

· „ · · (· , , · ,)

—

· -

· ,

· -

· -

· -

· ,

· ,

·

7-6- Ra=1,25...2,5 ;

- Ra=0,080...0,160 .

,

,

·

— ,

·

· -

· “ ” -

(.1), 1, , 2

2, 3. 1

4, 4 ,

5 1. 6,

2 13 6

· , , 7

8,

2. 1 10 11. 10 -

9, , 12

2,

·

() ,

14, .

1 2, 3. -

15, 15,

10 16, 9,

60 . 10

4 2,

2

10,

120

3,

2.

[1]:

;

;

;

,

;

;

,

,

;

:

:

;

3;

10,

40 .

[2]:

$$\sigma = 4 \cdot P \cdot k / \pi \cdot d^2 \leq [\sigma],$$

(

);

 P – k – .

(k=1,5);

 d –

;

 $[\sigma]$ –

.

:

$$d = 0,85 \cdot d ,$$

–

$$[\sigma] < \sigma_T / 2,$$

 σ –

[2]:

$$\sigma = P / F \leq [\sigma],$$

 F –

:

$$F = F - F ,$$

 F –

F – .

$$F = a^2; \quad F = \pi \cdot d^2 / 4 + d \cdot l \cdot n,$$

a – ;

d – ;

d – ;

l – ;

n – .

, [3]:

$$M = r_c \cdot Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + M_T,$$

r_c – ;

α – ;

ρ – ;

M_T – ;

Q – , .

Q :

$$Q = p \cdot \pi \cdot d^2 / 4,$$

p – , ;

d – .

,

, , -

.

– ,

;

–

.

: 1.

/

, . . . , 1986. – 232 . – (- -

). 2.

1.

: . / . . . – : , 1993. –

280 . – . 3. . . . , 1965. – 360 .

(. , . , . , .)

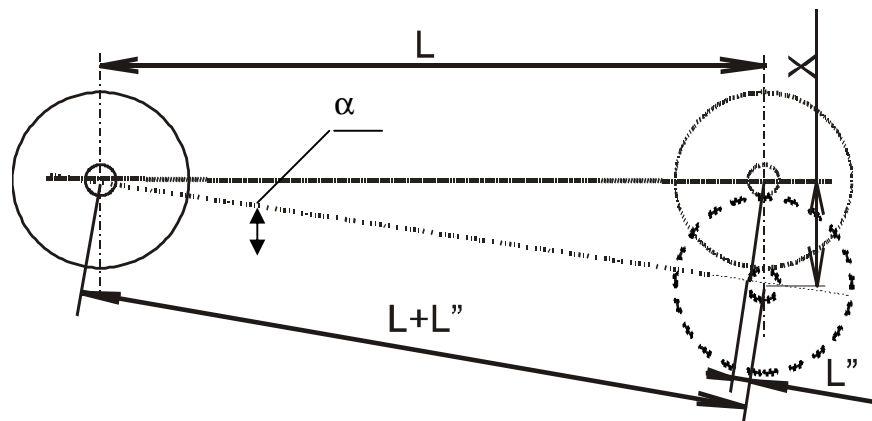
.

.

.

.

1.



. 1.

()
 L'' . : $X = L'' \times \sin \alpha$;

α : $\alpha = \arccos \frac{L}{L + L''}$;

: $L'' = \frac{N \times L}{E \times F}$; N-

, $N = [\sigma] \times F$; F-

, $= 2,2 \cdot 10^5$; $[\sigma]$ -

, $F = \frac{\pi \times d^2}{4}$, $d = 130$; E-

, $[\sigma] = 160$; $L = 2200$;

: $F = \frac{3,14 \times 130^2}{4} = 13266,5 \text{ mm}^2$.

: $N = 160 \times 13266,5 = 2122640 \text{ H}$;

: $L'' = \frac{2122640 \times 2,2}{2,2 \times 10^{11} \times 0,132} = 1,608 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,16 \text{ mm}$;

$L + L'' = 2200 + 0,16 = 2200,16 \text{ mm}$;

α : $\alpha = \arccos \frac{2200}{2200,16} = 0,69^\circ$;

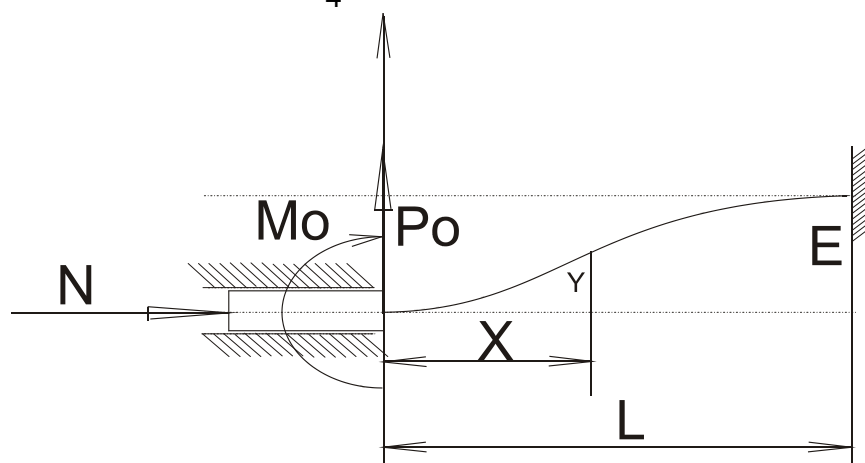
: $X = 0,16 \times \sin 0,69 = 26,53 \text{ mm}$;

26,53

2. N- , ; L- , L=2200 ; E- , =25 ; N

$$: N = \frac{\pi \times d^2}{4} \times p; \quad d- , d=320 ; p-$$

$$, p = 16 ; N = \frac{3,14 \times 320^2}{4} \times 16 = 1,28 ;$$



. 2.

$$y : \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M_{(x)}}{EI_z}; \quad [1]$$

$$M_{(x)} = M_0 + P_0 \times x - N \times y; \quad [2]$$

$$[2] \quad [1], \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M_0 + P_0 \times x}{EI_z} - \frac{N}{EI_z} \times y; \quad [3]$$

$$[3] \quad \frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{N}{EI_z} \times y = \frac{M_0}{EI_z} + \frac{P_0}{EI_z} \times x; \quad [4]$$

$$k^2 = \frac{N}{EI_z}, \quad :$$

$$y'' + k^2 y = \frac{M_0}{EI_z} + \frac{P_0}{EI_z} \times x - ;$$

$$y'' + k^2 y = 0 - ;$$

$$: \quad R^2 + k^2 = 0;$$

:

$$R = ki, R = -ki;$$

:

$$\bar{y} = c1 \cos kx + c2 \sin kx;$$

:

$$y^* = Ax + B, y^{*'} = A, y^{*''} = 0,$$

$$k^2 Ax + k^2 B = \frac{M_0}{EI_z} + \frac{P_0}{EI_z} \times x; \quad [5]$$

[5],

:

$$A = \frac{P_0}{k^2 EI_z}, B = \frac{M_0}{k^2 EI_z}; \quad [6]$$

:

$$y = c1 \cos kx + c2 \sin kx + \frac{P_0}{k^2 EI_z} x + \frac{M_0}{k^2 EI_z}; \quad [6]$$

-

:

$$=0 \quad Q(0) = 0, y(0) = 0; \quad =L \quad Q(l) = 0, y(l) = l;$$

$$y(x) = c1 \cos kx + c2 \sin kx + \frac{P_0}{k^2 EI_z} x + \frac{M_0}{k^2 EI_z},$$

$$Q(x) = \frac{dy}{dx} - c1k \sin kx + c2k \cos kx + \frac{P_0}{k^2 EI_z}; \quad [7]$$

c1 c2

:

$$c1 = -\frac{M_0}{k^2 EI_z}, c2 = -\frac{P_0}{k^3 EI_z};$$

$$Q(l) = -c1k \sin kl + c2k \cos kl + \frac{P_0}{k^2 EI_z} = 0;$$

$$, \quad M_0 :$$

$$M_0 = \frac{P_0}{k \sin kl} (\cos kl - 1); \quad [8]$$

y l :

$$y(l) = -\frac{M_0}{k^2 EI_z} \cos kl + \left(-\frac{P_0}{k^3 EI_z} \right) \sin kl + \frac{P_0}{k^2 EI_z} l + \frac{P_0 (\cos kl - 1)}{k \sin kl k^2 EI_z} = e; \quad [9]$$

,

-

:

$$P_0 = \frac{ek^2 EI_z}{l - \frac{\sin kl}{k} - \frac{(\cos kl - 1)^2}{k \sin kl}}; \quad [10],$$

$$M_0 = \frac{ek EI_z (\cos kl - 1)}{\left(l - \frac{\sin kl}{k} - \frac{(\cos kl - 1)^2}{k \sin kl} \right) \sin kl}; \quad [11]$$

 I_z -

$$, I_z = \frac{\pi d^4}{64};$$

$$I_z = \frac{3,14 \times 0,13^4}{64} = 1,402 \times 10^{-5} m^4;$$

$$EI_z = 2,1 \times 10^{11} \times 1,402 \times 10^{-5} = 2944168,1 Hm^2;$$

$$k = \sqrt{\frac{N}{EI_z}} = \sqrt{\frac{1,28 \times 10^6}{2944168,1}} = 0,659 m^{-1};$$

$$M_0 = \frac{0,025 \times 0,659 \times 2944168,1 (\cos(0,659 \times 2,2) - 1)}{\left(2,2 - \frac{\sin(0,659 \times 2,2)}{0,659} - \frac{(\cos(0,659 \times 2,2) - 1)^2}{0,659 \sin(0,659 \times 2,2)} \right) \sin(0,659 \times 2,2)} = -282,689 H / m;$$

$$P_0 = \frac{0,025 \times 0,659^2 \times 2944168,1}{2,2 - \frac{\sin(0,659 \times 2,2)}{0,659} - \frac{(\cos(0,659 \times 2,2) - 1)^2}{0,659 \times \sin(0,659 \times 2,2)}} = 4,893 \times 10^9 H;$$

$$:$$

$$M_{(x)} = -282,689 - 4,83 \times 10^9 \times x - 1,28 \times 10^6 \times y(x); \quad [12]$$

$$c1 = -\frac{-282}{0,659^2 \times 2944168,1} = 2,336 \times 10^{-4}; \quad c2 = -\frac{4,893 \times 10^9}{0,659^3 \times 2944168,1} = -5807,06;$$

$$y(x) = 2,336 \times 10^{-4} \times \cos(0,659x) - 5807,06 \times \sin(0,659x) + \frac{4,893 \times 10^9}{0,659^2 \times 2944168,1} x -$$

$$- \frac{282}{0,659^2 \times 2944168,1} x = 2,336 \times 10^{-4} \times \cos(0,659x) - 5807,06 \times \sin(0,659x) + 3,83 \times 10^3 x;$$

$$[12]:$$

$$M(x) = -282,683 - 4,83 \times 10^9 x - 1,28 \times 10^6 \times$$

$$\times (2,336 \times 10^{-4} \times \cos(0,659x) - 5807,06 \times \sin(0,659x) + 3,89 \times 10^3 x) =$$

$$= -282,683 - 9,81 \times 10^9 x - 299,01 \cos(0,659x) + 7,43 \times 10^9 \sin(0,659x);$$

$$[2]:$$

$$-282,683 - 9,81 \times 10^9 x - 299,01 \cos(0,659x) + 7,43 \times 10^9 \sin(0,659x) = -282,689 +$$

$$+ 4,893 \times 10^9 x - 32000;$$

$$:$$

$$-32000 + 14,703 \times 10^9 x + 299,01 \cos(0,659x) - 7,43 \times 10^9 \sin(0,659x) = 0;$$

$$\text{MathCad 7} \quad :$$

$$x = 3,2 \times 10^{-6} m;$$

ÉLÉVATION DES INDICES ÉNERGÉTIQUES ET ÉCONOMIQUES PAR LES MOYENS DE LA COMMANDE ÉLECTRIQUE DANS UN SYSTÈME D'UNE PRESSE DE PRESSAGE DEMI-SEC

Borissenko V.Ph., Melnikh . . (UTND, Donetsk, Ukraine),
Grigoriev S.V. (MIDIEL, Donetsk, Ukraine)

The questions of practical utilization of the energy conservation system the electric drive – frequency converter – induction motor – for the press that permit to raise the quality of raw – brick and reduce the expenditure of energy are considered in this article.

Les briqueteries modernes pour la réception de la brique crue utilisent les presses du pressage demi-sec. Une des presses de tel type est la presse “-450”; le schéma cinématique laquel est présenté sur la fig. 1.

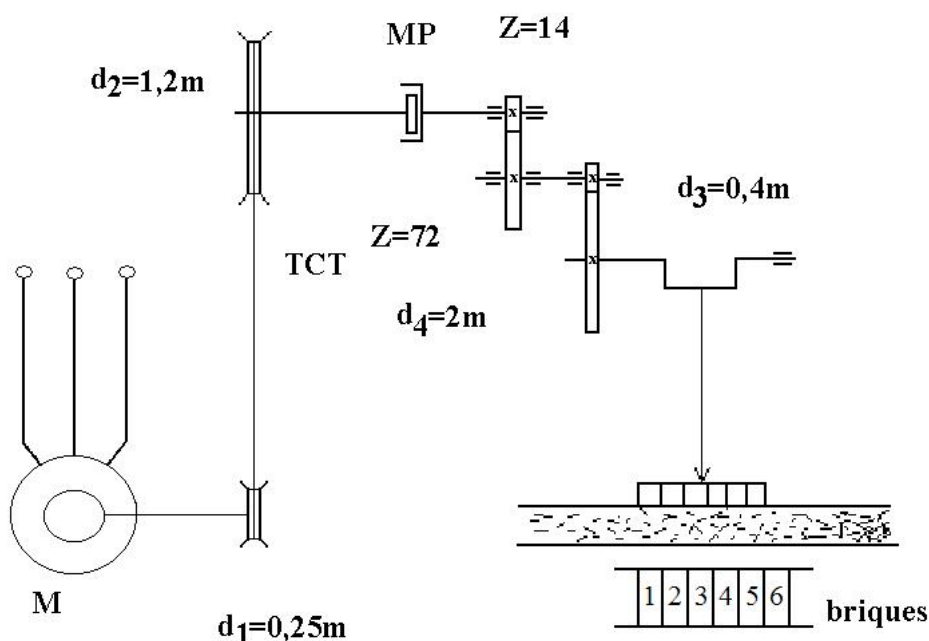


Fig. 1. Schéma cinématique de la presse. – moteur d'entraînement asynchrone; P – manchon pneumatique; TCT – transmission par courroie trapezoïdale (6 courroies); C – charge.

En qualité un moteur d'entraînement on a utilisé le moteur asynchrone à cage d'écureuil du type 4 avec le glissement élevé – $n_n = 36\text{kW}$; $n_n = 695\text{ min}^{-1}$; $V_n = 380\text{V}$; $I_{dem}^* = 6,0$; $m_{dem} = 1,8$; $m_{min} = 1,5$; $m_{cr} = 2,0$; $I_r = 1,2\text{ kgm}^2$; $\eta = 0,85$; $\cos \phi = 0,85$.

Le démarrage de tel système comme la règle est réalisé à vide selon le couple de résistance déterminé par les pertes intérieures de mécanisme et après le système commence à fonctionner avec la fréquence des pressages h – cela se détermine par la cinématique de la machine.

Le fonctionnement du noeud de pressage approximativement peut être présenté par le diagramme suivant (fig.2):

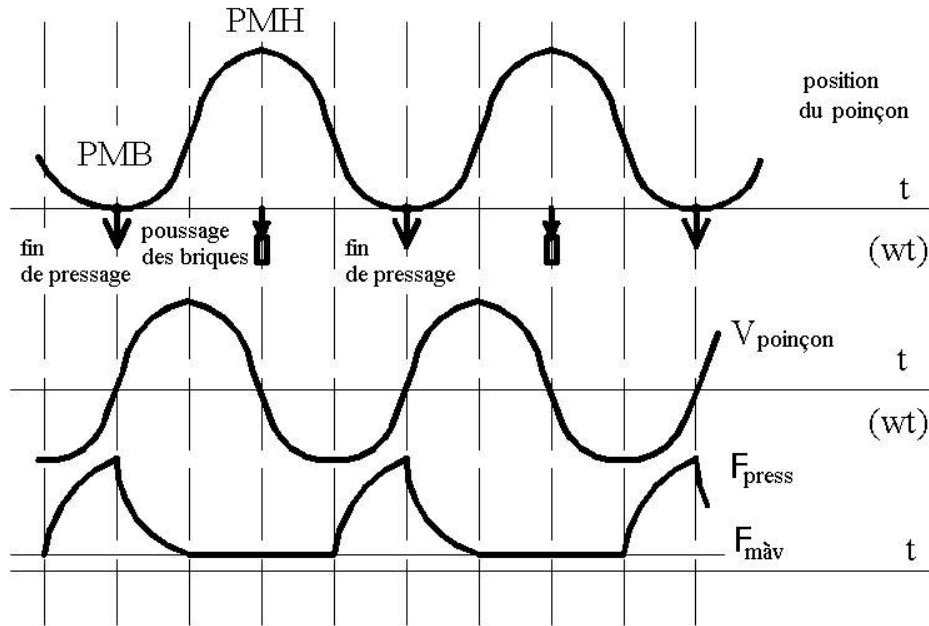


Fig. 2. Diagramme du fonctionnement du noeud de pressage – PMH et PMB – points morts haut et bas; $V_{\text{poinçon}}$ – vitesse linéaire du poinçon, $F_{\text{màv}}$, F_{press} – efforts en poinçon en marche à vide et lors de pressage.

Pour l'analyse suivante du comportement et de l'ajustage du système nous déterminons:

Le couple nominale du moteur -
$$T_n = \frac{9550 \cdot P_n}{n_n} = 494,6 Nm \approx 500 Nm$$

Le glissement nominal -
$$g_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = 0,0733$$

Le glissement critique-
$$g_{cr_{nat}} = g_n \left[\frac{C_{cr}}{C_n} + \sqrt{\left(\frac{C_{cr}}{C_n} \right)^2 - 1} \right] = 0,2735$$

La constante de temps électromagnétique du moteur,
$$T_{el} = \frac{1}{\omega_0 g_{cr_{nat}}} = 0,047 s;$$

Nombre de transmission total - $i_0 = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 = 150;$

Le couple à l'arbre du pignon hélicoïdale grand

si C_n du moteur $C_{PH} = C_n \cdot i_0 = 500 \cdot 150 = 75 kNm$

Le moment d'inertie total du système réduit à la fréquence de rotation du moteur - I , kgm^2

$$I_{\Sigma} = I_M + I_{P1} + I_{P2} \frac{1}{i_1^2} + I_{K1} \frac{1}{(i_1 \cdot i_2)^2} + I_{K2} \frac{1}{(i_1 \cdot i_2 \cdot i_3)^2} + I'_{poinçon} = 20,099 + I'_{poinçon} \approx 20,1 kgm^2$$

La valeur du moment d'inertie réduit du "noeud de poinçon" $I'_{poinçon}$ en plus que des dix fois moins du moment d'inertie du moteur. Cela nous dit qu'on peut négliger pratiquement par le moment d'inertie $I'_{poinçon}$ et de l'autre côté exclure de l'équation du mouvement les membres contenant $I(\varphi, \dot{\varphi})$.

Le nombre des tours du pignon hélicoïdale grand -
$$n_{PH} = \frac{n_n}{i_0} = 4,63 \text{ min}^{-1}$$

Le temps d'un cycle - $t_c = \frac{60}{4,63} = 12,95s$

L'effort de calcul lors de pressage été admit $F_{c_pres} = 630t$.

Déterminons le rayon réduit R_{red} lors de la transmission $C_{PH}=75kNm$

$$R_{red} = \frac{C_{PH}}{F_{c_pres}} = 0,119m.$$

La vitesse réduite du poinçon:

$$n \cdot \omega_n = F_{c_pres} \cdot V_{red} / \eta_0; V_{red} = 0,048m/s$$

Le temps de démarrage du système si $C_{dyn_moy} = C_n - t_{dem1} = \frac{I_{\Sigma}(\omega_2 - \omega_1)}{C_{dyn_moy}}; t_{dem1} = 2.92s$

en $_{dyn_moy} = 1,5_n - t_{dem2} = 1.95s$

La caractéristique mécanique du moteur (fig.3)

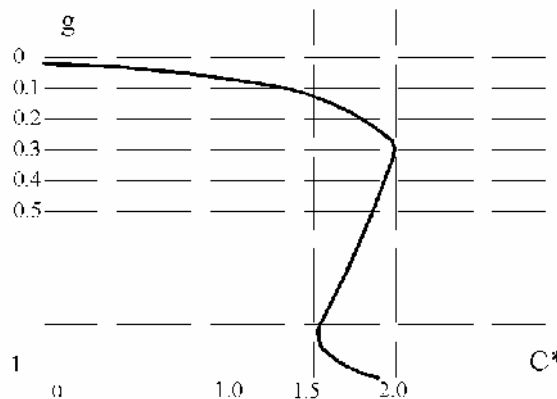


Fig.3. Caractéristique mécanique du moteur d'entraînement.

Pour les indices donnée de la commande électrique le fonctionnement du système électromécanique de la presse est insuffisant selon tel criterium important comme la qualité de pressage – elle est estimée d'après la valeur de la humidité des briques crues. Après le pressage les briques crues sont avancées au four ou elles passent le traitement final par la cuisson. L'humidité exagérée du matériau initial mène à l'augmentation du temps de séjour dans le four et comme le résultat – (mène) à la consommation élevée d'énergie.

Pour la réduction des pertes d'énergie lors de cuisson on a été propose de passer sur la loi nouvelle de pressage de la charge dont elle permet d'éliminer l'humidité "surnormative". La réalisation de ce but a été exécuté grâce à l'utilisation du système l'alimentation du moteur à côté d'un convertisseur de fréquence (CF-MA), il réalisant la loi désirée du mouvement du moteur et en même temps – de pressage. La fréquence de rotation du moteur dans ce cas ne reste pas constante, elle se change en fonction de la charge.

Après le fin de pressage le signal du capteur de la position SQ_1 passe au schéma de commande par le convertisseur et à la sortie de celui-ci s'apparaissent la tension et la fréquence élevée ce que mène au levage brusque du poinçon; lors du travelling avant du poinçon sur SQ_2 la consigne pour la tension et la fréquence est diminuée et poinçon commence à presser la charge en extruisant d'elle l'humidité "surnormative"; processus est terminé lors du traveling avant du poinçon sur SQ_1 .

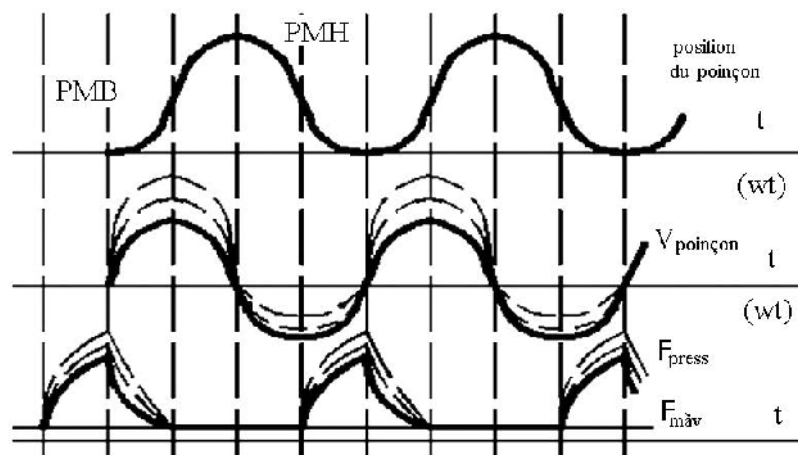


Fig. 4. Diagramme de fonctionnement du noeud de pressage lors de l'utilisation du système – convertisseur de fréquence – moteur asynchrone (les lignes discontinues)

La position des capteurs SQ_1 et SQ_2 détermine les fréquences de rotation du moteur – f_{\max} , f_{\min} , c'est à dire la fréquence maximale et minimale de la tension d'alimentation du moteur – f_{\max} , f_{\min} .

Après la vérification du taux d'humidité () dans la brique crue et dans le cas de sa différence de la valeur admissible, par exemple, dans la grand côté, il est possible de réinstallation des capteurs (SQ_1 et SQ_2 le changement de la gamme de fréquence d'alimentation $f_{\max} - f_{\min}$). à l'aide d'augmentation de l'effort final du pressage. Habituellement après telle correction il est réussi d'obtenir $c_{\text{cour}} < c_{\text{adm}}$ que permet de diriger toute la brique crue vers la cuisson et garantir la réception de la brique de haute qualité.

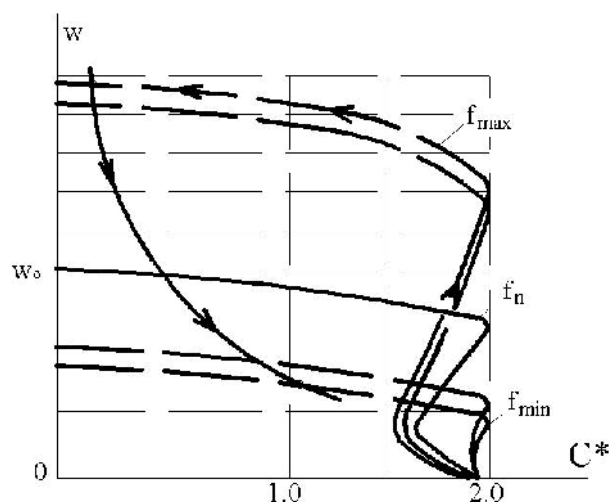


Fig. 5. Caractéristiques mécaniques du moteur lors de la pression commandée.

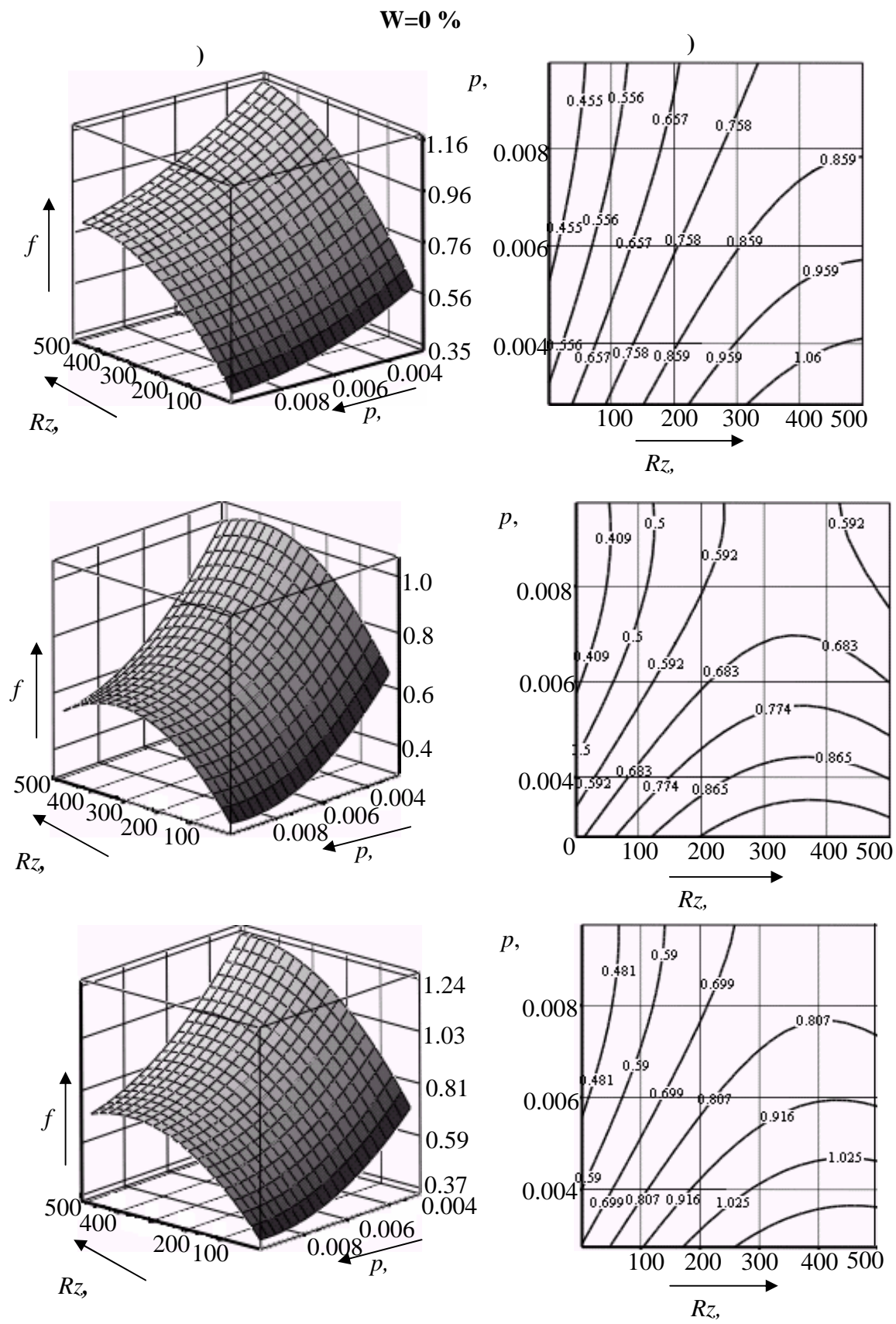
Le diagramme de fonctionnement du noeud de pressage pour la commande électrique fréquentielle est montré sur la fig.4. Les caractéristiques mécaniques du moteur lors du pressage commandé sont présentées sur la fig.5.

Finalement de mise en application du système convertisseur de fréquence – moteur asynchrone (CF-MA) pour l'entraînement de la presse “ -450” à la briqueterie de Otchéretino la qualité des briques est devenue considérablement mieux; on a été diminué les pertes d'énergie sur la cuisson et dans le moteur d'entraînement.

$$(\quad) \quad 3^4 [2].$$

$$b_j - (j = 0, 1, \dots, k);$$

$$I_j, J_j - ; k -$$



. 1 -

$W=0\%$ (- ; -)

(2) . 1.
(3). (3), -

,

:

W = 0 %

$$f = 0,057 \cdot Rz^{0,168} \cdot p^{-0,334} \quad \Delta = 5,04 \% \quad \Delta_{\max} = 10,4 \%$$

$$f = 0,026 \cdot Rz^{0,123} \cdot p^{-0,501} \quad \Delta = 4,1 \% \quad \Delta_{\max} = 12,1 \%$$

$$f = 0,034 \cdot Rz^{0,151} \cdot p^{-0,46} \quad \Delta = 5,35 \% \quad \Delta_{\max} = 11,7 \%. \quad (3)$$

W = 100 %

$$f = 0,156 \cdot Rz^{0,027} \cdot p^{-0,306} \quad \Delta = 2,13 \% \quad \Delta_{\max} = 6,5 \%. \quad (3)$$

$$f = 0,216 \cdot Rz^{-0,036} \cdot p^{-0,289} \quad \Delta = 2,03 \% \quad \Delta_{\max} = 9,45 \%. \quad (3)$$

$$f = 0,114 \cdot Rz^{0,093} \cdot p^{-0,334} \quad \Delta = 2,24 \% \quad \Delta_{\max} = 6,6 \%. \quad (3)$$

:

1.

-
-
-
-

2.

-

.

2-

,

-

.

(

),

-

.

: 1.

. .

.- ∴

-

, 1968.- 480 . 2.

. .,

. .

-

/

/

3-

.

4- .-

:

, 2002. — . 111 - 114; .

12 – 2V2

« - 1»

. „ . . (. , , . ,)

« - 1» 2001 -

12-2V2

STROJIRNY TOMAS

MVPO 2800

-227/732.

$$D = 1250$$

$$= 650$$

1-

3

d4

$$= 1,71$$

$$\alpha = 3^\circ.$$

$$\gamma = 1,35 / ^3, \quad (-$$

$$= 2,8),$$

$$\overline{Ap} = 180 / .$$

()

.

 γ_j

$$_{xl}, K_{Fy}$$

W

V :

$$\gamma_1 \equiv \quad _{xl} = \frac{l_{max} - x1_{min}}{M_l}; \quad (1)$$

$$\gamma_2 \equiv \quad _{x2} = \frac{2_{max} - x2_{min}}{M_2}; \quad (2)$$

$$\gamma_3 \equiv \quad _{Fy} = \frac{(F_{y1} + F_{y2})_{\max} - (F_{y1} + F_{y2})_{\min}}{(F_{y1} + F_{y2})}; \quad (3)$$

$$\gamma_4 \equiv W = \frac{P_1 + 2}{60 \cdot B \cdot \cdot Vn \cdot \gamma}. \quad (4)$$

: 1 2 -

;

$$M_{xl} -$$

1- (1=

= 1; 2)

,

;

$$F_{yl} -$$

1-

,

;

«max», «min» « » -

,

;

P_{pl} – 1- ;
 V – ,
 Q ,
 Q ,
 \vec{M} ,
 \vec{F} :
 1-

$$= 0,5 \cdot D \cdot \sum_{i=1}^{n_p} z_i ; \quad (5)$$

$$F_y = - \sum_{i=1}^{n_p} (z_i \cdot \sin \gamma_i + y_i \cdot \cos \beta_i \cdot \sin \gamma_i + x_i \cdot \sin \beta_i \cdot \sin \gamma_i) . \quad (6)$$

– ;
 n_p – , ;
 z_i, y_i, x_i – , , –
 \vec{F}_{pi} i- ;
 γ_i – i- ;
 β_i – i- .
 \vec{F}_{pi}

12.44.258-84,

.
 \vec{F}_{pi} –
 \vec{F}_{pi} –
 h_i – α_i δ_i
 $\gamma_i \cdot$ $M_{xl} \cdot F_{yl}$
 ()

.
 , –
 501-16S, –
 : (, –
) – t' ; –
 m, β –
 γ_i , –
 .

.
 : –
 – ; – , –
 $17 \cdot 1$; – ;
 – ;
 – ; « –
 »;

– ;
– .

13 .

:

$$\Theta_r = \sum_{j=1}^4 (\bar{\gamma}_{jr} \cdot b_j).$$

(7)

r – ;
 j – ;
 $\bar{\gamma}_{jr}$ – j- , ;
 b_j – j- ,
.
 $\bar{\gamma}_{jr}$:

$$\bar{\gamma}_{jr} = \gamma_j \cdot \gamma^{-1}_{jr},$$

(8)

γ_j – j- .

γ_j $K_{x1}, K_{x2}, K_{Fy}, W$ – –
12-2V2P . –

$$b_j: b_1 = b_4 = 8, \quad b_2 = b_3 = 5.$$

γ_{jr} .

$$\varphi = 0-360^\circ \text{ N}=18.$$

$F_{yr} = F_{y1r} + F_{y2r}$ –
(), K_{Fyr} –
,
(): $\gamma_1 = 0,051$;

$$\gamma_2 = 0,285; \gamma_3 = 0,108; \gamma_4 = 0,351$$

——— .

,
 Θ_r .

1. .

| r | γ_{jr} | | | | $\bar{\gamma}_{jr}$ | | | | Θ_r |
|----|---------------|-------|-------|-------|---------------------|------|------|------|------------|
| 7 | 0,029 | 0,253 | 0,081 | 0,330 | 1,75 | 1,13 | 1,33 | 1,06 | 34,9 |
| 11 | 0,040 | 0,292 | 0,094 | 0,324 | 1,28 | 0,98 | 1,14 | 1,09 | 31,5 |
| 3 | 0,042 | 0,301 | 0,105 | 0,320 | 1,21 | 0,95 | 1,03 | 1,10 | 31,1 |

7-

$$\Theta_7 = 34,9.$$

1, 2 F_y

φ

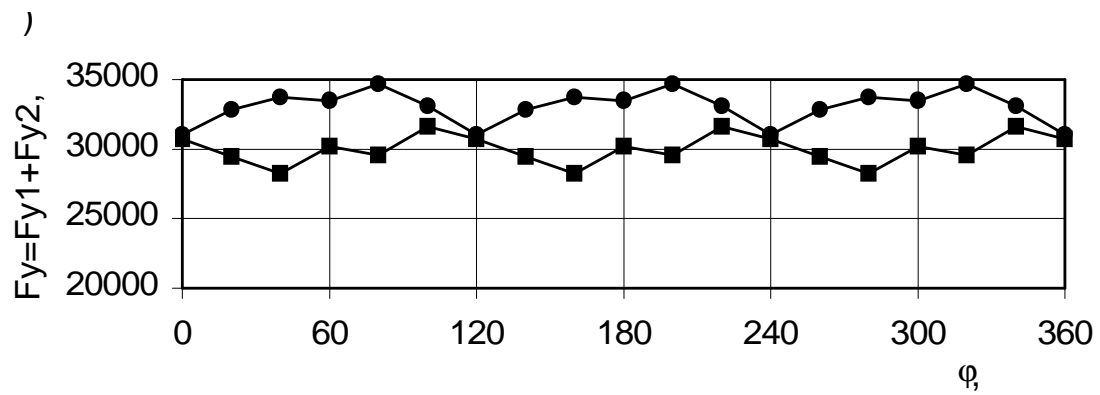
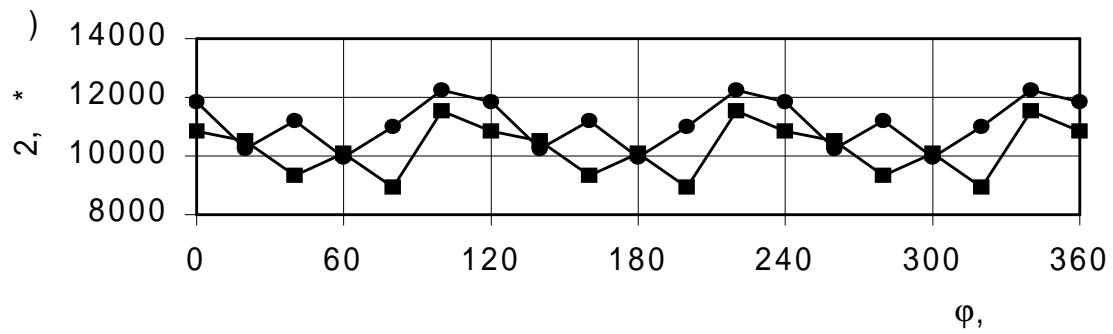
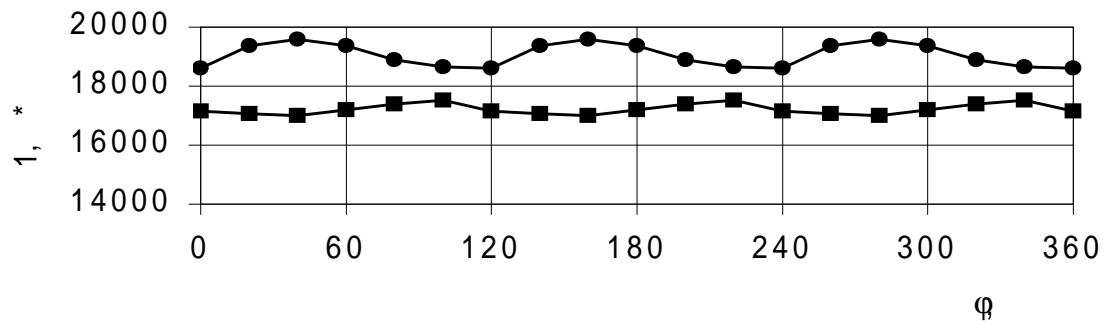
() 7-

()

-

.

)



1.

1, 2

F_y

φ .

:

1,75

1,33

1, F_y ,

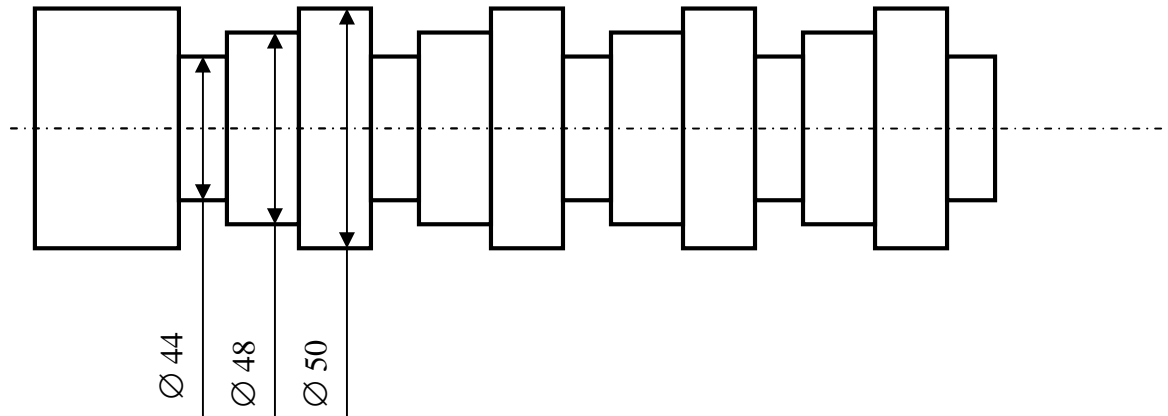
-

2

-

.
W.

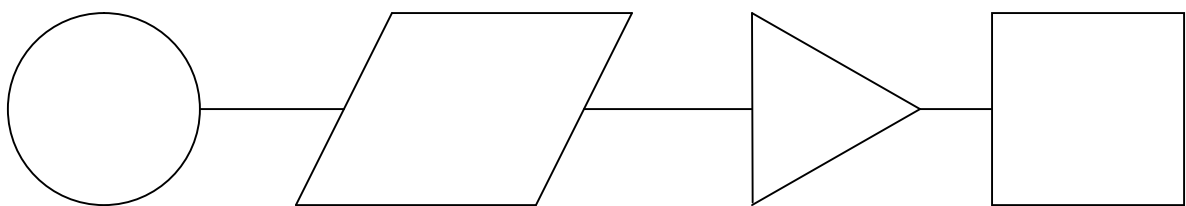
«...» (, . ,)
 ,
 ,
 [1,2] .
 ,
 .
 (,
 « - - »)
 .
 ,
 .
 .
 ,
 2³ [3], [4] , .
 .
 -
 16 20. - 50
 35 1050-74. 9
 ,
 50 – 48 - 44 .
 ,
 , .1.
 1 ,
 .1. .
 .
 , , .2. ,
 ,
 -4, 338-1 .
 (5%)
 50 .



. 1.

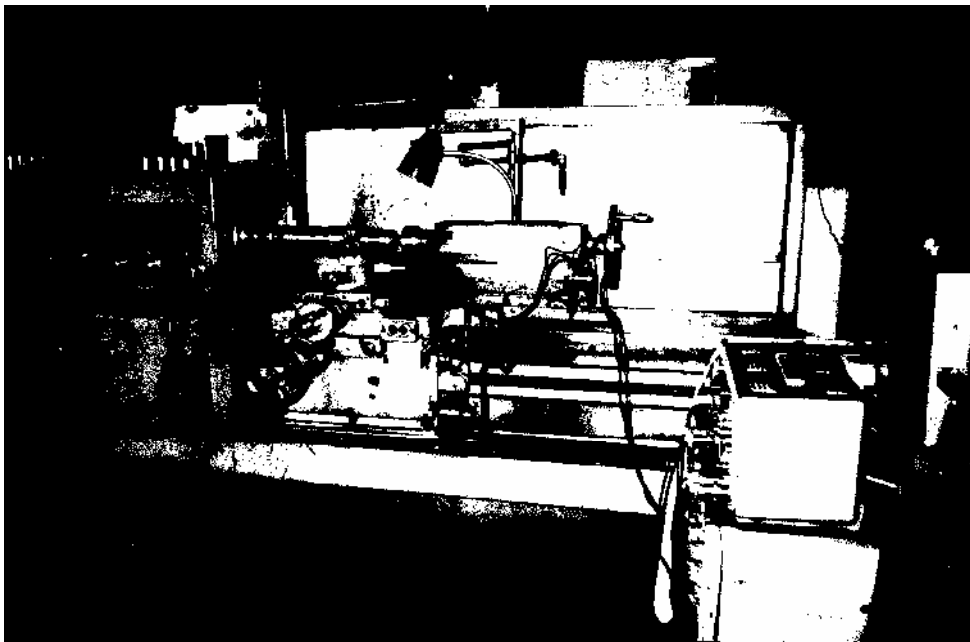
1. –

| | S, / . | n, / - | t, - |
|---|--------|--------|------|
| 1 | 0,7 | 1000 | 2-1 |
| 2 | 0,6 | 1000 | 2-1 |
| 3 | 0,5 | 1000 | 2-1 |
| 4 | 0,7 | 800 | 2-1 |
| 5 | 0,6 | 800 | 2-1 |
| 6 | 0,5 | 800 | 2-1 |
| 7 | 0,7 | 630 | 2-1 |
| 8 | 0,6 | 630 | 2-1 |
| 9 | 0,5 | 630 | 2-1 |

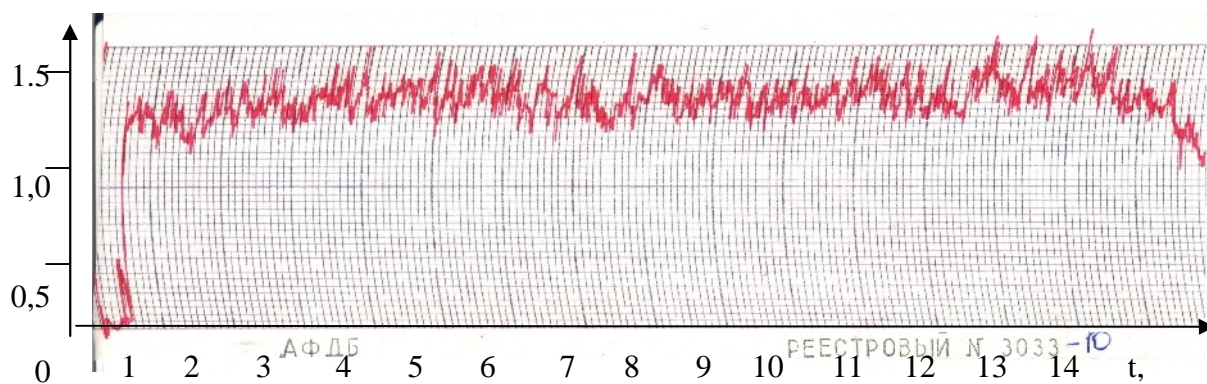


. 2.

.4 , .3. -
3, .1. -
Simulink -



. 3.



. 4.

: 1. Gorobez I., Golubov N. Adaptronsysteme in der Werkzeugmaschine für die spanabhebende Formung – Entwicklungsmethoden und Entwicklungsprozesse im Maschinenbau. 5 Magdeburger Maschinenbau-Tage.- Berlin, Logos-Verl., 2001, - S.45-51. 2.

« R-2001 23-25 2001 – , 2001, .1, .382-386. 3. , 2001.- 139 . 4. . - 2- .1/ . - 4- . , 1985. – 656 .

(. , , . ,).

:

,

.

,

.

(),

.

,

.

,

. . . [1].

-

60 2 ,

[2].

,

[3].

().

(-10)

1)

. - , 12 (.

(=2678 /) 1040 / .

ψ

0,13 2,47. - ,

[2]

0,475

0,275, . . 1,73 .

(),

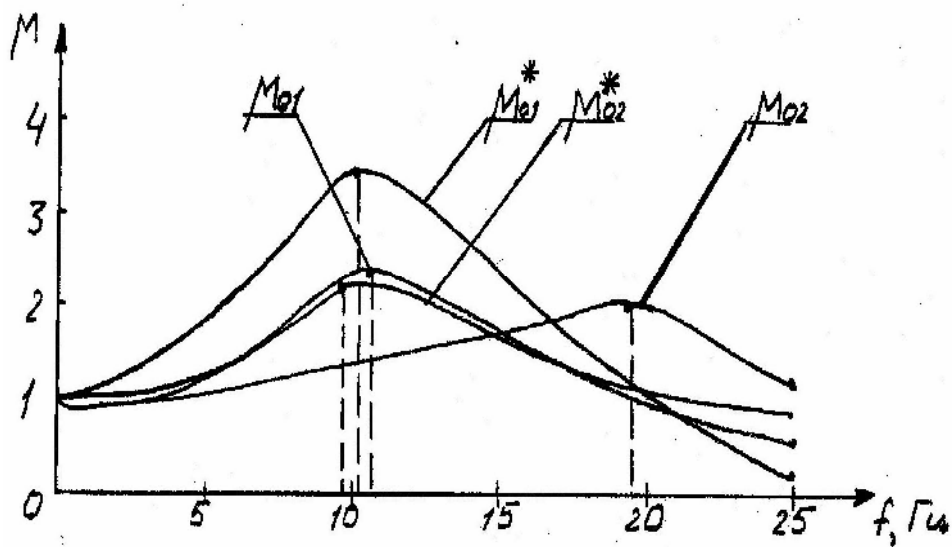
()

(.)

.1 01 12

, 01 12

(2 4-200, 01 =11600 / , 01 =100). I₁ =1,48 ² I₂ =0,198 (



.2.

$$\mu_{01}^*() \quad \mu_{02}^*(),$$

[5]

$$\sigma = 2\gamma_2 \frac{\varepsilon}{|1 - \varepsilon^2|}; \quad (6)$$

2 -

;

;

=0,78 ,

=1,16,

μ_{02}^* .

$\varepsilon=0,98; \gamma_2=0,36; \sigma=16,2$,

: 1.

1988.- 368 . 2.

//

.- 1991, 5, . 38-41 3.

//

.- 1990, 7,

. 85-91 4.

.. , - 1967. -316 . 5.

.. , - 1964,-437 .

(. . . , . . .).

()

1- 4

1 (

, 137, -07/15 .) [1].

:
(, .

500 , VP02800-09/24

() [1,

2].

500

1,25-2,5 ,

l_4 1.55-1,62

« ».

$l_3=820$; $l_4=602$; $=1733,6$; ${}_2=-8,8^0$; ${}_4=34^0$)
()

${}_1$ ${}_1$ ${}_1$, ${}_1$ -
 , ${}_1$ ${}_1$ [2].

500 2,5-2,1 (1)

- F , S
 ${}_1$ ${}_2$ -

() 2,07
 ${}_1=109,3^0$. F

() , (2)
 ${}_1$ ${}_2$

2,1 (S, ${}_1$ ${}_2$.
2) = 2,5 - 2,1 [2].

500 1 ()

(γ (φ_1)>0). (2)

($\gamma(\varphi_1) < 0$),

$S, \quad 1 \quad 2. \quad .1$.

$1 \quad 2$

500

,

$1=146,5^0$.

, F ,

$S, \quad 1 \quad 2$

($\quad 1$)

$2 = 3330$, $= 479$

$Q_0=300$,

.1.

$1 -$

500

$= 2,5 - 1,27$

$\mu = 0,3$

| | | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $1,$ | 90 | 100 | 109 | 110 | 120 | 130 | 140 | 146 | 147 |
| , (1), | 2,5 | 2,27 | 2,10 | 2,07 | 1,89 | 1,69 | 1,45 | 1,27 | 1,24 |
| (1), | 37,9 | 12,9 | 0,3 | - 0,6 | - 5,3 | - 5,1 | - 2,3 | - 0,2 | 0,2 |
| F (1), | 867 | 830 | 829 | -818 | -759 | -738 | -726 | -707 | 695 |
| S (1), | 66 | -161 | -266 | -1925 | -1987 | -2109 | -2308 | -2482 | -1119 |
| 2 (1), | 2591 | 2233 | 2133 | 7079 | 5557 | 5105 | 5351 | 5798 | 3164 |
| 1 (1), | 2148 | 2427 | 2598 | 8275 | 7113 | 7022 | 7954 | 9200 | 5180 |

. 1 ,

500

2,07-1,27

(< 0).

(

)

($1_{\max} = 9200$, $2_{\max} = 5798$).

.

1

,

.

3

,

[3, 4].

[3],

500

1,35 -2,5

: $l_1 = l_4 = 880$; $l_2=440$; $l_3 = 1100$; $BM = 1540$; 2

$= 0^0$; $4 = 26^0$.

500 : $2Pc = 3330$,

$= 479$,

$Q = 300$.

500 500

“[1, 2].

$$\bar{Y} = \bar{f} [\varphi_1; \bar{P} (\bar{P}, \bar{P})] \quad (1)$$

\bar{Y} -

,

(,

),

,

s,

[1];

\bar{f} -

-

1 (

)

\bar{Y} [2];

\bar{P} -

,

:

\bar{P} -

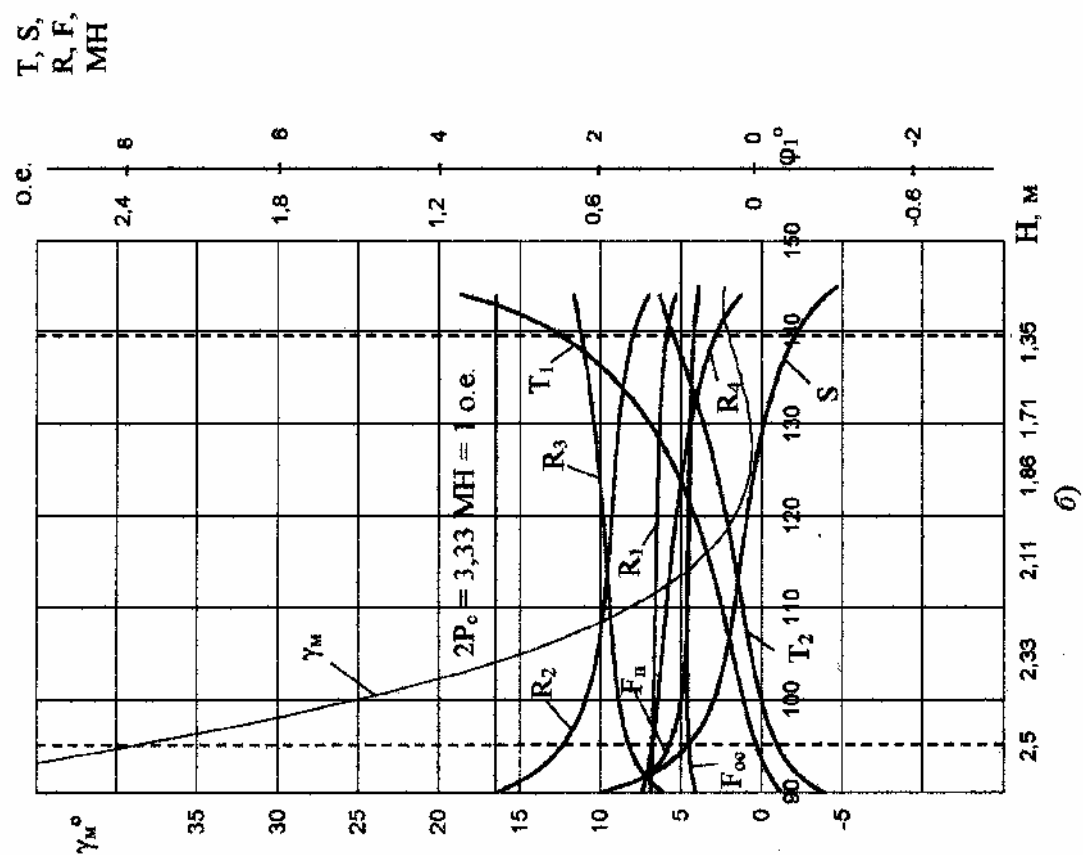
(

);

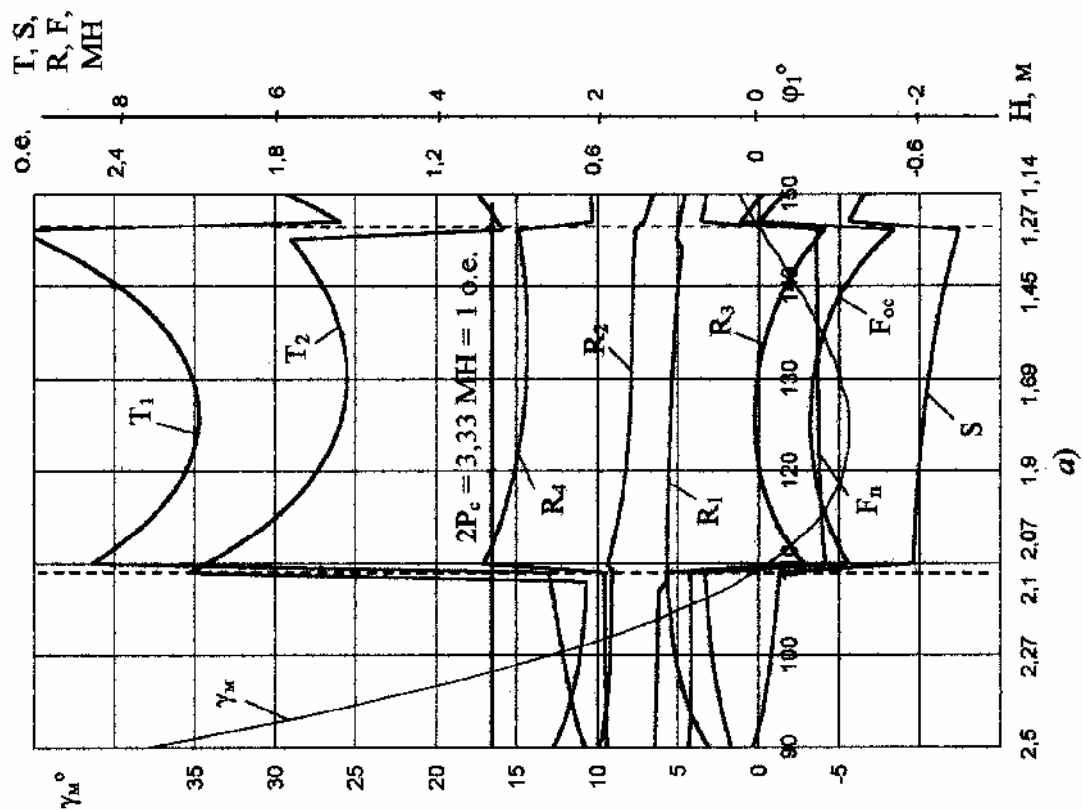
\bar{P} -

,

.



500 () 500 ()



.1.

(1)

500 500

[1, 2]

$$\bar{Y} = \bar{f} [\bar{Y}; \bar{P} (\bar{P}, \bar{P})] \quad (2)$$

 \bar{Y} -(R₁, R₂)(R₃, R₄),

(F)

(F)

(S, ₁, ₂); (

.1);

 \bar{f} -

-

 \bar{Y} \bar{Y} [2]; \bar{P} - \bar{P}_c - \bar{P} -(\bar{P}_c \bar{P}

).

F ,

(₁)

500

$$\mu = \mu = \mu = 0,3$$

.2.

2 -

500

$$= 2,5 - 1,35$$

| | | | | | | | |
|-------------------|-------|------|------|------|------|-------|-------|
| ₁ , | 95 | 105 | 115 | 125 | 130 | 135 | 140 |
| , | 2,5 | 2,33 | 2,11 | 1,86 | 1,71 | 1,55 | 1,35 |
| (₁), | 39,2 | 15,0 | 4,0 | 0,7 | 0,7 | 1,3 | 2,1 |
| F , | 1070 | 930 | 899 | 886 | 877 | 859 | 825 |
| S , | 921 | 439 | 263 | 95 | - 21 | - 185 | - 443 |
| ₂ , | - 265 | 113 | 317 | 542 | 687 | 863 | 1070 |
| ₁ , | 21 | 333 | 612 | 1013 | 1314 | 1738 | 2392 |

. 2,

500

1,35-2,5

(₁)>0,

F ,

.

1

2

(

).

1

2392

(. .1)

500 ,

$$2,07 - 1,27$$

₁

$$8275 - 9200$$

500

500

(. .1)

,

1.

: 1.

. . .

-

. ,

, 2001. - 21 . 2.

. .

.

, 2000, - .92-101. 3.

16.

. .

// . .

. -2000, 1, . 57-63. 4.

. .

-

.

27.

:

-

.

, 2001, - . 177-193.

- “ -1 ”

(. « . » , . ,)

7 . 1270 . 145 . ,
300 30 2 .
500

..

“ -1 ”.

[1],

“ -1 ”, .1.

$\Delta = \text{const.}$

[1].

2

.2,

0,2 , 3

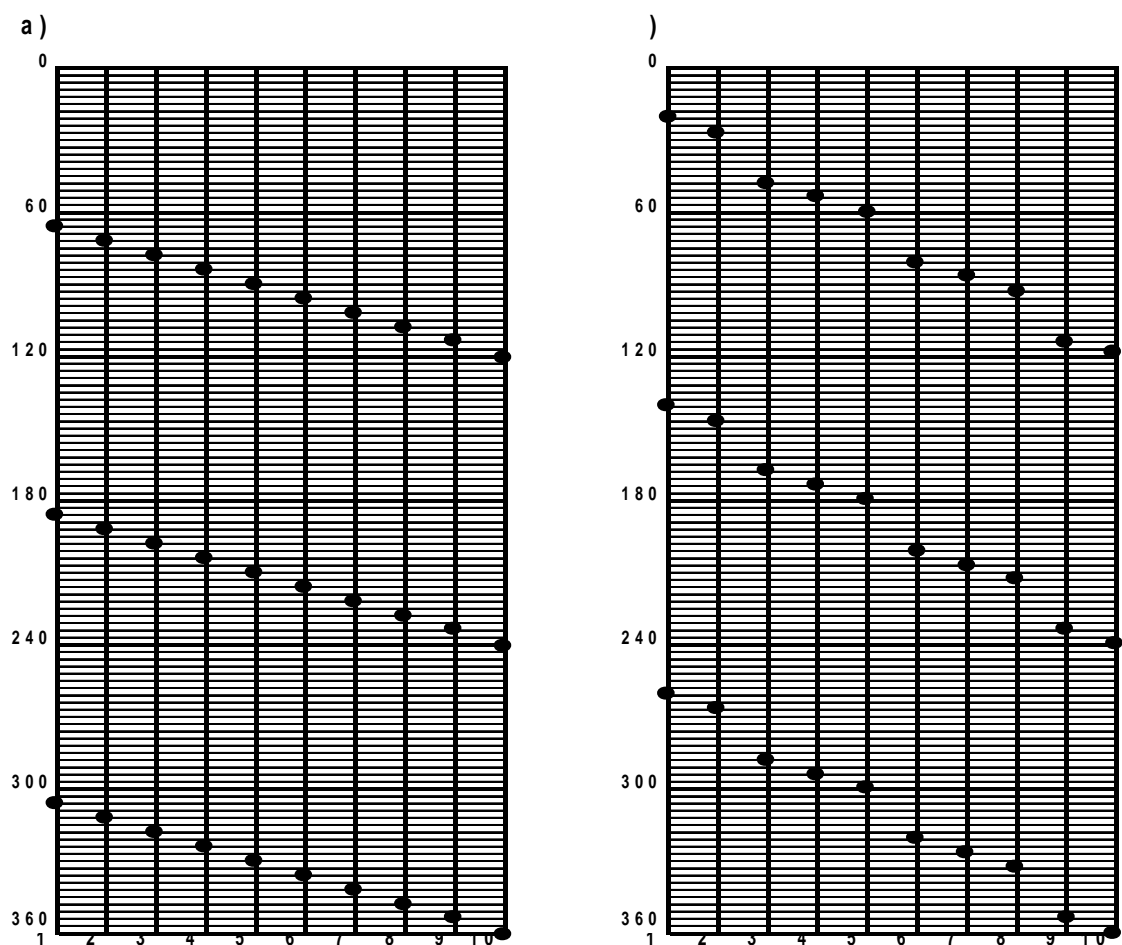
[2]:

=

= (1+3v),

v ;

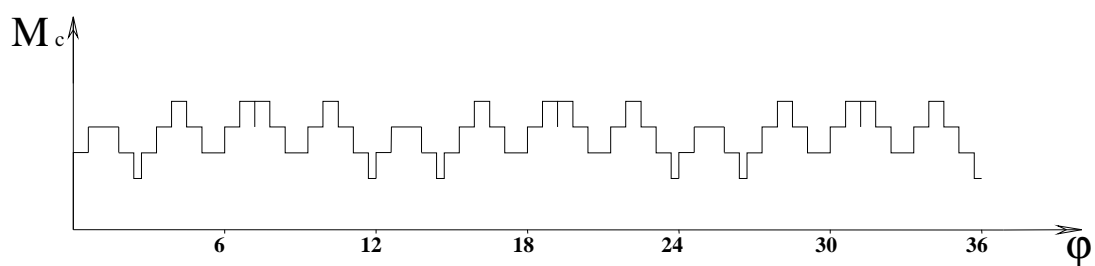
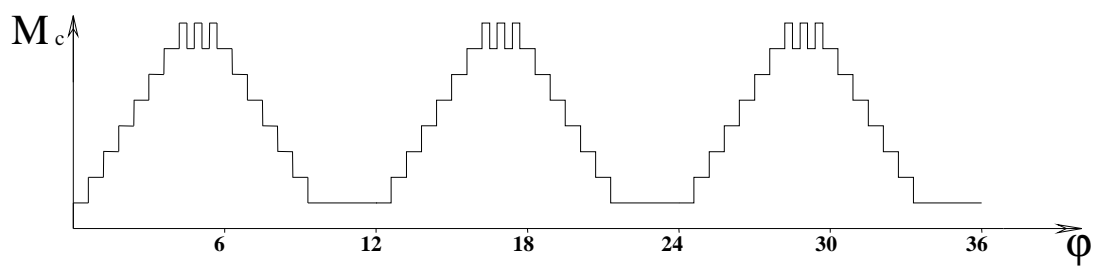
:



. 1.

()

()



. 2.

“ -1 ” ()

()

32-2

(, , , ,) .

, , ().

, -

, ,

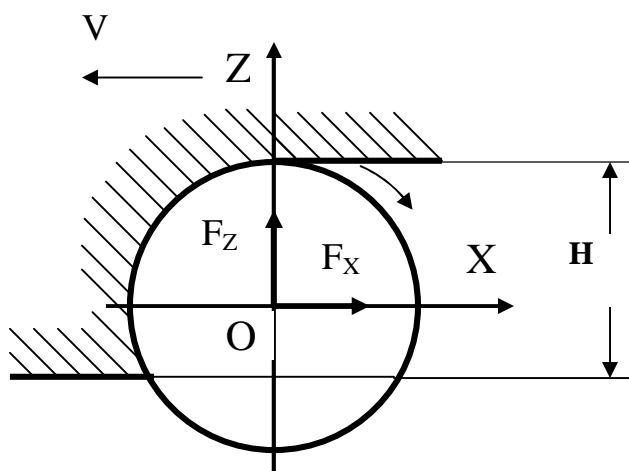
, , , ,

F_x ,

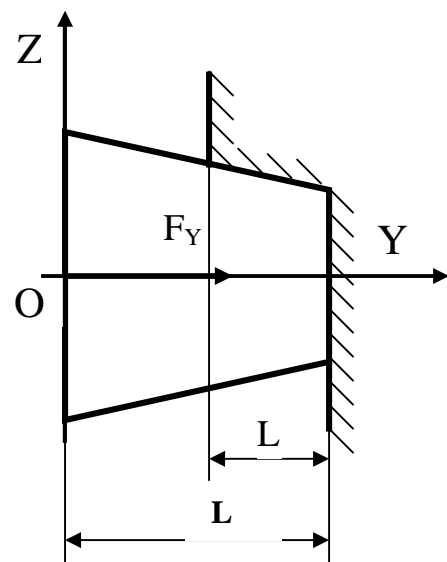
F_y, F_z ,

12.44.197-

81 [1].



. 1.



, F_x, F_y, F_z , -

1.

32-2

| , - | | | | | |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| | | F_x | F_y | F_z | |
| 500 | 0,066 0,051 | 0,395 0,323 | 0,051 0,046 | 0,062 0,045 | |
| 700 | 0,066 0,051 | 0,734 0,603 | 0,051 0,046 | 0,06 0,043 | |
| 900 | 0,066 0,051 | 3,191 2,58 | 0,051 0,046 | 0,058 0,041 | |
| | | | | | |
| 0,4D | 0,106 0,089 | 0,132 0,107 | 0,085 0,081 | 0,106 0,092 | |
| 0,6D | 0,066 0,051 | 0,734 0,603 | 0,051 0,046 | 0,06 0,043 | |
| 0,8D | 0,035 0,028 | 0,318 0,216 | 0,033 0,029 | 0,034 0,017 | |
| D | 0,016 0,034 | 0,115 0,174 | 0,029 0,026 | 0,027 0,042 | |
| | | | | | |
| L, - | | | | | |
| 0,6L | 0,089 0,089 | 4,473 4,071 | 0,054 0,054 | 0,079 0,079 | |
| 0,8L | 0,075 0,084 | 1,133 1,442 | 0,054 0,052 | 0,071 0,084 | |
| L | 0,066 0,051 | 0,734 0,603 | 0,051 0,046 | 0,06 0,043 | |

 F_x, F_y, F_z .

23 %,

;

18 %, 6 % 28 %,

.

,

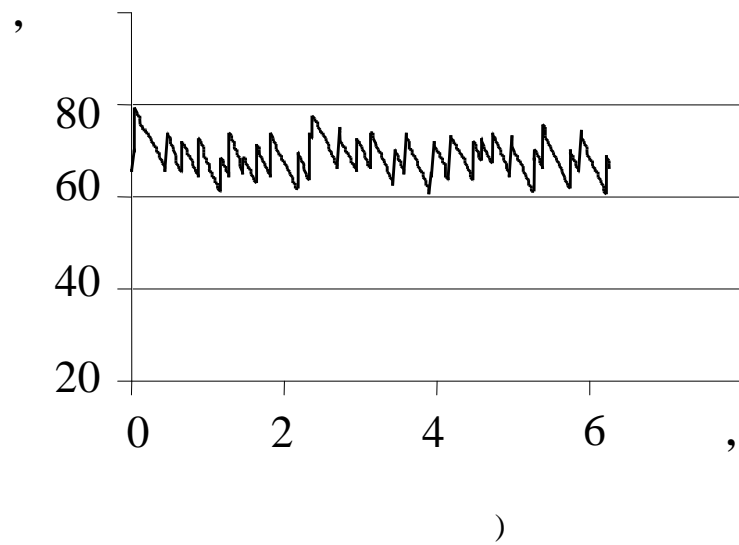
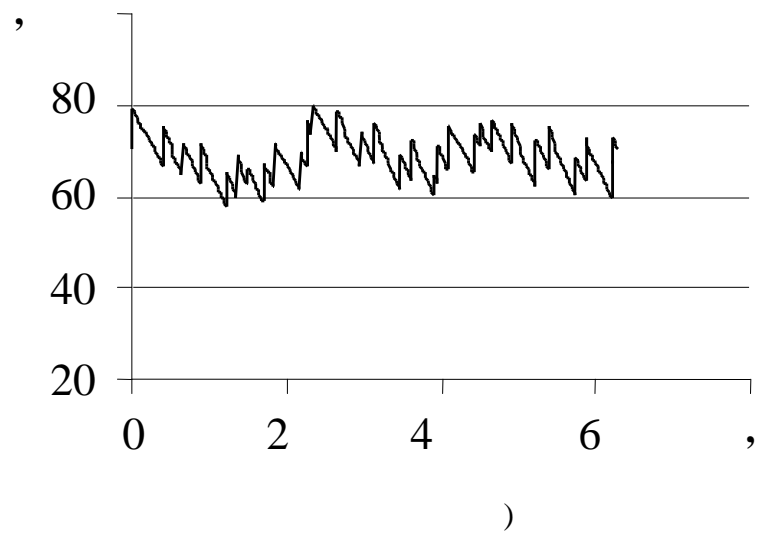
).

, 0,6L 0,8L ,

,

.

38 %.

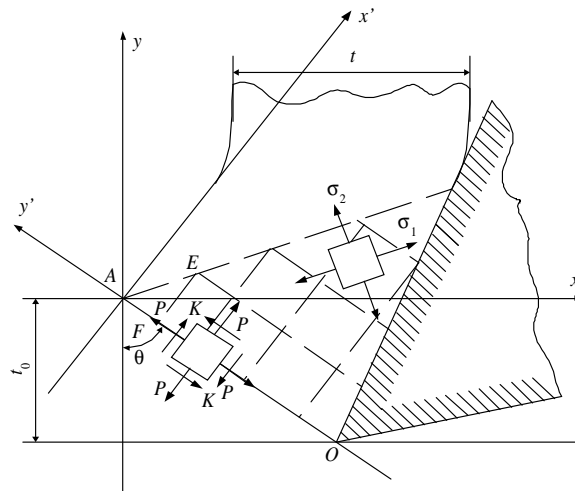


. 2. () 1

，

: 1. 12.44.197-81

， 1981. - 59 .



.1.

,

$$x=0.$$

$$x=-$$

$$p+K\sin 2\theta.$$

$$\theta = \frac{\pi}{4}$$

$$p=K.$$

$$1$$

$$, -$$

,

$$K + 2K \frac{\pi}{4} \approx 2,57K.$$

$$F$$

$$=0$$

$$p_F = 2,57K.$$

,

$$m.$$

-

$$\tau = \frac{\sigma_0}{\sqrt{3}},$$

$$\sigma_0 -$$

,

-

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{3}{4}(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 3\tau_{xy}^2}.$$

$$\theta = \frac{\pi}{2}$$

:

$$\sigma_x = -p + K \sin 2\theta; \sigma_y = -p - K \sin 2\theta; \tau_{xy} = -K \cos 2\theta; \sigma_z = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}. \quad (1)$$

,

,

,

-

.2.

.2

,

$$R_0$$

:

$$P_0,$$

,

$$P_z,$$

$$OZ$$

,

$$P_z \cdot \mu_3.$$

-

-

$$P_y,$$

-

$$P_y = \frac{\sigma \cdot S \cdot \pi \cdot t \cdot (\cos \beta_i - \sin \beta_i)}{\sqrt{3} \cdot \sin \beta_i (1 - \sin \beta_i \cdot \cos \beta_i) \cdot (1 - tg \alpha(\tau)_n \cdot tg \beta_i)}. \quad (2)$$

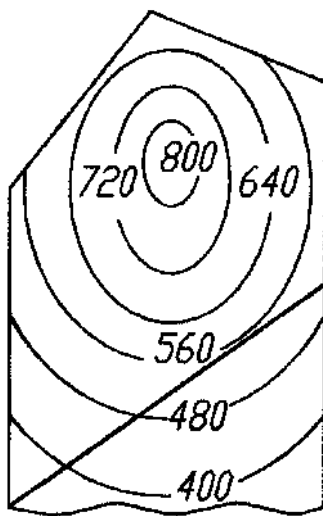
$$T = C \cdot \exp((C_V + m \ln V) \cdot V + (C_S + x \ln S) \cdot S + (C_t + y \ln t) \cdot t). \quad (7)$$

$$(V, S, t) \quad (7)$$

$C, C_V, C_3, C_t, m, x, y$

S, t, V
 $, V, S, t \quad (7),$

(.3),



.3.

(.3).

[3].

: 1.

1937. - 451 . 2.

1958. - 254 . 3.

.- : - , 1999. - 193 .