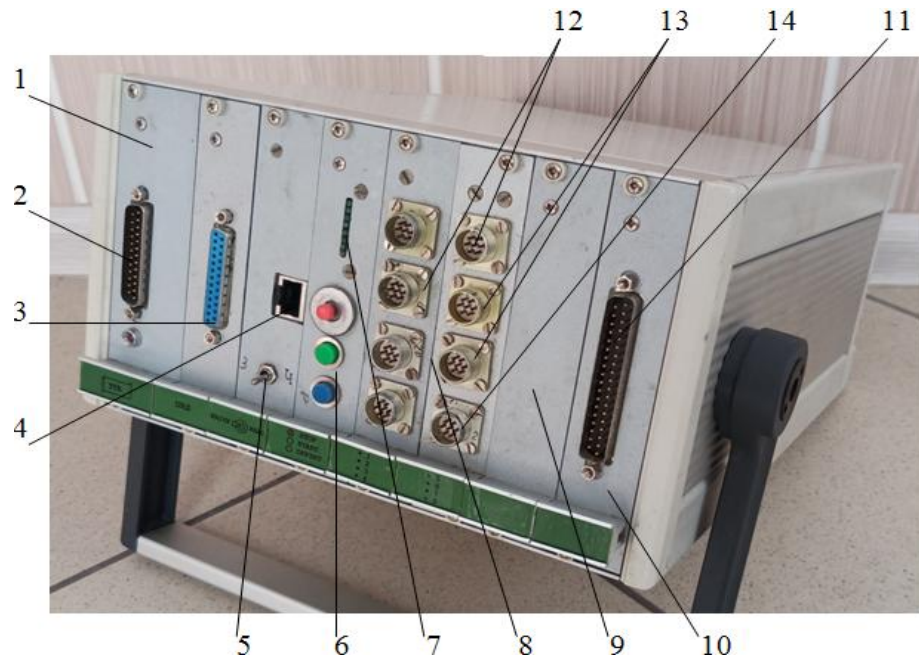
,

,

.

7.2

.7.1, (), [287, 255, 168, 120].

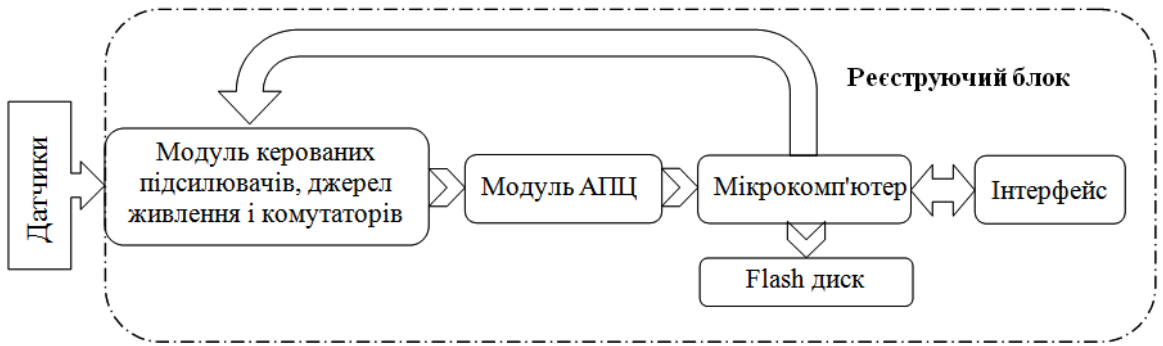


1 – LC-014; 2 – ; 3 – ; 4 – Ethernet; 5 – « / »; 6 – (« », « », « »); 7 – ; 8 – ; 9 – LC-301; 10 – LC-101; 11 – LC-101; 12 – 1...5; 13 – (6, 7); 14 – (8)

7.1 –

220 .

. 7.2.



7.2 –

LTC-26, L-Cart

() LPT - , -

:

- - 8;
- - 5;
- - 2;
- - 1;
- 12- ;
- 1 2

() ;

•

.7.2.

7.2 –

/		
1		5
2	: (,),	50÷400 200
3		, ,
4	,	±0,5; ± 2,0
5	, ,	10
6		
7	'	3- ;
8		100x 1;2;4;8;16;32;64; 128
9	, ΔR/R, ± 2,0 (. * 10 ⁻³)	100; 50; 25; 12,5; 6,25; 3,12; 1,56; 0,78; 0,39
10		
11	,	0÷1000
12	,	±1
13	, , %	2
14	, , / ⁰	±1
15	20 , / ⁰ 3- , ,	10

. 7.2

16	, (. *10 ⁻⁶)/ ⁰	20
17	, %	±0,2
18	(), 0,1 ...1,5 , ,	1,5
19	: - , ; - ; - ,	500...10000 ±5 1,2,4,8,16,32,64 0÷20000
20	, ,	±2,0; ±5,0 10
21	,	±5
22	, , / ⁰	±10
23	,	4;8;16;20;32;40; 64; 80;128
24	, /	18
25	, %,	2

7.3.

7.3 –

/		
1		2
2		' -3- 1, -4- 1 ()
3	, . ² / - -4- 1 - -3- 1	1 10,2
4	, - -3- 1 - -4- 1	0,1...4800 0,1...12500

7.4.

7.4 –

/		
1	, /c	±300
2	, / /	0,5
3	,	40

().

,

DOS

TER_LPT. EXE.

15

15-20 .

data.dat (C:\Ternop\

data.dat).

–

8192

N-

: 0- – 1-

, 1- – , 2- – , 3- – ..., (N-1) - – N- ;

N - – . . .

MODE.DAT.

«W».

: « . » –

512

; «

»

() 512 .

,

```

:
- ' ,
,
(TCP/IP); IP - 192.168.0.1; - 255.255.255.0;
- ' ;
-
220 . 220 ;
- WRITE/READ
READ.
- Ethernet ' ,
- ;
- ' ;
-
« ». \\TVA\J, TVA - '
' ,J- ' .( ' - THOME).
- J.
- J, MODE,
MODE.DAT,
- ' .
.
12 .
12 («+» )
WRITE/READ WRITE
.
15 .
«OFFSET».
. 40 .

```

()

()

START.

STOP

Flash-

Flash-

1/8

Flash-

WRITE/READ

READ.

Ethernet

«

».

\\TVA\J

J.

DATA

Data1.dat...Data32.dat.

(1/32

Flash-

).

-

,

«

»

1.

,

1,

«

».

«

»

6;

7; 8

(

).

,

перерізом 7,8 × 18 ,

(25)

() .
-8, .7.3.



7.3 –

()

-8.

- 100 ()
-8 K = 50

180 ,

:

- (1 -

, , 2 - ,);

- ();

- -8 (1 6).

-3.

, , data- ,

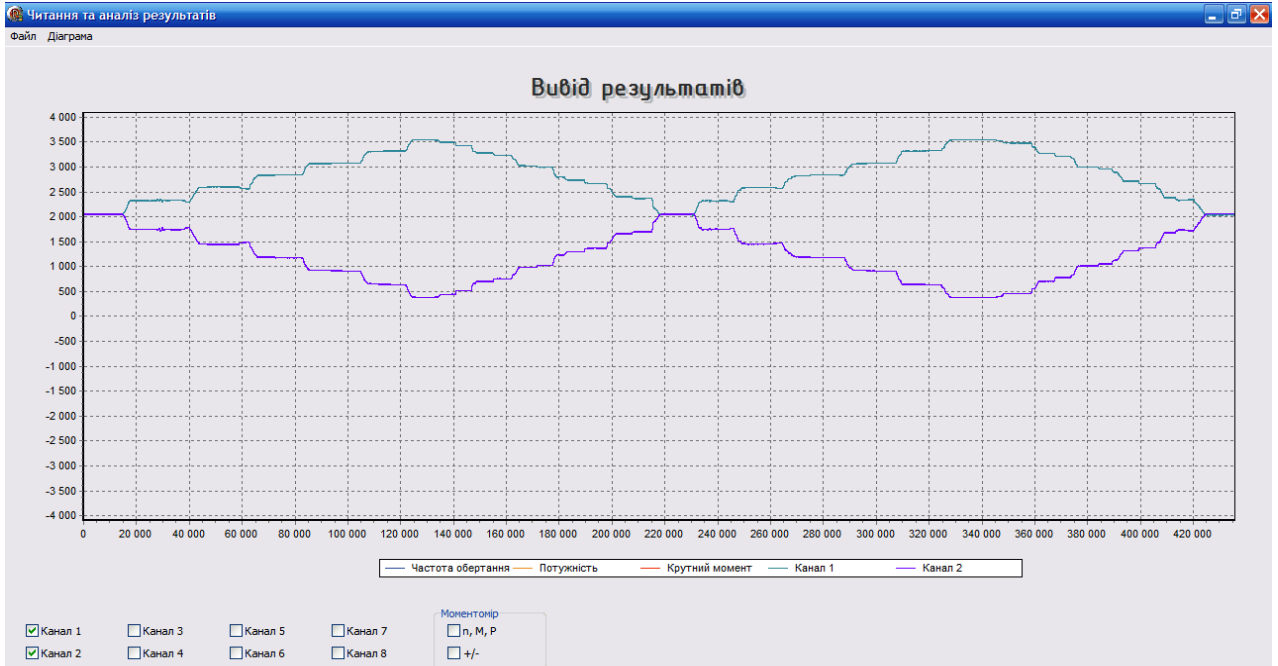
() , data-

«Krejator», . 7.4.

. 7.4

: 1 -

; 2 -



7.4 –

« »

. 7.5.

7.5 –

		0	1	2	3	4	5	6
1	*R ₁	2052,0	2301,0	2573,0	2824,5	3125,0	3380,0	3642,0
	**R ₂	2048,0	1754,0	1444,0	1180,0	917,0	743,0	383,0
2	R ₁	2054,0	2307,0	2581,5	2830,0	3119,5	3379,5	3641,0
	R ₂	2041,0	1749,0	14,52,0	1181,0	912,0	735,0	382,0
3	R ₁	2057,	2316,0	2587,5	2870,5	3123,5	3373,5	3626,0
	R ₂	2060,0	17,53,0	1459,0	1193,0	909,0	732,0	379,0
	R ₁	2054,3	2308,0	2580,7	2841,7	3122,7	3377,7	3636,3
	R ₂	2049,7	1752,0	1451,7	1184,7	912,7	736,7	381,3

: *R₁ – , 1;

**R₂ – , 2.

$$S(a_0, a_1, \dots, a_m) = \sum_{i=1}^k \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^k [f(i, a_0, \dots, a_m) - y_i]^2. \tag{7.16}$$

$S(a_0, \dots, a_m),$
 a_0, \dots, a_m

,

.

:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a_0} = 2 \sum_{i=1}^k [f(i, a_0, \dots, a_m) - y_i] \cdot \frac{\partial f}{\partial a_0} = 0, \\ \frac{\partial S}{\partial a_m} = 2 \sum_{i=1}^k [f(i, a_0, \dots, a_m) - y_i] \cdot \frac{\partial f}{\partial a_m} = 0. \end{cases} \tag{7.17}$$

$$y = a_0 + a_1 t, \tag{7.18}$$

(7.17)

:

$$\begin{cases} a_0 k + a_1 \frac{k(k+1)}{2} = \sum_{i=1}^k y_i; \\ a_0 \frac{k(k+1)}{2} + a_1 \frac{k(k+1)(2k+1)}{6} = \sum_{i=1}^k i y_i. \end{cases} \tag{7.19}$$

,

,

$a_0 \quad a_1.$

: $k=7; m=2; y_i -$

R_1

(7.5).

(7.19)

$$\begin{cases} 7a_0 + 28a_1 = 1,9921 \cdot 10^4; \\ 28a_0 + 140a_1 = 8,7111 \cdot 10^4. \end{cases} \quad (7.20)$$

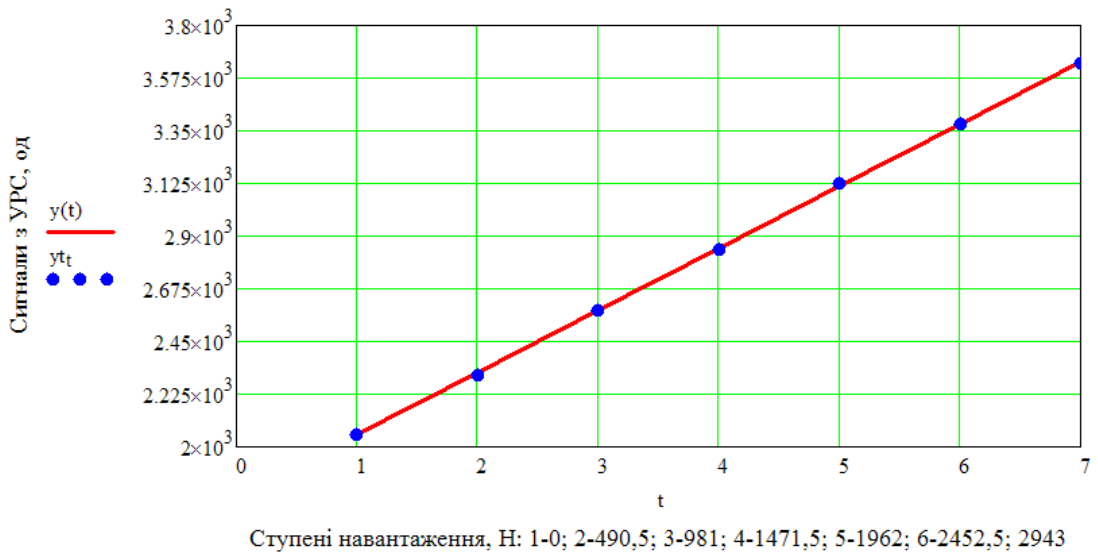
$$(7.20) \quad : a_0 = 1,7848 \cdot 10^3 \quad a_1 = 265,2643 .$$

$$y = 1,7848 \cdot 10^3 + 265,2643x. \quad (7.21)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{k-m+1} \sum_{i=1}^k \varepsilon_i^2}. \quad (7.22)$$

$$\varepsilon = 6,5.$$

, 7.5.



7.5 – ; – R₁

(7.19) R_2 2. R_2 :

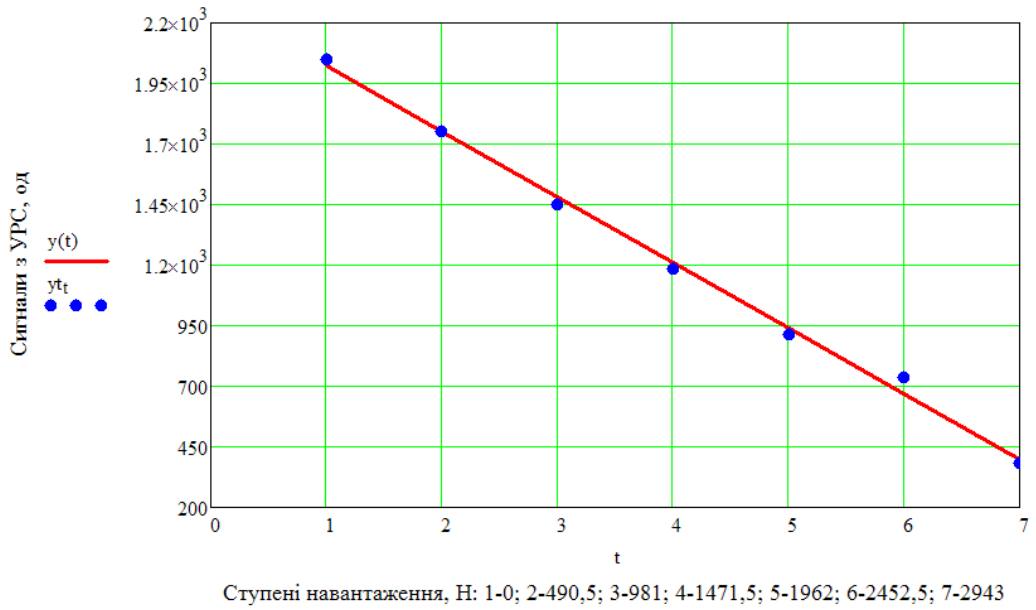
$$\begin{cases} 7a_0 + 28a_1 = 8,4688 \cdot 10^3; \\ 28a_0 + 140a_1 = 2,63 \cdot 10^4. \end{cases} \quad (7.23)$$

: $a_0 = 2291,9429$ $a_1 = -270,5286$.

$y = 2291,9429 - 270,5286t$. (7.24)

$\varepsilon = 36,2$.

, .7.6.



7.6 – ; — R_2

. 7.5, 7.6,

$$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2, \tag{7.25}$$

(7.17), $a_0, a_1, a_2,$:

$$\begin{cases} a_0 k + a_1 \sum_{i=1}^k i + a_2 \sum_{i=1}^k i^2 = \sum_{i=1}^k y_i; \\ a_0 \sum_{i=1}^k i + a_1 \sum_{i=1}^k i^2 + a_2 \sum_{i=1}^k i^3 = \sum_{i=1}^k i y_i; \\ a_0 \sum_{i=1}^k i^2 + a_1 \sum_{i=1}^k i^3 + a_2 \sum_{i=1}^k i^4 = \sum_{i=1}^k i^2 y_i. \end{cases} \tag{7.26}$$

$R_1, \quad , \quad m = 3:$

$$\begin{cases} 7a_0 + 28a_1 + 140a_2 = 1,9921 \cdot 10^4; \\ 28a_0 + 140a_1 + 784a_2 = 8,7111 \cdot 10^4; \\ 140a_0 + 784a_1 + 4676a_2 = 4,5781 \cdot 10^5. \end{cases} \quad (7.27)$$

$$: a_0 = 1780,9143 ; a_1 = 267,8357 ; a_2 = -0,3214 .$$

$$y = 1780,9143 + 267,8357t - 0,3214t^2 . \quad (7.28)$$

$$\varepsilon = 7,0 .$$

$$(7.29)$$

 R_2

$$\begin{cases} 7a_0 + 28a_1 + 140a_2 = 8,4688 \cdot 10^3; \\ 28a_0 + 140a_1 + 784a_2 = 2,630 \cdot 10^4; \\ 140a_0 + 784a_1 + 4676a_2 = 1,091 \cdot 10^5. \end{cases} \quad (7.29)$$

$$: a_0 = 2338,0857 ; a_1 = -301,2905 ; a_2 = 3,8452 .$$

$$y = 2338,0857 - 301,2905 t + 3,8452 t^2 . \quad (7.30)$$

$$\varepsilon = 36,4 .$$

, $R_1 \quad R_2 :$
 – $R_1 :$
 6,5; – 7,0. ,
 ;
 – $R_2 :$ – 36,2 ; – 36,4.
 ,

, $R_1 \quad R_2 .$
 , – .
 .
 [208],

$$W_0 = \frac{bh^2}{6}, \tag{7.31}$$

b – , $b=0,0078$;
 h – , $h=0,018$.

$$W_0 = \frac{0,0078 \cdot 0,018^2}{6} = 4,212 \cdot 10^{-7} \text{ }^3.$$

[208]

, переріз

$$\sigma = \frac{M}{W_0}, \tag{7.32}$$

M – , переріз

$$M = \frac{L_{AB} - L_P}{2} P, \tag{7.33}$$

L_{AB} – , $L_{AB} = 0,18$; L_P –

, $L_P = 0,10$; P – ,

-8

$K = 50$.

(7.33),

, · : 0; 19,613; 39,227; 58,84; 78,453; 98,067; 117,68.

(7.33),

(σ_i) переріз ,

, : 0; 46,565; 93,131; 139,696; 186,261; 232,826; 279,392.

, ,

, $k_{pid} = 16$.

R_1

R_2

$$k_{1(2)tar} = \frac{\sigma_i k_{pid}}{R_{1(2)i}}, \tag{7.34}$$

. 7.6

7.6 –

$k_{1tari}, \frac{\dots}{\dots},$	0	0,3228	0,5774	0,7866	0,9544	1,1029	1,2293
$k_{2tari}, \frac{\dots}{\dots},$	0	0,4253	1,0265	1,8867	3,2654	5,0569	11,7227

$i = 1, 2, \dots, k - 1$

$$\Delta_{1(2)i} = R_{1(2)i+1} - R_{1(2)i} \tag{7.35}$$

$$\Delta_{1(2)} = \frac{\sum_{i=1}^k (R_{1(2)i+1} - R_{1(2)i})}{k - 1} \tag{7.36}$$

(7.35) (7.36) . 7.7

7.7 –

Δ_{1i}	253,67	272,67	261,0	281,0	255,0	258,67	$\Delta_1 = 263,67$
Δ_{2i}	-297,67	-300,33	-267,0	-272,0	-176,0	-355,33	$\Delta_2 = -278,06$

$R_1 \quad R_2 ,$

$\Delta = 27086,$

5 %.

()

:

$$\begin{aligned}
 R'_{1i} &= 2054,3 + (i - 1)\Delta, \\
 R'_{2i} &= 2027 - (i - 1)\Delta.
 \end{aligned}
 \tag{7.37}$$

7.8 –

R'_{1i}	2054,3	2325,16	2596,02	2868,88	3137,74	3408,61
R'_{2i}	2049,67	1778,84	1507,98	1237,11	966,26	695,39

(7.34)

$$k_{1(2)Ti} = \frac{\sigma_{R1(R2)_{i+1}} - \sigma_{R1(R2)_i}}{\Delta} k_{pid},
 \tag{7.38}$$

$$\sigma_{R1(R2)_i} -
 \tag{7.34}$$

$R_1 \quad R_2 \cdot$

(7.38),

$$k_{1(2)T} = k_T = 2,751 \text{ ———— } .$$

$R_1,$

, 7.7.

:

$$1 - k_{T_1} = 59,87 \text{ —};$$

$$2 - k_{T_2} = 50,40 \text{ —}.$$

7.3

:

,
[298, 225].

7.3.1

-600

,

.

:

,

,

переріз .

-600

« », .7.9.



7.9 – -600

(, ,)
(-) [205].

7.9 – -600

1 :	/	1,92 – 5,76
	/	4,8 – 14,4
	/	6 – 12
		12,5
		25 , 30 , 40
	³ ()	0,6 (600)
:	/	75 – 300
-	/	200 – 400
,		0,6
,	/	20

.7.9

	.	1 ()
		0,5 – 1,3
	%	±5
,		270
‘ : - () -		1300 2500 1700
‘ : ‘ :		5
:	/	/
:	/	100 / 2
:		

‘ ,
‘ , 1, 2, 5
‘ ,
‘ , .7.10.



7.10 –

6278)

15 .

(.7.10,).

().

-8

3 4 .



)))

7.11 -

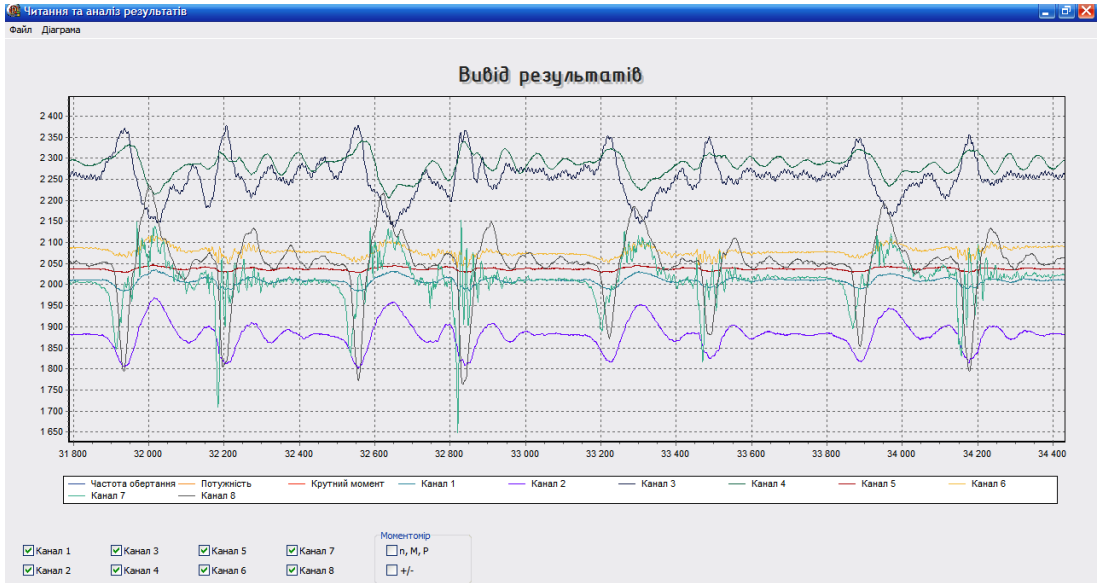
(' -3- 1, -4- 1) ' ,

6, 7 8.

:

();

(.7.12),



7.12 –

7.12

Крејатор [178],

7.10.

7.10 –

						(*)	
		10 /	12 /	10 /	12 /	10 /	12 /
1		5760	7200	2688	2835	8960	9350
2		6080	7296	2790	2905	8730	9230
3	/ ²	25,3	33,2	12,3	15,6	45,2	58,6
4	/ ²	38,2	41,5	17,2	21,2	61,3	70,2
5	/ ²	42,1	39,6	19,4	22,1	69,5	75,8
6	/ ²	12,3	9,4	5,1	6,4	7,2	9,4

*

(7.2, 7.3): 1 –

; 2 – ; 3 –
 , 4 – (; 5 –
 (), 6 –
 (). 5 6

(. 7.10) , (12,5),

підвіск ,

7.3.2

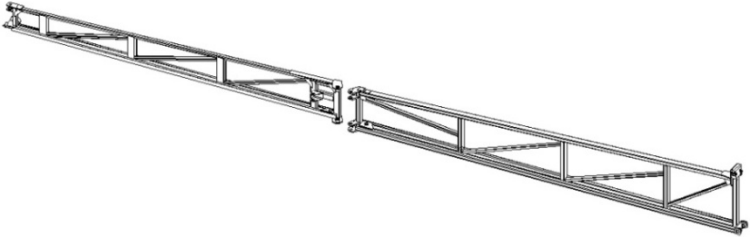
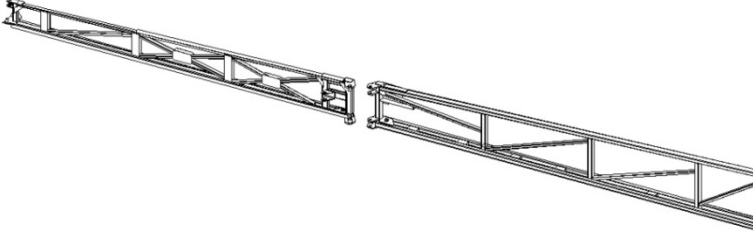
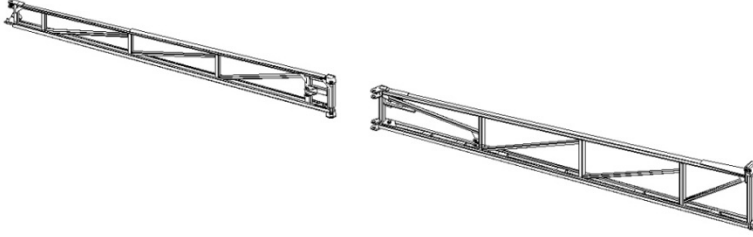
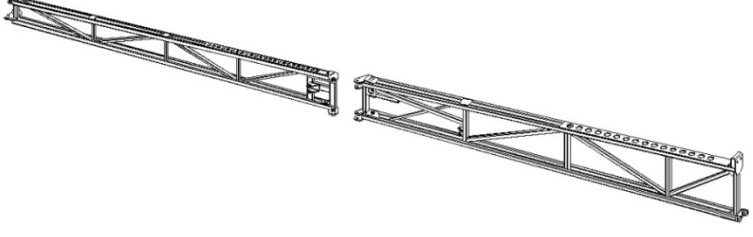
-3524 -2000

переріз .

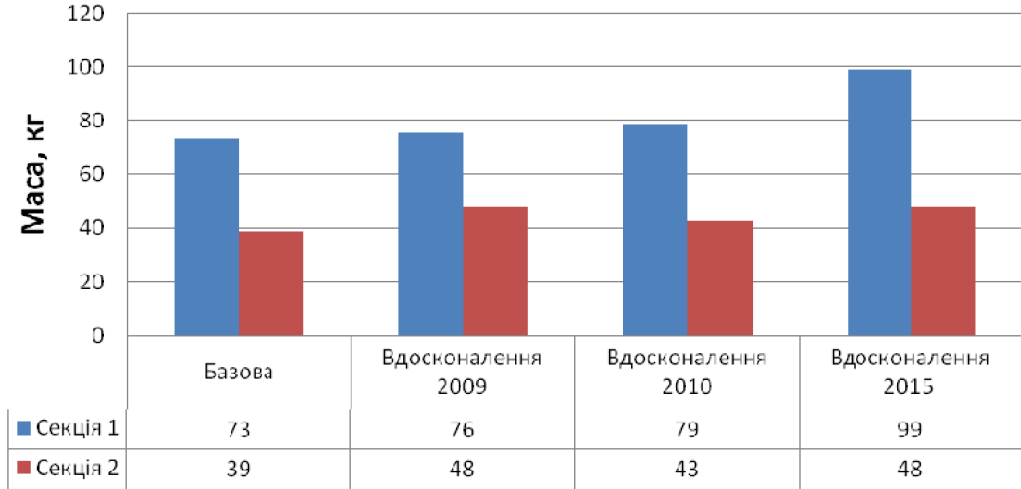
– 3500 ()

2009 3 20 3663-86.
 -3524 24 ,
 (100%),
 переріз

7.11 –
 -3500

	2009 .: () – 349
	2009 .: – 373
	2010 .: – 369
	2015 .: – 419

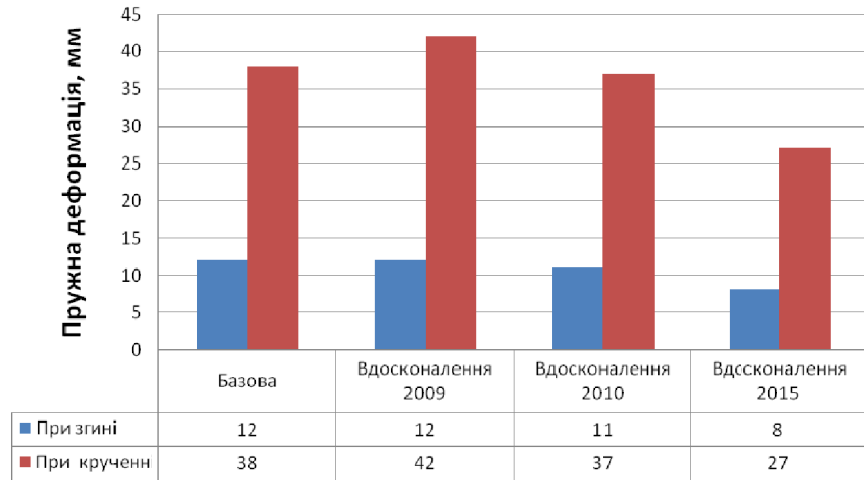
, .7.13



7.13 –

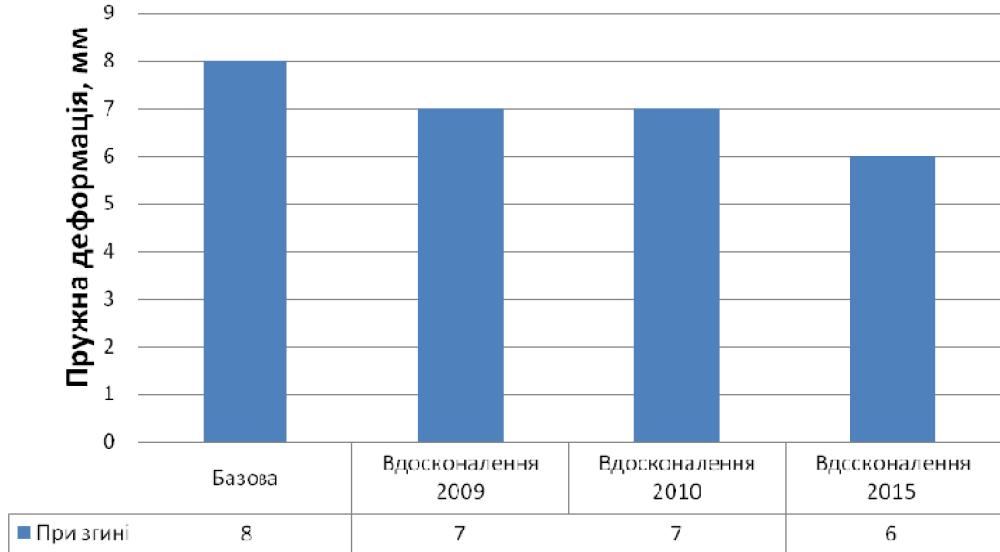
1 2

()
, .7.14.



7.14 –

, .7.15

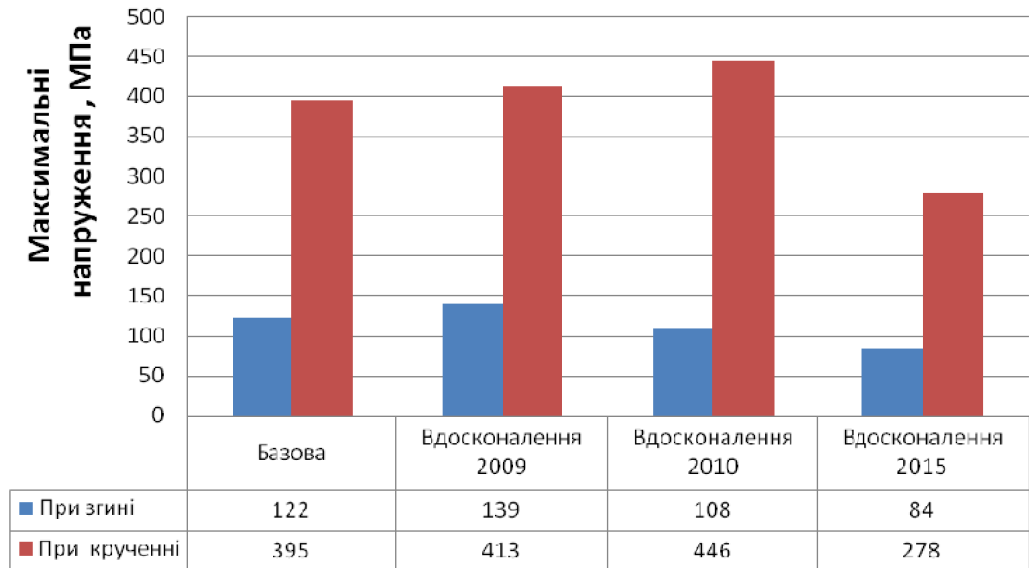


7.15 –

переріз

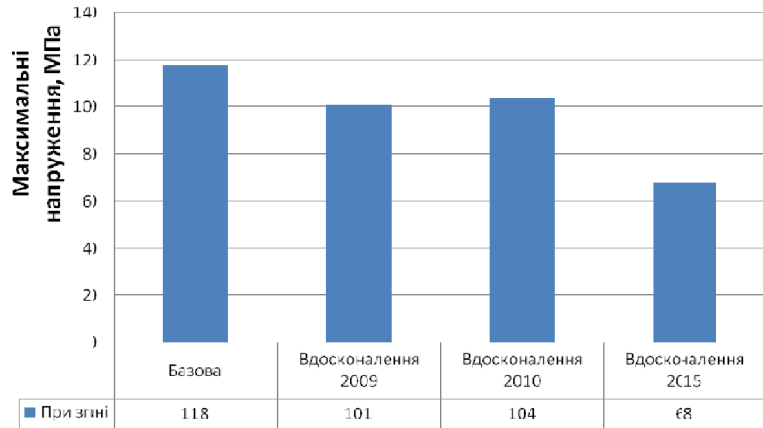
()

() ()
) , . 7.16.



7.16 –
переріз

, .7.17.



7.17 –
переріз

ANSYS

«

».

«2009

»

140 σ 180 .

–

перерізом 40 \times 25 \times 3 .

,

(),

переріз .

-3524 « » (24 , – 3500)

переріз , . 7.18.



7.18 –

-3524

. 7.18,

-3524

.7.18: – (. 1) переріз

; – (.2)

(.7); , –

1- (. 4) 2- (. 3) ; – ,

(. 5’); – 1-

() (.8)

(.5) .

30 %.

APM Strukture3D,

переріз

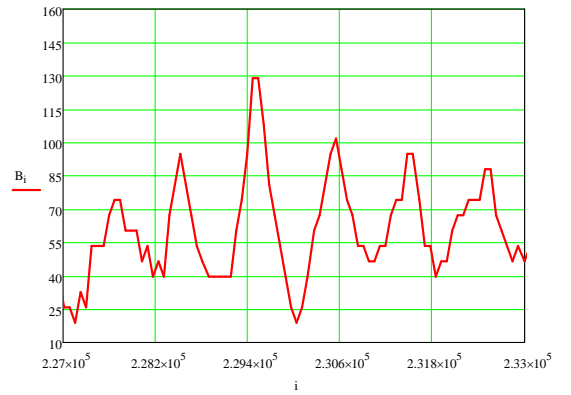
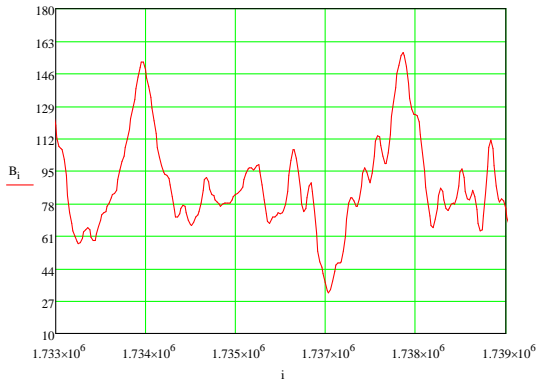
переріз .

переріз

переріз

перерізом 60 × 60 × 3 ,

.7.19.



)
 - 7.19 -
 12 / ; - 10 /

(. 7.19,),
 1,1-1,7 .
 12 /
 80 σ 150
 90 σ 130

10 / .

підвіск

(підвіск),

(.6), . 7.20,

-4- 1.



7.20 –

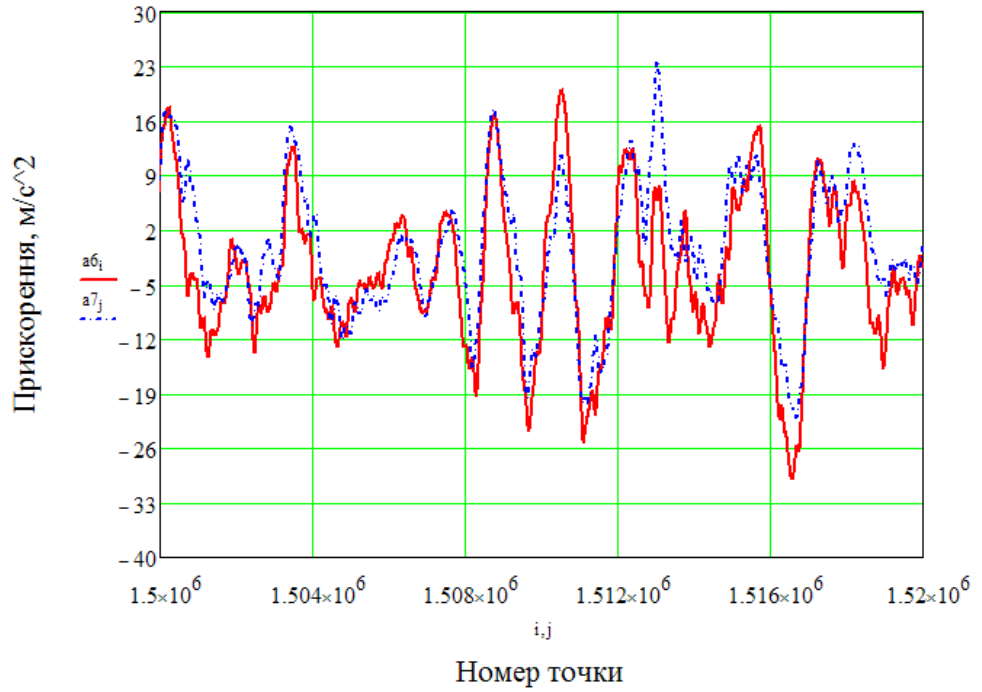
-4- 1

-3- 1

.7

, .7.18, .

, 7.21.



7.21 –

.6 .7

. 6

, - - .
,

.

.

1,07.

,

.

, ,

-2000

«

», . 7.22.

-

21,5 ,

2000 .

.

- .

.

,

0,5 1,7 .

550 .



)



)



)



)



)



)

- ; , -

-2000; -

; , -

7.22 -

-2000

()



7.23 –

,

,

,

, 7.23,

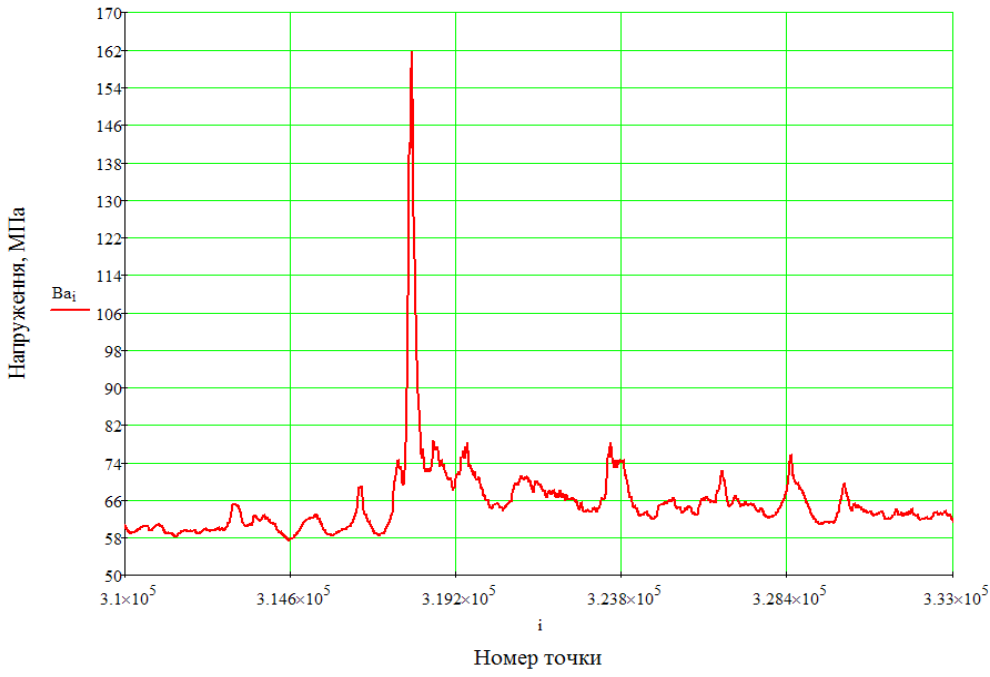
,

.

,

,

7.24.



7.24 –

3

, (7.22,)

.7.24

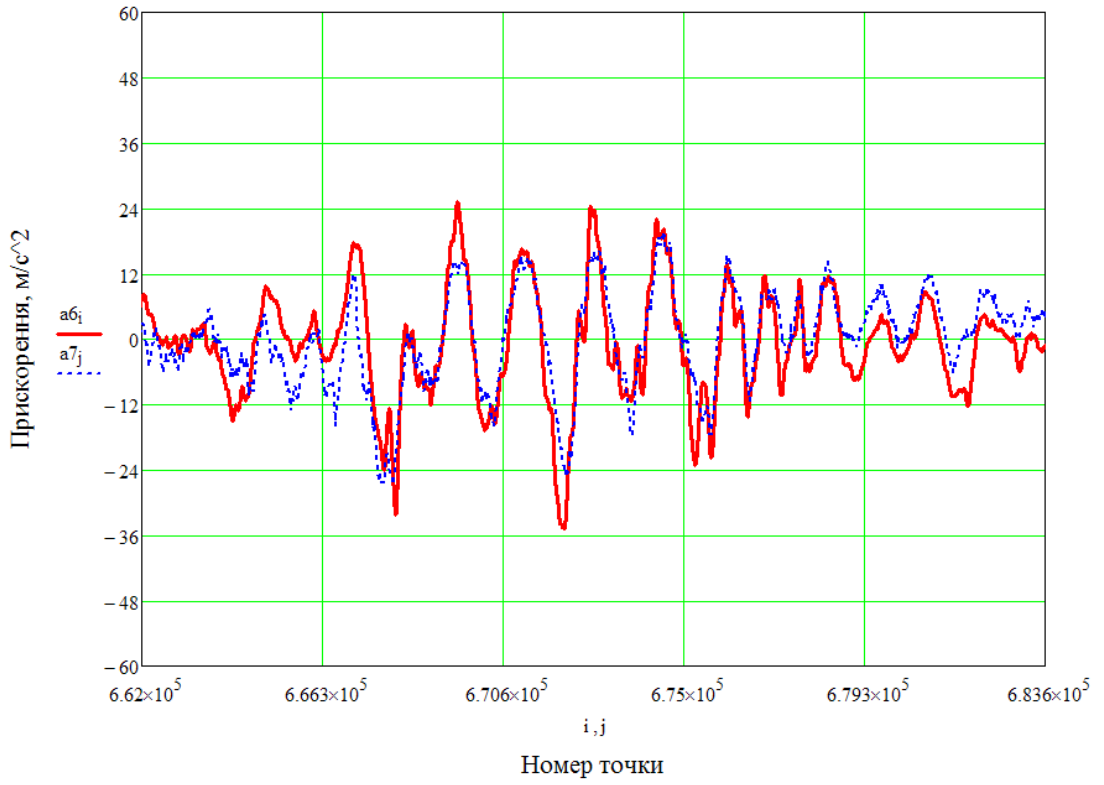
(5-6)

.3 (. 7.22,)

160

переріз

. 7.25.



7.25 –

-2000

7.4

[107]

[107],

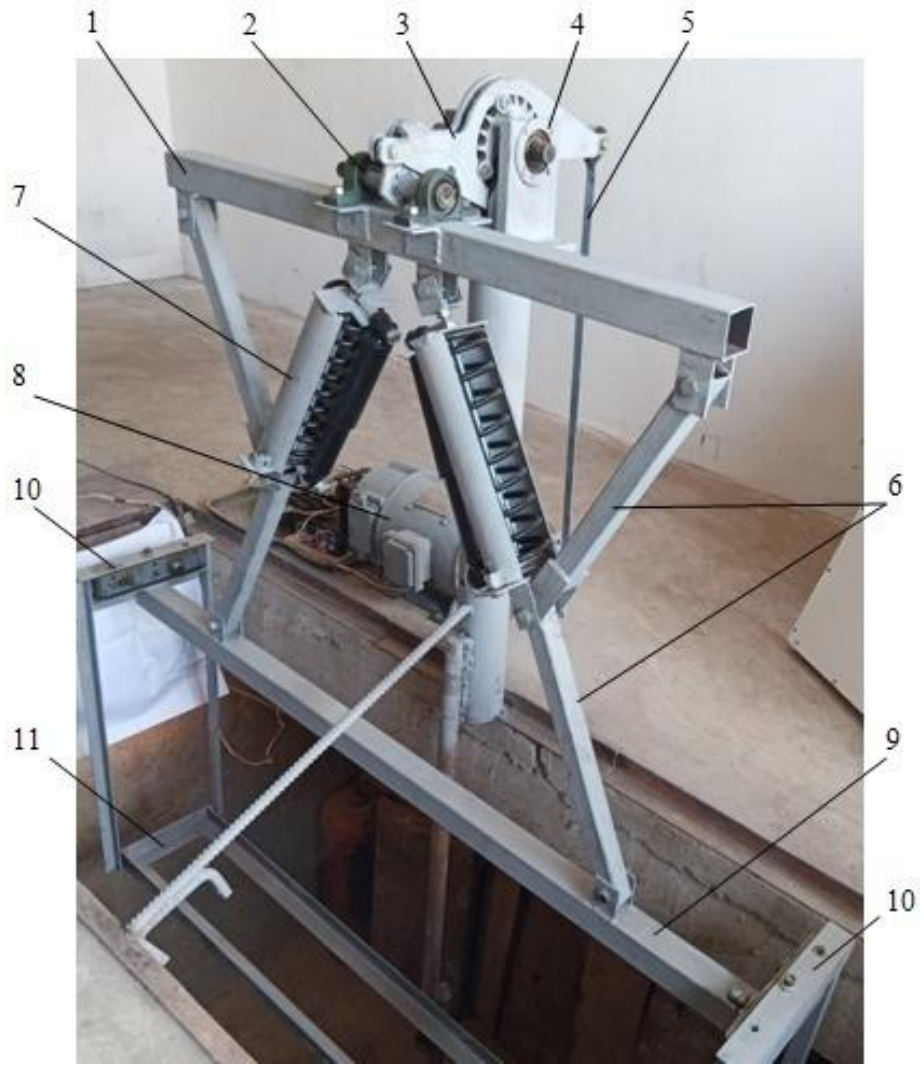
6.

.7.26

- : 1 - ; 2 - ; 3 -
- ; 4 -
- ; 5 - ; 6 - ; 7 - -
- () ; 8 - ; 9 -

; 10 –

; 11 –



7.26 –

:
 2 ,
 1, .
 8 () ,
 5, 8
 3. 5
 3, , 1, .



)
 -
 : - 7.27 - ; - ; - ; - ;

11.

. 7.27

1, 2, 5, .3 4

, .6 7 –

.8 –

11

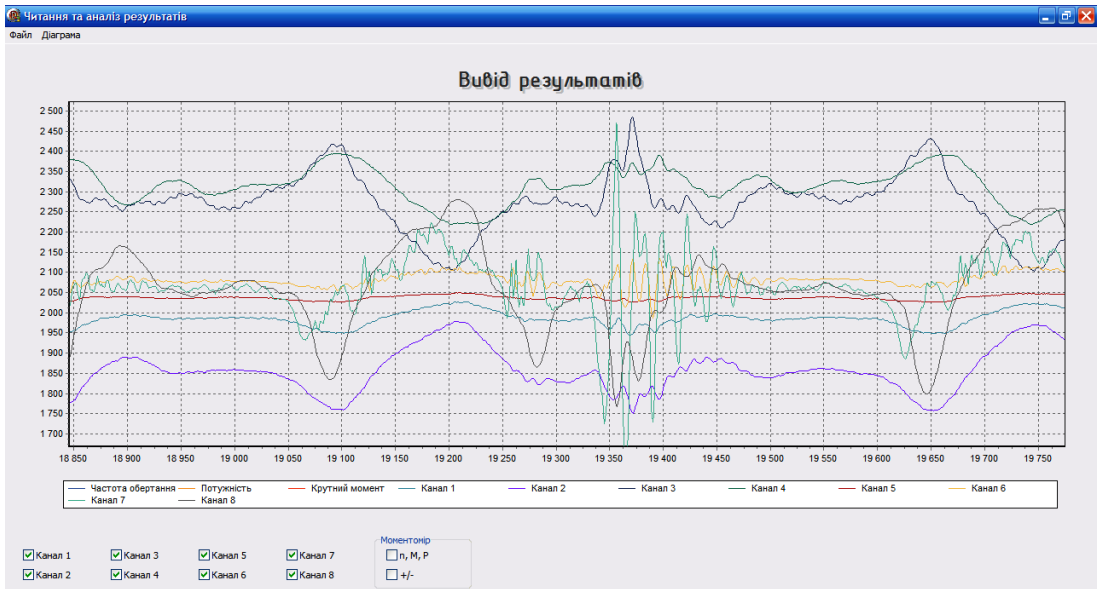
55

550 .

24

325

415 .



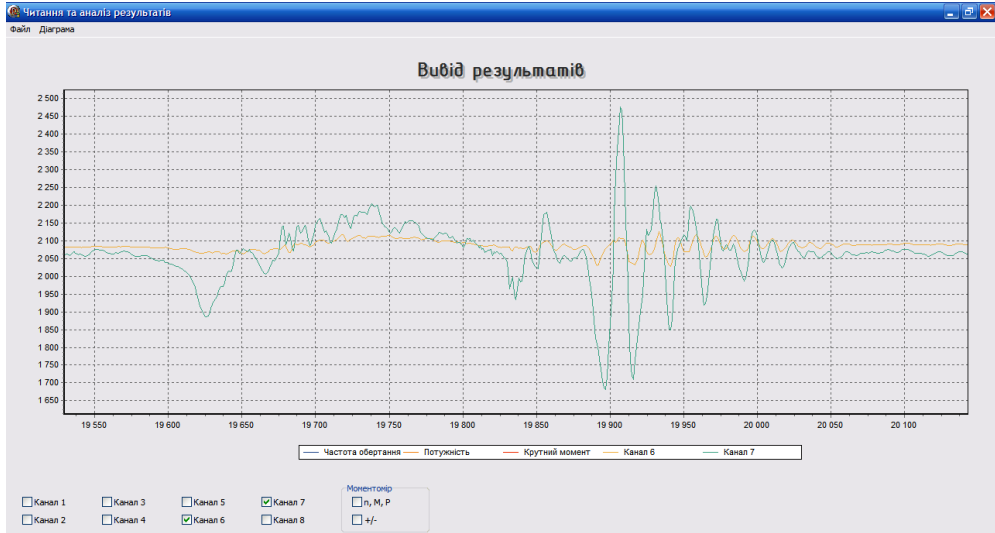
7.28 –

()

(.7, -3- 1)

(.6, -4- 1).

. 7.29.

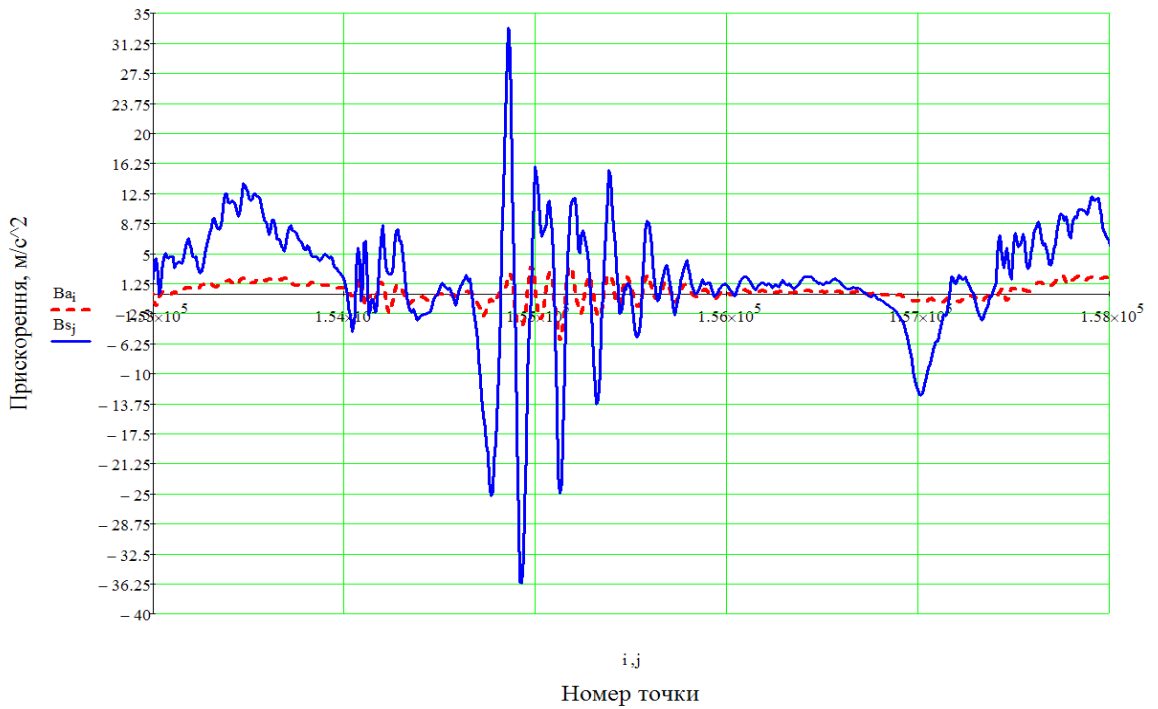


7.29 –

(.6, -4- 1; .7, -3- 1)

1 (. 7.26),

, 9 (. 7.26),
 , .7.30.



– .7 1;
 – .6 9

7.30 –

(),
 (. 7, 1 –)
 « » (. 6,).

3³,

. 7.1.

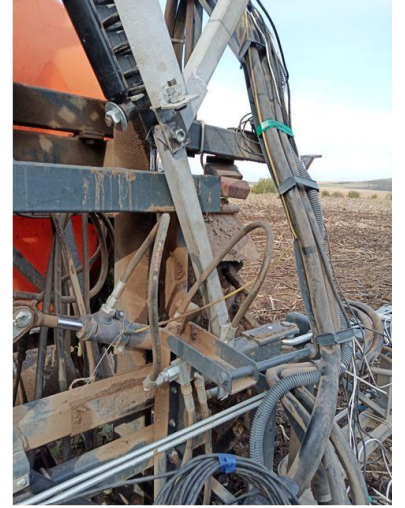
[275, 275, 148, 194], . 7.12.

7.12 –

	-1	0	+1	
– x_1 ,	1,0	1,5	2,0	0,5
– x_2 ,	0,05	0,075	0,1	0,025
– x_3 ,	325	370	415	45

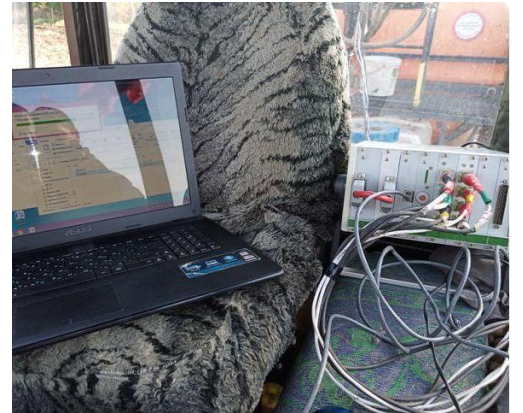
Крім виявлених прискорень під час експерименту досліджували інші параметри: напруження в характерних перерізах ланок підвіски, кутові швидкості, динамічні сили в опорах тощо. Отримані результати доповнюють картину дослідження, але не є визначальними і тому в даному розділі їх не наведено.

,
, .7.31.



)

)



)

)

)

, -

2-

; -

; -

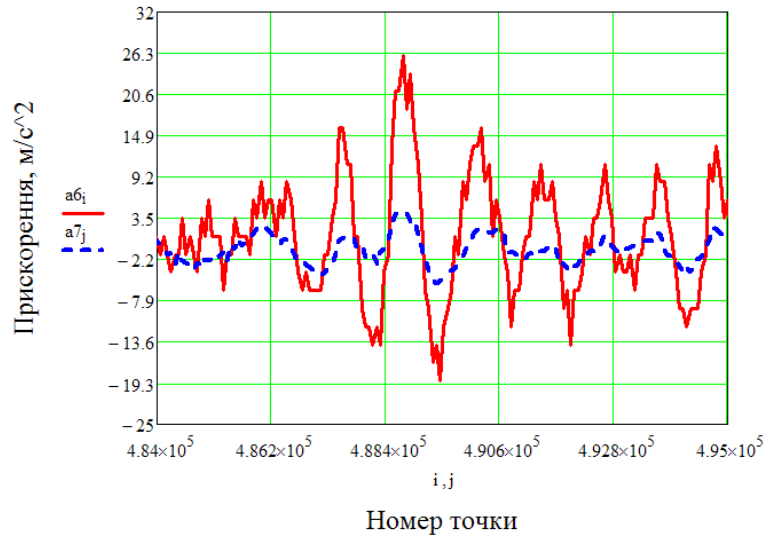
; -

,

7.31 -

,

.



7.32 – , .6 (.7.20)
 .7 (.7.8)

, 3,06.

10,6 / , 0,9–1,4 .

переріз . 1 (. 7.18,).

, . 7.33.



7.33 – .1 (. 7.18,)

50 σ 90 .

переріз .

7.5

. .1 .

[118, 275, 272, 141, 194, 148].

$$S_i^2 = \frac{\sum_1^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}, \tag{7.39}$$

\bar{y} -

, . .1 .

. 2 .

$$\frac{y - \bar{y}}{S} \geq t \quad t \geq t \quad (7.40)$$

$t -$, $3-$
 0,95 4,3 [275, 194].

t .
 t , . 3 .
 $t \geq t$, ,

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{\sum_1^N \sum_1^n (y_i - \bar{y})^2}{N(n-1)} = \frac{\sum_1^N S_i^2}{N} \quad (7.41)$$

$$S_{\{y\}}^2 = 3,136 \cdot 10^{-4}.$$

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_1^N S_i^2} \quad (7.42)$$

$$S_{\max}^2 - , S_{\max}^2 = 1,9 \cdot 10^{-3}.$$

$$G = 0,224.$$

$$(f_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$f_2 = N = 27)$$

$$G = 0,229 \quad [275].$$

$$G < G$$

[74].

(7.9),

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2.$$

(7.10), (7.11),

:

$$b_0 = 3,537 ;$$

$$b_{13} = 0,027;$$

$$b_1 = 0,151 ;$$

$$b_{23} = 0,028 ;$$

$$b_2 = 2,963 \cdot 10^{-3};$$

$$b_{11} = -0,151;$$

$$b_3 = 0,153 ;$$

$$b_{22} = -2,963 \cdot 10^{-3};$$

$$b_{12} = -0,032$$

$$b_{33} = -0,153.$$

$$S_{\{y\}}^2 = 3,136 \cdot 10^{-4}$$

0,95

(7.9)

$$\Delta_i = \pm \frac{t \cdot S_{\{y\}}}{\sqrt{N}}. \quad (7.43)$$

$$\Delta_i = 0,015 .$$

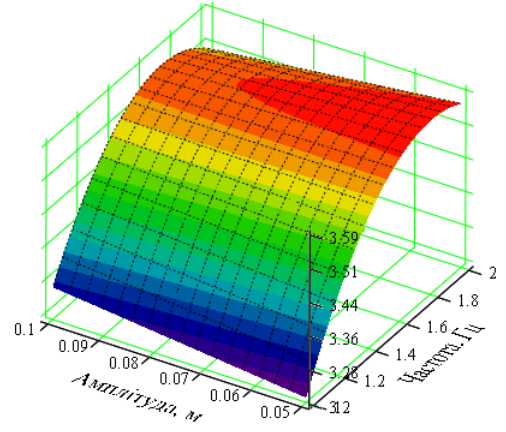
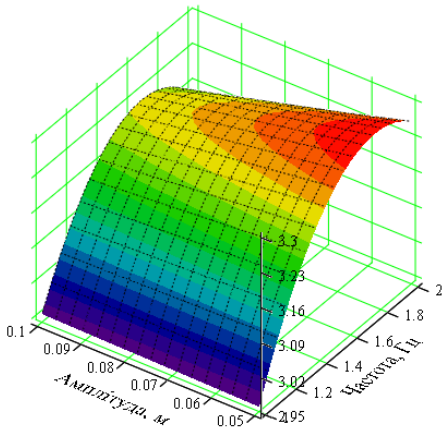
(7.12) (7.13).

$$y(f, z_p, m) = 1,862f - 5,369z_p + 55,644 \cdot 10^{-3}m - 2,56fz_p + 1,2 \cdot 10^{-3}fm + 2,49 \cdot 10^{-2}z_pm - 0,604f^2 - 7,556 \cdot 10^{-5}m^2 - 8,807. \quad (7.44)$$

$m : 325, 370, 415$

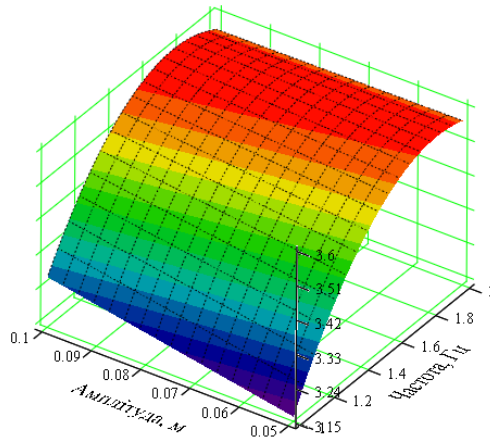
f

$z_p, \quad .7.34.$



)

)



)

$- m = 325 ; - m = 370 ; - m = 415$

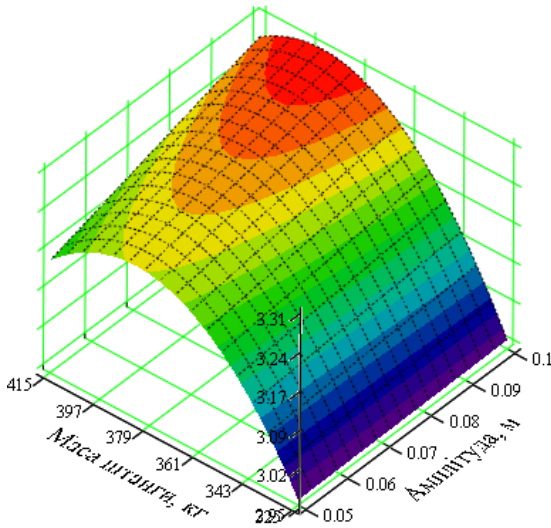
7.34 -

(7.44)

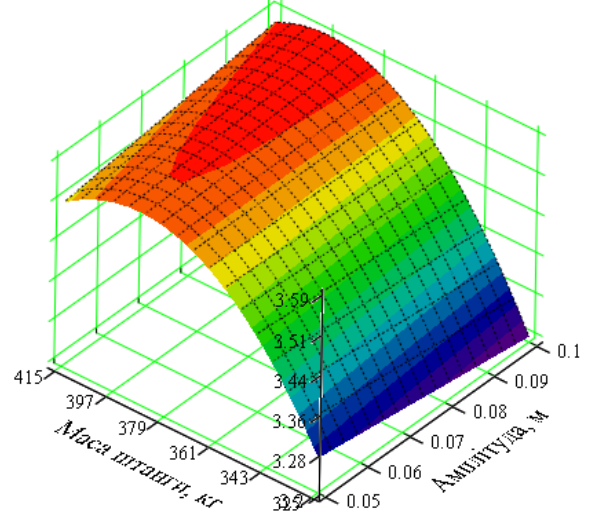
$f: 1,0 \quad , \quad 1,5 \quad , \quad 2,0$

z_p

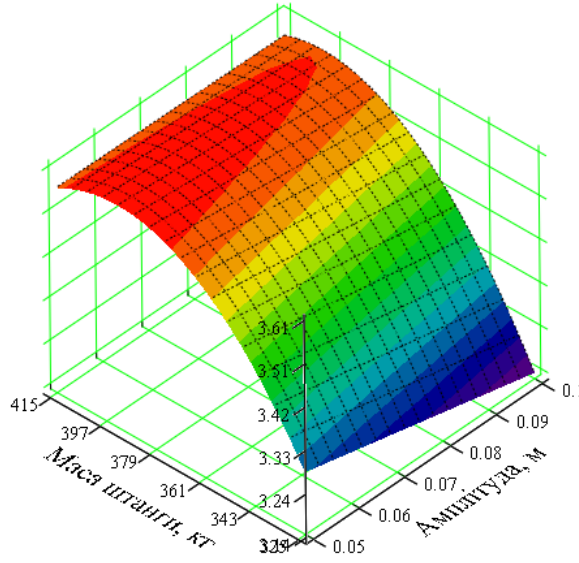
$m \quad , \quad .7.35.$



)



)



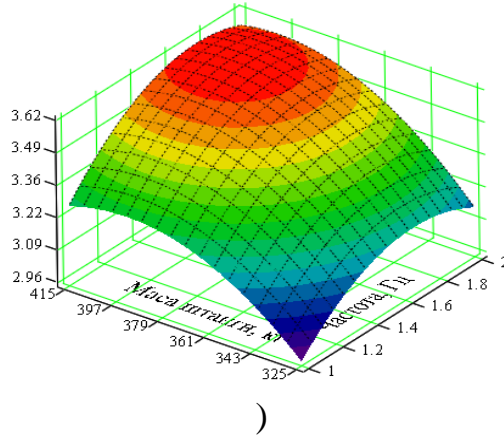
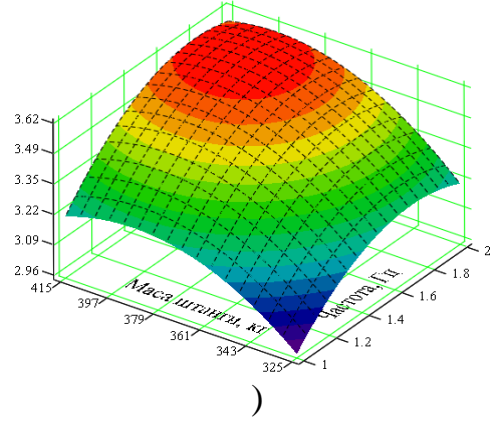
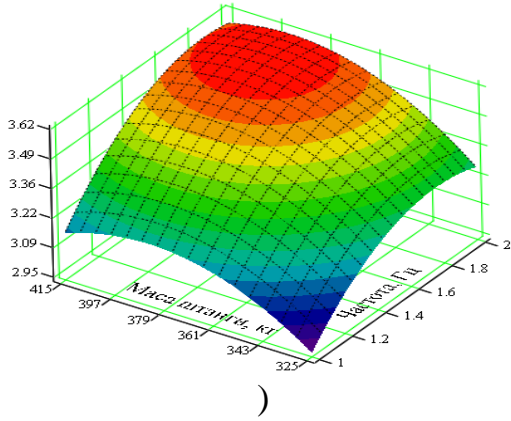
)

$$- f = 1,0 \quad ; \quad - f = 1,5 \quad ; \quad - f = 2,0$$

7.35 – (7.44)

$z_p: 0,05 \quad , \quad 0,075 \quad , \quad 0,10$

$f \quad m \quad , \quad .7.36.$



)))

$$- z_p = 0,05 \quad ; \quad - z_p = 0,075 \quad ; \quad - z_p = 0,10$$

7.36 – (7.44)

(): (f),
 (z_p) (m).
 , .7.13.

7.13 –

(f),	m = 353		m = 415	
	(z _p),		(z _p),	
	0,05	0,10	0,05	0,10
1,0	3,145	3,187	3,148	3,268
1,5	3,468	3,447	3,509	3,565
2,0	3,490	3,405	3,568	3,561

(0,05)

7.6

7

1.

,

2.

$$(\quad) \quad N = p^k, \quad k = 3,$$

$$p = 3, \quad N = 27, \quad n = 3$$

3.

: (200) -

$$k_{1(2)T} = k_T = 2,751 \text{ --- }; \quad 1 - k_{T-1} = 59,87 \text{ ---},$$

$$2 - k_{T-2} = 50,40 \text{ ---}.$$

4.

-600

-3524, -2000

5.

, (3,1),
(3,15), (3,06)

3 %

1.

(±10%)

$\alpha = 80^0, b_p = 0,5$

0,45

$0,15 - h_{\min} = 0,3 \pm 0,02$

$h = 0,6 \pm 0,045$

$h = 0,596$

2.

24

32

23 % 53 %

:

-32,

().

3.

3

-32

:

1,4,

-32 1,8 6,4

3

-32 -

$$da/dN \cong 2 \cdot 10^{-5} /$$

4.

3 ,

.

.

,

,

,

,

2 .

.

,

,

,

.

,

.

5.

,

() 3

3 .

6.

-

,

,

,

-

().

.

, 836 , 1,5 .

7 -

,

,

7.

(24) 3

8.

$a_p = 1,66$, $z_p = 0,05$

0,005

0,052

1

0,015

5

0,011

3,5-

4,7-

9.

, « »
 () - 0,0028 (0,0083), « » - 0,28
 (0,072).

« » 0,013 ; « » - 0,079 .
 : 0,003 0,014 .

10.

-

11.

()

4 .

12.

-600

-3524,

-2000,

-3524,

« », , .
 130 90 .

(3,10),

(3,15),

(3,06)

3 %.

0,05

.

«

»

.

«

»,

«

».

«

»,

«

».

.

1. Agroplast – . , 2019. 59 .
2. Amazone. . . MG3514 BAG0021.14 05.19. Printed in Germany. 262 c.
3. Andreikiv O.E., Lysyk A.R., Shtayura N.S. and Babii A.V. Evaluation of the Residual Service Life of Thin-Walled Structural Elements with Short Corrosion-Fatigue Cracks. *Materials Science*. Vol. 53. No. 4, January, 2018. P. 514–521.
4. Andreikiv O.E., Babii A.V., Dolinska I.Ya. and Matviiv Yu.Ya. Determination of the Residual Life of the Spraying Boom of a Field Sprinkler in the Maneuvering Loading Mode. *Materials Science*. Vol. 56. No. 1, July, 2020. P. 112–118.
5. Andreikiv O.E., Dolinska I.Ya., Lysyk A.R., Sas N.B. The calculation model of propagation of corrosion-mechanical cracks at high temperatures. *Materials Science*, 2017. 1. . 34–40.
6. Andreikiv, .E., Babii, .V. & Dolinska, .Y. Influence of the Working Media and Maneuvering Loading Mode on the Service Life of Spraying Booms of Field Sprinklers. *Materials Science*. Vol. 56. December, 2020. P.166–173.
7. Andreykiv O.E., Sas N.B. Strength of thin-walled structural elements with cracks under the conditions of creep. *Materials Science*, 2007. Vol. 43. 2. . 174–182.
8. APM Structure3D. 9.2. [. . : http://cit.bsau.ru/netcat_files/File/CIT/manuals/APM_WinMachine/APM_Structure3D.pdf.
9. Babii A. Important aspects of the experimental research methodology. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, 2020. Vol 97. No 1. P. 77–87.
10. Babii A. Parameters investigation for independent pendular suspension of

- sprayer boom. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, 2019. Vol 96. No 4. P. 90–100.
11. Babii A. Study of the efficiency of working mixture application in chemical crop protection. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, 2020. Vol 98. No 2. P. 99–109.
12. Babii A., Babii M. Taking impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, 2019. Vol. 95. No 3. P. 97–104.
13. Babiy A.V. Method of solving of shell theory limit tasks. *Metalurgija*, 2012. Vol. 51. Br. 3. Str. 430.
14. Bilyi L.M., Zin' Ya.I. Inhibited protective coatings based on polyurethane. *Materials Science*, 2012. Vol. 48. No 2. P. 162–170.
15. Bohatyrov D.V., Salo V.M., Kyslun O.A., Skrynnik I.O., Kisilov P.V. Influence of equal-area projection of the cylinder drum's cross-section height on the description accuracy of its overcoming the air resistance force. *INMATEH – CONTENTS*, 2017. Vol. 52. No. 2. P. 7–12.
16. Buckingham F. Spray boom height effects accuracy II Implement and Tractor, 1982. Vol. 97. N 12. P.10–12.
17. Canzelmrier H., Moser E. *Journal of Agricultural Machinery* (), 1977. 3. S. 65–72.
18. Daidson D., Chan K., McClung R., and Hudak S. Small fatigue cracks. *Compr. Struct. Integr*, 2003. Vol. 4. P. 129–164.
19. Darchuk O.I. Prediction of mixed mode fatigue crack propagation in elastic-plastic materials. *Fracture Mechanics Strength and Integrity of Materials*. Collection of Papers to the 70-th Birthday of V.V. Panasyuk. Eds. O. Romaniv and S. Yarema-Shevchenko Scientific Society Ukraine, 1996.
20. Didukh V., Kirchuk R., Onyuh Yu. Study of the potencial use of oil flax stems. *COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE*, 2017. Vol. 17. No.4. P. 29–34.
21. Didukh V., Yageleuk S., Kirchuk R., Busnuyuk V. Modeling of utilization

means of oilseed flax stem part. . *COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE*, 2018. Vol. 18. No.4. P. 63–70.

22. Eker B., Yuksel E. Solutions to corrosion caused by agricultural chemicals. *Trakia journal of sciences*, 2005. Vol. 3. 7. P. 1–6.

23. Feldspritzgeräte gezielt ausrüsten und einsetzen II Der Kartoffelbau, 1985. N 4. S.136–139.

24. Flow control device for liquid applicators and process of operating the same II Patented JAN 8, 1974. N 3. 384.100 SHEET 10F2.

25. Francois Jean. Un facteur de regularite de la pulverization. Les rampes. *Phytoma. Defence des cultures*, 1971. . 130–133.

26. Ganzelmeier H., Moser . Einfluß der. Auslegerbewegungen von Feldspritzgeräten auf die Verteilgenauigkeit der SpritzflUssigkeit. *Grundl. Landtechnik*, 1977. Bd. 27. Nr. 3. S. 65–72.

27. Göhlich ., Zaska J. Beeinflussung der Spritzverteilung durch Düsenart und Düsenanordnung beim Feldspritzen. *Landtechnik*. 196B. Nr. 6. S. 162–167.

28. Gunter Uhl. Mehr Umweltschutz – mehr Sicherheit. *Lohnunternehmen*, 1986. N 1. S. 52–54.

29. *Handbook of Fatigue Crack Propagation in Metallic Structures*, Edit by Andrea Carpinteri. Elsevir, 1994. Vol. 1. 952 p.

30. HORSCH. URL: <https://www.horsch.com/ru/produkty/mashiny-dlja-ukhoda-za-posevami/leeb/leeb-pt>.

31. Improving the efficiency of a sowing technology based on the improved structural parameters for colters. Alexander Nanka, Ivan Morozov, Vladimir Morozov, Mykola Krekot, Anatolii Poliakov, Ivan Kiralhazi, Mykhailo Lohvynenko, Konstantin Sharai, Andriy Babiy, Mykola Stashkiv. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019. Vol 4. N 1 (100). *Engineering Technological Systems*. P. 33–45.

32. Irla E. Feldspritzgeräte – Ausrüstung, Arbeitsqualität und Kosten. *Schweizer Landtechnik*, 1980. Jg. 42. Nr.7. S. 436–443, 446–448.

33. ISO 12944–5. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures

by protective paint systems. Part 5: Protective paint systems, 2007. 28 .

34. Iyer R.M., Wills B.M.D. Factors Determining the Design of Tractor – mounted Sprayer Booms. Sprayer Nozzle Characteristics. J. agr. Engng. Res, 1978. Vol. 23. Nr.5. P. 37–43.

35. John Deer. 30.
. 28 c.

36. Kawagoishi N., Nisitani H. and Toyohiro T. Minimum fatigue crack length for application of small-crack growth law. JSME Int. Jour. Ser. I., 1992. 35. . 234–240.

37. Kluger K., Karolchuk A., Lagoda T., Macha E. Application of the energy parameter for fatigue life estimation under uniaxial random loading with the mean value. 11th International Conference on Fracture – Turin (Italy). March 20–25, 2005. P. 339–345.

38. Leshchak R.L., Babii .V., Barna R. . and Syrotyuk . . Corrosion resistance of steel of the frames of boom sprayers. *Materials Science*. Vol. 56. No. 3, November, 2020. P. 425–431.

39. Macha E. Influence of multiaxial stress on initiation and propagation of cracks. In book of short lectures “Initiation and behaviour of small cracks under cyclic loading”. Dresden: Gefordert von der Volkswagenstiftung, 2000. P. 17.

40. Macha E., Rozumek D., Pawliczek R. Fatigue crack growth in elastic-plastic materials under combined bending with torsion. 11th International Conference on Fracture – Turin (Italy). March 20–25, 2005. P. 746–780.

41. Miller K. J. The behaviour of short fatigue cracks and their initiation. Pt. II. A general summary. *Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct*, 1987. 10. P. 93–113.

42. Musillami S. La reduction des coöts des applications de produits agropharmaceutiques passe par la precision des materials et leur bonne mise en oeuvre. *Tract. Mach. Agr*, 1978. Vol. 54. Nr. 3. P. 169–176.

43. Nation N.J. The Design and performance of a gimbal – type mounting for sprayer booms. Optimization Model and Validation. J. agric. Engng. Res, 1987. Vol. 36. P. 247–260.

44. Neu RAU-Anhangespritzen. Gross-Feldspritzleitungen. ,
1987. .1–4.
45. Nisitani H. and Goto M. Effect of stress ratio on the propagation of small crack of plain specimens under high and low stress amplitudes (Fatigue under axial loading of annealed 0.45 % C steel). *Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng. A*, 1984. 50. . 1090–1096.
46. Nisitani H. and Goto M. Relation between small-crack growth law and fatigue life of machines and structures. *Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng. A*, 1985. 51. . 332–341.
47. Nisitani H. and Kawagoishi N. Fatigue crack growth law in small cracks and its application to the evaluation of fatigue life. *Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng. A*, 1983. 49. . 431–440.
48. Norden J. *Spritztechnik in Pflanzenschutz und Düngung*. Münster - Hilstrup: Landwirtschaftsverlag GMBH, 1982. 156 s.
49. Oki M., Anawe P. A Review of Corrosion in Agricultural Industries. *Physical Science International Journal*, 2015. Vol. 5. Is. 4. P. 216–222.
50. Panasyuk V.V., Andreykiv O.Ye., Ritchie R.O. and Darchuk O.I. Estimation of the effects of plasticity and resulting crack closure during small fatigue crack growth. *International Journal of Fracture*, 2001. Vol. 107. P. 99–115.
51. Panasyuk V.V., Darchuk O.I. Calculation model of fatigue crack growth in elastic-plastic materials under mixed mode loading. In: *Book of Abstracts 7. International Conference on Mechanical Behaviour of Materials (ICM-7)*. Ed.A. Bakker. The Hague. The Netherlands, 1995.
52. Paris P., Erdogan F. A critical analysis of crack propagation laws. *Journal of Basic Engineering*, 1963. Vol. 85. 4. P. 528–533.
53. Paris P.C., Gomez M.P., Anderson W.E. A rational analytic theory of fatigue. *The Trend in Engineering*, 1961. Vol. 13. 1. P. 9–14.
54. Popovich P.V., Stashkiv M.J., Babiy A.V., Ferendjuk O.V. Criterion estimation of elements of the reserved type of bearings frames. *Metalurgij*, 2010. Vol. 49. Br. 3. Str. 237.

55. Popovych P.V., Mahladyuk L. . & Kupovych R.B. Influence of Organic Fertilizers on the Corrosion-Electrochemical Characteristics of Low-Carbon Steels. *Materials Science*, 2014. Vol. 50. No 2. P. 284–289.

56. Popovych P.V., Slobodyan Z.B. Corrosion and Electrochemical Behaviors of 20 Steel and St.3 Steel in Ammonium Sulfate and Nitrophoska. *Materials Science*, 2014. Vol. 49. 6. P. 819–826.

57. Puverisateur DPA assiste par ordinateur/VOLURDAR DPAO de CARUELLE. Cultivar, 1985. N 186.

58. Ripke F.O. Die richtige Düse für ihre Pflanzenschutzspritze. Agrar Übersicht, 1981. Bd. 32. Nr 10. S. 30–32.

59. Ritchie R.O. and Suresh S. Mechanics and physics of the growth of small cracks. AGARD Conf. Proc. No. 328, 1983. . 1.1–1.14.

60. Rybak . ., Babii A.V., Bortnyk I.M., Ts'on G.B., and Konovalenko S.I. Evaluation of the service life of the frames of sections of boom field sprayers. *Materials Science*. Vol. 55, No. 3, November, 2019. P. 374–380.

61. Schmidt-Ott M. Verbesserung der Verteilungsgüte von Feldspritzen mit großen Arbeitsbreiten – Grundl. Landtechnik, 1975. Bd. 25. Nr. 3. S. 71–74.

62. Schmidt-Ott M. Technische Maßnahmen zur Erhöhung der Verteilgenauigkeit von Feldspritzen. Landtechnik, 1976. Nr. 3. S. 112–115.

63. Schweitzer P.A. Paint and Coatings Applications and Corrosion Resistance. London (UK): CRC Press, 2005. 672 p.

64. Small-crack growth behavior of annealed 0.34 % C steel plain specimens in oil environments. Goto M., Maehata T., Nisitani H. and Miyagawa H. Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng. A, 1992. 58. . 348–352.

65. Speelman L. Die gleichmäßige Verteilung von Spritzbrühern auf unebenem Gelände ist mit den heutigen Spritzbalken- und Düsenkonstruktionen meistens unbefriedigend. Grundl. Landtechnik, 1973. Bd. 23. Nr. 1. S. 25–27.

66. Statistical investigation of the fatigue life based on small-crack growth law. Kawagoishi N., Nisitani H., Goto M., Toyohiro T. and Kitayama S. Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng. A, 1993. 59. . 57–61.

. Machinery & Energetics. *Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine, 2019. Vol. 10. No 4. P. 51–55.

100. . .

I

(16-17

2019 .). . 8.

101. . .

V

-

,

(24-27

2019 .).

, 2019. . 145–148.

102. . .

.

-

"

:

",

90-

-

(7-8

2019

).

. , 2019. . 30–32.

103. . .

.

-

, 16

2020 . . : . . (. .) . : « » ,

2020. 121–123.

104. . .

.

:

-

60-

175

,

(, 14–15

2020 .).

:

, 2020. . 53–54.

105. . . -

. . . .46. ,2006. .96-100.

106. . . ,

: X

, 119-
, 17-19 , 2019 .. .

: ,2019. .77-79.

107. . ,, . .

1436292 A01 7/00 (2020.01);
. 27.01.2020 u2020 00463, . 10.08.2020, . 15.

108. . ,, . .

« : , , »:
- . 21-22
: ,2017. .11-13.

109. . ,, . ,, . .

. 141105 B05B 3/00,
B05B 12/00, G01F 3/36 (2006.01); . 16.07.2019, u201908385;
25.03.2020, . 6/2020.

110. . ,, . ,, . ,, . .

. 137527 01M11/00,
01M7/00; . 15.04.2019, u201903846; . 25.10.2019, . 20.

111. . ,, . .
. . 109. , 2011.

. 139-145.

112.

. 94. , 2010. . 33–38.

113.

. 59. 1. , 2007. . 166–172.

114.

.
:
” - ”. 13. :
- , 2020.
. 356–360.

115. -
59390 A01M

7/00 A01M 11/00; . 17.11.2010 U201013645; . 10.05.2011, . 9.

116.

. - . , 2014. 50. 4. C. 125–128.

117.
. . . : 1975. 448 .

118.
. : , 1976. 220 .

119. : ,
1972. 245 .

120.
. 29-30,
, 2014. . 3–8.

, 2019. 913. . 52–61.

132.

, 2011. . 45. . 465–471.

133.

, 2018. 1. . 63–72.

134.

« . ».

, 2016. 838. . 3–10.

135.

, 2011. . 45. . 465–471.

136.

2004. 544 .

137. ()

/ kas32 : [.]. :

<http://kas32.com/post/view/399>.

138.

.

52

, 2008. 1. . 88–99.

139.

- . - , 2007.

2. . 71–77.

140.

1.

- ., 2013. 1.
- . 64–79.
141. . . .
- .: , 1977. 479 .
142. . . .
- , 1995. N 1–2. C. 53–64.
143. 25.502–79.
- .
- , 1985. 18 .
144. 25.506–85.
- .
- ()
- : - , 1985. 62 .
145. . . .
- .
- 8.10010203 « »,
- « ». , 2013. 260 .
146. . : [.]. :
- <https://uk.wikipedia.org/wiki/> .
147. ,
- 2019 .
148. . . .
- : . . .: , 1981. 520 .
149. . . .
- .
- « ».
2012. . 36. . 91–98.
150. . . .
- .

185. I., 1979. .98–99.

186. I., 2019. .49. .132–140.

187. , 2018. .31. .10–20.

188. , 1998. 1. .113–114.

189. , 2016. 20. .168–173.

190. , 2019. .42. .49–55.

191. URL:
<http://lvivagromash.com/obpryskuvachi>.

192. , 1981.

203.
 , 2001. 2. . 9–12.
204. 1.
 (ISO 5682-1:1996, IDT):
 ISO 5682-1:2005. [2007-10-01]. . :
 2007. 13 . ().
205. -600.
 -600 . . « » , 2017. 22 .
206. A.A.
 :
 , 1979. 162 . (. .)
207. / . ORGANIC
 UA. 2010. [. .] . : <http://organic.ua/lib/198-oon-pragne-zaboronyty-pestycyd-ddt> .
208. :
 , 1974. 304 .
209. 3- «
 » . Lechler . , 2018. 68 c.
210. Case IH Patriot SPX 3330. URL:
<http://agroalliance.com.ua/case3330-12345>.
211. -3000 1780 . URL:
https://www.bluming.ru/catalog/opryskivatel_samohodnyy_vysokoklirensnyy_bl_3000m.
212. : ,
 , :
 “ “ ” , 2014. 332 .
213. / . Js
 -90102. 33 . Epandeurs pour engrais liquides, S.a., p. 1–28.

243. „ „ .
 33031. 29.04.2010 .
244. „ „ . -
 . .
 , 2006. . 94.
245. „ „ „ .
 - .
 , 2. , 2011. . 16–172.
246. ..
 . “ “ ”, 2003. 332 .
247.
 . . 17326
 G01L 1/04, G01L 1/22; . 06.04.2006; . 15.09.2006, . 9.
248.
 , ..
 - . 41. .1.
 : , 2011. . 150–154.
249.
 .
 . 18. , 2009. . 404–417.
250.
 .
 52082 G01V 1/00; . 26.02.2010; . 10.08.2010, . 15.
251.
 .
 123736 (u 2017 08319); . 11.08.2017; . 12.03.2018,

. 5.
 252. -
 . 14193 01 7/00,
 11/00; . 20.09.2005; . 15.05.2006, . 5.
 253.
 . .
 . ,2007. . 101.
 254.
 . . 15. ,
 2007. . 239–250.
 255.
 . .
 .
 , 2005. . 25. . 112–119.
 256.
 . .
 31564 G01L 5/24; . 24.12. 2007; . 10.04.2008, . 7.
 257.
 . .: ,1966. 346 .
 258.
 . .: ,1987. 224 .
 259.
 . .
 . .: ,1990. 680 .
 260.

4:
 . .: . , 1990.
 680 .

- 261.
- : ,1979. 175 .
- 262. 2.
- ,1974. N 1. C.11–18.
- 263.
- . . .: . . . ,1988. 648 .
- 264. . . ,
- ,2017. 47. .3–11.
- 265. . . , . . ,
- :
- .36. ,2017. .150–157.
- 266. . . ,
- : ,2012. 288 .
- 267.
- . . .: ,1993. 233 .
- 268. - (). .ru : [.] .
- : http://www.pesticity.ru/active_compound/Urea-ammonium_nitrate.
- 269.
- . . . ,1976. 751 .
- 270.
-69.
- ,2008. .408–415.
- 271.
- ,2008. .139.

272. „ „ .
EXCEL. Motrol, 2013. Commission
of Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin. Tom 15. 7. . 199–204.
273. . „ . „ . „ . „ . .
- .
- , 2020. . 56. 4. C. 30–35.
274. . . : ,
1974. 568 .
275. : , , ,
. . . , . . , . . . :
, 1997. 225 .
276.
.: . - , 1986. 775 .
277. ():
. . . , . . , . . , . . .
. . . ; .
(). . , 2017.
1181 ., 482 ., 379 ., . 9 (147 ., 9 .). .: 197 .
1 . . (CD-ROM); 12 .
278. ,
.
. : « „, 2015. 9 .
279. . . 1. /
,
. . . .: - , 2012. 500 .
280. . .
. , 2002. 5. . 27–28.
281. . „ . „ .
. . . . ;: .

, 1985. 472 .

282. . . , . . .

. , 1995. 2. . 68–74.

283. . . , . . . , . . .

. . : , 1971. 280 .

284. . .

lechler teejet.

. , 2000. . 134–144.

285. . .

. . : , 1981. 344 .

286. . . , . . . , . . .

. . . :

. , 1987. 256 .

287.

. , 2005. 20 .

288. . .

. . : , 1967. 418 .

289. : , 1979. 560 .

290. . . , . . . , . . .

. - , 1988. 3.

. 42–47.

291.

. : 2- . : ,

1972. . 2. 368 .

292. . . , . . . , . . .

- .

Ж -02	Ф -025		Син -03		Ч -04		К -05		Сip -06		Б -08	
	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм
8,3	350-450	5,3	450-575	3,7	450-575	Швидкість 8 км/год						
9 км/год												
		6,8	350-450	4,7	450-575							
10 км/год												
		8,3	350-450	5,8	450-575	3,3	>575	2,1	>575			
11 км/год												
				7	350-450	3,9	450-575	2,5	>575			
12 км/год												
						4,7	450-575	3	>575	2,1	>575	
13 км/год												
						5,5	450-575	3,5	>575	2,4	>575	
14 км/год												
						6,4	450-575	4,1	450-575	2,8	>575	
15 км/год												
						7,3	350-450	4,7	450-575	3,3	>575	
16 км/год												
						8,3	350-450	5,3	450-575	3,7	>575	2,1 >575
17 км/год												
								6	450-575	4,2	>575	2,4 >575
18 км/год												
								6,7	450-575	4,7	>575	2,6 >575

Ж -02		Ф -025		Син -03		Ч -04		К -05		Ср -06		Б -08	
Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм
		5,3	450-575	3,7	>575	Швидкість 8 км/год							
		9 км/год											
		6,8	350-450	4,7	450-575	10 км/год							
				5,8	450-575	11 км/год							
				7	350-450	12 км/год							
		13 км/год											
		14 км/год											
		15 км/год											
		16 км/год											
		17 км/год											
		18 км/год											

Ж -02	Ф -025		Син -03		Ч -04		К -05		Сip -06		Б -08	
	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм
	5,3	250-350	3,7	350-450	2,1	450-575						
					9 км/год							
			4,7	350-450	2,6	450-575	1,7	450-575	1,2	>575		
					10 км/год							
			5,8	250-350	3,3	450-575	2,1	450-575	1,4	>575		
					11 км/год							
					3,9	350-450	2,5	450-575	1,7	>575		
					12 км/год							
					4,7	350-450	3	450-575	2,1	450-575		
					13 км/год							
					5,5	350-450	3,5	450-575	2,4	450-575		
					14 км/год							
							4,1	350-450	2,8	450-575		
					15 км/год							
							4,7	350-450	3,3	450-575		
					16 км/год							
							5,3	350-450	3,7	450-575		
					17 км/год							
							6	250-350	4,2	450-575		
					18 км/год							
									4,7	450-575		

Ж -02	Ф -025		Син -03		Ч -04		К -05		Сір -06		Б -08	
	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм
			3,7	350-450	2,1	450-575						
			9 км/год									
			4,7	350-450	2,6	450-575						
			10 км/год									
			5,8	250-350	3,3	450-575						
			11 км/год									
					3,9	350-450						
			12 км/год									
					4,7	350-450						
			13 км/год									
					5,5	350-450						
			14 км/год									
			15 км/год									
			16 км/год									
			17 км/год									
			18 км/год									

Ж -02	Ф -025		Син -03		Ч -04		К -05		Сip -06		Б -08	
	Тиск, бар	Результат, мкМ	Тиск, бар	Результат, мкМ	Тиск, бар	Результат, мкМ	Тиск, бар	Результат, мкМ	Тиск, бар	Результат, мкМ	Тиск, бар	Результат, мкМ
	5,3	250-350	3,7	350-450	2,1	450-575						
Швидкість 8 км/год												
9 км/год												
			4,7	350-450	2,6	450-575	1,7	450-575	1,2	>575		
10 км/год												
			5,8	250-350	3,3	450-575	2,1	450-575	1,4	>575		
11 км/год												
					3,9	350-450	2,5	450-575	1,7	>575		
12 км/год												
					4,7	350-450	3	450-575	2,1	450-575		
13 км/год												
					5,5	350-450	3,5	450-575	2,4	450-575		
14 км/год												
							4,1	350-450	2,8	450-575		
15 км/год												
							4,7	350-450	3,3	450-575		
16 км/год												
							5,3	350-450	3,7	450-575		
17 км/год												
							6	250-350	4,2	450-575		
18 км/год												
									4,7	450-575		

Ж -02	Ф -025		СИН -03		Ч -04		К -05		Сip -06		Б -08	
	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм	Тиск, бар	Результат, мкм
			3,7	125-250	2,1	250-350						
			9 км/год									
			4,7	125-250	2,6	250-350	1,7	250-350				
			10 км/год									
					3,3	250-350	2,1	250-350				
			11 км/год									
					3,9	125-250	2,5	250-350	3,7	350-450		
			12 км/год									
					4,7	125-250	3	250-350	2,1	350-450		
			13 км/год									
							3,5	250-350	2,4	250-350		
			14 км/год									
							4,1	250-350	2,8	250-350	1,6	350-450
			15 км/год									
							4,7	250-350	3,3	250-350	1,8	350-450
			16 км/год									
									3,7	250-350	2,1	350-450
			17 км/год									
									4,2	250-350	2,4	350-450
			18 км/год									
									4,7	250-350	2,6	350-450

Ж -02		Ф -025		Син -03		Ч -04		К -05		Ср -06		Б -08	
Тиск, бар	Результат, мкМ	Тиск, бар	Результат, мкМ	Тиск, бар	Результат, мкМ	Тиск, бар	Результат, мкМ	Тиск, бар	Результат, мкМ	Тиск, бар	Результат, мкМ	Тиск, бар	Результат, мкМ
				3,7	250-350	2,1	350-450						
Швидкість 8 км/год													
9 км/год													
				4,7	250-350	2,6	350-450						
10 км/год													
				5,8	250-350	3,3	350-450						
11 км/год													
						3,9	250-350						
12 км/год													
						4,7	250-350						
13 км/год													
						5,5	250-350						
14 км/год													
						6,4	250-350						
15 км/год													
16 км/год													
17 км/год													
18 км/год													



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **141105** (13) **U**
 (51) МПК (2020.01)
B05B 3/00
B05B 12/00
G01F 3/36 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
 ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
 СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
 УКРАЇНИ

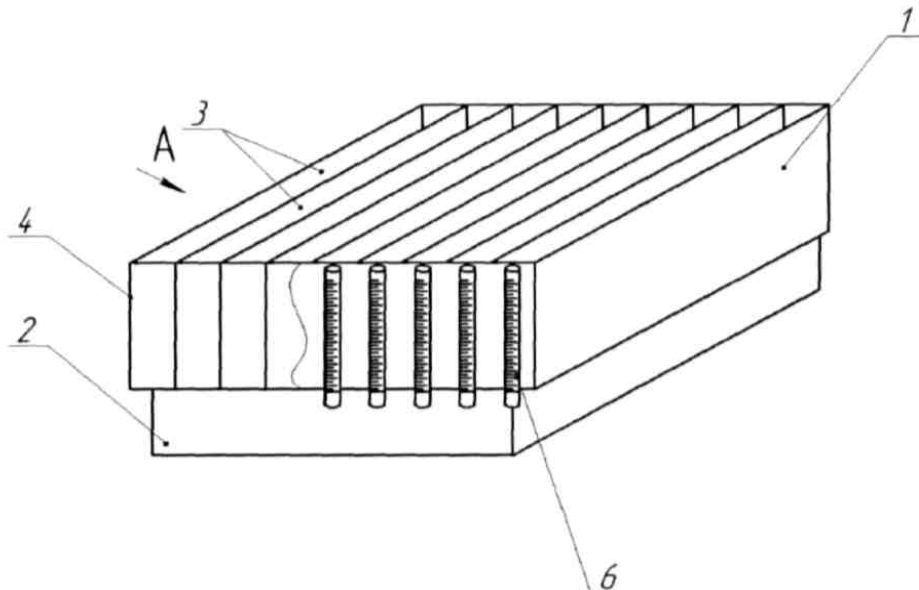
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2019 08385	(72) Винахідник(и): Бабій Андрій Васильович (UA), Бабій Марія Василівна (UA), Вічко Олена Іванівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 16.07.2019	(73) Власник(и): ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.03.2020	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.03.2020, Бюл.№ 6	

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ТА РІВНОМІРНОСТІ РОЗПИЛЕННЯ ПРОДУКТУ РОБОЧИМ ОРГАНОМ ШТАНГОВОГО ОБПРИСКУВАЧА

(57) Реферат:

Пристрій для визначення кількості та рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача складається з розподільника, який встановлено на опорі під штангою обприскувача, у вигляді n-секцій, що утворені профілями. Розподільник закріплено горизонтально та n-секції виконано оберненими П-подібними профілями, до кожної з яких приєднано U-подібний гнучкий шланг, що сполучений з прозорою та градуйованою трубою, яку нерухомо закріплено тримачем до розподільника.



Фіг. 1

UA 141105 U

Корисна модель належить до галузі випробувань машин сільськогосподарського призначення і може бути використана при дослідженні витрати робочої рідини сільськогосподарськими широкозахватними штанговими обприскувачами.

5 Відома конструкція пристрою для визначення кількості та рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача складається з розподільника, який встановлено на опорі під штангою обприскувача, у вигляді n-секцій, що утворені профілями [Митрофанов О.П. Пристрій для визначення рівномірності та кількості витрат продукту штанговим обприскувачем / О.П. Митрофанов, Є.І. Бондарев, В.А. Мележик, В.В. Сидоренко. Деклараційний патент на корисну модель №35849 МПК В05В 3/00; заявлено 14.04.2008, опубліковано 10.10.2008, бюл. № 19].

10 До недоліків вказаної конструкції пристрою для визначення кількості та рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача належить нездатність окремою з n-секцій точно приймати ту кількість продукту (робочої рідини), що надходить з робочого органу штангового обприскувача внаслідок виконання n-секцій розподільника у вигляді V-подібних профілів через відбивання частинки рідини при їх контакт з похилою поверхнею такого профілю, а також недоліком є неможливість утворення великої кількості n-секцій розподільника для визначення з малим кроком рівномірності розподілу робочої рідини по ширині розпилення через фізичне розташування контрольних ємностей для зливу і як наслідок низька точність отримання показників рівномірності розпилення продукту робочим органом

20 штангового обприскувача.
В основу корисної моделі поставлено задачу забезпечити можливість приймати кожною з n-секцій розподільника ту кількість робочої рідини, яка в неї надходить з робочого органу штангового обприскувача, та утворювати n-секцій розподільника для визначення з малим кроком рівномірності розподілу робочої рідини по ширині розпилення, що в кінцевому результаті дозволить отримати більш точні значення показників рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача, шляхом виконання пристрою для визначення кількості та рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача у вигляді розподільника, який встановлено на опорі під штангою обприскувача, у вигляді n-секцій, що утворені профілями, закріпивши розподільник горизонтально та n-секції виконавши

25 оберненими N-подібними профілями, до кожної з яких приєднано U-подібний гнучкий шланг, що сполучений з прозорою та градуйованою трубкою, яку нерухомо закріплено тримачем до розподільника.
Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де представлена конструкція пристрою для визначення кількості та рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача: на фіг. 1 - загальний вигляд конструкції пристрою для визначення кількості та рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача; фіг. 2 - вигляд А

30 конструкції пристрою для визначення кількості та рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача.
Пристрій для визначення кількості та рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача складається з розподільника 1, який горизонтально встановлено на опорі 2 під штангою обприскувача (на зображенні не показано). Розподільник 1 виконано у вигляді n-секцій 3, що утворені оберненими N-подібними профілями 4 з вертикальними стінками. До кожної з n-секцій 3 приєднано U-подібний гнучкий шланг 5, що сполучений з прозорою та градуйованою трубкою 6, яку нерухомо закріплено тримачем 7 до розподільника 1.

45 Пристрій для визначення кількості та рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача працює наступним чином.

При роботі штангового обприскувача робочим органом розпилюється продукт (робоча рідина), який в повній мірі потрапляє на площину розподільника 1 і приймається кожною із n-секцій 3. Робоча рідина, потрапляючи в одну з n-секцій 3, частково контактує з вертикальними стінками обернених N-подібних профілів 4 і при їх співударянні унеможливується потраплення частини рідини з однієї n-секцій 3 до іншої, мінімізуючи при цьому похибку у вимірюваннях рівномірності розподілу продукту. Крім того, утворення розподільника 1 оберненими N-подібними профілями 4 дозволяє збільшити кількість n-секцій 3, що в кінцевому результаті підвищує точність вимірювання рівномірності розподілу робочої рідини при її розпилюванні робочим органом обприскувача, забезпечивши дрібніший крок вимірювання. Контроль кількості рідини в кожній з n-секцій 3 здійснюється за рівнем рідини, яка встановилася після фіксованого часу розпилення робочим органом обприскувача, за шкалою прозорої та градуйованої трубки 6, вертикальне положення якої забезпечується тримачем 7. Робоча рідина потрапляє до прозорої та градуйованої трубки 6 через U-подібний гнучкий шланг 5, що приєднаний до кожної з n-секцій 3. Після проведення серії чи одиночних експериментів досліднику не потрібно зливати робочу

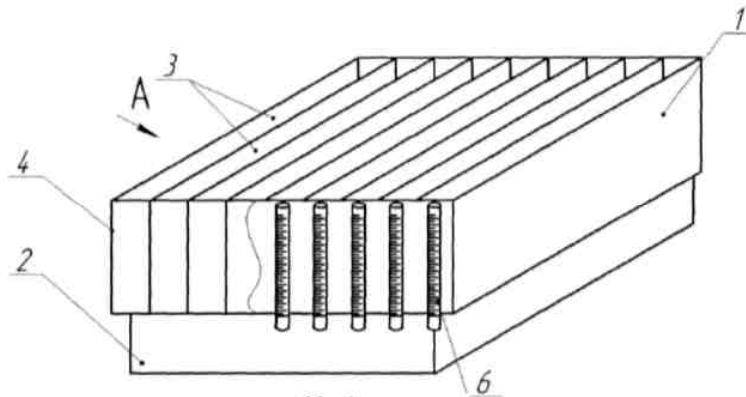
UA 141105 U

рідину з кожної з n-секцій 3, а лише зафіксувати значення по кожній з них за шкалою прозорої та градуйованої трубки 6. Далі можна змінювати параметри налаштування обприскувача та продовжувати дослідження до повного заповнення n-секцій 3 розподільника 1. Після цього, якщо потрібно зберегти продукт розпилю робочим органом обприскувача, то від'єднують U-подібний гнучкий шланг 5 від прозорої та градуйованої трубки 6 та опускають його у будь-яку ємність, куди робоча рідина самоплинно витікає.

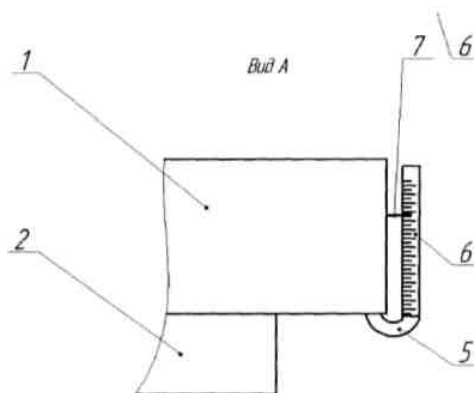
Таким чином, запропонована конструкція пристрою для визначення кількості та рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача забезпечує можливість приймати кожною з n-секцій розподільника ту кількість робочої рідини, яка в неї надходить з робочого органу штангового обприскувача, та утворювати n-секцій розподільника для визначення з малим кроком рівномірності розподілу робочої рідини по ширині розпилення, що в кінцевому результаті дозволить отримати більш точні значення показників рівномірності розпилення продукту робочим органом обприскувача.

15 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для визначення кількості та рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача, що складається з розподільника, який встановлено на опорі під штангою обприскувача, у вигляді n-секцій, що утворені профілями, який відрізняється тим, що розподільник закріплено горизонтально та n-секції виконано оберненими П-подібними профілями, до кожної з яких приєднано U-подібний гнучкий шланг, що сполучений з прозорою та градуйованою трубкою, яку нерухомо закріплено тримачем до розподільника.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **137527** (13) **U**
 (51) МПК (2019.01)
A01M 11/00
A01M 7/00

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
 ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
 СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
 УКРАЇНИ

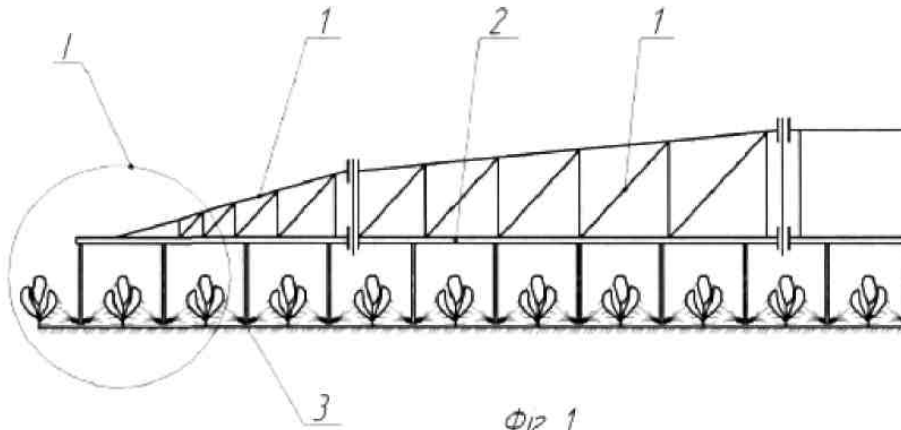
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2019 03846	(72) Винахідник(и): Бабій Андрій Васильович (UA), Бортник Ігор Миронович (UA), Сташків Микола Ярославович (UA), Олексюк Василь Петрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 15.04.2019	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.10.2019	(73) Власник(и): ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.10.2019, Бюл.№ 20	

(54) ШТАНГА ОБПРИСКУВАЧА

(57) Реферат:

Штанга обприскувача складається з шарнірно з'єднаних фермових секцій, горизонтальних трубопроводів, які містять отвори для монтажу головок розпилюючих пристроїв. До отворів для монтажу головок розпилюючих пристроїв одним кінцем нерухомо приєднано вертикальні криволінійні трубопроводи, на іншому кінці яких змонтовано головки розпилюючих пристроїв з можливістю зміни кута факела їх розпили.



UA 137527 U

UA 137527 U

Корисна модель належить до машинобудування і може бути використана в конструкціях сільськогосподарських штангових обприскувачів.

Найближчим аналогом є конструкція штанги обприскувача складається з шарнірно з'єднаних фермових секцій, горизонтальних трубопроводів, які містять отвори для монтажу головок розпилюючих пристроїв [Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины / Карпенко А.Н., Халанский В.М. - М.: Агропромиздат, 1989.-537 с].

До недоліків вказаної конструкції штанги обприскувача належить нездатність повноцінно наносити робочий препарат на нижні частини листя рослин, які обробляються, та мінімізувати витрати робочого препарату при вільному його осадженні.

В основу корисної моделі поставлено задачу забезпечити можливість нанесення робочого препарату на нижні частини листя рослин, спрямовуючи факел розпилюючими пристроями під раціональним кутом та напрямом "знизу-вверх", що забезпечить зниження витрати хімічного препарату та його вільне осадження на поверхню ґрунту, де він буде неефективним, шляхом виконання штанги обприскувача у вигляді шарнірно з'єднаних фермових секцій, горизонтальних трубопроводів, які містять отвори для монтажу головок розпилюючих пристроїв, нерухомо приєднавши до отворів горизонтальних трубопроводів одним кінцем вертикальні криволінійні трубопроводи, на іншому кінці яких змонтовано головки розпилюючих пристроїв, що можуть забезпечити встановлення під необхідними кутами розпилюючі пристрої з метою зміни кута факела розпилю робочої рідини.

Поставлена задача вирішується тим, що штанга обприскувача, що складається з шарнірно з'єднаних фермових секцій, горизонтальних трубопроводів, які містять отвори для монтажу головок розпилюючих пристроїв, згідно з корисною моделлю, до отворів для монтажу головок розпилюючих пристроїв одним кінцем нерухомо приєднано вертикальні криволінійні трубопроводи, на іншому кінці яких змонтовано головки розпилюючих пристроїв з можливістю зміни кута факела їх розпилю.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де представлена конструкція запропонованої штанги обприскувача: на фіг. 1 - загальний вигляд запропонованої штанги обприскувача; фіг. 2 - показано елементи секції штанги та можливість зміни кута факела розпилю робочої рідини у поперечно-вертикальній площині; фіг. 3 - вид А (вигляд збоку) та можливість зміни кута факела розпилю робочої рідини у поздовжньо-вертикальній площині; фіг. 4 - вид Б (вигляд зверху) та можливість зміни кута факела розпилю робочої рідини у поперечно-горизонтальній площині.

Штанга обприскувача складається з шарнірно з'єднаних фермових секцій 1, в нижній частині яких розміщено горизонтальні трубопроводи 2, що містять отвори для монтажу головок 3 розпилюючих пристроїв 4. До отворів горизонтальних трубопроводів 2 нерухомо приєднано одним кінцем вертикальні криволінійні трубопроводи 5. На протилежних кінцях вертикальних криволінійних трубопроводів 5 закріплено головки 3 розпилюючих пристроїв 4. Розпилюючі пристрої 4 зафіксовано відомим способом на головці 3 під заданим кутом факела розпилю 6 робочої рідини.

Штанга обприскувача працює наступним чином. При виконанні технологічного процесу обприскувач рухається міжряддями оброблюваних рослин. В напірній магістралі обприскувача створюється відповідний тиск робочої рідини, який розповсюджується горизонтальними трубопроводами 2 і через їх отвори у вертикальних криволінійних трубопроводах 5, які щільно та нерухомо до них приєднані. Робоча рідина під тиском виходить через розпилюючі пристрої 4, які створюють факел розпилю 6 робочої рідини під заданим кутом в просторі. В залежності від біологічного розвитку оброблюваної рослини, факел розпилю 6 робочої рідини у вертикальній площині спрямовується таким чином, щоб частина нанесення робочого препарату припадала на початок розгалуження листочків, а частина піднімалася під кутом дещо відхиленням від вертикалі з таким розрахунком, щоб вільне осадження краплин кривало верхню частину рослини. Кут факела розпилю 6 робочої рідини в горизонтальній площині раціонально вибирати не перпендикулярним до напрямку руху агрегату, а з деяким відхиленням назад по ходу руху. Це забезпечує охоплення більшої площі нанесення робочого препарату. Описані регульовані кути факела розпилю 6 робочої рідини вибирають індивідуально, виходячи з біологічного розвитку рослин, ширини міжрядь, швидкості руху агрегату тощо. Крім того, вертикальні криволінійні трубопроводи 5 рухаються разом з агрегатом у міжряддях рослин і можуть при коливаннях штанги торкатися поверхні поля, але їх криволінійна форма і достатня пружність дозволяють запобігати механічним пошкодженням, що не зменшує необхідного ресурсу роботи штанги в цілому.

Таким чином, запропонована конструкція штанги обприскувача забезпечує можливість нанесення робочого препарату на нижні частини листя рослин, спрямовуючи факел розпилю

UA 137527 U

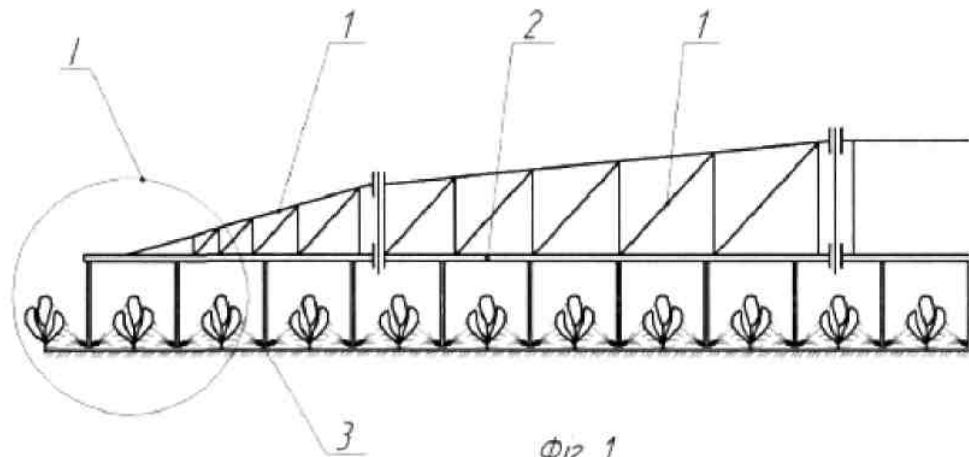
розпилюючими пристроями під раціональним кутом та напрямом "знизу-вверх", що забезпечує зниження витрати хімічного препарату та його вільне осадження на поверхню ґрунту.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

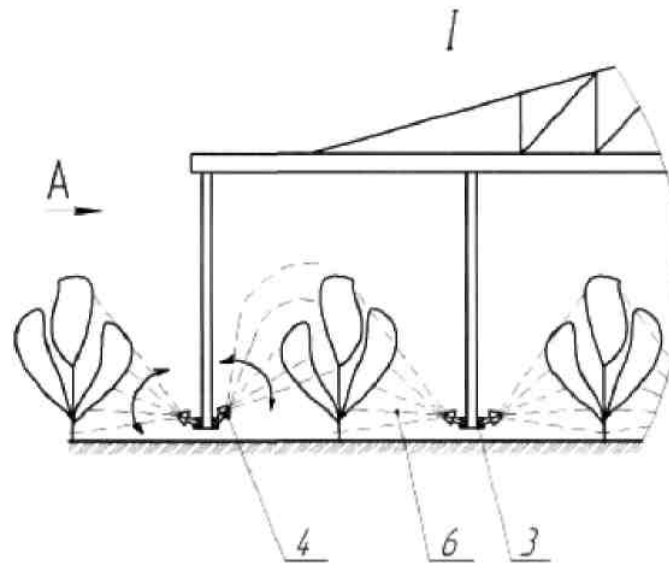
5

Штанга обприскувача, що складається з шарнірно з'єднаних фермових секцій, горизонтальних трубопроводів, які містять отвори для монтажу головок розпилюючих пристроїв, яка відрізняється тим, що до отворів для монтажу головок розпилюючих пристроїв одним кінцем нерухомо приєднано вертикальні криволінійні трубопроводи, на іншому кінці яких змонтовано головки розпилюючих пристроїв з можливістю зміни кута факела їх розпили.

10

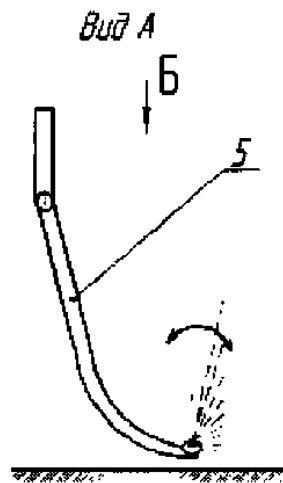


Фиг. 1

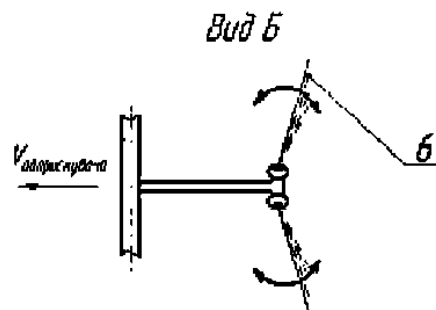


Фиг. 2

UA 137527 U



Фиг. 3



Фиг. 4

Комп'ютерна верстка В. Юкін

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) UA (11) 59390 (13) U
 (51) МПК (2011.01)
 A01M 7/00
 A01M 11/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
 І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
 відповідальність
 власника
 патенту

(54) ПОВОРОТНО-ФІКСУЮЧИЙ МЕХАНІЗМ ШТАНГИ ОБПРИСКУВАЧА

1

2

(21) u201013645

(22) 17.11.2010

(24) 10.05.2011

(46) 10.05.2011, Бюл. № 9, 2011 р.

(72) РИБАК ТИМОФІЙ ІВАНОВИЧ, БАБІЙ АНДРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, ПОПОВИЧ ПАВЛО ВАСИЛЬОВИЧ

(73) ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

(57) Поворотно-фіксуєчий механізм штанги обприскувача, що складається з механізму піднімання-опускання секції штанги, двох взаємно перпенди-

кулярних валів просторового орієнтування з втулками та фіксаторів положення секції штанги з гвинтовими притискачами, який відрізняється тим, що фіксатори положення секції штанги на кожному з валів просторового орієнтування виконані у вигляді двох шайб і пружного елемента між ними з можливістю утворення фрикційної пари, причому одна шайба закріплена нерухомо на втулці, інша - на валу просторового орієнтування з можливістю зміни тиску на пружний елемент гвинтовим притискачем.

Корисна модель відноситься до машинобудування і може бути використана в конструкціях сільськогосподарських обприскувачів.

Відома конструкція поворотно-фіксуєчого механізму штанги обприскувача складається з механізму піднімання-опускання секції штанги, двох взаємноперпендикулярних валів просторового орієнтування з втулками та фіксаторів положення секції штанги з гвинтовими притискачами (Штанга малогабаритного обприскувача / Деклараційний патент України на винахід. №55199 A01M7/00, заявлено 18.07.2002, опубліковано 17.03.2003, бюлетень №3).

До недоліків вказаної конструкції поворотно-фіксуєчого механізму штанги обприскувача відноситься нездатність фіксаторів положення секції штанги з гвинтовими притискачами згладжувати динамічні перевантаження секцій штанги, оскільки така фіксація є жорсткою і це призводить до виникнення максимальних напружень в місцях приєднання секцій.

В основу корисної моделі поставлено завдання згладжувати динамічні перевантаження секцій штанги, що виникають внаслідок руху обприскувача і, тим самим, зменшити концентрацію напружень в місцях приєднання секцій, що дозволить підвищити надійність та довговічність штанги обприскувача в цілому шляхом виконання конструкції поворотно-фіксуєчого механізму штанги обприскувача, що складається з механізму піднімання-опускання секції штанги, двох взаємноперпенди-

кулярних валів просторового орієнтування з втулками та фіксаторів положення секції штанги з гвинтовими притискачами, виконавши фіксатори положення секції штанги на кожному з валів просторового орієнтування у вигляді двох шайб і пружного елемента між ними з можливістю утворення фрикційної пари, причому одна шайба закріплена нерухомо на втулці, інша - на валу просторового орієнтування з можливістю зміни тиску на пружний елемент гвинтовим притискачем.

Суть корисної моделі пояснюється графічним зображенням, де представлена конструкція пропонуваного поворотно-фіксуєчого механізму штанги обприскувача.

Поворотно-фіксуєчий механізм штанги обприскувача складається з механізму піднімання-опускання 1 секції штанги 2, двох взаємноперпендикулярних валів просторового орієнтування 3, 4 з втулками 5, 6 та фіксаторів положення секції штанги, що утворені системою елементів 7-9 і 10-12, з гвинтовими притискачами 13, 14. Причому фіксаторами положення секції штанги на кожному з валів просторового орієнтування 3, 4 виконані у вигляді двох шайб 7, 9 і 10, 12 з пружними елементами 8, 11 між ними з можливістю утворення фрикційної пари, причому шайби 7, 10 закріплені нерухомо на втулках 5, 6, інші 9, 12 - на валах просторового орієнтування 3, 4 з можливістю зміни тиску на пружні елементи 8, 11 гвинтовими притискачами 13, 14.

(19) UA (11) 59390 (13) U

3

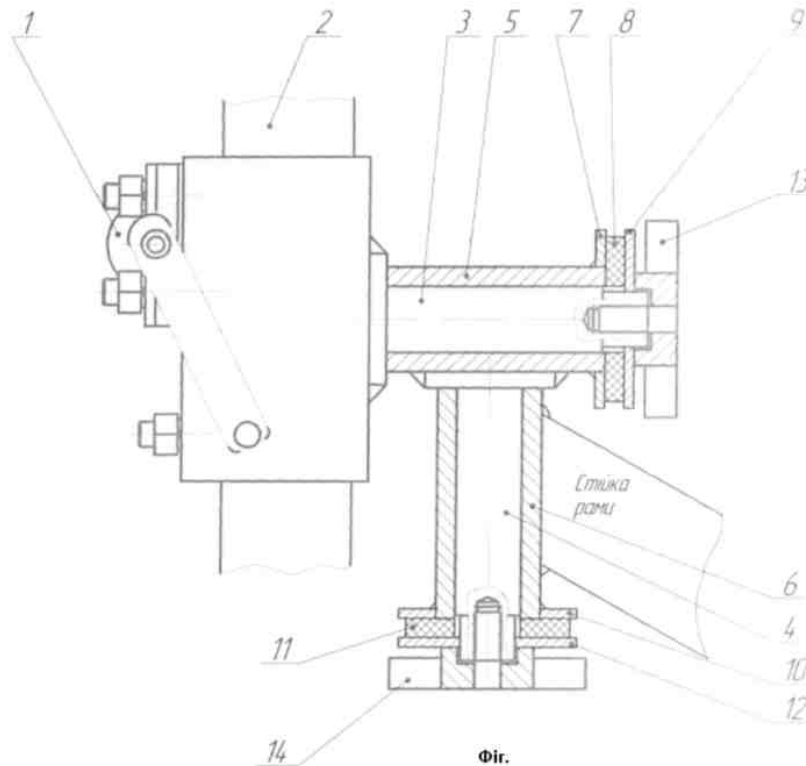
59390

4

Поворотно-фіксуєчий механізм штанги обприскувача працює наступним чином. До початку виконання технологічного процесу обприскувачем спочатку проводять налаштування його штанги або окремо секції штанги 2. Таку операцію виконують в даному випадку з допомогою механізму піднімання-опускання 1, фіксуєчи певну висоту чи виліт секції штанги 2, та затисканням гвинтових притискачів 13, 14, діючи на шайби 9, 12 та відповідно на пружні елементи 8, 11, які контактують з шайбами 7, 10, що закріплені нерухомо на втулках 5, 6 і такою фрикційною парою фіксують вали просторового орієнтування 3, 4 в необхідному положенні. Виконуючи технологічний процес чи при транспортуванні обприскувача, від секції штанги 2 на вали просторового орієнтування 3, 4 передаються динамічні сили, що викликають крутні коливання та інші перевантаження. Шайби 9, 12, які там закріплені нерухомо, також сприймають ці навантаження і передають їх через пружні елементи 8, 11, які виконують роль демпфера, до шайб

7, 10 і, відповідно, нерухомих втулок 5, 6. При передачі цих динамічних сил через пружні елементи 8, 11 проходить їх згладжування та розсіювання, значно зменшуючи пікові значення. Крім того, теоретично дослідивши необхідні параметри жорсткості пружних елементів 8, 11, які би найбільш оптимально згладжували і розсіювали динамічні сили, що передаються від секції штанги 2, можна забезпечувати затискуванням чи послабленням гвинтових притискачів 13, 14, змінюючи товщину пружних елементів 8, 11, ми використовувати їх із заданими пружними властивостями.

Таким чином, запропонована конструкція поворотно-фіксуєчого механізму штанги дозволить згладжувати динамічні перевантаження секцій штанги, що виникають внаслідок руху обприскувача і, тим самим, зменшити концентрацію напружень в місцях приєднання секцій, що дозволить підвищити надійність та довговічність штанги обприскувача в цілому.



Комп'ютерна верстка М. Ломалова

Підписне

Тираж 24 прим.

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **143629** (13) **U**
 (51) МПК (2020.01)
A01M 7/00

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
 ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
 СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
 УКРАЇНИ

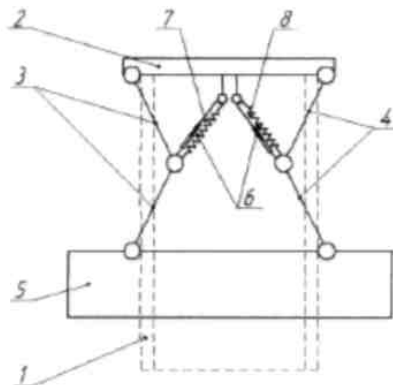
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2020 00463	(72) Винахідник(и): Бабій Андрій Васильович (UA), Андрейків Олександр Євгенович (UA)
(22) Дата подання заявки: 27.01.2020	(73) Власник(и): ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.08.2020	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.08.2020, Бюл.№ 15	

(54) ПІДВІСКА ШТАНГИ ОБПРИСКУВАЧА

(57) Реферат:

Підвіска штанги обприскувача складається з рами штанги, начіпної штанги, поперечини підвіски штанги, встановленої на рамі штанги з можливістю вертикального переміщення та фіксування, маятників, що шарнірно з'єднані з підпружиненою ланкою, поперечною підвіскою штанги та начіпною штангою. Підпружинену ланку виконано у вигляді двох незалежних пружно-демпфувальних елементів, які одним кінцем шарнірно приєднані до маятників, а іншим - до поперечини підвіски штанги.



Фиг. 1

Корисна модель належить до галузі машинобудування і може бути використана в конструкціях сільськогосподарських штангових обприскувачів та інших транспортних машинах, які мають начіпне обладнання і необхідна його стабілізація під час руху.

Відома конструкція підвіски штанги обприскувача, яка складається з рами штанги, начіпної штанги, поперечини підвіски штанги, встановленої на рамі штанги з можливістю вертикального переміщення та фіксування, маятників, що шарнірно з'єднані з підпружиненою ланкою, поперечною підвіски штанги та начіпною штангою [Дівеєв Б.М. Підвіска штанги обприскувача. / Дівеєв Б.М., Вікович І.А., Дівеєв І.Б., Скороход В.І., Лаврівський М.З. Деклараційний патент на корисну модель № 11792, МПК А01М 7/00 (2006); заявлено 13.06.2005 у 200505794, опубліковано 16.01.2006, бюл. № 1, 2006 р.]

До недоліків вказаної конструкції підвіски штанги обприскувача належить нездатність забезпечити високий віброзахист начіпної штанги обприскувача під час виконання ним технологічного процесу обприскування, коли агрегат рухається польовими нерівностями внаслідок взаємного впливу маятників один на одного через підпружинену ланку, а також виникнення додаткових коливань начіпної штанги із-за відсутності демпфірувального елемента.

В основу корисної моделі поставлена задача забезпечити можливість високого вібраційного захисту начіпної штанги обприскувача і як наслідок це підвищить якість нанесення робочого препарату на поверхню рослин, збільшить довговічність елементів начіпної штанги та її підвіски.

Поставлена задача вирішується тим, що в підвісці штанги обприскувача, яка складається з рами штанги, начіпної штанги, поперечини підвіски штанги, встановленої на рамі штанги з можливістю вертикального переміщення та фіксування, маятників, що шарнірно з'єднані з підпружиненою ланкою, поперечною підвіски штанги та начіпною штангою, згідно з корисною моделлю, підпружинену ланку виконано у вигляді двох незалежних пружно-демпфірувальних елементів, які одним кінцем шарнірно приєднані до маятників, а іншим - до поперечини підвіски штанги.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких представлено конструкцію підвіски штанги обприскувача: на Фіг. 1 - загальний вигляд конструкції підвіски штанги обприскувача; на Фіг. 2 - конструкція підвіски штанги обприскувача при виникненні кутових коливань начіпної штанги з кутом α ; на Фіг. 3 - конструкція підвіски штанги обприскувача при виникненні вертикальних коливань начіпної штанги на величину Δ ; на Фіг. 4 - конструкція підвіски штанги обприскувача при кінематичному збудженні коливань начіпної штанги.

Конструкція підвіски штанги обприскувача складається з рами штанги 1, на якій при переміщенні по вертикалі в заданому положенні фіксується (відомим способом) поперечина підвіски штанги 2, до якої, в свою чергу, шарнірно одним кінцем приєднано маятники 3, 4, що іншим кінцем шарнірно сполучені з начіпною штангою 5. При цьому маятники 3, 4 також шарнірно сполучені з підпружиненою ланкою 6, яку виконано у вигляді двох незалежних пружно-демпфірувальних елементів 7, 8, які шарнірно приєднані до поперечини підвіски штанги 2.

Конструкція підвіски штанги обприскувача працює наступним чином.

Залежно від біологічного розвитку рослин, які підлягають хімічному захисту, начіпну штангу 5 встановлюють на заданій висоті над оброблювальною поверхнею. Дану установочну операцію виконують, вертикально переміщуючи та фіксуючи поперечину підвіски штанги 2 відомим способом на рамі штанги 1. Тоді при виконанні технологічного процесу штанговий обприскувач рухається польовими нерівностями, які збуджують коливання начіпного обладнання, зокрема штанги 5. Кінематичне збудження передається від шасі обприскувача на раму штанги 1, де закріплено поперечину підвіски штанги 2, а далі через шарнірно приєднані до неї маятники 3, 4 і до начіпної штанги 5. Для мінімізації коливань начіпної штанги 5 кожен із маятників 3, 4 для обмеження вільного їх руху приєднано до незалежних пружно-демпфірувальних елементів 7, 8, які сприймають навантаження від переміщення ланок маятників 3, 4 та гасять їх вільні коливання.

Виконання підпружиненої ланки 6 у вигляді двох незалежних пружно-демпфірувальних в даній конструкції підвіски дозволяє сприймати різні види коливань начіпної штанги 5. Наприклад, в наслідок кінематичного збудження виникли кутові коливання начіпної штанги 5 (відносно позовжньої осі агрегату), тоді такі коливання сприймаються і гасяться або тільки одним маятником 3 із пружно-демпфірувальним елементом 7, або по чергово з маятником 4 та його пружно-демпфірувальним елементом 8, Фіг. 2. Для випадку виникнення коливань начіпної штанги 5 у вертикальній площині така підвіска сприйматиме та гаситиме дані коливання двома маятниками 3, 4 з їх незалежними пружно-демпфірувальними елементами 7, 8, Фіг. 3.

При кінематичному збудженні коливань, коли, наприклад, одне колесо обприскувача наїжджає на перешкоду, то рама штанги 1 відхиляється на кут α від горизонтального положення разом із зафіксованою поперечною підвіскою штанги 2, відповідно дана дія передається через

UA 143629 U

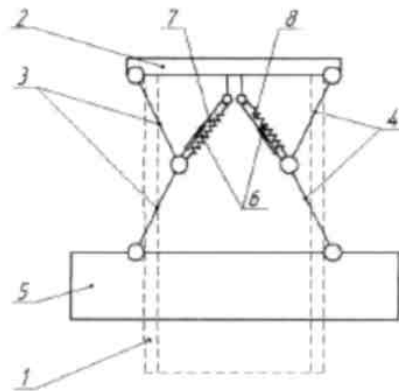
маятники 3, 4 до начіпної штанги 5, яка знаходилася у відносній рівновазі, а за рахунок можливості різного відхилення маятників 3, 4, а для незалежних пружно-демпфірувальних елементів 7, 8 це різна їх деформація і силова взаємодія, то така дія рами штанги 1 нівелюється, тобто майже повністю "поглинається" незалежними пружно-демпфірувальними елементами 7, 8.

Отже, при будь-якому виді коливань начіпної штанги розроблена конструкція підвіски штанги обприскувача здатна їх гасити, мінімізуючи негативний вплив на саму конструкцію начіпної штанги.

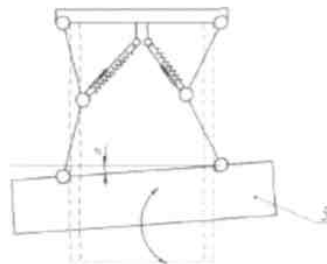
Таким чином, запропонована конструкція підвіски штанги обприскувача забезпечує можливість високого вібраційного захисту начіпної штанги обприскувача і як наслідок це підвищить якість нанесення робочого препарату на поверхню рослин, збільшить довговічність елементів начіпної штанги та її підвіски.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Підвіска штанги обприскувача, яка складається з рами штанги, начіпної штанги, поперечини підвіски штанги, встановленої на рамі штанги з можливістю вертикального переміщення та фіксування, маятників, що шарнірно з'єднані з підпружиненою ланкою, поперечиною підвіски штанги та начіпною штангою, яка **відрізняється** тим, що підпружинену ланку виконано у вигляді двох незалежних пружно-демпфірувальних елементів, які одним кінцем шарнірно приєднані до маятників, а іншим - до поперечини підвіски штанги.

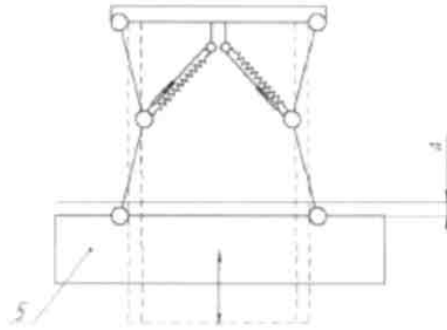


Фиг. 1

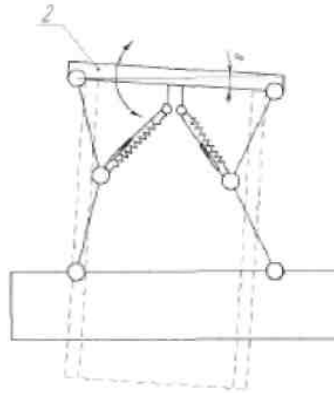


Фиг. 2

UA 143629 U



Фиг. 3



Фиг. 4

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **73090** (13) **U**
 (51) МПК (2012.01)
A01B 51/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ
 УКРАЇНИ

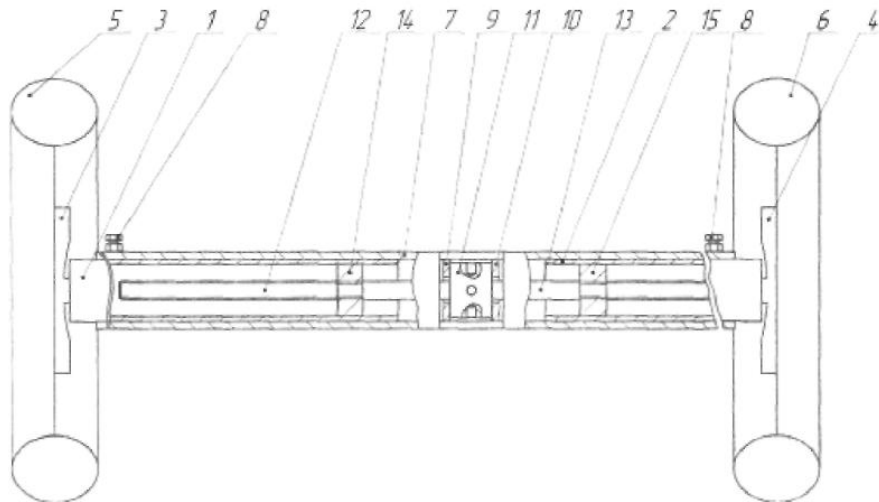
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2012 02465</p> <p>(22) Дата подання заявки: 01.03.2012</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.09.2012</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.09.2012, Бюл.№ 17</p>	<p>(72) Винахідник(и): Бабій Андрій Васильович (UA), Рибак Тимофій Іванович (UA), Попович Павло Васильович (UA), Господарський Ярослав Ярославович (UA), Сікорський Сергій Петрович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001 (UA)</p>
--	--

(54) МЕХАНІЗМ ЗМІНИ ШИРИНИ КОЛІЇ

(57) Реферат:

Механізм зміни ширини колії складається з двох розсувних консолей з маточинами кріплення для опорних коліс, які змонтовано в центральній балці-направляючій з фіксуємим механізмом. Центральна балка-направляюча обладнана двома шайбами, що нерухомо в ній закріплені, між якими змонтовано головку із приєднаними двома гвинтами, причому один з лівою різьбою, другий - з правою, які вкручені в спеціальні гайки, що нерухомо закріплені на кожній з розсувних консолей.



Фіг.

UA 73090 U

UA 73090 U

Корисна модель належить до машинобудування і може бути використана в конструкціях причіпних обприскувачів, причепів та інших сільськогосподарських машин.

Відома конструкція механізму зміни ширини колії складається з двох розсувних консолей з маточинами для кріплення опорних коліс, які змонтовано в центральній балці-направляючій з фіксуєчим механізмом [Обприскувач вентиляторний напівпричіпний ОВП-2000. Керівництво з експлуатації - Львів: ВАТ "Львівагромашпроект", 2009.-40 с.].

До недоліків вказаної конструкції механізму зміни ширини колії належить нездатність механізованим способом регулювати ширину колії. Така операція вимагала застосування спеціальних пристроїв - домкратів. В навантаженому стані піднімали машину, відпускали фіксуєчий механізм та вручну розтягувати розсувні консолі разом з опорними колесами на маточинах. Встановивши необхідну ширину колії, затискали фіксуєчий механізм, опускали машину на опорні колеса.

В основу корисної моделі поставлено задачу забезпечення можливості механізованим способом регулювати ширину колії без застосування спеціальних пристроїв - домкратів та, не піднімаючи машини, в навантаженому чи ненавантаженому стані здійснювати цю операцію шляхом виконання конструкції механізму зміни ширини колії, що складається з двох розсувних консолей з маточинами для кріплення опорних коліс, які змонтовано в центральній балці-направляючій з фіксуєчим механізмом, обладнавши центральну балку-направляючу двома шайбами, що нерухомо в ній закріплені, між якими змонтовано головку із приєднаними двома гвинтами, причому один з лівою різьбою, другий - з правою, які вкручені в спеціальні гайки, що нерухомо закріплені на кожній з розсувних консолей.

Суть корисної моделі пояснюється графічним зображенням, де представлена конструкція пропонованого механізму зміни ширини колії.

Механізм зміни ширини колії складається з двох розсувних консолей 1, 2, що на краях мають закріплені маточини 3, 4 для кріплення опорних коліс 5, 6. Розсувні консолі 1, 2 змонтовано в центральній балці-направляючій 7 з фіксуєчим механізмом 8. Центральна балка-направляюча 7 обладнана двома шайбами 9, 10, які нерухомо в ній закріплені. Між даними шайбами 9, 10 змонтовано головку 11, до якої приєднано два гвинти 12, 13. Причому гвинт 12 має ліву, а гвинт 13 - праву різьбу і вони є вкрученими в спеціальні гайки 14, 15, що нерухомо закріплені в кожній з розсувних консолей 1, 2.

Механізм зміни ширини колії працює наступним чином. Маємо повністю чи частково завантажену машину (заповнений бак робочою рідиною в обприскувачі, кузов причепа чи інші машини), для якої в силу виробничої необхідності потрібно змінити ширину колії. Наприклад, обприскувач переїжджає на іншу площу, де можна працювати тим самим препаратом, а культура висаджена з іншим мікрорядям і т.п.

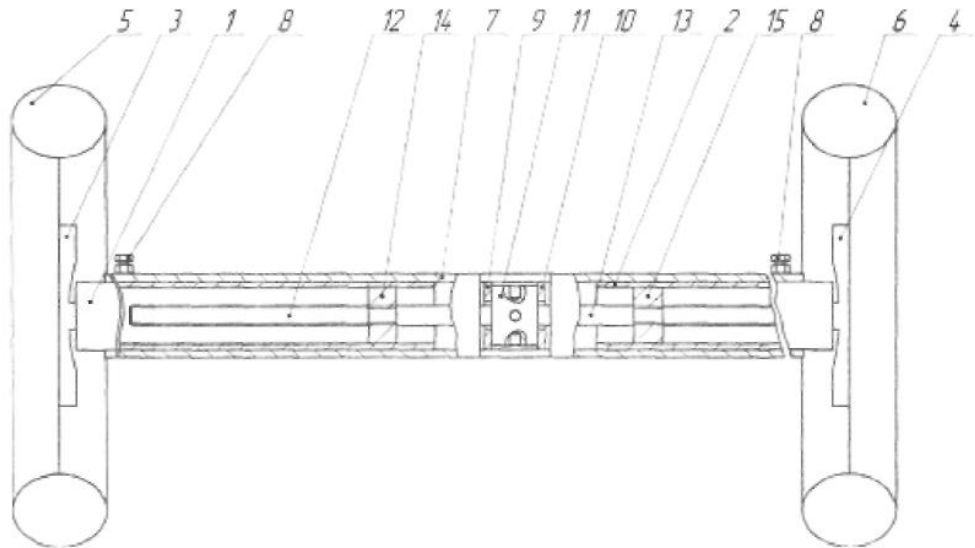
Тоді оператор, знаючи задану ширину колії, послаблює фіксуєчий механізм 8, підходить до центральної балки-направляючої 7. В ній, обертаючи одним із відомих способів головку 11, осьове переміщення якої обмежують шайби 9, 10, обертає два гвинти 12, 13. Останні накручують чи викручують (переміщують в осьовому напрямку) спеціальні гайки 14, 15, які нерухомо закріплені в розсувних консолях 1, 2, що змушує їх разом переміщатися. Відповідно, переміщаючись, розсувні консолі 1, 2, що сполучені з маточинами 3, 4 для кріплення опорних коліс 5, 6, змінюють своє взаємне розташування, а отже і взаємне розташування опорних коліс 5, 6, тобто ширину колії машини.

Таким чином, запропонована конструкція механізму зміни ширини колії забезпечить можливість механізованим способом регулювати ширину колії без застосування спеціальних пристроїв - домкратів та, не піднімаючи машини, в навантаженому чи ненавантаженому стані здійснювати це перелаштування.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Механізм зміни ширини колії, що складається з двох розсувних консолей з маточинами кріплення для опорних коліс, які змонтовано в центральній балці-направляючій з фіксуєчим механізмом, який **відрізняється** тим, що центральна балка-направляюча обладнана двома шайбами, що нерухомо в ній закріплені, між якими змонтовано головку із приєднаними двома гвинтами, причому один з лівою різьбою, другий - з правою, які вкручені в спеціальні гайки, що нерухомо закріплені на кожній з розсувних консолей.

UA 73090 U



Фіг.

Комп'ютерна верстка М. Ломалова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) UA (11) 14193 (13) U
 (51) МПК (2006)
 A01M 7/00
 A01M 11/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
 І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
 відповідальність
 власника
 патенту

(54) ОПОРА-ЛОЖЕМЕНТ БАКА ОБПРИСКУВАЧА

1

(21) u200508915
 (22) 20.09.2005
 (24) 15.05.2006
 (46) 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.
 (72) Рибак Тимофій Іванович, Бабій Андрій Васи-
 льович, Сухорольський Михайло Антонович

2

(73) Тернопільський державний технічний універ-
 ситет імені Івана Пулюя
 (57) Опора-ложемент бака обприскувача, що
 складається із накладки, до якої жорстко приєдна-
 на стійка із елементом кріплення для бандажа, яка
відрізняється тим, що накладка виконана у ви-
 гляді балки змінної жорсткості.

Корисна модель відноситься до машинобуду-
 вання і може бути використана в конструкціях
 сільськогосподарських обприскувачів.

Відома конструкція опори-ложемента бака об-
 прискувача складається із накладки, до якої жор-
 стко приєднана стійка із елементом кріплення для
 бандажа [див. Каталог "Машины для химической
 защиты растений и внесения жидких минеральных
 удобрений". - Львов, Внешнеторгиздат, 1987. -
 С.8-11, 18-26].

До недоліків вказаної конструкції опори-
 ложемента бака обприскувача відноситься немож-
 ливість рівномірно розподіляти вздовж накладки
 реактивний контактний тиск, що виникає від ваги
 робочої рідини, бака із комунікацією та притиску
 резервуара бандажами, що призводить в кінцево-
 му результаті до різкого підвищення контактних
 напружень на краях накладки опори-ложемента.
 Численна їх циклічність призводить до руйнування
 обичайки бака обприскувача.

В основу корисної моделі поставлено завдан-
 ня розширення функціональних можливостей опори-
 ложемента бака обприскувача, забезпечуючи
 рівномірний розподіл реактивного контактного тиску
 вздовж накладки шляхом виконання конструкції
 опори-ложемента бака обприскувача, що склада-
 ється із накладки, до якої жорстко приєднана стійка
 із елементом кріплення для бандажа, виконавши
 накладку у вигляді балки змінної жорсткості.

Суть корисної моделі пояснюється графічним
 зображенням, де представлена конструкція про-
 понованої опори-ложемента із жорстко закріпле-
 ною накладкою до стійки із елементом кріплення
 для бандажа.

Опора-ложемент бака обприскувача склада-
 ється із накладки 1, що виконана у вигляді балки
 змінної жорсткості до якої жорстко приєднана стійка
 2 із елементом кріплення для бандажа 3.

Опора-ложемента бака обприскувача працює
 наступним чином. Опорною поверхнею для монту-
 вання бака служить накладка 1, що виконана у
 вигляді балки змінної жорсткості і 1 жорстко приє-
 днана до стійки 2 із елементом кріплення для бан-
 дажа 3. Тоді нормальні складові контактного тиску
 діятимуть на всій довжині опорної поверхні накла-
 дки 1, забезпечуючи в кожній точці сталість кон-
 тактного тиску. Даний параметр досягається завдяки
 виконанню накладки 1 у вигляді балки змінної жо-
 рсткості (найефективніше з позиції міцності оби-
 чайки бака змінювати товщину накладки 1 забез-
 печуючи їй змінну жорсткість). За накладеною
 умовою контакту, а саме - сталості контактного
 тиску, із теоретичних підрахунків визначаємо закон
 зміни товщини накладки 1, який змінюється від
 мінімуму на краях до максимуму посередині на-
 кладки 1, забезпечуючи змінну жорсткість по всій
 довжині, що дозволить накладці 1 щільно приляга-
 ти до обичайки бака і за рахунок розрахованої
 змінної жорсткості виконати поставлену умову кон-
 такту.

Таким чином, запропонована конструкція опори-
 ложемента бака обприскувача дозволяє роз-
 ширити її функціональні можливості, забезпечуючи
 рівномірний розподіл реактивного контактного
 тиску вздовж всієї накладки 1, що в кінцевому ре-
 зультаті знижує контактні напруження, особливо
 на краях, у порівнянні із типовою опорою-
 ложементом, та рівномірно розподілити його
 вздовж всієї довжини.

(19) UA (11) 14193 (13) U



УКРАЇНА

(19) UA (11) 48663 (13) U
 (51) МПК (2009)
 A01M 7/00
 F16M 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
 І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
 відповідальність
 власника
 патенту

(54) РАМА ПРИЧІПНОГО ВЕНТИЛЯТОРНОГО ОБПРИСКУВАЧА

1

(21) u200910833
 (22) 27.10.2009
 (24) 25.03.2010
 (46) 25.03.2010, Бюл.№ 6, 2010 р.
 (72) РИБАК ТИМОФІЙ ІВАНОВИЧ, ПАЛАМАРЧУК ПЕТРО ВАСИЛЬОВИЧ, БАБІЙ АНДРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, СТАШКІВ МИКОЛА ЯРОСЛАВОВИЧ, МАТВІЙШИН АНАТОЛІЙ ЙОСИПОВИЧ, ПОПОВИЧ ПАВЛО ВАСИЛЬОВИЧ
 (73) ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

2

(57) Рама причіпного вентиляторного обприскувача, що складається з основного Т-подібного бруса, до якого за допомогою прямих розкосів приєднано рамку бака та консольно закріплено рамку вентилятора, яка відрізняється тим, що рамка вентилятора обладнана жорстко закріпленими на ній одним кінцем прямими розкосами, які іншим кінцем кріпляться до рамки бака, утворюючи просторову конструкцію.

Корисна модель відноситься до машинобудування і може бути використана в рамних конструкціях сільськогосподарських обприскувачів.

Відома конструкція рами причіпного вентиляторного обприскувача складається з основного Т-подібного бруса, до якого за допомогою прямих розкосів приєднано рамку бака та консольно закріплено рамку вентилятора (Машини для хімічного захисту рослин. Каталог виробів ВАТ «Львівагро-машпроект». - Львів, 2007.- 16с).

До недоліків вказаної конструкції відноситься нездатність забезпечити консольно закріпленою рамкою вентилятора раціонального розподілу зусиль від навантаженої рамки до основного Т-подібного бруса, внаслідок чого спостерігається значна концентрація напружень в цій зоні, певна кількість циклів яких призводить до руйнування з'єднання або ж приєднаних профілів.

В основу корисної моделі поставлено завдання забезпечити раціональний перерозподіл зусиль від навантаженої рамки вентилятора до основного Т-подібного бруса, зменшуючи концентрацію напружень в цій зоні, що дозволить підвищити надійність та довговічність рами причіпного вентиляторного обприскувача в цілому, шляхом виконання рами причіпного вентиляторного обприскувача, що складається з основного Т-подібного бруса, до якого за допомогою прямих розкосів приєднано рамку бака та консольно закріплено рамку вентилятора, обладнавши рамку вентилятора жорстко закріпленими на ній одним кінцем прямими розко-

сами, які іншим кінцем кріпляться до рамки бака, утворюючи просторову конструкцію.

Суть корисної моделі пояснюється графічним зображенням, де представлена конструкція пропонуваної рами причіпного вентиляторного обприскувача з рамкою вентилятора, що обладнана прямими розкосами.

Рама причіпного вентиляторного обприскувача складається з основного Т-подібного бруса 1, до якого з допомогою прямих розкосів 2 приєднано рамку бака 3 та консольно закріплено рамку вентилятора 4, яка обладнана жорстко закріпленими на ній одним кінцем прямими розкосами 5, які іншим кінцем кріпляться до рамки бака 3, утворюючи просторову конструкцію.

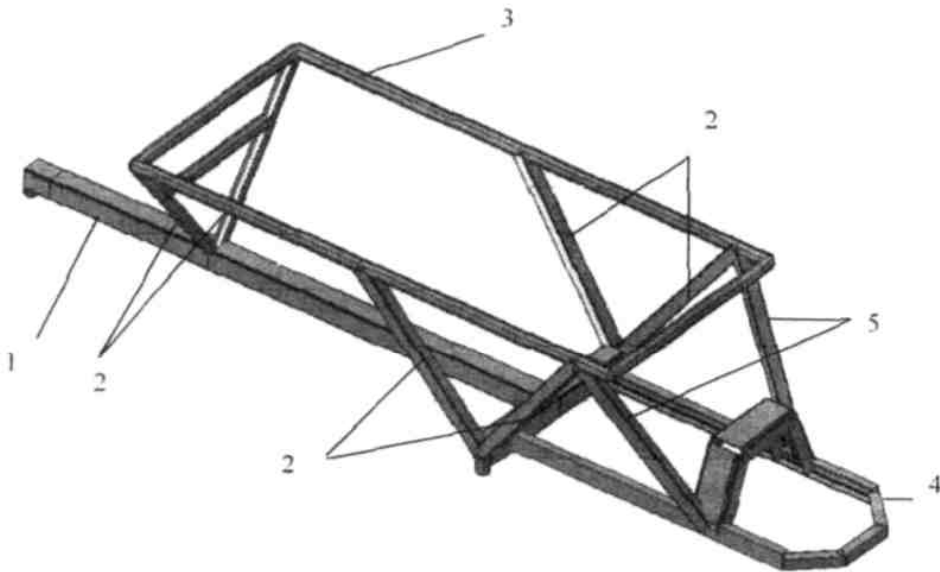
Рама працює наступним чином. При комплектуванні машини робочими та додатковими органами відбувається певний перерозподіл зусиль при їх роботі, який позначається на напружено-деформованому стані рами в цілому. Основний Т-подібний брус 1 складає основу рами машини, оскільки до нього кріпляться решту складових. Через прямі розкоси 2 приєднано рамку бака 3, тобто передається зусилля від ваги бака з комунікацією на Т-подібний брус 1. Крім того, до основного Т-подібного бруса 1 консольно закріплено рамку вентилятора 4, яка є несучим елементом для вентиляторної установки, де збуджуються динамічні навантаження і діють через рамку вентилятора 4 на задню частину основного Т-подібного бруса 1. Оскільки рамка вентилятора 4

UA (19) 48663 (13) U

закріплена консольне, то максимальний момент від навантаження рамки 4 зосереджений в місці її приєднання до основного Т-подібного бруса 1, а це сприяє зосередженню напружень в цій зоні і як наслідок виникають втомні руйнування. Після проведення ряду теоретичних та експериментальних досліджень було встановлено, що при роботі вентиляторної установки виникають значні кососиметричні навантаження, які змінюються циклічно і тому консольне закріплення рамки вентилятора 4 є небажаним, оскільки дана частина рами є плоскою і не може раціонально перерозподіляти діючі навантаження. Дана проблема успішно вирішується завдяки використанню прямих розкосів 5, які жорстко закріплені одним кінцем до рамки венти-

лятора 4, а іншим - до рамки бака 3, утворюючи просторову конструкцію. Така просторова конструкція суттєво дозволить розвантажити консольне закріплену рамку вентилятора 4, що значно знизить напруження в місці її приєднання до основного Т-подібного бруса 1 і тим самим підвищить ресурс роботи конструкції рами в цілому.

Таким чином, запропонована конструкція рами причіпного вентиляторного обприскувача підвищить експлуатаційну надійність та довговічність рами даного обприскувача, забезпечуючи раціональний перерозподіл зусиль від навантаженої рамки вентилятора 4 до основного Т-подібного бруса 1, зменшуючи концентрацію напружень в цій зоні.





УКРАЇНА
Міністерство освіти і науки України
Державний департамент інтелектуальної власності

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 33031

Стаття "Трисдина модель пошукового конструювання сільськогосподарських машин"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Рибак Тимофій Іванович, Бабій Андрій Васильович, Ріпецький Євген Йосипович**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Тернопільський державний технічний університет ім. І.Пулюя, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації

29.04.2010

Голова Державного департаменту інтелектуальної власності



М.В.Паладій



УКРАЇНА

(19) UA (11) 17326 (13) U
 (51) МПК (2006)
 G01L 1/04
 G01L 1/22 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
 І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
 відповідальність
 власника
 патенту

(54) ДИНАМОМЕТР

1

2

(21) u200603777

(22) 06.04.2006

(24) 15.09.2006

(46) 15.09.2006, Бюл. № 9, 2006 р.

(72) Рибак Тимофій Іванович, Бабій Андрій Васи-
 льович, Підгурський Микола Іванович, Матвіїшин
 Анатолій Йосипович, Зарічний Ігор Феодосійович
 (73) ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧ-
 НИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

(57) Динамометр, що складається з двох паралеле-
 льних між собою елементів кріплення, тензомет-
 ричного елемента та напрямних елементів, який
відрізняється тим, що напрямні елементи вико-
 нані у вигляді двох паралельних сторін, які шарнір-
 но утворюють із елементами кріплення паралеле-
 грамне з'єднання, на діагоналі якого шарнірно
 установлений тензометричний елемент.

Корисна модель відноситься до силовимірю-
 вальної техніки і може бути використана при ди-
 намометруванні знарядь сільськогосподарського
 призначення та інших механізмів.

Відома конструкція динамометра складається
 з двох паралельних між собою елементів кріплен-
 ня, тензометричного елемента та напрямних еле-
 ментів [А.с. 887950 (СССР) G01L1/22. Динамометр
 / Т.И. Рыбак. И.С. Музычко, И.И. Карбовник, С.П.
 Потанин. А. с. - Опубл. в Б. И., 1981, №45].

До недоліків вказаної конструкції динамометра
 відноситься неможливість забезпечення напрям-
 ними елементами достатньої жорсткості, а як на-
 слідок паралельності руху елементів кріплення із
 шарнірне приєднанням тензометричним елементом
 для виділення (визначення) тільки зусилля розтя-
 гу-стиску при динамометруванні різних сільськогос-
 подарських машин, знарядь (навісних, причіпних,
 напівнавісних тощо) чи механізмів, де спостеріга-
 ється, крім чистих осьових зусиль, вплив сторонніх
 сил чи моментів, а також сприймати значні наван-
 таження у відмінному до досліджуваного напрямку,
 наприклад при переводі машини, знаряддя чи
 механізму з робочого в транспортне положення
 або при роботі на примусовому опусканні-
 підніманні.

В основу корисної моделі поставлено завдан-
 ня розширення функціональних можливостей ди-
 намометра, забезпечуючи паралельний рух між
 елементами приєднання та можливість виокрем-
 лювати зусилля розтягу-стиску при дії сторонніх
 сил чи моментів, а також здатність сприймати зна-
 чні навантаження у відмінному до досліджуваного

напрямку, шляхом виконання конструкції динамо-
 метра, що складається з двох паралельних між
 собою елементів кріплення, тензометричного еле-
 менту та напрямних елементів, виконавши напрямні
 елементи у вигляді двох паралельних сторін,
 які шарнірно утворюють із елементами кріплення
 паралелограмне з'єднання, на діагоналі якого шарнір-
 но приєднаний тензометричний елемент.

Суть корисної моделі пояснюється графічним
 зображенням, де представлена конструкція динамо-
 метра.

Динамометр складається з двох паралельних
 між собою елементів кріплення 1, тензометричного
 елемента 2 (наприклад у вигляді динамометрично-
 го кільця) та напрямних елементів 3, які виконані у
 вигляді двох паралельних сторін, що шарнірно
 утворюють із елементами кріплення 1 паралело-
 грамне з'єднання, на діагоналі якого шарнірно при-
 єднаний тензометричний елемент 2.

Динамометр працює наступним чином. Еле-
 менти кріплення 1 призначені для монтування ди-
 намометра, наприклад, однією стороною в навісці
 трактора, другою - на досліджуваному об'єкті. Ви-
 мірювальна дія здійснюється за рахунок деформа-
 ції тензометричного елемента 2. Якщо тензоте-
 тричний елемент 2 встановлений на більшій
 діагоналі утвореного паралелограмного з'єднання,
 то при дії на елементи кріплення 1 розтягуючої
 сили діагональ вкорочується, а при дії стискуючої
 сили, навпаки - видовжується та разом з цим де-
 формується тензометричний елемент 2, деформа-
 ція якого фіксується, наприклад, наклеєними
 тензодатчиками. Аналогічно все відбувається при

U
 (13)
 17326
 (11)
 UA
 (19)

3

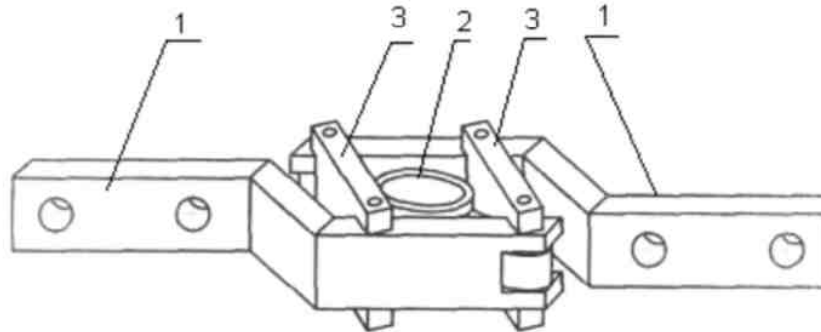
17326

4

встановленні тензOMETричного елемента 2 на меншій діагоналі утвореного паралелограмного з'єднання тільки при цьому змінюється напрямок його деформування, тобто при дії на елементи кріплення 1 розтягуючої сили діагональ видовжується, а при дії стискуючої сили, навпаки - вкорочується, те саме відбувається і з тензOMETричним елементом 2. Виокремлення тільки сили розтягу-стиску відбувається за рахунок конструкції динамометра, положення його монтування в просторі та способі монтування. Якщо розглянути схему діючих сил на елементи кріплення 1 динамометра у трьох взаємоперпендикулярних площинах, то, наприклад, для випадку, коли необхідно визначити силу опору сільськогосподарської машини, знаряддя чи механізму, що напрямлена вздовж осі трактора, а сила, що напрямлена перпендикулярно до напрямку руху трактора (бокова сила) є небажаною до визначення, а також діє сила у вертикальній площині при підніманні-опусканні чи примусовому утриманні на певній висоті (глибині) досліджуваного об'єкту, чистота заміру здійснюється таким чином: сила опору визначається деформацією тензOMETричного елемента 2 за рахунок розтягу-стиску діагоналі утвореного паралелограмного з'єднання, де він шарнірно встановлений; несприйняття бокової сили відбувається за рахунок шарнірного приєднання в цій площині елементів кріплення 1 динамометра до навіски трактора та досліджуваного об'єкту; виокремлення дії сили у вертикальній

площині, для розглядуваного випадку, відбуватиметься за рахунок шарнірів з'єднання елементів кріплення 1 і напрямних елементів 3, що утворюють в поздовжньо-горизонтальній площині паралелограмне з'єднання динамометра. Тут тертям в шарнірах можна знехтувати, але за таких умов без функціональних порушень динамометра можна машину переводити з робочого в транспортне положення, де діють суттєві вертикальні сили від ваги машини. Для інших схем дії сил на елементи кріплення 1 динамометра та необхідності визначення однієї з них потрібно динамометр монтувати таким чином, щоб одна з цих сил виокремлювалась за рахунок шарнірного приєднання динамометра в цій площині, а інша - сприймалася шарнірами паралелограмного з'єднання та не чинила дії в напрямку досліджуваної сили.

Таким чином, запропонована конструкція динамометра дозволяє розширити його функціональні можливості, забезпечуючи паралельний рух між елементами приєднання, до яких шарнірно приєднаний тензOMETричний елемент та можливість виокремлювати зусилля розтягу-стиску при дії сторонніх сил чи моментів, а також здатність сприймати значні навантаження у відмінному до досліджуваного напрямку, наприклад при переводі машини, знаряддя чи механізму з робочого в транспортне положення або при роботі на примусовому опусканні-підніманні.



Фіг.



УКРАЇНА

(19) UA (11) 63398 (13) U
 (51) МПК (2011.01)
 G01L 1/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ
 УКРАЇНИ

ОПИС
 ДО ПАТЕНТУ
 НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
 відповідальність
 власника
 патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КУТА ЗАКРУЧУВАННЯ РАМИ МОБІЛЬНОЇ МАШИНИ

1

(21) u201102489

(22) 02.03.2011

(24) 10.10.2011

(46) 10.10.2011, Бюл.№ 19, 2011 р.

(72) БАБІЙ АНДРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, РИБАК ТИМОФІЙ ІВАНОВИЧ, ПОПОВИЧ ПАВЛО ВАСИЛЬОВИЧ, ДОВБУШ ТАРАС АНАТОЛІЙОВИЧ

(73) ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

(57) Пристрій для визначення кута закручування рами мобільної машини, що складається з двох захватів, які одними кінцями приєднано до несучих елементів рами мобільної машини, а іншими через з'єднувальні елементи з'єднано з подовжувачами, на кінцях яких змонтовано чутливий елемент, який

2

відрізняється тим, що з'єднувальні елементи виконані у вигляді болтових фіксаторів з можливістю утворення нерухомого фрикційного з'єднання для фіксації подовжувачів на заданій довжині, крім того, на кінці одного із подовжувачів виконано отвір, а іншого - циліндричний виступ для можливості їх шарнірного з'єднання-центрування, а чутливий елемент виконано у вигляді двох пружних важелів, які одним кінцем нерухомо приєднано до відповідних подовжувачів, а на протилежних виконано світлові отвори, перекриття яких дає можливість забезпечення проходження фіксованого пучка світла оптичними, яку прикріплено до кінця одного з пружних важелів.

Корисна модель відноситься до машинобудування і може бути використана в конструкціях мобільних сільськогосподарських машин.

Відома конструкція пристрою для визначення кута закручування рами мобільної машини складається з двох захватів, які одними кінцями приєднано до несучих елементів рами мобільної машини, а іншими - через з'єднувальні елементи з'єднано з подовжувачами, на кінцях яких змонтовано чутливий елемент (Рассоха В. И. Контроль живучести рамных несущих систем мобильных машин в процессе эксплуатации // Вестник ОГУ № 1/Январь, Оренбург, 2009. - С. 149-153).

До недоліків вказаної конструкції пристрою для визначення кута закручування рами мобільної машини відноситься нездатність передавати дійсну величину кута закручування між несучими елементами рами мобільної машини та фіксувати значення цього кута, оскільки в конструкції подовжувачів використані в якості з'єднувальних елементів шарнірні муфти, а для встановлення необхідної ширини подовжувачів та їх осевого переміщення - шліцьове з'єднання. Всі ці елементи, для їх роботоздатності, повинні з'єднуватися між собою з зазором, який і буде спотворювати істинний кут закручування між несучими елементами рами досліджуваної машини. Крім того, чутливим елементом тут є тензорезистор, що наклеєний на трубу з дюралюмінію, деформація якої чинить додатковий опір на процес взаємного за-

кручування рами мобільної машини. А також при великих деформаціях (кутах закручування) елементів рами, особливо в тому випадку, коли ці кути знакомініні, використання тензорезисторів є непридатним.

В основу корисної моделі поставлено завдання точної передачі кута закручування між несучими елементами рами мобільної машини до чутливого елемента, який не створює додаткового опору для загального процесу деформації, що дозволить підвищити точність та надійність такого роду замірів, шляхом виконання конструкції пристрою для визначення кута закручування рами мобільної машини, що складається з двох захватів, які одними кінцями приєднано до несучих елементів рами мобільної машини, а іншими - через з'єднувальні елементи з'єднано з подовжувачами, на кінцях яких змонтовано чутливий елемент, виконавши з'єднувальні елементи у вигляді болтових фіксаторів з можливістю утворення нерухомого фрикційного з'єднання для фіксації подовжувачів на заданій довжині. А також на кінці одного із подовжувачів виконано отвір, а іншого - циліндричний виступ для можливості їх шарнірного з'єднання-центрування. Крім того, чутливий елемент виконано у вигляді двох пружних важелів, які одним кінцем нерухомо приєднано до відповідних подовжувачів, а на протилежних - виконано світлові отвори, перекриття яких має можливість забезпечення проходження фіксованого пучка світла оп-

(13) U
 (11) 63398
 (19) UA

топари, яку прикріплено до кінця одного з пружних важелів.

Суть корисної моделі пояснюється графічними зображеннями: фіг. 1 - представлена конструкція пропонованого пристрою для визначення кута закручування рами мобільної машини (головний вигляд); фіг. 2 - вид А з головного вигляду, де показано одне з можливих положень чутливого елемента.

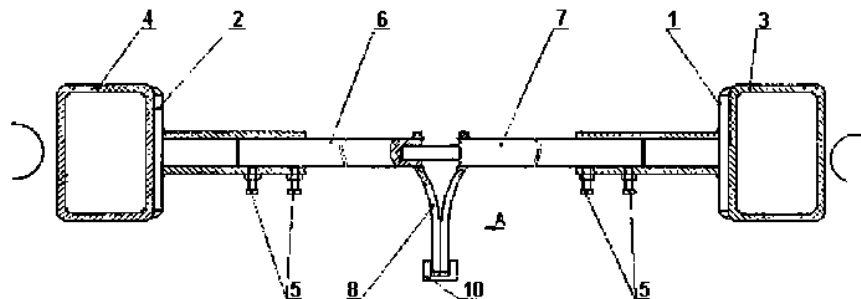
Пристрій для визначення кута закручування рами мобільної машини складається з двох захватів 1, 2, які одними кінцями приєднано до несучих елементів рами 3, 4 мобільної машини, а іншими - через з'єднувальні елементи 5 з'єднано з подовжувачами 6 і 7, на кінцях яких змонтовано чутливий елемент, що утворений системою елементів 8, 9, 10. Причому з'єднувальні елементи 5 виконані у вигляді болтових фіксаторів з можливістю утворення нерухомого фрикційного з'єднання при фіксації подовжувачів 6, 7 на заданій довжині. На кінці подовжувача 6 виконано отвір, а подовжувача 7 - циліндричний виступ для можливості їх шарнірного з'єднання-центрування. Крім того, чутливий елемент виконано у вигляді двох пружних важелів 8, 9, які одним кінцем нерухомо приєднано до подовжувачів 6, 7, а на протилежних - виконано світлові отвори, перекриття яких має можливість забезпечення проходження фіксованого пучка світла оптопарою 10 через цю утворену площу. Якість процесу дозволяє забезпечити шарнірне з'єднання-центрування подовжувачів 6, 7, причому осьовий хід циліндричного виступу подовжувача 7 в отворі подовжувача 8 компенсує переміщення несучих елементів рами 3, 4 без впливу на чутливий елемент, оскільки пружні важелі 8, 9 досить податливі в цьому напрямку, а сама оптопара 10 закріплена на одному з цих пружних важелів 8 або 9. Якщо ж виникає такого роду навантаження на несучі елементи рами 3, 4, що змушує деформуватися подовжувачі 6, 7 в поперечно-вертикальній площині, то компенсатором тут слугить циліндричний виступ подовжувача 7, який має порівняно невелику жорсткість, тобто вплив на чутливий елемент виключається. Крім того, вільне ковзання пружних важелів 8, 9 один відносно іншого не чинить ніякого опору на загальний процес деформування несучих елементів рами 3, 4 мобільної машини. Покази знімаються приладом за сигналом з оптопарою 10, який залежить від утвореної двома світловими отворами площі просвічування в результаті взаємного переміщення пружних важелів 8, 9. Напрямок кута закручування встановлюється за сигналом з оптопарою 10 від установочного значення: збільшення площі просвічування; зменшення площі просвічування. Діапазон вимірюваних значень кутів закручування і технічних можливостей оптичних елементів оптопарою 10 необхідно узгоджувати, правильно вибравши довжину пружних важелів 8, 9 та площі поперечних перетинів світлових отворів.

Пристрій для визначення кута закручування рами мобільної машини працює наступним чином.

В процесі експлуатації на раму мобільної машини передаються різного роду навантаження, які сприймаються несучим елементами рами 3, 4, що викликає їх деформацію, зокрема, взаємний кут повороту (закручування), який потрібно зафіксувати. З цією метою нерухомо закріплюємо захвати 1 і 2 одним з відомих способів, які крутний момент (переміщення за кутом закручування) отримують від відповідних несучих елементів рами 3, 4 та з'єднуємо їх на потрібній довжині з подовжувачами 6, 7 з'єднувальними елементами 5 у вигляді болтових фіксаторів, які забезпечать нерухомість фрикційних з'єднань за рахунок створення високих питомих тисків, що діятимуть при затягуванні болтових фіксаторів, на подовжувачі 6, 7. Далі крутний момент подовжувачами 6, 7 передається пружним важелям 8, 9, які в дотик контактують між собою і

переміщуються один відносно одного в коловому напрямку на різницю кутів закручування від деформації несучих елементів рами 3, 4. Близько вільних кінців пружних важелів 8, 9 є світлові отвори, які початково встановлені з певним перекриттям один відносно одного, а в результаті переміщення пружних важелів 8, 9 або більше перекриваються, або розкриваються, що забезпечує можливості проходження фіксованого пучка світла оптопарою 10 через цю утворену площу. Якість процесу дозволяє забезпечити шарнірне з'єднання-центрування подовжувачів 6, 7, причому осьовий хід циліндричного виступу подовжувача 7 в отворі подовжувача 8 компенсує переміщення несучих елементів рами 3, 4 без впливу на чутливий елемент, оскільки пружні важелі 8, 9 досить податливі в цьому напрямку, а сама оптопара 10 закріплена на одному з цих пружних важелів 8 або 9. Якщо ж виникає такого роду навантаження на несучі елементи рами 3, 4, що змушує деформуватися подовжувачі 6, 7 в поперечно-вертикальній площині, то компенсатором тут слугить циліндричний виступ подовжувача 7, який має порівняно невелику жорсткість, тобто вплив на чутливий елемент виключається. Крім того, вільне ковзання пружних важелів 8, 9 один відносно іншого не чинить ніякого опору на загальний процес деформування несучих елементів рами 3, 4 мобільної машини. Покази знімаються приладом за сигналом з оптопарою 10, який залежить від утвореної двома світловими отворами площі просвічування в результаті взаємного переміщення пружних важелів 8, 9. Напрямок кута закручування встановлюється за сигналом з оптопарою 10 від установочного значення: збільшення площі просвічування; зменшення площі просвічування. Діапазон вимірюваних значень кутів закручування і технічних можливостей оптичних елементів оптопарою 10 необхідно узгоджувати, правильно вибравши довжину пружних важелів 8, 9 та площі поперечних перетинів світлових отворів.

Таким чином, запропонована конструкція пристрою для визначення кута закручування рами мобільної машини дозволяє точно, без спотворення, передати кут закручування між елементами рами мобільної машини до чутливого елемента, який не створює додаткового опору для загального процесу деформації, що підвищує точність та надійність такого роду замірів.

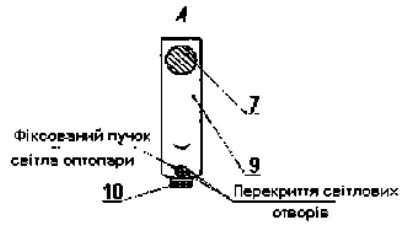


Фиг. 1

5

63398

6



Фіг. 2



УКРАЇНА

(19) UA (11) 31564 (13) U
(51) МПК (2006)
G01L 5/24МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) МОМЕНТОМІР

1

2

(21) u200714543

(22) 24.12.2007

(24) 10.04.2008

(46) 10.04.2008, Бюл.№7, 2008 рік

(72) РИБАК ТИМОФІЙ ІВАНОВИЧ, UA, КОСТЮК
ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, UA, ПАЛАМАРЧУК
ПЕТРО ВАСИЛЬОВИЧ, UA, БАБІЙ АНДРІЙ
ВАСИЛЬОВИЧ, UA, МАТВІШИН АНАТОЛІЙ
ІОСИПОВИЧ, UA(73) ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮКА,
UA

(57) Моментомір, що виконаний у вигляді муфти, яка складається з двох півмуфт, розміщених на співвісно встановлених ведучому і веденому валах та з'єднаних пружним елементом, і знімача крутного моменту, який відрізняється тим, що одна з півмуфт виконана із симетричними виступами по зовнішньому діаметру, а інша - з аналогічними виступи зі скосами з одного боку, які встановлені в проміжку знімача крутного моменту, виконаного у вигляді оптопарі.

Корисна модель відноситься до силовимірювальної техніки і може бути використана при дослідженні знарядь сільськогосподарського призначення та інших механізмів, а також для лабораторних вимірювань.

Відома конструкція моментоміра складається з двох півмуфт, розміщених на співвісно встановлених ведучому і веденому валах та з'єднаних пружним елементом і знімача крутного моменту [А.с. СССР №2006009, кл. 5G01L3/10, 1994]. Відомо також, що вказаної конструкції моментоміра є складність конструкції і процесу вимірювання.

В основу корисної моделі поставлено завдання розширення функціональних можливостей моментоміра, забезпечуючи знімання крутного моменту, визначення кутової швидкості і прискорення та встановлення їх напрямків без контакту з обертовими частинами, шляхом виконання конструкції моментоміра у вигляді муфти, яка складається з двох півмуфт, розміщених на співвісно встановлених ведучому і веденому валах та з'єднаних пружним елементом і знімача крутного моменту, виконавши одну з півмуфт зі симетричними виступами по зовнішньому діаметру, а іншу - з аналогічними виступами зі скосами з одного боку, які встановлені в проміжку знімача крутного моменту виконаного у вигляді оптопарі, де представлена конструкція моментоміра.

Моментомір виконаний у вигляді муфти, яка складається з двох півмуфт 1 і 2, розміщених на

співвісно встановлених ведучому 3 і веденому 4 валах та з'єднаних пружним елементом 5 і знімача крутного моменту 6, виконавши одну з півмуфт зі симетричними виступами 7 по зовнішньому діаметру, а іншу - з аналогічними виступами 7 зі скосами 8 з одного боку, які встановлені в проміжку знімача крутного моменту 6 виконаного у вигляді оптопарі.

Моментомір працює наступним чином. Одна з півмуфт 1, 2 закріплюється на ведучому валі 3 досліджуваного об'єкту, інша - на веденому 4. Півмуфти 1, 2 з'єднані між собою пружним елементом 5, який в залежності від передаваних величин моментів може бути у вигляді суцільного стержня (великі моменти), пустотілого стержня чи кільця (менші моменти) та плоскої пружини або диска з достатньо пружного матеріалу (малі моменти). Отже, через півмуфти 1, 2 і пружний елемент 5 проходить кінематичний ланцюг досліджуваного об'єкту. В результаті виникнення виробничого опору відбувається деформація пружного елемента 5, а відповідно і зміщення симетричних виступів 7 по зовнішньому діаметру півмуфт 1, 2, що сприяє зменшенню освітленості (перекриття щілини) знімача крутного моменту 6, що виконаний у вигляді оптопарі. Крім того напрямок дії, наприклад крутного моменту, визначається за першочерговістю перекриття нижньої частини щілини виступами 7 зі скосами 8 з одного боку, що розміщені по зовнішньому діаметру півмуфти 1 і фіксується це відповідною частиною оптопарі. Також за частотою

(19) UA (11) 31564 (13) U

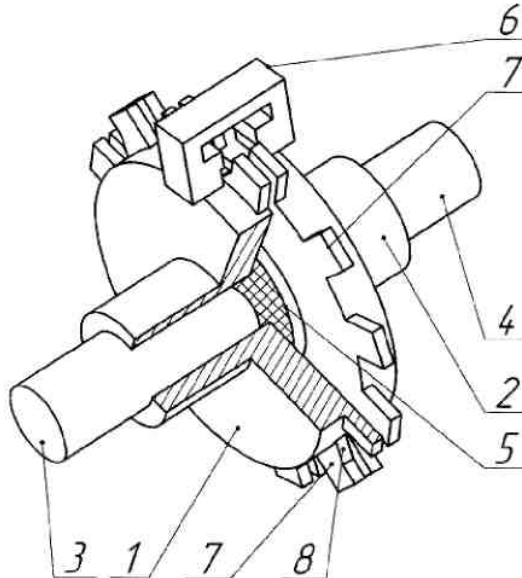
3

31564

4

проходження-непроходження сигналу крізь щілини, що утворені виступами 7 на півмуфтах 1, 2 між елементами оптопари знімача крутного моменту 6 можна встановлювати кутову швидкість і прискорення при обертанні досліджуваного об'єкту.

Таким чином, запропонована конструкція моментоміра дозволяє розширити його функціональні можливості, забезпечуючи знімання крутного моменту, визначення кутової швидкості і прискорення та встановлення їх напрямків без контакту з обертовими частинами.



Фіг.



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA (11) 123736 (13) U
(51) МПК (2018.01)
G01M 13/00

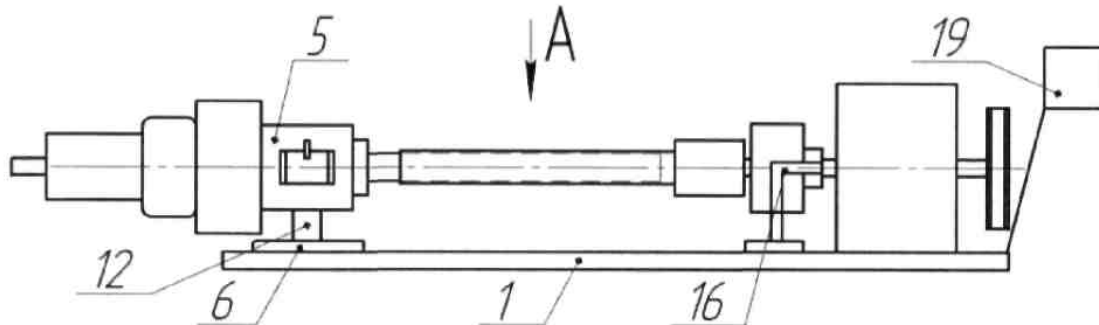
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2017 08319</p> <p>(22) Дата подання заявки: 11.08.2017</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.03.2018</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.03.2018, Бюл.№ 5</p>	<p>(72) Винахідник(и): Рибак Тимофій Іванович (UA), Бабій Андрій Васильович (UA), Сташків Микола Ярославович (UA), Паламарчук Петро Васильович (UA), Бортник Ігор Миронович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001 (UA)</p>
---	---

(54) СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИВОДА

(57) Реферат:

Стенд для дослідження механічної системи привода виконаний у вигляді станини, зверху якої змонтовані електродвигун та редуктор привода, гальмівний пристрій. Станина зліва оснащена нерухомою прямокутною напрямною, в яку встановлено рухому плиту із стійкою, на якій кріпиться гальмівний пристрій, що виконаний у вигляді барабанно-колодкового гальма з гідроприводом та датчиком тиску, а привод встановлений на станині справа і з'єднаний з гальмівним пристроєм карданною передачею через моментомір, причому датчик тиску та моментомір під'єднані до реєструючої системи.



Фіг. 1

UA 123736 U

UA 123736 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування: сільськогосподарського і лісового машинобудування, загального машинобудування та інше.

Відомий стенд для дослідження приводних пасів сільськогосподарських машин, який виконано у вигляді станини, зверху якої змонтовані всі вузли і механізми - це редуктор, привід, гальмівний пристрій, встановлювальні і кріпильні елементи. [Патент України № 39308 "Стенд для дослідження приводних пасів". Ляшук О.Л., Гевко І.Б. та інші. Бюл. № 4, 2009].

Основним недоліком стенда є обмежені технологічні можливості і мала продуктивність дослідних операцій.

В основу корисної моделі поставлено задачу розширення технологічних можливостей і підвищенні продуктивності контрольних операцій.

Поставлена задача вирішується шляхом виконання стенда для дослідження механічної системи привода у вигляді станини, зверху якої змонтовані електродвигун та редуктор привода, гальмівний пристрій, згідно з корисною моделлю, станина зліва оснащена нерухомою прямокутною напрямною, в яку встановлено рухому плиту із стійкою, на якій кріпиться гальмівний пристрій, що виконаний у вигляді барабанно-колодкового гальма з гідроприводом та датчиком тиску, а привод встановлений на станині справа і з'єднаний з гальмівним пристроєм карданною передачею через моментомір, причому датчик тиску та моментомір під'єднані до реєструючої системи.

Стенд для дослідження механічних систем привода зображено на кресленні фіг. 1, фіг. 2 - вигляд А на фіг. 1, фіг. 3 - переріз Б-Б на фіг. 2

Стенд виконано у вигляді Г-подібної станини 1, справа на якій встановлено привод, що складається з редуктора 2 і електродвигуна 3 з'єднаних між собою передачею 4. Зліва встановлено гальмівний пристрій 5, змонтований на рухомій плиті 6 із стійкою, яка може пересуватися в нерухомій прямокутній напрямній 7 станини в напрямку, перпендикулярному осі обертання вала, зміщення контролюється лінійкою 8. Плита на станині фіксується болтами 9. Гальмівний пристрій 5 виконано у вигляді гальма барабанно-колодкового типу 10 з приводом від гідроциліндра 11, змонтованого на ступиці, яка через стійку 12 опирається на плиту. В гідросистемі гальма встановлено датчик тиску 13 для контролю навантаження. Вал привода з'єднаний з гальмом через запобіжну муфту 14.

Вал редуктора і гальмівний пристрій з'єднані через моментомір 15, обладнаний датчиком 16 і карданною передачею 17. Датчик тиску та моментомір приєднані до реєструючої системи 18, що складається з аналогово-цифрового перетворювача, мікрокомп'ютера та флеш-накопичувача. Керування стендом здійснюється з щита 19.

На стенді можна тарувати пружні елементи моментоміра та досліджувати карданні передачі приводу і їх елементи на навантажувальну здатність, точність, ресурс роботи, вібрації та інше.

Стенд працює наступним чином:

Для зміни характеристик досліджуваного привода зміщують гальмівний пристрій 5 в направляючій 7 станини 1 на відстань, яку контролюють лінійкою 8. Встановлюють на стенд моментомір 15 і карданну передачу 17. Вмикають двигун і знімають покази датчиків моментоміра 16 та гальмівного пристрою 13 при зміні навантаження створеного гальмом. Навантаженням керують гідроциліндром гальма 11. Сигнали від датчиків фіксуються реєструючою системою 18. Керування приводом стенда здійснюється з щита керування 19.

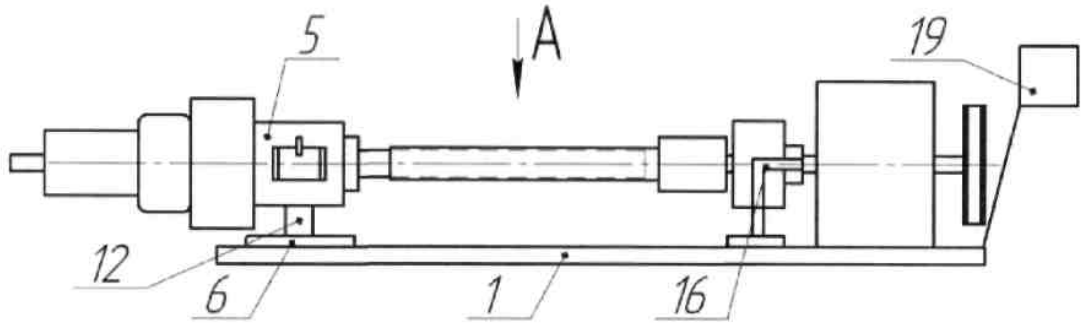
При таруванні пружних елементів моментоміра вал гальмівного пристрою і редуктора встановлюють на одній осі. Вмикають двигун і змінюючи навантаження, реєструють сигнали від датчиків. Коефіцієнт тарування визначають за результатами статистичної обробки сигналів.

При дослідженні карданних передач встановлюють залежність енергетичних параметрів привода (фіксують датчиком 16 моментоміра) від навантаження (фіксують датчиком 13) та зміщення осей ведучого та веденого валів (контролюють лінійкою 8).

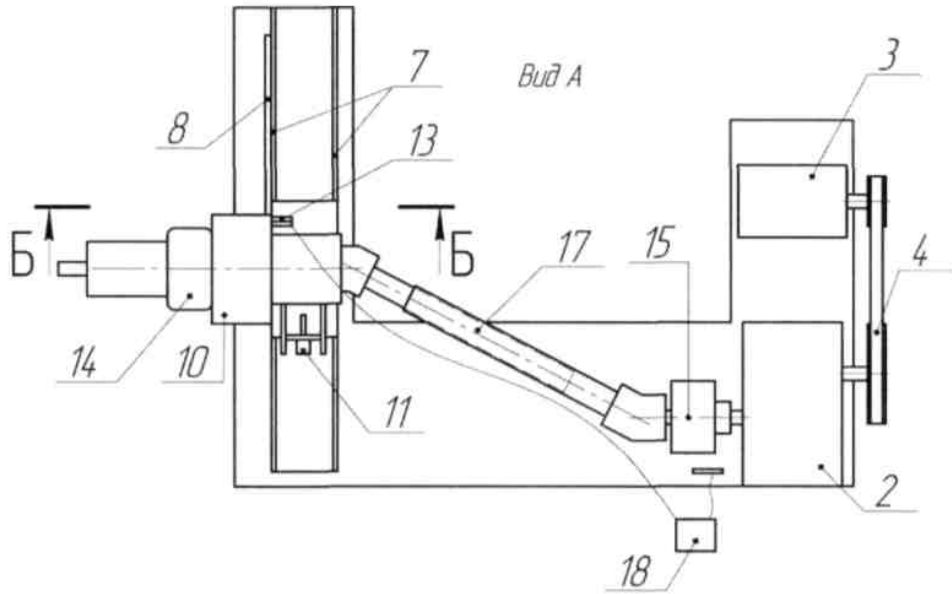
50 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Стенд для дослідження механічної системи привода, який виконаний у вигляді станини, зверху якої змонтовані електродвигун та редуктор привода, гальмівний пристрій, який відрізняється тим, що станина зліва оснащена нерухомою прямокутною напрямною, в яку встановлено рухому плиту із стійкою, на якій кріпиться гальмівний пристрій, що виконаний у вигляді барабанно-колодкового гальма з гідроприводом та датчиком тиску, а привод встановлений на станині справа і з'єднаний з гальмівним пристроєм карданною передачею через моментомір, причому датчик тиску та моментомір під'єднані до реєструючої системи.

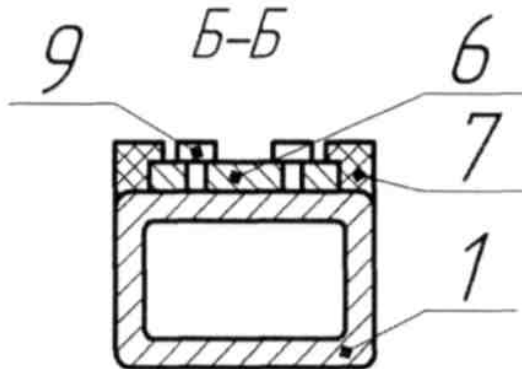
UA 123736 U



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



УКРАЇНА

(19) UA (11) 52082 (13) U
 (51) МПК (2009)
 G01V 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
 І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ

**ОПИС
 ДО ПАТЕНТУ
 НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

видається під
 відповідальність
 власника
 патенту

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ НА ЧИСТИЙ ЗГИН

1

2

(21) u201002147

(22) 26.02.2010

(24) 10.08.2010

(46) 10.08.2010, Бюл. № 15, 2010 р.

(72) РИБАК ТИМОФІЙ ІВАНОВИЧ, БАБІЙ АНДРІЙ
 ВАСИЛЬОВИЧ, ПОПОВИЧ ПАВЛО ВАСИЛЬОВИЧ,
 СТАШКІВ МИКОЛА ЯРОСЛАВОВИЧ

(73) ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІ-
 ЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

(57) Установа для дослідження зразків на чистий згин, що виконана у вигляді нерухомої станини, двох затискних пристроїв зразка, навантажуваль-

ного пристрою з приводом та контролюючої системи росту тріщини, яка відрізняється тим, що один із затискних пристроїв виконаний за одне ціле з навантажувальним пристроєм у вигляді шарнірного важеля, в шарнірі якого змонтовано контролюючу систему росту тріщини, а вільний його кінець приєднано до шарніра, що кріпиться в пазу планки-кривошипа і має можливість фіксуватися при різних радіусах, крім того, центр обертання кривошипа кріпиться в пазах нерухомої станини з можливістю займати певне просторове положення.

Корисна модель належить до лабораторного обладнання і може бути використана при дослідженні механічних та втомних характеристик зразків матеріалів.

Відома конструкція установки для дослідження зразків на чистий згин складається з нерухомої станини, двох затискних пристроїв зразка, навантажувального пристрою з приводом та контролюючої системи росту тріщини (А.Б. Поспелов. К динамике машин для испытаний на усталость // Приборы и средства автоматизации. 2005. № 2. С. 43-48).

До недоліків вказаної конструкції установки для дослідження зразків на чистий згин відноситься складність конструкції машини через окреме виконання затискних пристроїв зразка та навантажувального пристрою з приводом, а також існує складність для фіксування контролюючою системою початку зародження та розвитку втомної тріщини. Крім того, така система навантаження зразка не завжди може забезпечити амплітуду навантаження із заданим коефіцієнтом асиметрії.

В основу корисної моделі поставлено завдання розширення функціональних можливостей установки для дослідження зразків на чистий згин, забезпечуючи навантажувальним пристроєм з приводом амплітуди навантаження зразка з довірливим коефіцієнтом асиметрії циклу та частотою, а також спрощуючи фіксацію процесу контролюючою системою росту тріщини, шляхом виконання установки для дослідження зразків на чистий згин,

що складається з нерухомої станини, двох затискних пристроїв зразка, навантажувального пристрою з приводом та контролюючої системи росту тріщини, виконавши один із затискних пристроїв заодно з навантажувальним пристроєм у вигляді шарнірного важеля, в шарнірі якого змонтовано контролюючу систему росту тріщини, а вільний його кінець приєднано до шарніра, що кріпиться в пазу планки-кривошипа і має можливість фіксуватися при різних радіусах, крім того, центральний шарнір планки-кривошипа кріпиться в пазах нерухомої станини з можливістю займати певне просторове положення.

Суть корисної моделі пояснюється графічним зображенням, де представлена конструкція установки для дослідження зразків на чистий згин.

Установа для дослідження зразків на чистий згин виконана у вигляді нерухомої станини 1, двох затискних пристроїв 2 зразка 3, навантажувального пристрою 4 з приводом 5 та контролюючої системи росту тріщини 6. Причому один із затискних пристроїв 2 виконаний заодно з навантажувальним пристроєм 4 у вигляді шарнірного важеля 7, в шарнірі 8 якого змонтовано контролюючу систему росту тріщини 6, а вільний його кінець приєднано до шарніра 9, що кріпиться в пазу планки-кривошипа 10 і має можливість фіксуватися при різних радіусах, крім того, центральний шарнір 11 обертання планки-кривошипа 10 кріпиться в пазах нерухомої станини 1 з можливістю займати певне просторове положення.

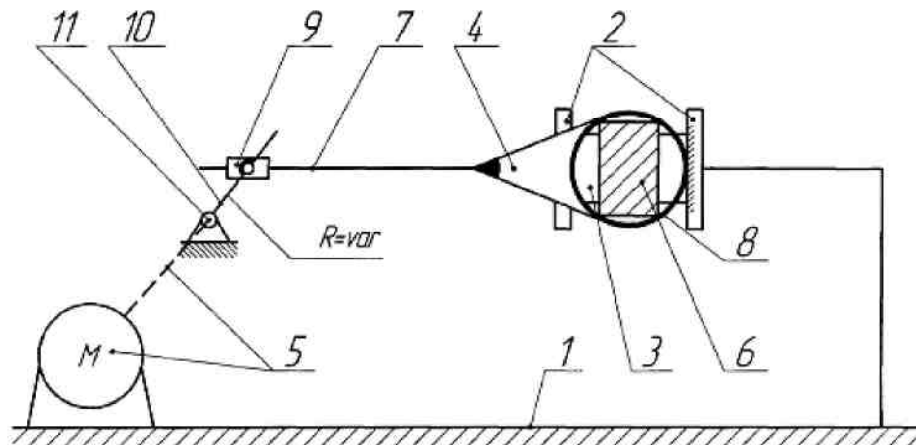
(19) UA (11) 52082 (13) U

Установка для дослідження зразків на чистий згин працює наступним чином. На станині 1 установка нерухомо закріплена один затискний пристрій 2, в якому одним кінцем зафіксований досліджуваний зразок 3, що іншим кінцем закріплений в другому затискному пристрої 2, на який вимушувача сила передається через важіль 7 навантажувального пристрою 4 при його русі в шарнірі 9. Даний шарнір 9 отримує обертовий рух від обертання планки-кривошипа 10, яка приводиться в дію приводом 5, наприклад, мотор-редуктором постійного струму, який має можливість зміною напруги змінювати свою частоту обертання. Крім того, при визначеному фіксуванні шарніра 9 в пазах планки-кривошипа 10 можна забезпечувати певний діапазон радіусів обертання даного шарніра 9, що забезпечуватиме різні амплітуди вимушувачої сили, яка сприймається важелем 7. Також амплітуди вимушувачої сили можна змінювати просторовим переміщенням центрального шарніра 11 обертання планки-кривошипа 10, закріплюючи його в пазах нерухомої станини 1. При співпадінні центрального шарніра 11 обертання планки-кривошипа 10 з

лінією важеля 7 навантажувального пристрою 4 будуть забезпечуватися симетричні навантаження на зразок 3, при переміщенні центрального шарніра 11 у вертикальній площині, тобто його положення буде відмінним від лінії важеля 7, навантаження на зразок 3 прийме асиметричний характер.

Отже, встановивши необхідний радіус обертання шарніра 9 в пазах планки-кривошипа 10 та просторове положення центрального шарніра 11, забезпечується необхідна характеристика навантаження зразка 3 через затискний пристрій 2 та важіль 7 навантажувального пристрою 4. Змонтована контролююча система росту тріщини 6 в порожнині шарніра 8 фіксує даний процес.

Таким чином, запропонована конструкція установки для дослідження зразків на чистий згин дозволяє суттєво спростити конструкцію установки та розширити її функціональні можливості, забезпечуючи навантажувальним пристроєм 4 з приводом 5 амплітуди навантаження зразка 3 з довільним коефіцієнтом асиметрії циклу та частотою, а також спростити фіксацію процесу контролюючої системою росту тріщини 5.



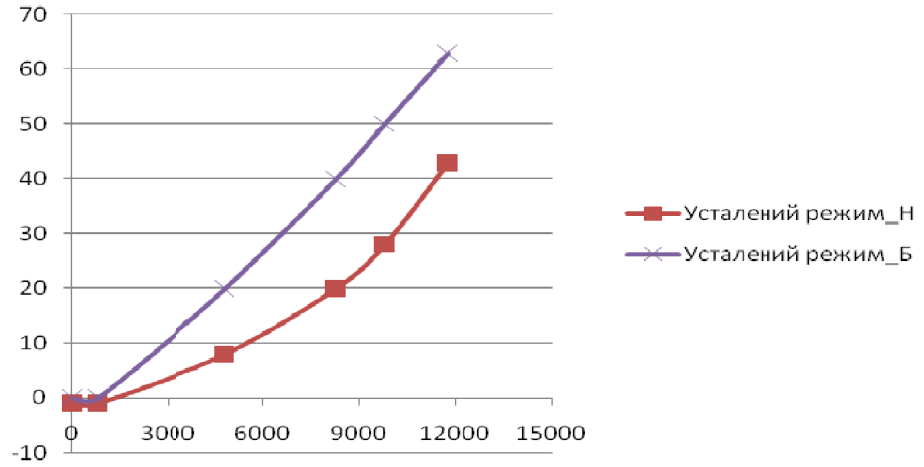
Фіг.

，
 ，
 ，
 (6.51) c_{ij}
 (6.47)，
 - .

，
 ， .6.24.
 ，
 0; 795; 4805; 8269; 9796; 11778.

12 / ， 0,05 (，
 1).
 (6.47)

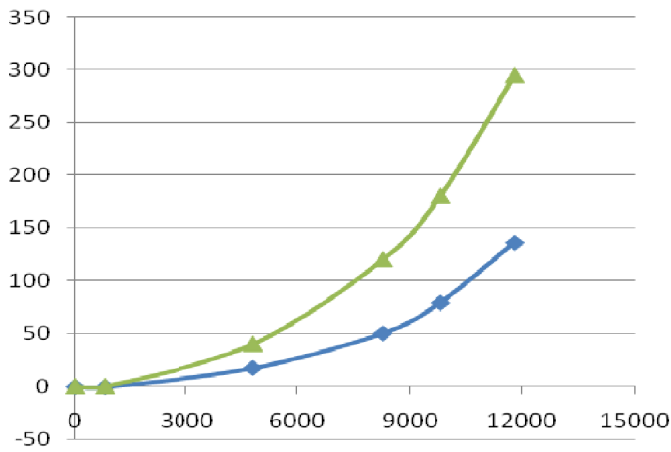
，
 (« _ »)
 (« _ »).



.1 –

(

, 6.5), . 2.



.2 –

,

.

63 ,

– 43 ;

– 295 136

1,46 ,

– 2,17 .

.1 -

3

-											
	0	1	2	3	r_2	r_3	$2r_3$				y_i
								1	2	3	
1.	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	3,0	2,99	2,97	2,987
2.	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	3,6	3,62	3,61	3,61
3.	+1	0	-1	-1	0	0	+1	3,3	3,31	3,33	3,313
4.	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	3,2	3,22	3,21	3,21
5.	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	2,99	3,01	3,03	3,01
6.	+1	0	+1	-1	0	0	-1	3,5	3,51	3,52	3,51
7.	+1	-1	0	-1	0	+1	0	3,1	3,02	3,03	3,05
8.	+1	+1	0	-1	0	-1	0	3,7	3,69	3,66	3,683
9.	+1	0	0	-1	0	0	0	3,4	3,42	3,41	3,41
10.	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	3,5	3,52	3,49	3,503
11.	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	4	4,03	3,98	4,003
12.	+1	0	-1	+1	0	0	-1	3,4	3,41	3,38	3,397
13.	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	3,4	3,39	3,38	3,39
14.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	4,2	4,18	4,17	4,183

.1

15.	+1	0	+1	+1	0	0	+1	3,9	3,94	3,91	3,917
16.	+1	-1	0	+1	0	-1	0	3,6	3,59	3,62	3,603
17.	+1	+1	0	+1	0	+1	0	4,1	4,09	4,13	4,107
18.	+1	0	0	+1	0	0	0	3,8	3,82	3,79	3,803
19.	+1	-1	-1	0	+1	0	0	3,3	3,28	3,29	3,29
20.	+1	+1	-1	0	-1	0	0	3,8	3,79	3,83	3,807
21.	+1	0	-1	0	0	0	0	3,5	3,53	3,52	3,517
22.	+1	-1	+1	0	-1	0	0	3,2	3,22	3,19	3,203
23.	+1	+1	+1	0	+1	0	0	3,4	3,37	3,41	3,393
24.	+1	0	+1	0	0	0	0	3,7	3,68	3,69	3,69
25.	+1	-1	0	0	0	0	0	3,4	3,41	3,39	3,4
26.	+1	+1	0	0	0	0	0	3,9	3,93	3,91	3,913
27.	+1	0	0	0	0	0	0	3,6	3,61	3,58	3,597

.2 –

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ξ^2	$2,33 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$4,33 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
ξ	0,015	0,01	0,015	0,01	0,02	0,01	0,044	0,021	0,01
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ξ^2	$2,33 \cdot 10^{-4}$	$6,33 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$	$4,33 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$	$4,33 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$
ξ	0,015	0,025	0,015	0,01	0,015	0,021	0,015	0,021	0,015
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
ξ^2	$1 \cdot 10^{-4}$	$4,33 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$	$4,33 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$
ξ	0,01	0,021	0,015	0,015	0,021	0,01	0,01	0,015	0,015

.3 –

<i>t</i>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,873	-1	-0,873	-1	-1	-1	1,147	0,801	-1
2	0,218	1	-0,218	1	0	0	-0,688	0,32	1
3	-1,091	0	1,091	$4 \cdot 10^{-14}$	1	1	-0,459	-1,121	0
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	-0,218	-0,132	0,218	1	1,091	-0,801	-0,218	-0,32	-0,218
2	1,091	1,06	0,873	0	-0,218	1,121	-0,873	-0,801	1,091
3	-0,873	-0,927	-1,091	-1	-0,873	-0,32	1,091	1,121	-0,873
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	1	-0,32	-1,091	-0,218	0,32	1	$-4 \cdot 10^{-14}$	-0,873	0,218
2	-1	-0,801	0,873	1,091	-1,121	-1	1	1,091	0,873
3	$-4 \cdot 10^{-14}$	1,121	0,218	-0,873	0,801	0	-1	-0,218	-1,091



АКТ
про впровадження результатів наукових досліджень докторської дисертаційної роботи здобувача Бабія Андрія Васильовича, к.т.н., доцента кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Складений акт засвідчує, те що основні результати, які досягнуті в дисертаційному дослідженні здобувача Бабія А.В., що стосуються вдосконалення та підвищення довговічності роботи штангових обприскувачів в частині їх експлуатації, передані та практично використовуються механізованою ланкою нашої Приватної сільськогосподарської агрофірми «Нічлава». Вдосконалення за патентом № 137527 знайшло своє використання при модернізації штанги для внесення гербіцидів та рідких комплексних добрив, що знизило ризики опіків рослин та швидкість поширення корозійних процесів в металевих каркасах штанги.

Голова комісії

Члени комісії:



Коціра С.Є.

Мартович В.К.,

Миськів В.П.



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ТОВ "Україна"

Крижовачук О.П.

2020 р.

АКТ

про впровадження результатів наукових досліджень докторської дисертаційної роботи здобувача Бабія Андрія Васильовича, к.т.н., доцента кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Акт складений про те, що результати теоретичних та експериментальних дослідження штангових обприскувачів, що складає основу докторської дисертаційної роботи здобувача Бабія А.В., мають практичну цінність для сільськогосподарських підприємств, які вирощують продукцію рослинництва, де в технології передбачена операція хімічного захисту. Методики, рекомендації, що зроблені у роботі, передані та практично використовуються при виборі режимів експлуатації обприскувачів, їх налаштуванні та перевірці роботоздатності розпилюючих пристроїв з метою підвищення якості виконання технологічного процесу та збільшення терміну служби обприскувачів, особливо широкозахватних штанг, за рахунок правильної експлуатації.

Голова комісії

Квятковський Б.М.

Члени комісії:

Слівінський В.Б.

Господарський Я.Я.

Штокайло С.П.



«РІВНЕСІЛЬМАШ»
ПУБЛІЧНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО

35350 УКРАЇНА Рівненська область, Рівненський район, смт Квасилів, вул. Індустріальна, 6
Телефон: +38(067)360-95-04

Розрахунковий рахунок
UA353510050000026008878993094
В АТ «УкрСиббанк» м. Рівне
код ЄДРПОУ 00728380

№ 204
від 23 липня 2020 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова правління ПАТ «Рівнесільмаш»

Басараб Р.І.

«23» липень 2020 р.

АКТ

про впровадження у виробництво результатів наукових досліджень докторської дисертаційної роботи здобувача Бабія Андрія Васильовича, к.т.н., доцента кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Ми, нижчепідписані, комісія у складі:

Голова комісії – заступник Голови правління Целюк Г.Я.

Члени комісії:

головний інженер – Сауляк С.О.,

головний конструктор – Орлов В.Ф.,

начальник відділу технічного контролю – Дунаєв С.А.

Склали даний акт, який засвідчує про те, що передані результати дисертаційного дослідження, виконані здобувачем Бабієм А.В., які стосуються визначення ресурсу роботи металоконструкцій сільськогосподарських обприскувачів, що працюють в агресивних середовищах під дією специфічного (маневрового) навантаження, представляють наукову і практичну цінність при проектуванні та вдосконаленні причепів і гноєрозкидачів – продукції нашого підприємства. Передані методики теоретичних та експериментальних дослідження використовуються конструкторським бюро ПАТ «Рівнесільмаш» з метою підвищення якості та надійності сільськогосподарських машин, що випускаються.

Голова комісії:

Целюк Г.Я.

Члени комісії:

Сауляк С.О.

Орлов В.Ф.

Дунаєв С.А.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В/о голови правління ВАТ «Коломиясільмаш»

_____ Фатула Т.В.

« 08 » _____ 2020 р.



АКТ

про впровадження у виробництво результатів наукових досліджень докторської дисертаційної роботи здобувача Бабія Андрія Васильовича

Складений акт засвідчує те, що, провівши технічну експертизу теоретичних розрахунків, методик і результатів експериментальних досліджень в рамках докторської дисертаційної роботи, виконаної здобувачем Бабієм А.В., к.т.н., доцентом кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, відносно розробки методик визначення ресурсу (залишкового ресурсу) металоконструкцій каркасів секцій штанги обприскувачів, які працюють при маневровому режимі навантаження, комісія прийшла до висновку, що розроблені теоретичні підходи, методики і прилади проведення експериментальних досліджень можна застосовувати при проектуванні чи вдосконаленні несучих елементів навантажувачів чи інших сільськогосподарських машин. На основі результатів дисертаційного дослідження Бабія А.В. можна більш точно визначати залишковий ресурс металоконструкцій машин, які випускаються нашим підприємством. Передані методики та інші матеріали даних досліджень прийняті до використання в конструкторському бюро ВАТ «Коломиясільмаш».

Члени комісії:



Токар Р.С., нач технічного управління
ВАТ «Коломиясільмаш»,



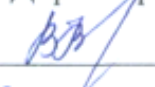
Ріпецький Є.Й. проф., д.т.н., ІФНТУНГ,

Бабій А.В., к.т.н., доц. ТНТУ ім. І. Пулюя

Ріпецький Євгеній
Йосипович
0979231336

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ПП «ВІКНИНИ»


 Ванярха В.І.
 « 15 » 09 2020 р.

АКТ

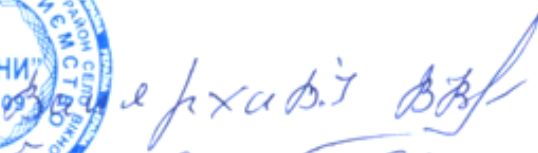

впровадження наукової розробки за результатами дисертаційного дослідження здобувача Бабія Андрія Васильовича, к.т.н., доцента кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя в ПП «Вікнини»

Даний акт засвідчує, те що на основі результатів теоретичних розрахунків, які отримані при дисертаційному дослідженні здобувачем Бабієм А.В., розроблено нову конструкцію підвіски штанги обприскувача, яка має практичний позитивний ефект при її використанні в конструкціях причіпних обприскувачів типу ОПШ-3524 виробництва ТДВ «Львівагромашпроект», які експлуатуються в нашому господарстві. Розроблена навіска штанги пройшла польові випробування на полях ПП «Вікнини» при виконанні обприскувачами технологічного процесу. Виявлені динамічні характеристики та параметри напружено-деформованого стану штанги свідчать про підвищення ефекту її стабілізації з використанням розробленої навіски.

Голова комісії

Члени комісії:




 888 В І
 Бабіє А.В. 

205, Horodotska str.,
Lviv, 79041, Ukraine
tel.: +38 032 259 0141
office@lvivagromash.com
www.lvivagromash.com



79041, Україна, м. Львів,
вул. Городоцька, 205
тел.: +38 032 259 0141
office@lvivagromash.com
www.lvivagromash.com



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Генеральний директор

ТДВ «ЛВІВАГРОМАШПРОЕКТ»

Сушко А.І.

2020 р.

АКТ

про впровадження у виробництво результатів наукових досліджень
докторської дисертаційної роботи здобувача Бабія Андрія Васильовича, к.т.н., доцента
кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин
Тернопільського національного технічного університету
імені Івана Пулюя

Даний акт засвідчує те, що основні результати наукового дослідження, які виконані здобувачем Бабієм А.В., що стосуються розробки наукових основ визначення ресурсу роботи (залишкового ресурсу) каркасів штанг обприскувачів, які працюють в агресивному середовищі та при маневровому режимі експлуатації, мають наукову та практичну цінність для нашого підприємства, яке випускає штангові обприскувачі. Передані методики теоретичних розрахунків, програми, методики та основні результати експериментальних досліджень, а також окремі конструктивні розробки підвісок і штанг передані до конструкторського відділу і практично використовуються при проектуванні та вдосконаленні машин такого типу.

Голова комісії

Білий Ю.І.

Члени комісії:

Кобак В.Й.

Пелесчишин М.І.

Коваль В.В.



професор П.О. Марущак
2020 року

АКТ

про впровадження наукових досліджень
дисертаційної роботи у навчальний процес

Даним актом підтверджуємо, що результати теоретичних і експериментальних досліджень дисертаційної роботи на тему «МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ РЕСУРСУ І ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ШИРОКОЗАХВАТНИХ ШТАНГ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБПРИСКУВАЧІВ» дисертанта Бабія Андрія Васильовича, яка подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва впроваджено у навчальний процес під час викладання дисциплін «Робочі процеси сільськогосподарських машин», «Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин», «Динаміка машин», «Пошукове конструювання сільськогосподарського машинобудування»: налаштування та перевірка роботоздатності розпилюючих пристроїв обприскувачів, динамічне моделювання коливних процесів, методики розрахунку ресурсу металоконструкцій, методики проведення експериментальних досліджень використовуються як окремі розділи лекційного матеріалу та під час виконання практичних робіт на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя для підготовки фахівців освітніх рівнів «Бакалавр», «Магістр» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

Завідувач кафедри технічної механіки
та сільськогосподарських машин
ТНТУ ім. І. Пулюя
д.т.н., професор

Р.Б. Гевко

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

“ 16 ” листопада 2019 р.

№ 181
м. Львів

Д О В І Д К А

Видана БАБЮ Андрію Васильовичу, к.т.н., доценту кафедри Технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського НТУ ім. Ів. Пулюя, про те, що він дійсно проходив стажування в Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України у відділі № 10, з 15.10. по 12.12.2019 р. (наказ № К-1-56 від 15.10.2019 р.).

Науковий керівник стажувальника – д.т.н., ст.н.с. відділу № 10
Сиротюк А.М.

Довідка видана для подання в Тернопільській НТУ ім. Ів. Пулюя

Начальник ВК інституту



Е.І. Терешенко
Е.І. Терешенко