

«

..»

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 .  
\_\_\_\_\_ / ...

\_\_\_\_\_  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 .

**.04**

**15.02.07 «**

**( )»**

, 2019

«

. »

• •

4

,

**15.02.07**

( )

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



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

.04 «

»

:

4.1

.

4.2

.

4.3

, ,

4.4

.

4.5

.

:

.2

:

,

,

.

.3

.4

,

,

.5

-

.6

,

,

,

.7

( ),

.8

,

,

.9

:

1	,	
	,	
2	,	
	,	



2-5

.04 «

».

.04 «

»

15.02.07 «

( )»

.

: «

»

:  
:

,

,

,

,

,

.

.

.

.

,

.

.

—

$\alpha$ .

,

,

,

,

.

.

,

,

.

.

,

.

—

,

,

.

,

:

=

.

,

.

.

—

;

.

,

,

,

.

,

.

.

,

,



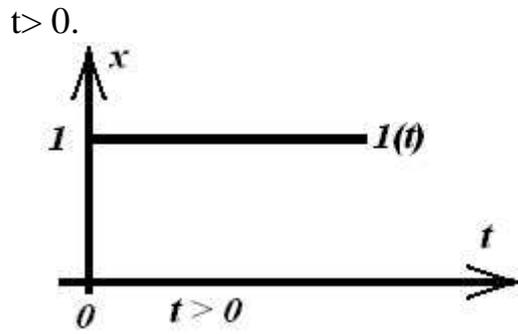


, , . ,  
 , . , ,  
 , . , ,  
 . : , ,  
 1. , ? ?  
 2. ? ?  
 3. ? ?  
 4. ? ?  
 5. ? ?  
 6. ? ?  
 7. ? ?  
 8. ? ?  
 9. ? ?  
 10. ? - ?  
 11. ? ?  
 12. ? ?  
 13. ? ?  
 14. ? ?  
 15. ? ?  
 16. ? ?

2

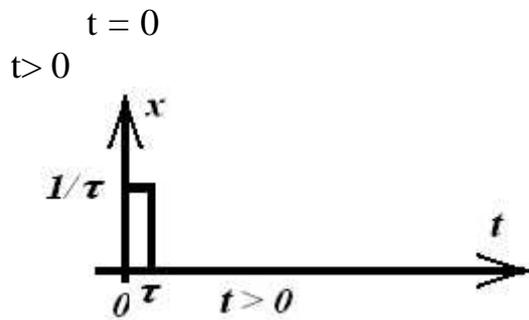
: « »  
:  
:

t = 0



1 —

( impulsus, )

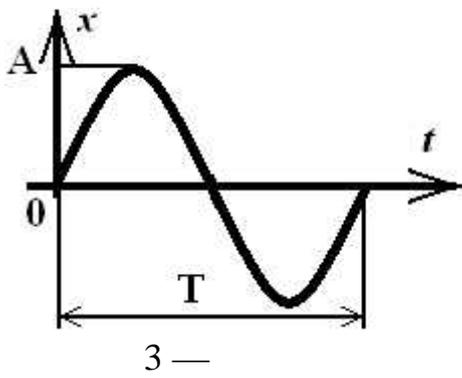


2 —

( — , )

( sinus — )

; = 2 / — x = A sin ( t — ), ; — , .

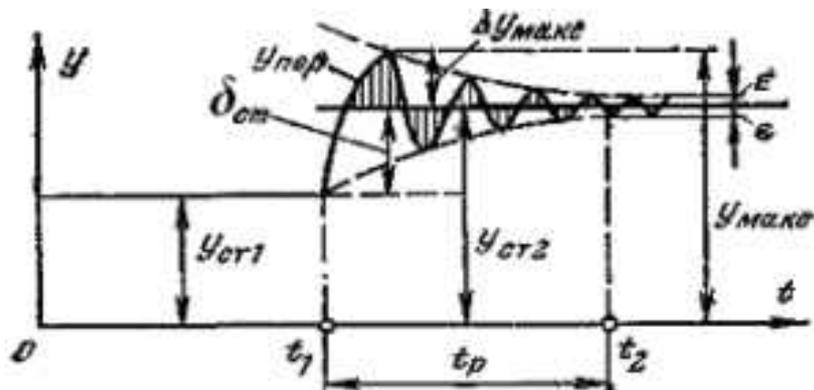


3 —

3

: « »  
 :  
 :

;  $y = y + y$  ,  $y$  —  
 $y$  —



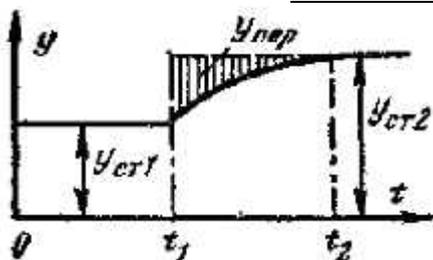
1 —

1.  $y_1 - y_2 = y_1 - y_2$

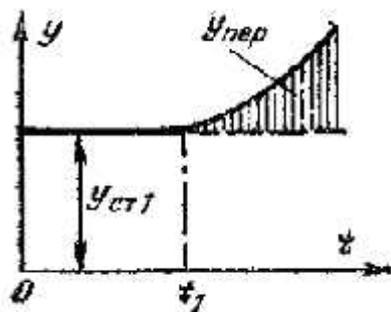
2.  $y_1 - y_2 = y_1 - y_2$

3.  $y_1 - y_2 = 10\%$   
 $y_1 - y_2 = 3-5\%$

4.  $t$

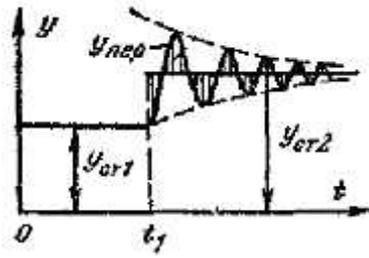


$y_2$   $y_0$



t1.

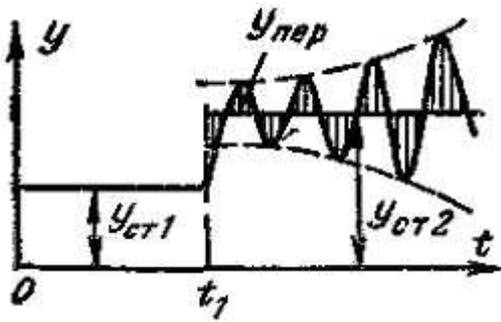
y



) 4

y 2,

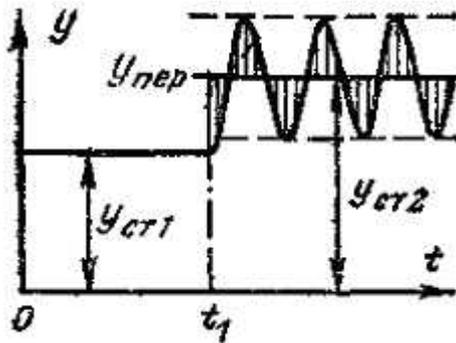
y



) 5

y 2.

y



) 6

y 2.

4-6

( , )

:

,

,

,

.

4

:«

»

:  
:

:

,

,

.

( )

.

.

,

,

,

,

,

-

.

,

-

,

,

..

.

,

,

.

(

..),

,

,

(

,

,

,

..),

(

,

).

(

)

-

,

,

,

,

.

,

.

(

)

,

.

:





5

: «

»

:

-

,  
u(t).

$$u(t) = F(x, g, f), (1)$$

F -

x,

g

f,

(1)

$$u(t) = F1(x) + F2(g) + F3(f). (2)$$

F

u(t)

$$u(t) = k_{11} x(t) + k_{12} \int_0^t x(t) dt + k_{13} \frac{dx(t)}{dt}, (3)$$

k , k

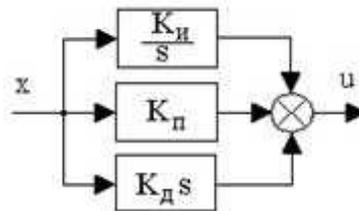
k

(3),

$$W_R(s) = k_{\Pi} + \frac{k_{\text{И}}}{s} + k_{\text{Д}} s \quad (4)$$

.1.

k, k, k



.1.

...  $W(0) = k_{\text{И}}$

$$u(t) = k_{\text{И}} x(t)$$

$$WR(s) = k_{\text{И}}$$

$$(1+k) \quad , \quad k = k_{\text{И}} k_{\text{Д}}$$

$$u(t) = k_{\text{И}} \int_0^t x(\tau) d\tau$$

$$W_R(s) = \frac{k_H}{s}$$

$$u(t) = k_n x(t) + k_H \int_0^t x(t) dt$$

$$W_R(s) = k_n + \frac{k_H}{s} = \frac{k_H(Ts + 1)}{s}$$

$$T = k_H / k_n$$

( )

( )

$$u(t) = k_n x(t) + k_H \frac{dx(t)}{dt}$$

$$W_R(s) = k_n + k_H s = k_H (Ts + 1)$$

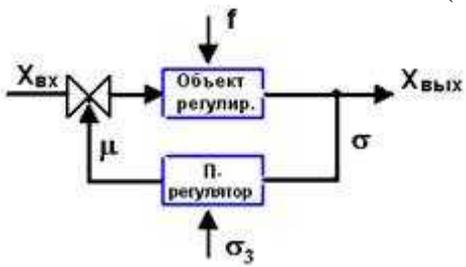
$$T = k_H / k_n$$

(3).

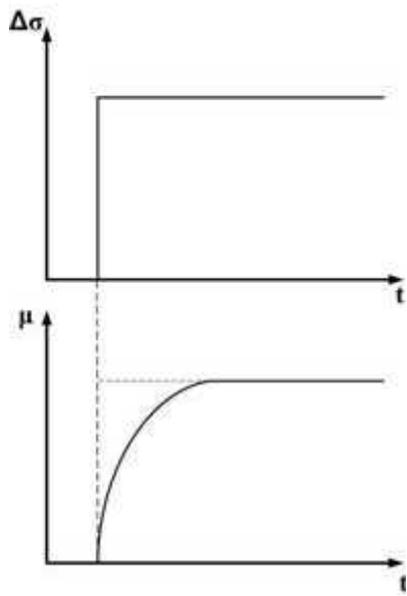
6

: « »  
:  
:

( . 1-2).



.3.



.2.

\_\_\_\_\_ :

\_\_\_\_\_ :

.

7

: « \_\_\_\_\_ »

∴  
∴

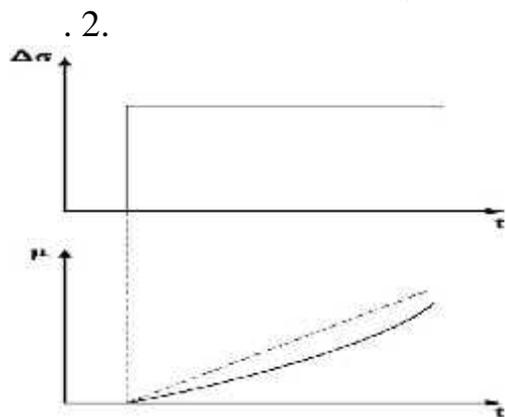
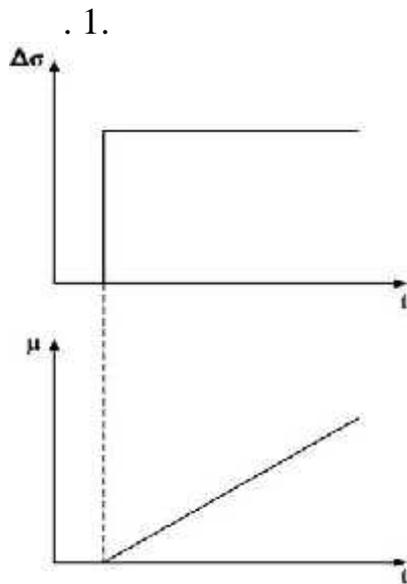
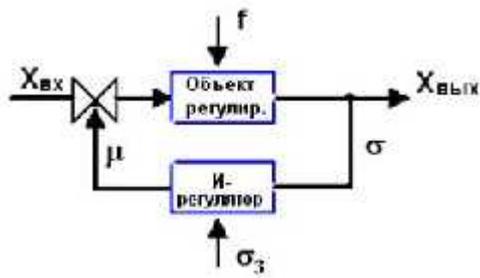
- m - ,

Ds.

( . 1)

( . 2)

( . 8)



3.

\_\_\_\_\_ :

\_\_\_\_\_ :

: «

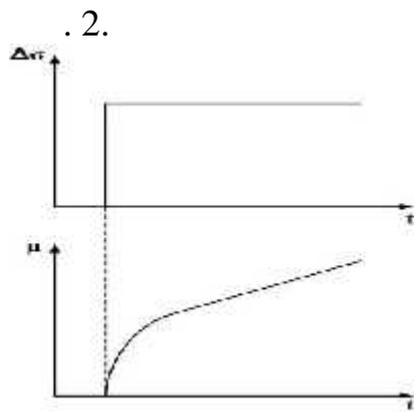
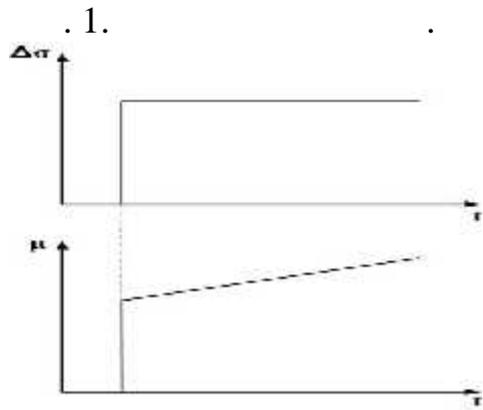
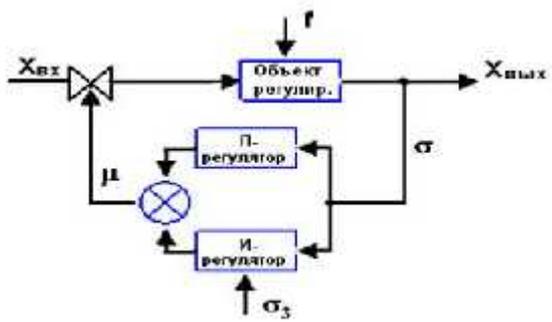
8

»

( . 1)

( . 2)

( . 3)



. 3.

\_\_\_\_\_ :

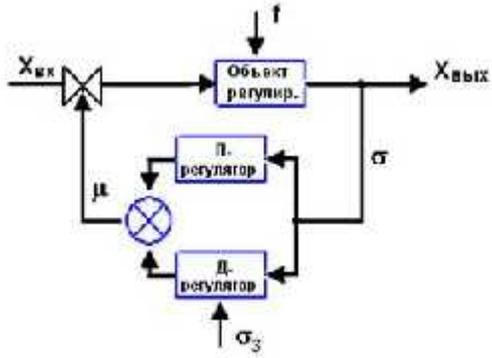
\_\_\_\_\_ :

( )

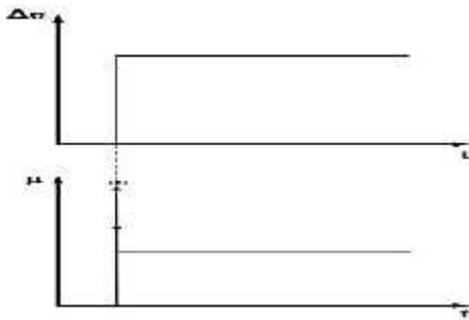
( . 1)

( . 2)

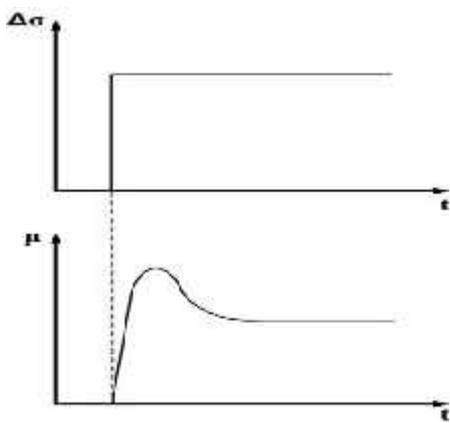
( . 3)



. 1.



. 2.



. 3.

\_\_\_\_\_ :  
 \_\_\_\_\_ :

10

: «  
»

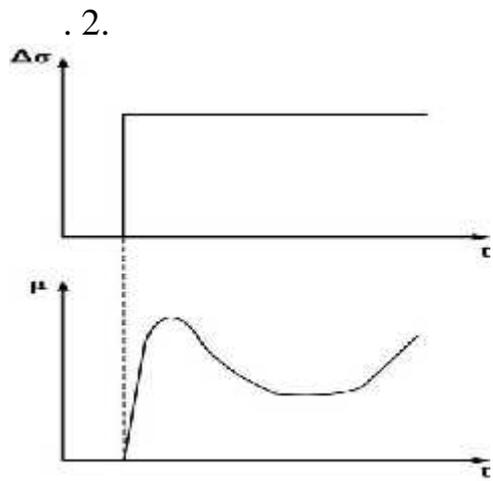
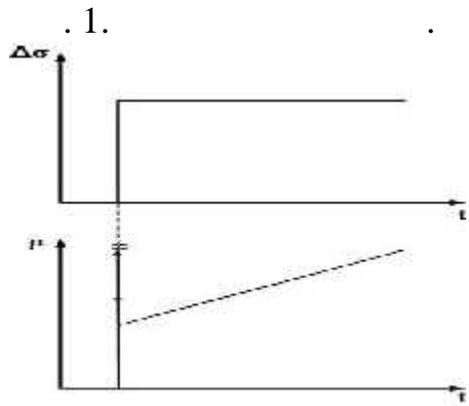
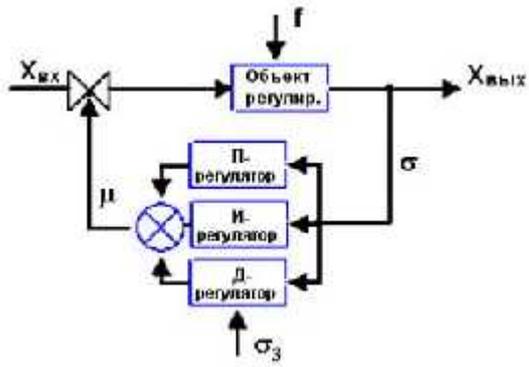
:

:

( .1)

( .2)

( .3)



.3.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

-, -, -, -

11

: « »

:  
:

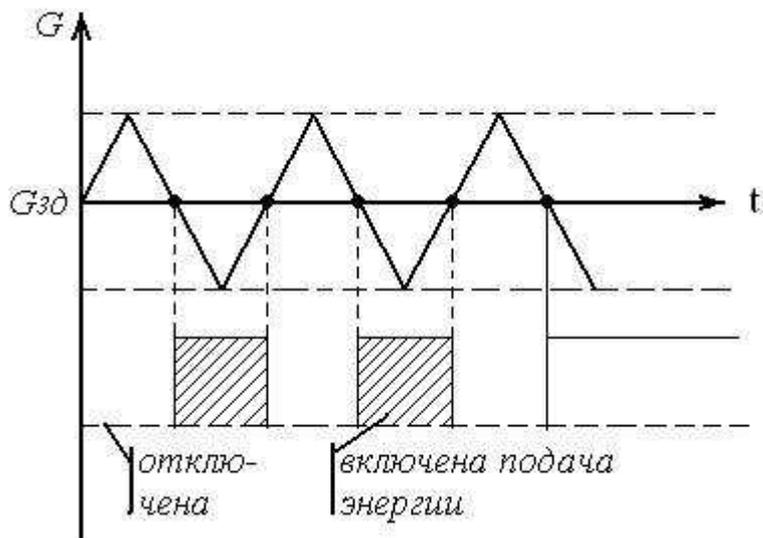
), (

$\mu=1$   $G < G$  ( );  
 $\mu=0$   $G > G$  ( ).

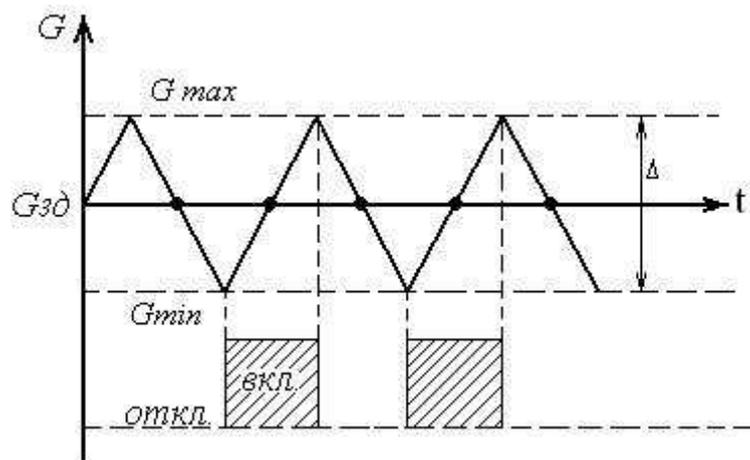
:

)

)



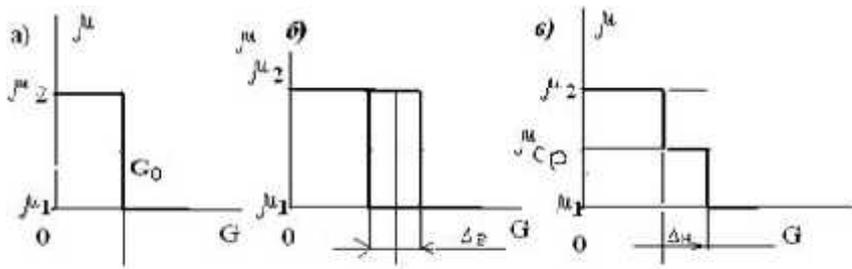
)



)

$\mu = 1$   $G < G + \Delta/2$ ;

$\mu = 0$   $G > G - \Delta/2$ .



Статические характеристики двухпозиционных (а, б) и трехпозиционных (в, регуляторов без зон неоднозначности (а, в) и с зонами неоднозначности (б, в).)

( $G -$  ;  $G -$  ;  $\mu -$  .)

( ) -

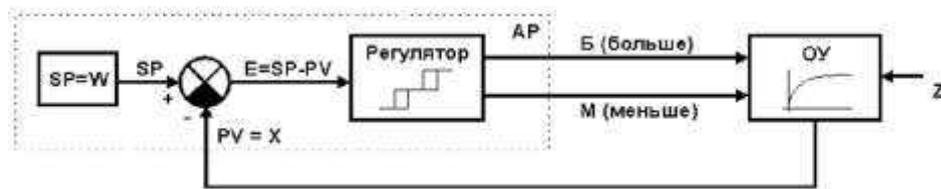
G .

: « »  
 :  
 :

$$\begin{aligned} \mu = 1 & \quad G < (G - /2); \\ \mu = 0,5 & \quad (G - /2) < G < (G + /2); \\ \mu = 0 & \quad G > (G + /2); \end{aligned}$$

$\mu$   $Q = Q$  ,  $G$  , ...  
 , ...  $G$  .

1.



2 -

-  
 -  
 SP - ( ),  
 -  
 PV=X -  
 ( ) ( ) -  
 Z -  
 « »  
 ( , )  
 ( ) ,

: «

»

⋮  
⋮

-  
-  
-  
-

⋮  
⋮  
⋮  
⋮

Dx(t) -

h(t)

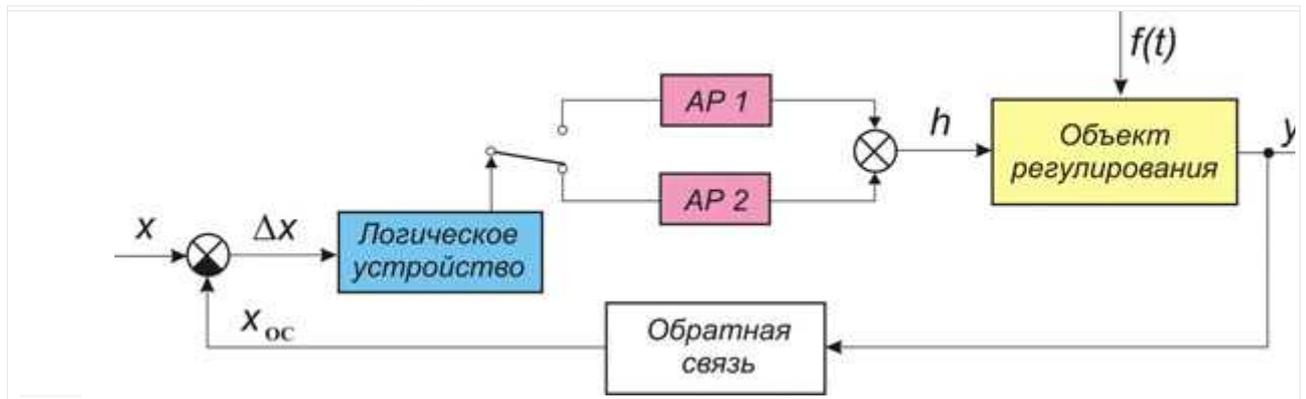
Dx(t).

$$h(t) = k [\text{sign } \Delta x(t)] \sqrt{1 + a|\Delta x(t)|}$$

(t).



$Dx(t)$ .

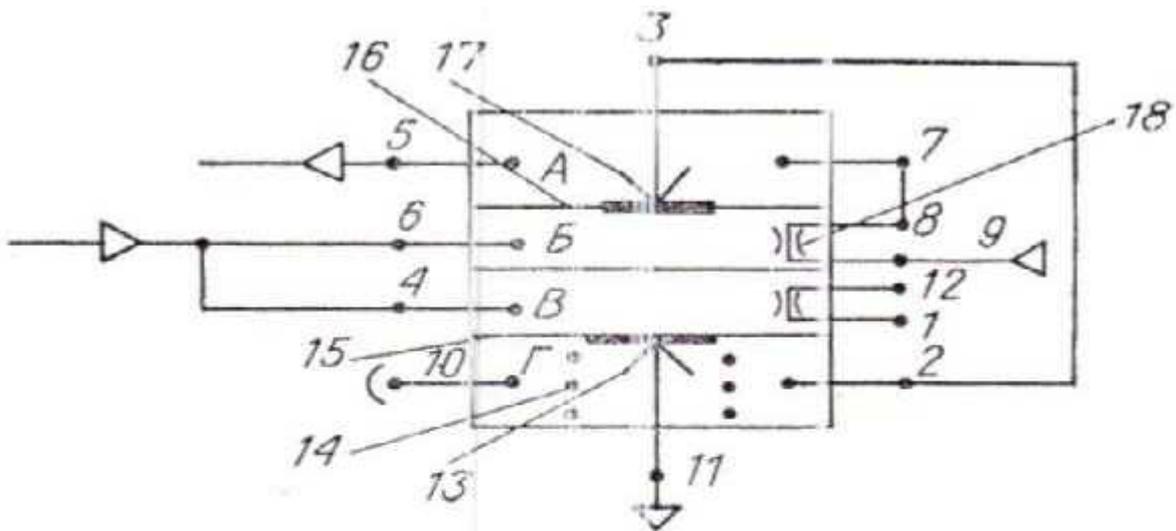


$Dx(t)$

$Dx(t)$ .

$h(t)$

: « 14  
 -1»  
 -1  
 :  
 :  
 -1  
 .  
 , , ,  
 ,  
 15, ( ) 16,  
 « — ».  
 , , ,  
 9 — , , .  
 18,  
 4 6 .  
 . 5 .  
 ,  
 14 , ,  
 , , ,  
 , , ,  
 .  
 0,2%  
 .  
 .



Принципиальная схема пневмоповторителя типа ПАМП-1:

1 — входной канал пневмосопротивления; 2, 10 — каналы камеры Г; 3 — канал сопла 17; 4, 6 — входные каналы камер Б и В; 5 — выходной канал элемента; 7 — канал камеры А; 8 — выходной канал пневмосопротивления 18; 9 — канал для поступления давления питания; 11 — выходной канал сопла 13; 12 — выходной канал пневмосопротивления; 14 — пружина; 15, 16 — мембраны

### Сумматор на три входа типа СМАМЦ

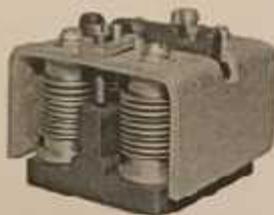
Предназначен для алгебраического суммирования трех пневматических аналоговых сигналов, из которых два суммируются и один вычитается.

Сумматор содержит четыре сильфона 6, 8, 10, 13, нижняя часть которых жестко связана с основанием 14, а верхняя с коромыслом 7, укрепленным на основании с помощью шарнира 9, заслонки 11, укрепленной на коромысле и сопла 12.

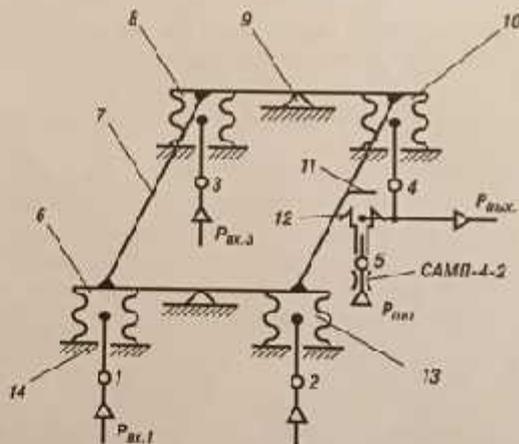
Сумматор работает в комплекте с пневмосопротивлением нерегулируемым САМЦ-4-1 и реализует функцию  $P_{\text{вых}} = P_{\text{вх1}} - P_{\text{вх2}} + P_{\text{вх3}}$ .

Давление питания через пневмосопротивление по каналу 5 подается в сопло 12. Выходные сигналы подаются через каналы 1, 2 и 3 в сильфоны 6, 8 и 13. Выходной сигнал отводится от сопла 12, связанного обратной связью сильфоном 10, и через канал 4 поступает на выход. При подаче входных сигналов в сильфоны на коромысле 7 возникает момент, который вызывает поворот коромысла. При этом меняется зазор между соплом 12 и заслонкой 11, в результате чего изменяется давление на выходе и в сильфоне обратной связи. Процесс происходит до тех пор, пока момент, создаваемый сильфоном обратной связи, не уравновесит сумму моментов, создаваемых входными сильфонами.

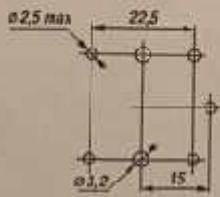
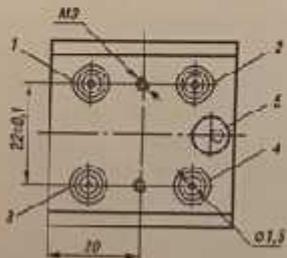
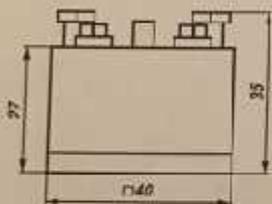
Элемент монтируется на плате.



Сумматор на три входа типа СМАМЦ



Принципиальная схема сумматора на три входа типа СМАМЦ



Габаритный чертеж и размеры коммутационных отверстий на плате сумматора на три входа типа СМАМЦ

**Миниатюрные элементы для математической обработки информации непрерывно-дискретные**

**Компаратор типа КАМП .**

Предназначен для сравнения двух непрерывных пневматических сигналов и формирования на выходе дискретных пневматических сигналов «0» или «1».

Компаратор состоит из двух секций, крышки, основания, металлических и резиноканевых прокладок, двух мембран из полиэтилентерефталатной (лавсановой) пленки 2, 5, пневмоконтакта «сопло — заслонка» 7, клапана, выполненного в виде двух сопл 1, 10 и расположенного между ними резинового диска 12.

Секции, прокладки и мембраны образуют четыре камеры — А, Б, В и Г. Давление питания подается через канал 3 в сопло 1, выходной сигнал отводится через канал 11. Два сравниваемых сигнала подаются через каналы 4, 6 в камеры А и Б.

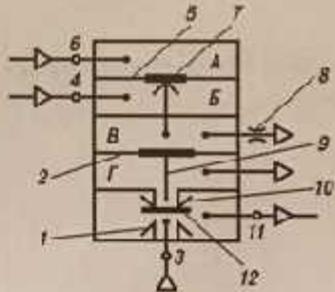
Если давление в камере А меньше давления в камере Б, мембрана 5 открывает сопло пневмоконтакта 7 и давление в камере В повышается. Под действием этого давления мембрана 2 перемещается в сторону камеры Г, вследствие чего диск 12, перемещаясь под действием штока 9, перекрывает сопло питания 1, выходной канал 11 через камеру Г соединяется с атмосферой и на выходе компаратора формируется сигнал «0».

Если давление в камере А превышает давление в камере Б, мембрана 5 закрывает сопло и скачком воздух из камеры В через пневмосопротивление 8 сбрасывается в атмосферу. Под действием давления питания диск 12, перемещаясь вверх, открывает сопло 1, закрывает сопло 10 и на выходе компаратора формируется сигнал «1».

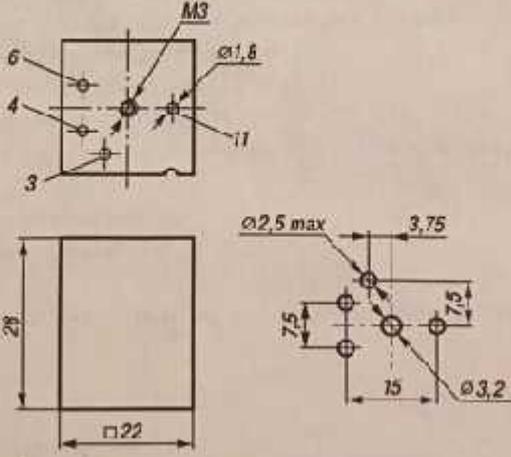
Компаратор монтируется на плате.



Компаратор типа КАМП



Принципиальная схема компаратора типа КАМП



Габаритный чертеж и размеры коммутационных отверстий на плате компаратора типа КАМП

### Пневмосопротивление регулируемое типа САМП-1

Предназначено для ограничения расхода воздуха. Величина расхода через пневмосопротивление зависит от перепада давления до и после него, и от величины кольцевого зазора, через который проходит воздух.

Пневмосопротивление состоит из корпуса, конического штока 2, жестко связанного с двумя плоскими пружинами 7, маховичка 5, толкателя 4 и цилиндрических пружиной 1.

Входное давление подается по каналу 3, выходное давление отводится по каналу 11. Расход воздуха через пневмосопротивление устанавливается посредством изменения проходного сечения кольцевого зазора, через который проходит воздух.

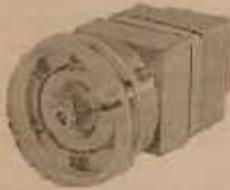
Настройка расхода производится поворотом маховичка 5, перемещающего вдоль оси толкатель 4, непосредственно контактирующий с коническим штоком 2. При этом конический шток перемещается в конусном отверстии, выполненном в корпусе элемента.

Цилиндрические пружины 1 возвращают конический шток в исходное положение.

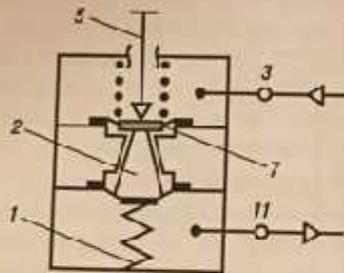
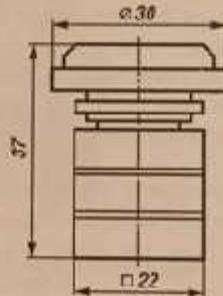
Невыпроизводимость установок расхода воздуха по шкале не более  $\pm 10\%$  от номинального значения установленного расхода.

Нестабильность расхода воздуха на установленной точке не более  $\pm 10\%$  от номинального значения установленного расхода.

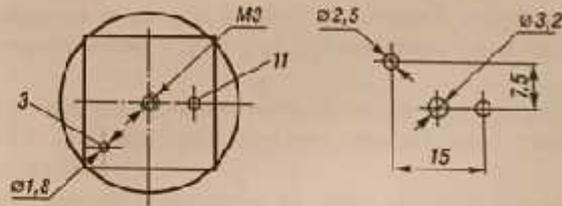
Изменение расхода вследствие изменения температуры окружающего воздуха от  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  на каждые  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  не более  $\pm 5\%$  от номинального значения установленного расхода.



Пневмосопротивление регулируемое типа САМП-1



Принципиальная схема пневмосопротивления регулируемого типа САМП-1



Габаритный чертеж и размеры коммутационных отверстий на плате пневмосопротивления регулируемого типа САМП-1

1

:  
 :  
 :  
 — ,  
 ,  
 . , —  
 .  
 ,  
 ,  
 .  
 .  
 ,  
 ,  
 ;  
 ,  
 .  
 :  
 1. , ;  
 2. ,  
 .  
 .  
 , —  
 , --  
 3. ,  
 .  
 ,  
 . :



1.

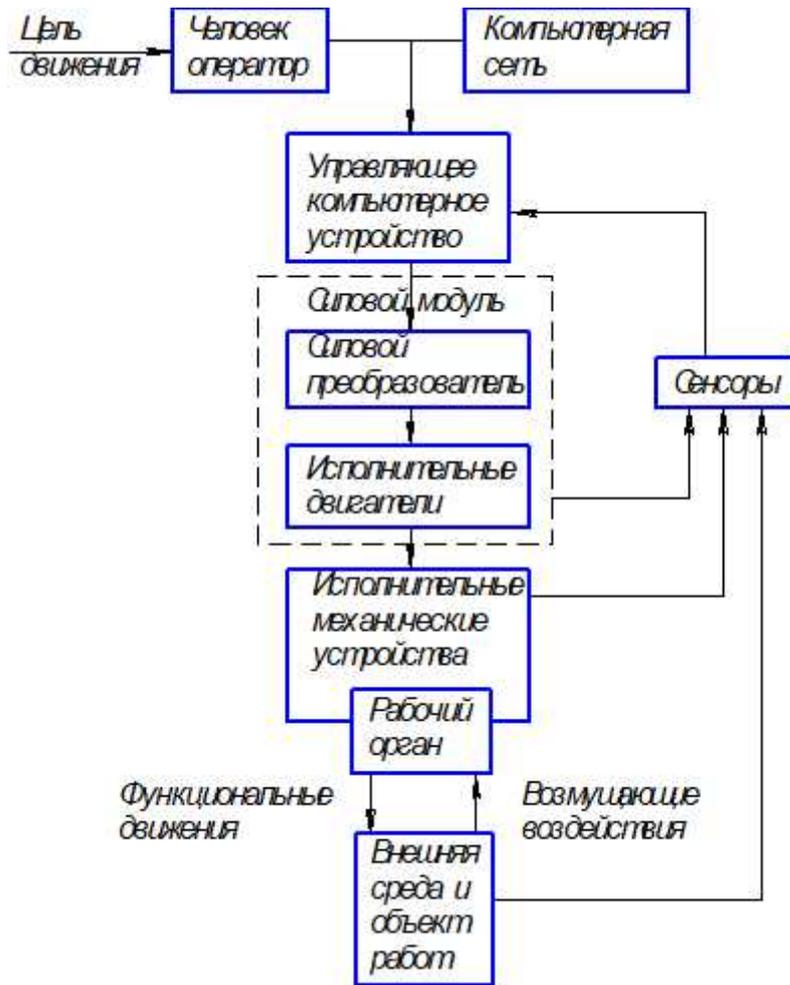
2.

### Обобщенная структура системы управления



- ☐ Система управления – это устройство или набор устройств, предназначенных для обеспечения требуемого поведения объекта или объектов управления
- ☐ В общем случае требуется система управления класса ММЧ (Multiple Inputs – Multiple Outputs)





1 -

:

1.

2.

3.

4.

( off-line)  
( on-line).

( , )

: « »

:

,

,

:

- 
- 
- 
- 

;

;

. 1.

( )



. 1.

,

,

,

,

,

,

, . . .

,

,

,

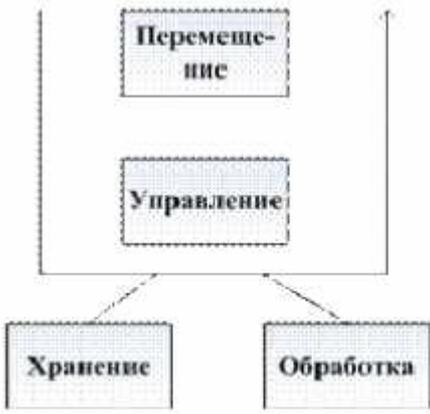
,

,

,

,

, , . . .  
 " " , ,  
 , .  
 , , ( - ).  
 , . . .  
 , , . . .  
 " "



в)



б)



в)



г)



# Компьютер



.4.

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

:

:

:

-

(HCI) — ( ) ,

.

,

,

.

( ; , ) ,

;

,

( )

,

«

,

,

,

.»

-

( . Computer user satisfaction).

,

-

,

,

,

,

,

.

,

.

,

,

,

,

,

.

.

-

,

-

-

,

-

.

-

,

.

-

-

,

,

,

,

.

,

/

.

,

« »

,

,

.

-

,

( )

.

:

( . . . )

,

,

);

( )

);

;

;

;

.

-

,

,

.

-

-

-

,

,

.

( ),

—

,

— (

,

,

),

.

( . )

.

.

-

.







• ( , );  
• ;  
•

• ,

• ,

AutoCAD,

• : ,  
,  
• ,  
• ,  
•







.1.

( , ).

,

.

.

.

:

•

;

•

;

•

;

•

-

;

•

.

---

.

,

.

«

»

,

,

,

«

»

—

.

,

.

∴  
∴

1.

$$\begin{aligned} & \left( \begin{matrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{matrix} \right), \quad (PC), \\ & \left( \begin{matrix} \dots \\ \dots \end{matrix} \right) \\ & \left( \begin{matrix} \dots \end{matrix} \right). \end{aligned}$$

q ,

q .

q ,

$$u(t) = K_{11} \cdot e(t) + K_{12} \frac{de}{dt} + K_{13} \int_0^t e(t) \cdot dt \quad (4.1)$$

K , K , K -

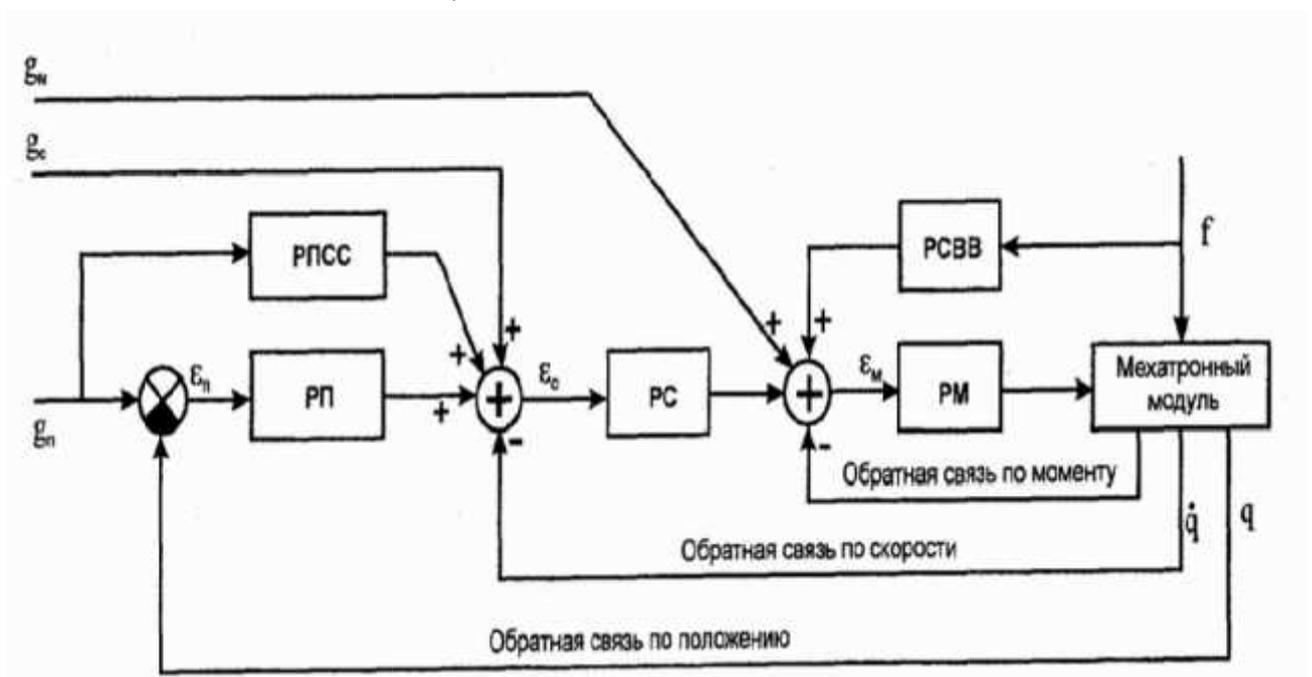
; e(t) -

( ,

( - , -

. . .).

( )



1.

$q, \dot{q}$



• ;  
 • ;  
 • ;

« ».  
 ( )

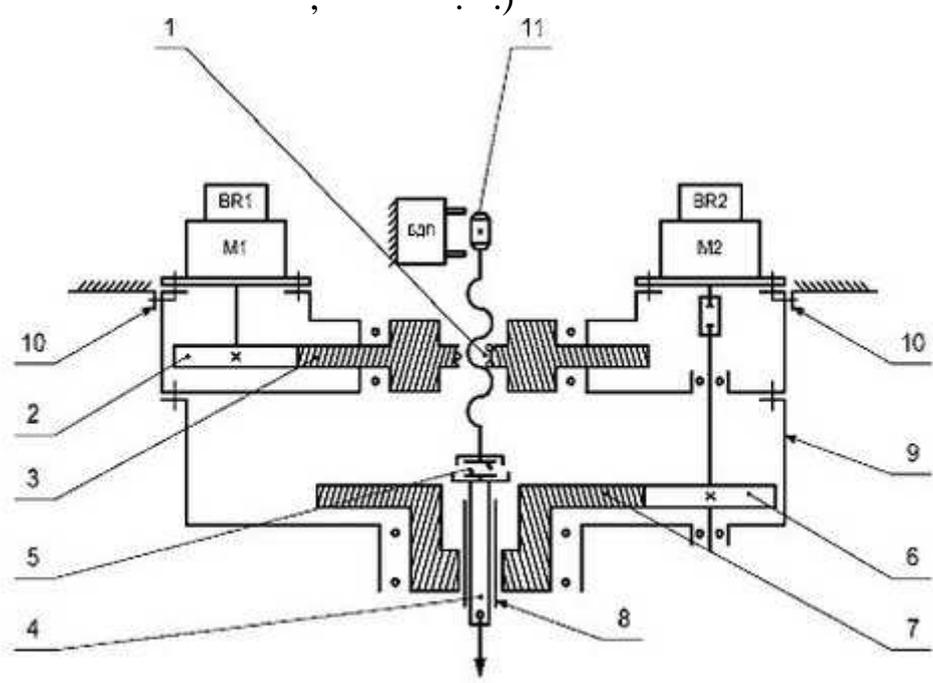


Рис. 1 . Кинематическая схема интеллектуального мехатронного модуля

1.  
 :  
 1 2-3  
 2 4,  
 5, 6-7.  
 60

7

,

8.

9

10

,

,

.

br1

br2.

11

,

.

:

-

,

,

.

,

-

,

,

,

.

.

( )

.

10

:

:

:

:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

,

.

,

,

,

.

25-30%

70%

90-

.

,

,

.

,

.

.

,

.

.

,

.

"

.

-

",

.

(  
).

,

,

,

80-

,

.

XXI

，  
：，  
（），  
，  
-，  
，  
（），  
，  
-，  
-，  
，  
，  
：  
—  
—；  
—（）；  
—，；  
—（，  
，  
）；  
—（，  
，  
）；  
—（，，  
，  
）；  
—（，  
，  
）；

— )  
— );  
— ( , ,  
— ); ( , ,  
— - - ;  
— - ;  
— - ( )  
— - ( )

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.



,

.

.

,

,

.

:

,

,

.

.



13. . . : . . .  
/ . . , . . . - . :  
« », 2004. – 304 .

ISSN 1684-6427 :  
" , , "

« ».

edu.ru.

<http://mehatron.ru/main/6-cto-takoe-mexatronika.html>

[http://www.snr.com.ru/mechatronics/sol\\_mech.htm](http://www.snr.com.ru/mechatronics/sol_mech.htm)

[http://faki.fizteh.ru/pub/a\\_3mhd9.html](http://faki.fizteh.ru/pub/a_3mhd9.html)