

## MA'RUZA - 13

<b>Ma'ruza mavzusi:</b>	<b>M XANIZM BO'G'INLARINI STATIK VA DINAMIK MUVOZANATLASH</b>
<b>Reja:</b>	<b>1. Aylanuvchi massalarni muvozanatlash 2. Statik muvozanatlash 3. Dinamik muvozanatlash</b>

### Aylanuvchi massalarni muvozanatlash

Aylanuvchi massalarni muvozanatlash amalda hamma hozirgi zamon mashinalariga zarurdir, xususiyl holatda, rotor tipidagi detallarni aniqmas tayyorlash natijasida massalar markazi aylanish o'qiga nisbatan siljigan bo'ladi. Bundan tashqari, valda simmetrik detallardan tashqari simmetrik bo'lmagan formadagi detallar uchraydi, bular qisman massalar markazini siljishiga olib keladi.

Zvenoning massalar markazi uning aylanish o'qiga nisbatan siljishi tayanchlarda dinamik bosimni hosil qiladi. Agarda massalari qanchalik katta va katta burchak tezlik bilan aylannayotgan bo'lsa, bu bosimlar shunchalik katta bo'ladi. Bunday zvenolar soniga tezyurar dvigatel vallarini, separatorlarini kiritish mumkin. Ba'zi bir nomlangan zvenolarning aylanish chastotasini  $10000 \div 50000$  ayl/min ga yetadi. Aylanish natijasida tayanchdagi bosim kuchi yo'nalishi bo'yicha o'zgaruvchan bo'ladi, muvozanatlashmagan rejimda esa uning qiymati ham o'zgaruvchandir. Bu kuchlar stanina va funamentga davriy bo'lmagan kuch ko'rinishida ta'sir etib silkinishga olib keladi, bu to'g'rida yuqorida gapirilgan.

Cilkinish amplitudasini kamaytirish uchun aylanuvchi massalar muvozanatlanadi. Amalda tezlanuvchi mashina detallariga qo'shimcha massalarini qo'yish yoki ortiqcha materiallarni olib tashlash maqsadida balansirovka mashinalarida ularni o'rnini topish uchun tekshiriladi.

Aylanuvchi massalarni muvozanatlash (balansirovka) statik va dinamikka bo'linadi.

Statik – bu shunday muvozanatlashki unda zveno o'zining og'irlik kuchi ta'sirida ishqalanish kuchi bo'lmagan holatda ham aylanma harakat holatiga kela olmaydi (massalar markazi aylanish o'qi bilan ustma-ust tushadi, inersiya kuchining bosh vektori nolga teng).

Dinamik – bu shunday muvozanatlashki, unda bosh vektordan tashqari inersiya kuchining bosh momenti ham nolga teng bo'ladi (katta uzunlikdagi rotor tipidagi zvenolar uchun).

Qisqa uzunlikdagi rotorlarda faqat inersiya kuchining bosh vektori muvozanatlanadi, inersiya kuchining bosh momenti qiymati esa hisobga olinmaydi, ya'ni statik balansirovka qilish bilan chegaralanadi. Bu holatlarda aylanuvchi massalar aylanish o'qiga perpendikulyar bitta tekstlikda yotadi.

Katta tezlikda aylanuvchi uzun rotorlarda inersiya kuchining bosh momentini muvozanatlashga to'g'ri keladi. Bu holatda aylanuvchi massalarni to'la muvozanatlash kerak, ya'ni statik muvozanatlashdan tashqari, dinamik balansirovka qilinadi.

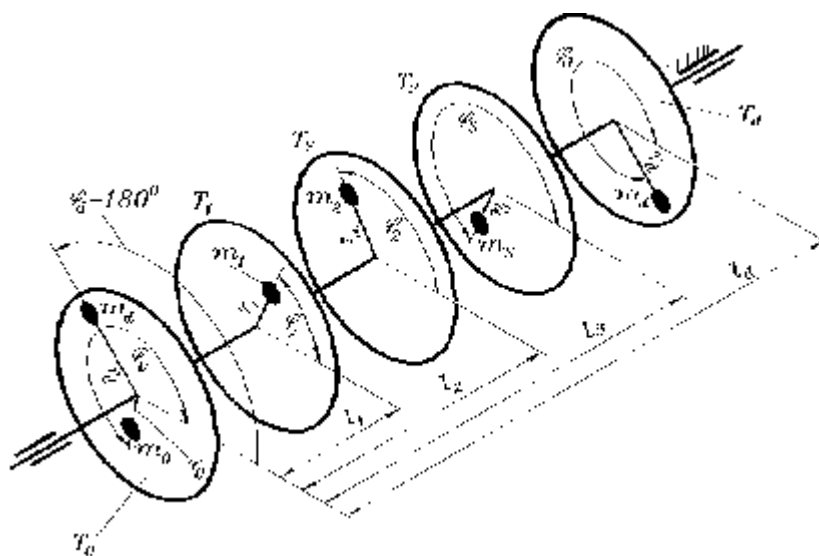
Statik va dinamik muvozanatlash nazariyasini muvozanatlanmagan massalarning joylashishi aniq aylanuvchi sistema balansirovka misolida ko'rib chiqamiz. 10.4-rasmda bu sistema ko'rsatilgan, u beshta disk ma'kamlangan val ko'rinishida bo'ladi (bular turbin rotorlari, tishli g'ildiraklar va h.k.). Uchta o'rta disk  $T_1$ ,  $T_2$  va  $T_3$  da  $m_1$ ,  $m_2$  va  $m_3$  muvozanatlanmagan massalar joylashadi. Maxsus ikkita chetki disk balansirovka og'irliklarini joylashtirish uchun qo'yilgan:  $T_0$  diskka  $m_0$  massa statik balansirovka uchun yoki  $m_d$  massa dinamik balansirovka uchun o'rnatiladi,  $T_D$  diskka esa – dinamik balansirovka  $m_d$  og'irligidagi massa o'rnatiladi.

Agar diskali val statik muvozanatlashmagan bo'lsa, u istalgan burchak holatidan amalda harakatga keladi, muvozanatlangan sistema esa qo'zg'almas bo'lib qoladi. Dinamik muvozanatlanmagan diskali val aylanishda tayanchlarga davriy bosim ko'rsatadi (balansirovka stanoklarida bu bosim maxsus datchiklar yordamida ushlanadi). Agar val dinamik balansirovka qilingan bo'lsa, bu bosim bo'lmaydi.

### **Statik muvozanatlash.**

Rotorni tekis aylanishida  $m_1$ ,  $m_2$  va  $m_3$  muvozanatlanmagan massalar  $F_{I1}$ ,  $F_{I2}$  va  $F_{I3}$  inersiya kuchlarini keltirib chiqaradi. inersiya kuchlarini muvozanatlash va  $m_1$ ,  $m_2$  va  $m_3$  massalarni statik balansirovka qilishdir. Ko'rsatilgan kuchlarni umumiy tekislik  $T_0$  – keltirish tekisligiga ko'chiramiz  $T_0$  diskka  $m_0$  burchak ostida va  $r_0$  radiusda o'rnatilgan  $m_0$  debalans massa yordamida ularni  $F_{I0}$  inersiya kuchi bilan muvozanatlash mumkin. Statik muvozanat sharti quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\overline{F_1} + \overline{F_2} + \overline{F_3} + \overline{F_0} = 0 \quad (1)$$



Inersiya kuchi massani o'rnatilgan radius va burchak tezlik kvadrati ko'paytmasiga teng. <sup>2</sup> qisqartirilgandan so'ng (1) dan olamiz:

$$\overline{m_1 r_1} + \overline{m_2 r_2} + \overline{m_3 r_3} + \overline{m_0 r_0} = 0 \quad (2)$$

bu yerda  $r_1, r_2$  va  $r_3$  – muvozanatlashmagan massalarni joylashish radiusi.

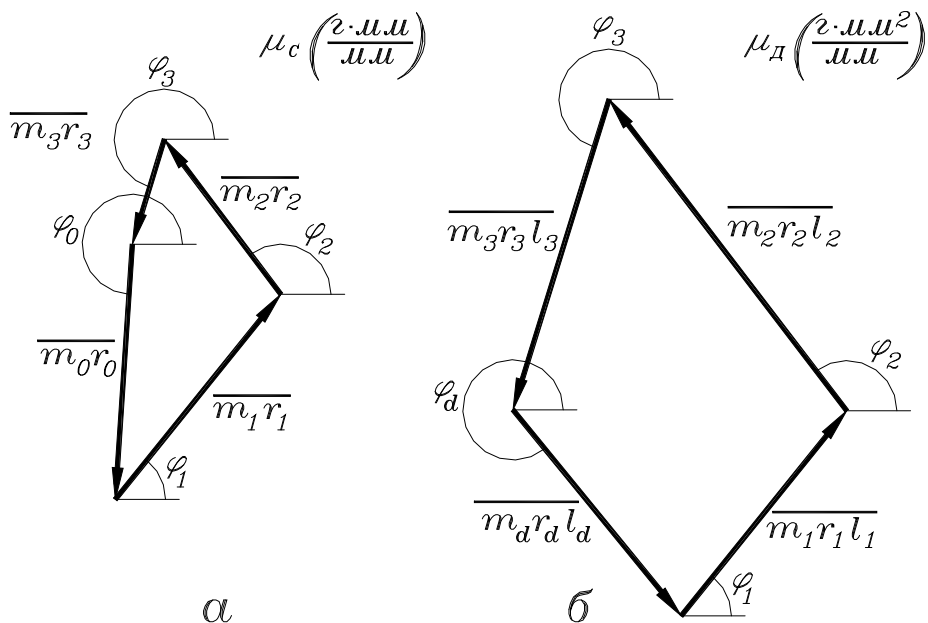
$\overline{m r}$  vektor qiymatlar mos ravishdagi indekslar bilan muvozanatlashmagan,  $\overline{m_0 r_0}$  – statik debalans deyiladi.

(2) tenglama a-rasmda ko'rsatilganidek ixtiyoriy masshtabda grafik usulda yechiladi.

Muvozanatlashmagan vektorlarning  $\alpha_1, \alpha_2$  va  $\alpha_3$  burilish burchaklari yuqoridagi rasmdagidek muvozanatlashmagan massalarning joylashishi burchagiga teng. Ko'pburchakni yopuvchi vektor  $\overline{m_0 r_0}$  statik debalans vektoridir.  $\mu_s$  masshtabdan foydalanib statik debalansning qiymati gmm da aniqlanadi, so'ng  $r_0$  radiusni joylanishi berilib,  $m_0$  posongi massasi hisoblanadi va  $T_0$  diskka  $\alpha_0$  burchak ostida o'rnatiladi.

Bu bilan birinchi stadiya muvozanatlash tugatiladi. Statik balansirovka bajariladi, ya'ni aylanuvchi sistemaning massalar markazining aylanish o'qidan siljishi kuzatiladi.

SHunday qilib, aylanuvchi massalarni statik balansirovkasi uchun ixtiyoriy tanlangan tekislikda bitta psongini ma'kamlash bilan bajariladi.



### Dinamik muvozanatlash.

Aylanuvchi massalarni muvozanatlashning ikkinchi etapi qo'shimcha massalar yordamida markazdan qochma inersiya kuchining bosh momenti muvozanatlashdan iborat.

$T_0$  keltirish tekisligiga markazdan qochma inersiya kuchlarini ko'chirish qoidasiga asosan juft kuch momentlarini qo'shib, ko'chirilgan kuchlarni ko'chirish masofasiga ko'paytmasiga teng. Bizning holatda bu quyidagi momentlar:

$$\begin{aligned} \overline{M_1} &= \overline{F_1 l_1} \\ \overline{M_2} &= \overline{F_2 l_2} \\ \overline{M_3} &= \overline{F_3 l_3} \end{aligned} \quad (3)$$

bu yerda  $l_1, l_2$  va  $l_3$  –  $T_0$  disk va  $T_1, T_2$  va  $T_3$  disklar oralig'idagi masofa.

Bu momentlarni muvozanatlash  $m_1, m_2$  va  $m_3$  aylanuvchi massalarni dinamik balansirovka qilishdan iborat. Bu muvozanatlovchi momentni hisobga olinsa, vektor tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$\overline{M_1} + \overline{M_2} + \overline{M_3} + \overline{M_d} = 0 \quad (4)$$

Muvozanatlovchi momentni ixtiyoriy tekislikda joylashgan bitta qo'shimcha  $m_d$  massaning juft markazidan qochma inkertiya kuchidan yaratiladi. Osonlashtirish uchun bitta tekislikni  $T_0$  keltirish tekisligi bilan almashtiriladi. Ikkinchi tekislik  $l_d$  masofada  $T_d$  disk bilan ustma-ust tushadi. Unda (4) tenglamadan, (1), (2) va (3) ifodalarni hisobga olib, quyidagini olamiz:

$$\overline{m_1 r_1 l_1} + \overline{m_2 r_2 l_2} + \overline{m_3 r_3 l_3} + \overline{m_d r_d l_d} = 0 \quad (5)$$

$\overline{mrl}$  vektor qiymatlar mos ravishdagi indekslar bilan muvozanatlashmagan momentlar,  $\overline{m_d r_d l_d}$  qiymatini esa dinamik debalans deyiladi.

Muvozanatlashmagan moment vektorlarning yo'nalishi muvozanatlashmagan vektor yo'nalishi bilan ustma-ust tushadi. Unda (10.9) tenglama ixtiyoriy masshtabda grafik usulda yechiladi. Kuch ko'pburchakni yopuvchi vektor  $\overline{m_d r_d l_d}$  dinamik debalans vektori bo'ladi.  $\mu_D$  masshtab yordamida dinamik debalans qiymati  $\text{gmm}^2$  da aniqlanadi, so'ng  $r_0$  joylashtirish radiusi berilib,  $m_d$  posongi massasi hisoblanadi va  $T_d$  diskka  $\alpha_d$  burchak ostida o'rnatiladi. Ikkinchi qo'shimcha  $m$  massa, statik balansirovkani saqlash uchun o'qiga ( $\alpha_d - 180^\circ$ )  $r_d$  radiusda qarama-qarshi tomonga  $T_0$  keltirish tekisligiga o'rnatiladi

SHunday qilib,  $T_0$  tekislikda ikkita massa bo'ladi:  $m_0$  va  $m_d$ , ular har xil radiusda va har xil burchak ostida joylashtiriladi. Kerak bo'lganda ularni bitta  $m_{d0}$  massa bilan almashtiriladi, muvozanatlashmagan almashtirilgan massalar summasiga teng.

Kerak bo'lganda, masalan, katta aniqlik uchun muvozanatlash masalasining yozilishi vektor proektsiyalaridan foydalanib, statik va dinamik muvozanatlashni analitik usulda yechish mumkin.

Aylanuvchi jismlarda muvozanatlashmagan massalarni aniqmas joylashishini maxsus muvozanatlash mashinalarida, hususiy holda SHitikov dastgohida olib boriladi.

## XULOSA

Jukovskiy teoremasi bo'yicha tezliklar planini Jukovskiy richagi deyish mumkin.

Tezliklar plani ixtiyoriy masshtabda qurilishi mumkin.

Ba'zi mexanizmlarni statik muvozanatlash yetarli.

Mexanizmlarni muvozanatlash ular bo'g'inarining ishlash muddatlarini oshiradi.

Mexanizmlarni muvozanatlashda grafik usuldan foydalaniladi.

## SAVOLLAR

1. Jukovskiy richagi deb nimaga aytiladi?
2. Jukovskiy richagini qurishdan maqsad nima?
3. Jukovskiy teoremasi bo'yicha muvozanatlovchi kuch  $P_{ur}$  qanday aniqlanadi?
4. Muvozanatlovchi kuchga tarif bering.

5. Statik muvozanatlash qanday amalga oshiriladi?
6. Dinamik muvozanatlash qanday amalga oshiriladi?
7. Nima uchun ba'zi mexanizmlarni statik muvozanatlash yetarli bo'ladi?
8. Inersiya momenti qanday aniqlanadi?
9. Qanday mexanizmlar dinamik muvozanatlanadi?
10. Statik muvozanatlash deganda nimani tushunasiz?
- 11. Dinamik muvozanatlash deganda nimani tushunasiz?**