

*12-MA`RUZA.*

***Mashinani harakat tenglamalari.***

Джураев А.Дж.

## ○REJA:

- *Mashina agregatini keltirish bo'g'inini doimiy kuchda harakat qonunini aniqlash*
- *Mashina agregatining dinamik modelini parametrlarini aniqlash*
- *Sistemaning harakat tenglamalarini tuzish va yechish*
- *O'z- o'zini tekshirish savollari*



## ○ *Adabiyotlar:*

- В.А. Зиновьев, А.П. Бессонов. Основы динамики машинных агрегатов. Машиностроение, Москва, 1964, с. 67-74
- А. Джураев. Моделирование динамики машинных агрегатов хлопкоперерабатывающих машин. Фан, Ташкент, 1984, с. 20-37
- А. Джураев. Динамика рабочих механизмов хлопкоперерабатывающих машин. Фан, Ташкент, 1987, с. 61-114



## ○ *12.1. Mashina agregatini keltirish bo'g'inini doimiy kuchda harakat qonunini aniqlash*

- Ma'lumki, aylanuvchi keltiruvchi bo'g'ini uchun Lagranjning ikkinchi darajali tenglamasi quyidagi ko'rinishadadur:

$$\frac{d}{dt} \cdot \left( \frac{dT}{d\dot{\varphi}} \right) - \frac{dT}{d\varphi} = M^*,$$

○ (12.1)

- bu yerda,  $T$ - keltirish bo'g'inining kinetik energiyasi;
- $\dot{\varphi}$  - keltirish bo'g'inining burchak tezligi, keyinchalik -  $\omega$ ;
- $\varphi$  - keltirish bo'g'ini burchakli siljishi;
- $M^*$  - ta'sir qiluvchi kuchlarni keltirish momenti.



$T = \frac{J^* \omega^2}{2}$ , ni hisobga olib (12.1) formulani qayta yozamiz:

$$\frac{d}{dt} \left[ \frac{\partial}{\partial \omega} \left( \frac{J^* \cdot \omega^2}{2} \right) \right] - \frac{\partial}{\partial \varphi} \cdot \left( \frac{J^* \omega^2}{2} \right) = M^* \quad (12.2)$$

(12.2) ni differensiallaymiz.

$J^*$  keltrilgan inersiya momenti keltriish bo'g'inining  $\omega$  burchak tezligiga bog'liq emasligi uchun, xususiy hosila  $\frac{\partial J^*}{\partial \omega} = 0$  va (12.2) quyidagicha bo'ladi

$$\frac{\partial}{\partial \omega} \left( \frac{J^* \cdot \omega^2}{2} \right) = J^* \omega \quad (12.3)$$

(12.2) birinchi hadi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{d}{dt} (J^* \omega) \quad (12.4)$$



(12.2) tenglamani birinchi hadini (12.4) ni ikkita mustaqil  $\omega$  va  $J^*$  funksiyalar ssifatida ko'rinishga keltiramiz:

$$\frac{d}{dt}(J^* \omega) = \frac{d\omega}{dt} \cdot J^* + \frac{dJ^*}{dt} \cdot \omega = \frac{d\omega}{dt} \cdot J^* + \frac{dJ^*}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \cdot \omega = J^* \frac{d\omega}{dt} + \frac{dJ^*}{d\varphi} \cdot \omega^2 \quad (12.5)$$

(12.2) ikkinchi hadini differensiallaymiz.

$\omega$  burchak tezligi keltirish bo'g'inini holatini aniqlovchi  $\varphi$  koordinatasiga bog'liq emasligi uchun, xususiy hosila  $\frac{\partial \omega}{\partial \varphi}$   nolga teng, (12.2) ni ikkinchi hadi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \frac{J^* \omega^2}{2} \right) = \frac{dJ^*}{d\varphi} \cdot \frac{\omega^2}{2} \quad (12.6)$$




$J^*$  keltririlgan inersiya momenti faqat  $\varphi$  koordinatabilan aniqlanadigan keltirish bo'g'ini holatiga bog'liq bo'lgani uchun  $\frac{\partial J^*}{d\varphi}$  xususiy hosila bir vaqtda to'liq hosila  $\frac{\partial J^*}{d\varphi}$  hisoblanadi, bu esa (12.6) formulada hisobga olingan.

(12.5) va (12.6) larni nazarga olib (12.2) ni yakuniy ko'rinishida yozamiz:

$$J^* \frac{d\omega}{dt} + \frac{dJ^*}{d\varphi} \cdot \frac{\omega^2}{2} = M^* \quad (12.7)$$

Ilgarilanma harakatlanuvchi keltiruvchi bo'gin uchun quyidagi tenglamaga o'xshash bo'ladi:

$$m^* \frac{dv}{dt} + \frac{dm^*}{dS} \cdot \frac{v^2}{2} = P^*, \quad (12.8)$$


Ko'pinchas bog'lanishlaring quyidagi variantlari uchraydi:

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| 1. $J^* = \text{cost}$ ,  | $M^* = \text{cost}$ ,                   |
| 2. $J^* = \text{cost}$ ,  | $M^* = M^*(\omega)$ ,                   |
| 3. $J^* = \text{cost}$ ,  | $M^* = M^*(t)$ ,                        |
| 4. $J^* = \text{cost}$ ,  | $M^* = M^*(\varphi)$ ,                  |
| 5. $J^* = \text{cost}$ ,  | $M^* = M^*g(\varphi) - M^*_c(\omega)$ , |
| 6. $J^* = J^*(\varphi)$ , | $M^* = M^*(\varphi)$ ,                  |
| 7. $J^* = J^*(\varphi)$ , | $M^* = M^*g(\varphi) - M^*_c(\omega)$ . |

(12.8, a)



Ilgarilanma harakatlanuvchi keltirish bo'g'inida  $m^*$  va  $P^*$  uchun o'xshash funksiyalarga ega bo'lamiz.

Birinchi, ko'proq sodda variantda o'zgarmas massaga doimiy kuch ta'sir qiladi. Ikkinchi, uchinchi, to'rtinchi va oltinchi variantlar uchun shunisi xarakterli, harakatlantiruvchi va qarshilik kuchlarini  $M^*g$  va  $M^*_c$  keltirilgan momentlar, ularni yig'indisidan umumiy  $M^*$  keltirilgan moment  $\omega$ ,  $t$  yoki  $\varphi$  parametrlarining biriga bog'liq. Beshinchi va yettinchi variantlarni farqlanuvchi xususiyati shundaki,  $M^*g$  va  $M^*_c$  keltirilgan momentlari turli parametrlarga bog'liqdir.

“Mexanizm va mashinalar nazariyasi” kursini magistranti birinchi oltita variant bilan uchrashadi.

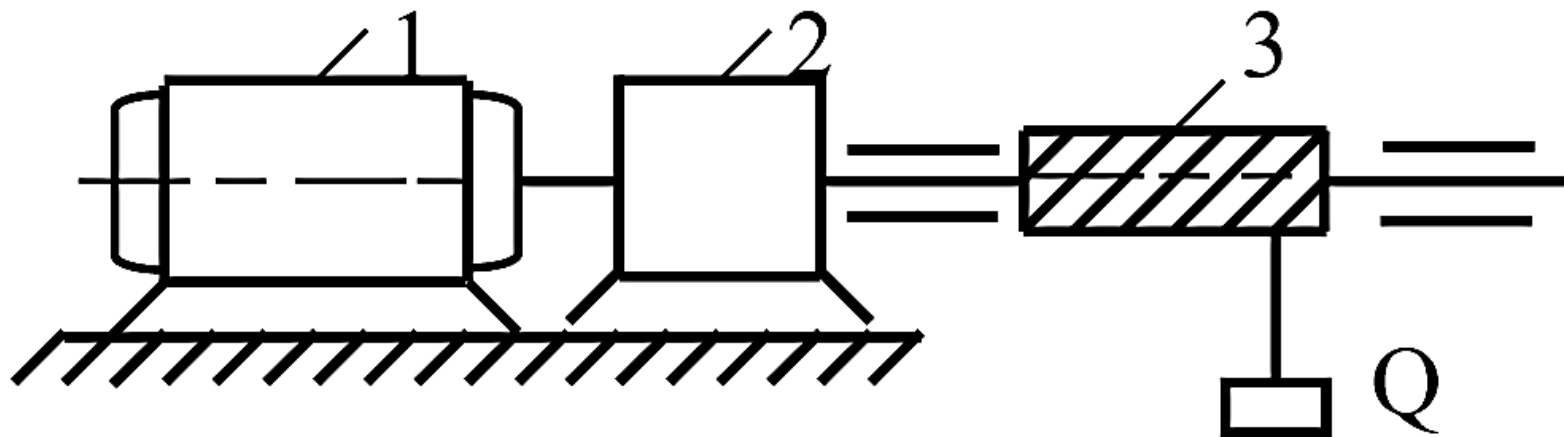


Oltinchi variant biklan – kurs loyihalashda, beshta variantni bittasini – nazorat ishlar bajarishda.

Quyidagi mexanizm harakat tenglamalarini tuzish va yechish bo'yicha  $M^*$  va  $J^*$  или  $P^*$  va  $m^*$  funksiyalarni qamragan na'munaviy masalalar quriladi.

Elektryurituvchi 1 reduktor 2 orqali ko'taruvchi mexanizm (12.1 - rasm) barabani 3 ni tinch holatdan harakatga keltiradi. Ishga tushirish davrida nominal burchak tezligiga erishguncha yurituvchi validagi moment  $Mg=1,5 M_c$ , bu yerda yurituvchiga valiga keltirilgan  $M_c$  – moment  $Q$  yuk momenti.

Yurituvchi valine harakat tenglamasini tuzib, uni vaqtga nisbatan burchak tezligi va burchak siljishini, ya'ni  $\omega(t)$  va  $\varphi(t)$  ni topish kerak. Shuningdek, yurituvchini  $\omega_H$  nominal burchak tezligiga jadallashish vaqtini va barabanni jadallashishidagi aylanish sonini aniqlash kerak.



**12.1 –rasm. Mashina agregatining hisoblash sxemasi.**

Berilganlar:

$Q=14\text{кН}$  -yuk og'irligi,

$D=0,5\text{м}$  -baraban diametri,

$i_{12}=100$  -reduktorning uzatishlar nisbati,

$J_{\sigma}=12\text{кгм}^2$  -barabanning inersiya momenti,

$J_g=0,4\text{кгм}^2$  -dvigatel rotorining inersiya momenti,

$\omega_H = 140\text{рад/с}$  -elektrodvigatelning nominal burchak tezligi



## 12.2. Mashina agregatining dinamik modelini parametrlarini aniqlash

Yurituvchining valiga inersiya momneti va bo'g'inlar massasini keltiramiz. Mexanizmning  $J^*$  keltirilgan inersiya momenti yurituvchi rotori inersiya momenti  $J_g$ , barabanning keltirilgan inersiya momenti  $J_{\delta}^*$  va yukning keltirilgan inersiya momenti  $J_Q^*$  idan tashkil topgan:

$$J^* = J_g + J_{\delta}^* + J_Q^* \quad (12.9)$$

Barabanning inersiya momentlarini aniqlashda uning massa markazi qo'zg'almas aylanish o'qiga to'g'ri kelishini hisobga olamiz va shu sababli quyidagicha yozamiz:

$$J_{\delta}^* = J_{\delta} \left( \frac{\omega_{\delta}}{\omega_g} \right)^2 + 0 = J_{\delta} \cdot i_{21}^2 \quad (12.10)$$



Yurituvchining valiga  $Q$  ni massasini keltirishda yukni burchak tezligi yo'qligin hisobga olamiz (5 formulada  $\omega_i=0$ ) va yukning  $V_2$  tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$V_2 = \omega_{\delta} \cdot \frac{D}{2} = \omega_g \cdot i_{21} \cdot \frac{D}{2} \quad (12.11)$$

Unday bo'lsa:

$$J_Q^* = 0 + \frac{Q}{g} \cdot \left( \frac{\omega_g \cdot i_{21} \cdot \frac{D}{2}}{\omega_g} \right) = \frac{Q \cdot D^2}{4 \cdot g} \cdot i_{21}^2 \quad (12.12)$$

(12.10) va (12.12) larni nazarga olib (12.9) formulani quyidagi ko'rinishga keltirimaiz:

$$J^* = J_g + J_{\delta} \cdot i_{21}^2 + \frac{Q \cdot D^2}{4 \cdot g} \cdot i_{21}^2 \quad (12.13)$$

Parametrlarning son qiymatlarini qo'yib quyidagini olamiz:

$$J^* = 0,4 + 12 \cdot 0,01^2 + \frac{14 \cdot 1000 \cdot 0,5^2 \cdot 0,01^2}{4 \cdot 9,8} = 0,41 \text{ kZM}^2 \quad (12.14)$$

Yurituvchining valiga kuchlar va momentlarni keltirishda quvvatlarning temgligiga asoslanamiz. Mexanizmda barabandagi  $Q$  qarshilik kuchi va elektryurituvchining validagi  $M_g$  harakatlantiruvchi moment ta'sir qiladi. Shunday qilib, yurituvchining valiga keltirilgan  $M^*$  yurituvchining o'zini momenti va  $Q$  kuchini keltirilgan  $M_c^*$  qarshilik momenti yig'indisini tashkil qiladi:

$$M^* = M_g - M_c^* \quad (12.15)$$

$M_c^*$  ni aniqlashda moment ta'sir qilmasligini hisobga olamiz.

So'ngra,  $\text{Cos}\alpha_H = \pm 1$ , chunki  $Q$  kuchi yo'nalishi bilan  $V_2$  yuk tezligi orasidagi  $\alpha_H$  burchak yukni ko'tarish va tushirishda, tegishlicha  $130^\circ$  va  $0$  gradusni tashkil qiladi.

Bayon qilinganni nazarga olib:

$$M_c^* = Q \cdot \frac{V^2}{\omega g} + 0 = \frac{Q \cdot D}{2} \cdot i_{21} \quad (12.16)$$

Formulada  $V$  ni almashtirish (12.10) ga muvofiq bajariladi. Keyin masala sharti bo'yicha  $Mg = 1,5 \cdot M^*$  inobatga olamiz. Ushbu shartni va (12.16) formulani hisobga olib, (12.15) formulani yakuniy ko'rinishga keltiramiz:

$$M = 1,5 \cdot \frac{Q \cdot D}{2} \cdot i_{21} - \frac{QD}{2} \cdot i_{21} = 0,25 \cdot QD \cdot i_{21} \quad (12.17)$$

(12.17) kiruvchi parametrlarning sonli qiymatlarini qo'yib quyidagini olamiz:

$$M^* = 0,25 \cdot 14 \cdot 1000 \cdot 0,5 \cdot 0,01 = 17,5 \text{ HM} \quad (12.18)$$



### 12.3. Sistemaning harakat tenglamalarini tuzish va yechish

Keltirilgan aylanuvchi bo'ginni (12.7) umumiy harakat tenglamasidan foydalanamiz. Bunda ko'rilayotgan masalada  $J^* = const$  ni nazarga olamiz. Demak,

$\frac{dJ^*}{d\varphi} = 0$  va (12.7) formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$J^* \cdot \frac{d\omega}{dt} = M^* \quad (12.19)$$

O'zgaruvchilarni bo'lishni bajarib (12.19) tenglamani integrallaymiz:

$$\int J^* \cdot d\omega = \int M^* \cdot dt + c_1 \quad (12.20)$$

yoki

$$J^* \cdot \omega = M^* \cdot t + c_1 \quad (12.21)$$



$c_1$  integrallash doimiyligini boshlang'ich shartlardan, ya'ni  $t=0$  bo'lganda aniqlaymiz. Harakat tinch holatidan boshlangan, ya'ni  $t=0$  bo'lgani uchun,  $\omega=0$ , (12.20)ga muvofiq  $c_1=0$ . Bunda (12.20) quyidigicha bo'ladi:

$$\omega = \frac{M^*}{J^*} \cdot t \quad (12.22)$$

(12.22) formula  $\omega(t)$  ni izlanadigan bog'lanishini ifodalaydi.  $\varphi(t)$

bog'lanishini aniqlash uchun (12.22) tenglamani, dastlab  $\omega$  ni  $\frac{d\varphi}{dt}$  sifatida ko'rib,

integrallash yetarli:

$$\int d\varphi = \int \frac{M^*}{J^*} \cdot t \cdot dt + c_2$$



Bunda

$$\varphi = \frac{M^*}{2 \cdot J^*} \cdot t^2 \quad (12.24)$$

12.22) va (12.24) formulalarni hisoblash uchun qulay holga keltirish unga (12.14) va (12.12) dan olingan  $J^*$  va  $M^*$  sonli qiymatlarni qo'yamiz:

$$\omega = 42,68 \cdot t \quad (12.25)$$

$$\varphi = 21,34 \cdot t^2 \quad (12.26)$$

(12.25) va (12.26) ga  $t$  ni qator qiymatlarini qo'yib,  $\omega$  va  $\varphi$  ni tegisahli qiymatlarini olish mumkin. Zarur bo'lganda hisob natijalari bo'yicha tanlangan masshtabda  $\omega(t)$  va  $\varphi(t)$  grafiklarini qurish mumkin..



Keltirish bo'g'inini berilgan nominal  $\omega_H$  burchak tezligiga  $t_p$  jadallashish vaqtini aniqlash uchun (12.25) tenglamani  $t$  ga nisbatan,  $\omega$  o'rniga berilgan  $\omega_H$  qo'yib yechamiz;

$$t_p = \frac{\omega_H}{42,68} = \frac{140}{42,68} = 3,28 \text{ c.}$$

Jadallashish vaqtida keltirilgan bo'g'inli  $n_p$  aylanish sonini (12.26) dan  $t$  o'rniga jadallashish  $t_p$  vaqtini qo'yib aniqlaymiz:

$$n_p = \frac{\varphi_p}{2\pi} = \frac{21,34 \cdot t_p^2}{2\pi} = \frac{21,34 \cdot 3,28^2}{2 \cdot 3,14} = 36,56 \text{ ob.}$$

Barabanning jadallashishi vaqtidagi  $n_\delta$  aylanish sonini aniqlaydi:

$$n_\delta = n_p \cdot i_{21} = 36,56 \cdot 0,01 = 0,366 \text{ ob.}$$



## ***12.4. O'z- o'zini tekshirish savollari***

1. Sistemaning o'zgaruvchan massasida mashinaning harakati umumiy tenglamasi qanday keltirib chiqariladi?
2. Keltirilgan bo'g'inni o'zgaruvchan inersiya momentidagi differensial tenglamasini yozing.
3. Mashina agregatini keltirilgan inersiya momentini hisoblashga misol keltiring.
4. Mashina agregatini jadallashtirish vaqti qanday aniqlanadi?
5. Jadallashish vaqtida barabanning aylanish soni qanday hisoblanadi?

