

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

O‘RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA‘LIMI MARKAZI

**B.K. MUHAMADJONOV, A. AZIMOV,
R.B. DAMINOVA, M. ESHPO‘LATOVA**

TEXNIK MEXANIKA

Kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma

UO‘K: 621.1.011(075.32)

KBK 30.12

M96

*Oliy va o‘rta maxsus, kasb-hunar ta’limi ilmiy-metodik
birlashmalari faoliyatini muvofiqlashtiruvchi Kengash
tomonidan nashrga tavsiya etilgan.*

O‘quv qo‘llanma nazariy mexanika mexanizmlari va mashinalar nazariyasi, materiallar qarshiligi va mashina detallariga oid mavzularni qamrab olgan. Unda ushbu mavzular asosida mashina va mexanizmlar qismlarining harakati va ularda hosil bo‘ladigan kuch va kuchlanishlarni aniqlash hamda ularni hisoblash usullari bo‘yicha talabalar egallashi lozim bo‘lgan bilim, malaka va ko‘nikmalar bayon etilgan.

Taqrizchilar: **Sh.P. ALIMUHAMEDOV** – Toshkent avtomobil yo‘llari institutining kafedra mudiri, texnika fanlari doktori, professor; **O. QO‘YSINOV** – Toshkent davlat pedagogika universiteti o‘qituvchisi, pedagogika fanlari nomzodi, dotsent.

KIRISH

Mehnat unumdorligini oshirish yoʻlidagi asosiy omillardan biri – ishlab chiqarishni texnik jihatdan takomillashtirish, ishlab chiqarishga yangi mashina, mexanizm va texnologiyalarni joriy qilib, uning texnikaviy darajasini oshirib borishdan iboratdir.

Tabiat fanlari ichida «texnik mexanika» fani texnikaning ilmiy asoslaridan biridir. Arximed, «Mexanika sanoatning turli tarmoqlari uchun rivojlanishning ilmiy bazasidir», degan edi. Sanoatning turli tarmoqlari, qishloq xoʻjaligi va boshqa istalgan sohada turli konstruksiyali mashinalar, asboblari, turli qattiq va suyuq materiallar va gazlar bilan ish olib borishga toʻgʻri keladi.

Har qanday texnologik jarayonni toʻgʻri tashkillashtirish uchun optimal oʻlchash va tasnifga ega boʻlgan mashina va mexanizmlar, mashinalar tarkibidagi harakatlanuvchi detallar tayyorlanadigan materiallarning mexanik xossalarini chuqur oʻrganish lozim.

Ayniqsa, texnologik jarayonning borishini taʼminlash uchun mashina detalining harakati vaqtidagi oʻzgarishi (deformatsiyasi)ni hisobga olmoq lozimdir.

«Texnik mexanika» fanida koʻpgina maxsus texnik fanlarni oʻrganish uchun tayanch hisoblangan mexanika asoslari (nazariy mexanika, materiallar qarshiligi, mexanizm va mashinalar nazariyasi va mashina detallari) fanlarining asoslari bayon etiladi.

Nazariy mexanika – moddiy jismning harakat qonunlari va xossalari hamda muvozanat shartlarini oʻrganadi.

Mexanik masalaning qanday nuqtayi nazardan qoʻyilishiga qarab, nazariy mexanika fani *statika*, *kinematika* va *dinamika* qismlariga boʻlinadi.

Moddiy jismlarga qoʻyilgan kuchlar va kuchlar sistemasi, ularni taʼsir jihatdan teng boʻlgan kuchlar bilan almashtirish, muvozanat masalalari mexanikaning *statika* boʻlimida tekshiriladi.

Jismlarning harakatini ularning massasi va ularga taʼsir etuvchi kuchlarga bogʻlamay, faqat geometrik nuqtayi nazardan tekshirish masalasi *kinematika* boʻlimida tekshiriladi.

Dinamika – moddiy jismlarning harakati, shu harakatni keltirib chiqaruvchi kuch bilan birgalikda tekshiriladi.

«Nazariy mexanika» fanining qonunlari materiallar qarshiligi, mexanizm va mashinalar, mashina detallari va h.k. fanlar uchun xilma-xil texnik masalalarni yechishda qo‘llaniladi.

Mexanizm va mashinalar nazariyasi – mexanizmlarning tuzilishi, ularning kinematikasini va dinamikasini tahlil va sintez qilish to‘g‘risidagi fandir.

Materiallar qarshiligi – mashina, mexanizm va inshoot qismlarini mustahkamlikka, bikirlikka va ustuvorlikka hisoblash usullarini o‘rgatadi.

Mashina detallari – asosan, texnikada uchraydigan detallarning ajraluvchan va ajralmas birikmalari, uzatmalar, uzatmalarning detallari hamda ularni loyihalash haqidagi fandir.

STATIKA

1-bob. QATTIQ JISM STATIKASI

Nazariy mexanika materiyaning asosiy va oddiy xarakterlaridan biri bo'lgan – moddiy jismlarning mexanik harakatidagi umumiy qonunlarni tekshiradi va shu harakat davomida hosil bo'lgan masalalarni yechish usullarini o'rganadi.

Baqt o'tishi bilan moddiy jismlarning bir-birlariga nisbatan fazoda ko'chishi *mexanik harakat* deyiladi.

«Nazariy mexanika» fani, mexanik masalaning qanday nuqtayi nazardan qo'yilishiga qarab, uch qismga: *statika*, *kinematika* va *dinamikaga* bo'linadi.

1. *Statika* – kuchlar ta'siridagi jismning muvozanat shartini tekshiradi.

2. *Kinematika* – jismlarning harkatini, ularning massasi va ularga ta'sir etuvchi kuchlarga bog'lamay, faqat geometrik nuqtayi nazardan tekshirish masalasini o'rgatadi.

3. *Dinamika* – jism harakatini unga qo'yilgan kuch ta'siri bilan birgalikda tekshiradi, ya'ni kuch va kuch ta'siridan vujudga kelgan harakat orasidagi bog'lanishlarni o'rganadi.

1.1. Asosiy tushunchalar, atamalar va ta'riflar

«Nazariy mexanika» fani bizni o'rab turgan moddiy dunyodagi obyektlarni tinch turgan, harakatdagi va tashqi hamda ichki kuchlar ta'siridagi holatlarini va harakatlarini o'rganadi. Bu jarayonda o'rganilayotgan obyektlarni *moddiy nuqta* va ular *absolut qattiq jism* deb faraz qilinadi.

Moddiy nuqta – harakati yoki muvozanatini tekshirishda o'lchamlari va shaklining ahamiyati bo'lmagan, massasi bir nuqtada joylashgan deb tasavvur qilinadigan jism tushuniladi.

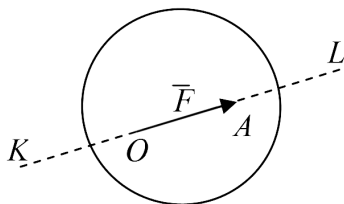
Absolut qattiq jism – kuch ta'sirida qaralayotgan jismning ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa doimo o'zgarmasdan qolgan jismga aytiladi.

Tabiatda absolut qattiq jism yo'q, har qanday jism oz bo'lsa-da, *deformatsiyalanadi* – shakli o'zgaradi.

Kuch – jismlarning bir-biriga ko‘rsatgan o‘zaro ta’sirining miqdor o‘lchovi. Kuchning jismga ta’siri uning uchta belgisi bilan aniqlanadi:

- a) kuch qo‘yilgan nuqta;
- b) kuch yo‘nalishi;
- d) kuchning skalar kattaligi (ya’ni kuchning son qiymati).

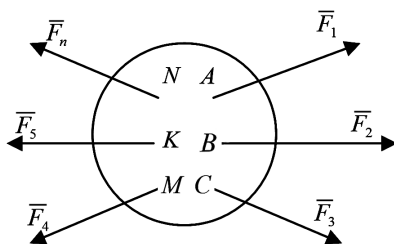
Kuchning ta’sir chizig‘i – kuch vektori yotgan chiziq.



1-shakl.

Bu yerda, KL – chiziq kuch ta’sir chizig‘i.

Kuchlar sistemasi – jismga qo‘yilgan $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n$ kuchlar to‘plami.



2-shakl.

Ekvivalent kuchlar sistemasi – jismga qo‘yilgan kuchlar sistemasi ko‘rsatadigan ta’sirni bera olgan boshqa kuchlar sistemasi, ya’ni

$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n) \in (\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, \vec{Q}_3, \dots, \vec{Q}_n).$$

Kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisi – kuchlar sistemasining jismga ta’sirini yolg‘iz bir kuch bera olgan kuch, ya’ni

$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n) \in (R).$$

Muvozanatlashgan kuchlar sistemasi – tinch turgan jism unga qo‘yilgan $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n)$ kuchlar sistemasi ta’sirida ham tinch holatda qola olgan kuchlar sistemasi, ya’ni

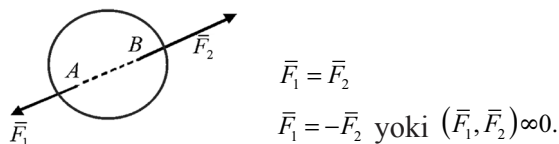
$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n) \in 0.$$

Erkin jism – fazoda ixtiyoriy tomonga harakatlana olgan jism.

1.2. Statikaning asosiy aksiomalari

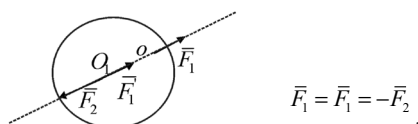
Nazariy mexanikaning statika qismi tajriba va kuzatishlar yordamida aniqlangan quyidagi aksiomalarga asoslanadi:

1-aksioma. Erkin jismning istalgan ikki nuqtasiga miqdorlari teng, yo'nalishi esa shu nuqtalardan o'tuvchi to'g'ri chiziqli bo'yicha qarama-qarshi tomonga yo'nalgan ikki kuch ta'sir etsa, bunday kuchlar o'zaro muvozanatlashadi.



3-shakl.

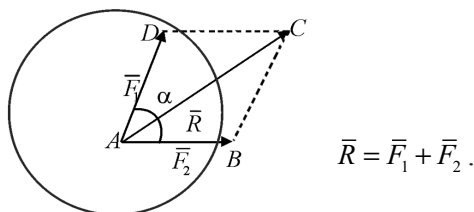
2-aksioma. Nolga ekvivalent sistemaning jismga ta'sir etuvchi kuchlar sistemasiga qo'shish yoki undan ayirish bilan kuchlarning jismga ta'siri o'zgarmaydi.



4-shakl.

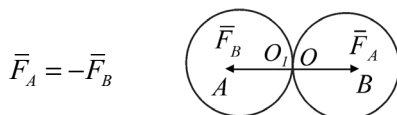
1-aksiomaga ko'ra $(\vec{F}_1, \vec{F}_2) \infty 0$ bo'lgani uchun tashlab yuborsak, u holda O_1 nuqtada $\vec{F}_1'$ kuch qoladi. O nuqtaga qo'yilgan $\vec{F}_1$ kuch o'rniga O_1 nuqtaga qo'yilgan $\vec{F}_1'$ kuch qo'yilgan bo'ladi. $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_1'$ teng.

3-aksioma (parallelogramm aksiomasi). Jismning biror nuqtasiga qo'yilgan turli yo'nalishdagi ikki kuchning teng ta'sir etuvchisi miqdori jihatdan shu kuchlarga qurilgan parallelogrammning ular qo'yilgan nuqtadan o'tuvchi diagonaliga teng bo'lib, shu diagonal bo'ylab yo'naladi.



5-shakl.

4-aksioma. Jismlarning bir-biriga ta'sir etuvchisi o'zaro teng va to'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi tomonga yo'naladi:



5-aksioma. Berilgan kuchlar ta'sirida deformatsiyalanadigan jism muvozanat holatida absolut qattiq jismga aylansa, uning muvozanati o'zgarmaydi.

Bu aksioma *qotish prinsipi* deyiladi.

1.3. Bog'lanish va bog'lanish reaksiyalari

Jismning harakati yoki holati biror sabab bilan cheklangan bo'lsa, u *bog'lanishdagi jism* deyiladi. Jismning harakati yoki holatini cheklovchi sabab esa *bog'lanish* deyiladi.

Bog'lanishning jismga ko'rsatadigan ta'sirini belgilovchi kuch *bog'lanish reaksiya kuchi* deyiladi.

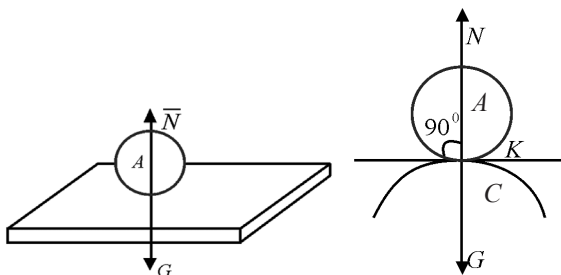
6-aksioma. Bog'lanishdagi jismni erkin jism shakliga keltirish uchun jism ta'sir etuvchi kuchlar qatoriga bog'lanish reaksiya kuchini ham qo'shish kerak.

Bu aksioma jism bog'lanishdagi *bo'shatish aksiomasi* deyiladi. Bog'lanishdagi jismlarning harakati qaysi tomonga cheklangan bo'lsa, reaksiya kuchi shu yo'nalishga teskari yo'nalgan bo'ladi.

Misol:

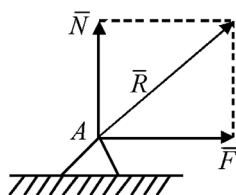
1. Gorizontaal parallel tekislikda yotuvchi A qattiq jism bilan tekislikka ta'sir qiladi. Parallel tekislik ham o'z navbatida, A jism o'z og'irligiga teng N reaksiya kuchi ta'sir qiladi.

2. A jism K nuqtada C sferik sirtga tayanib turibdi. N – normal bo'yicha yo'naladi:



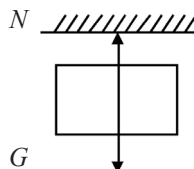
6-shakl.

3. Sharnirli qo'zg'almas tayanchda bo'lsa,

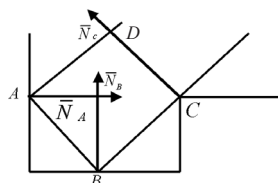


7-shakl.

4. Og'irlik bo'lgan jism egiluvchan jism (ip, arqon, zanjir) yordamida osilgan ipning tortilishi, N reaksiya kuchi hisoblanadi.



5. Jism C va D tayanchlarga A va B nuqtalar bilan tiriladi.



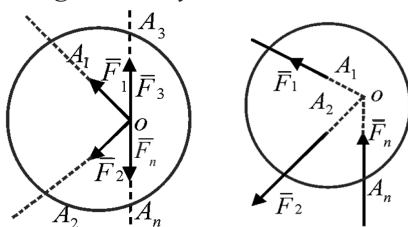
8-shakl.

2-bob. BIR NUQTADA KESISHUVCHI KUHLAR

2.1. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi

Ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishadigan kuchlar sistemasi *bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi* deyiladi. Ya'ni jismning $A_1, A_2, A_3 \dots A_n$ nuqtalariga, ta'sir chiziqlari O nuqtada kesishadigan tegishlicha $F_1, F_2, F_3 \dots F_n$ kuchlar ta'sir etsa, bu kuchlar bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasini tashkil qiladi.

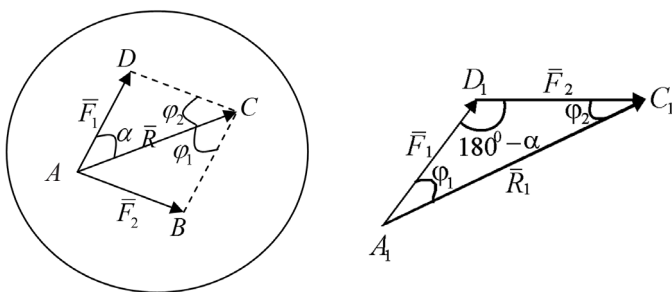
Kuchlarni ularning ta'sir chiziqlari bo'ylab ko'chirish mumkin. Shu tufayli, bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasini doimo bir nuqtaga qo'yilgan kuchlar sistemasi bilan almashtirish mumkin. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarni *geometrik yoki analitik usulda* qo'shish mumkin.



9-shakl.

Bir nuqtada kesuvchi ikki kuchni geometrik qo'shish jismning biror A nuqtasiga qo'yilgan va o'zaro α burchakni tashkil etuvchi F_1 va F_2 kuchlarning teng ta'sir etuvchisi, *parallelogramm* aksiomasiga ko'ra, shu kuchlarga qo'shilgan parallelogrammning A nuqtasidan o'tuvchi diagonal bilan ifodalanadi.

Bir nuqtaga ikkita kuchning teng ta'sir etuvchisini kuchlar *uchburchagi* usulida ham aniqlash mumkin. Buning uchun ixtiyoriy A_1 nuqtaga F_1 kuchni qo'yib, bu kuchning uchi D nuqtaga F_2 kuchni o'ziga parallel ravishda keltiramiz. Birinchi kuchning boshi A_1 ni ikkinchi kuchning uchi C_1 bilan tutashtiruvchi R vektor teng ta'sir etuvchi kuchni ifodalaydi. Kuchlarni bu usulda qo'shish kuchlar *uchburchagi usuli* deyiladi. Teng ta'sir etuvchining modulini A_1P , C_1P , D_1 dan kosinuslar teoremasiga asosan aniqlaymiz.



10-shakl.

$$R^2 = \overline{F_1^2} + \overline{F_2^2} - 2\overline{F_1F_2} \cos \Delta ABC$$

$$\Delta ABC = 180^\circ - \alpha = -\cos \alpha$$

$$\alpha = (\varphi_1 + \varphi_2)$$

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cdot \cos \alpha$$

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}. \quad (1)$$

Teng ta'sir etuvchi R kuchning $\overline{F_1}$ va $\overline{F_2}$ kuchlar bilan tashkil qilgan φ_1 va φ_2 burchaklar sinuslar teoremasiga ko'ra aniqlanadi:

$$\frac{F_1}{\sin \varphi_2} = \frac{F_2}{\sin \varphi_1} = \frac{R}{\sin(180^\circ - \alpha)};$$

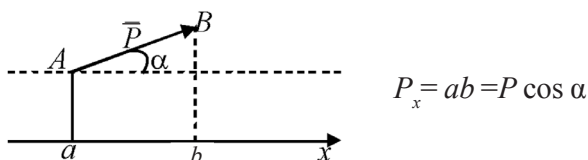
$$F_1 = R \frac{\sin \varphi_2}{\sin(180^\circ - \alpha)}; \quad F_2 = R \frac{\sin \varphi_1}{\sin(180^\circ - \alpha)}.$$

Kuch parallelogramm yoki kuch uchburchak yordamida teskari masala yechish mumkin, ya'ni kuchni berilgan ta'sir etuvchisiga ajratish mumkin.

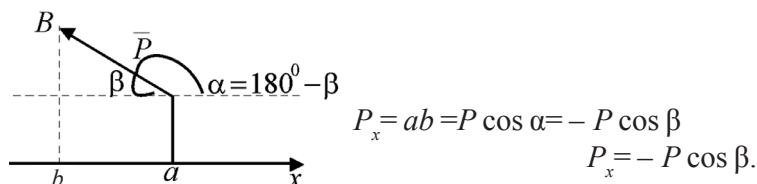
2.2. Kuchning o'qqa proyeksiyasi

Bizga matematikadan ma'lumki, uzunligi cheksiz bo'lgan va ma'lum yo'nalish berilgan to'g'ri chiziq *o'q* deyiladi. Bektorning o'qdagi proyeksiyasi skalar miqdordir va vektorning boshi hamda uchidan tushirilgan tiklar orasidagi o'q kesim uzunligi bilan ifodalanadi. Bektor yo'nalishi o'qning qabul qilingan yo'nalishida bo'lsa, uning proyeksiyasi musbat hisoblanadi va aks holda manfiy hisoblanadi. Quyida o'qqa nisbatan har xil holatda bo'lgan kuch vektorini proyeksiyalashni ko'rib chiqamiz.

1. P kuchning vektori o'qqa nisbatan yo'nalishda o'tkir burchak tashkil qiladi.



2. P kuchning vektori o'qqa nisbatan yo'nalishda o'tmas burchak tashkil qiladi.



11-shakl.

Kuchning o'qdagi proyeksiyasi o'tkir burchak kosinusini kuch moduliga ko'paytirib aniqlanadi. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchi analitik aniqlashni (*proyeksiyalar usuli*) quyidagi misolda ko'rib chiqamiz. Jismning A_1, A_2, A_3 nuqtalariga tekislikda yotuvchi P_1, P_2, P_3 kuchlar qo'yilgan. Bu kuchlarning ta'sir chiziqlari A nuqtada kesishadi. Aksiomaga binoan P_1, P_2, P_3 kuchlarni A nuqtaga ko'chiramiz. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasiga muvozanatda bo'lishi uchun bu kuchlar sistemasidan qurilgan.

Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanat shartlarining tenglamalari:

1. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun bu kuchlar sistemasidan qurilgan kuch ko'pburchagi yopiq bo'lishi kerak. Bu muvozanatning geometrik zarur va kifoya shartlari.

2. Muvozanatning analitik shartlari. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining ta'sir etuvchi $R = O$ bo'lishi uchun uning o'zaro tik bo'lgan uchlardagi proyeksiyalar R_x va R_y nolga teng bo'lishi kerak:

$$1) \quad R_x = \sum_{i=1}^n P_{ix} = 0; \quad \sum x = 0;$$

$$2) \quad R_y = \sum_{i=1}^n P_{iy} = 0; \quad \sum y = 0.$$

Fazoviy kuchlar sistemasi uchun.

$$R_x = \sum_{i=1}^x P_{ix} = 0; \quad \sum X = 0;$$

$$R_y = \sum_{i=1}^x P_{iy} = 0; \quad \sum Y = 0;$$

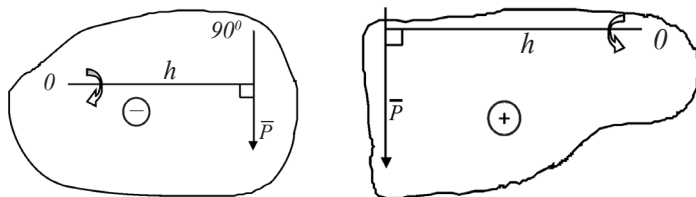
$$R_z = \sum_{i=1}^x P_{iz} = 0; \quad \sum Z = 0.$$

2.3. Nuqtaga nisbatan kuch momenti (kuchning statik momenti)

Biror nuqtadan kuch ta'sir chizig'iga tushirilgan tik kesma uzunligi bilan kuch modulining ko'paytmasiga shu nuqtaga nisbatan kuch momenti yoki kuchning *statik momenti* deb ataladi.

Biror nuqtaga nisbatan kuch momenti olinsa, bu nuqta *moment markazi* deyiladi.

Moment markazidan kuchning ta'sir chizig'iga tushirilgan tik kesma kuch yelkasi deyiladi.



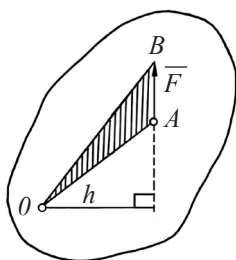
$$M_0(E) + Ph[HM] - M_0(\bar{P}) = \pm \bar{P}h.$$

12-shakl.

Nuqtaga nisbatan kuch momentining ishorasini shartli ravishda quyidagicha olamiz. Agar kuch moment markazi atrofida jismni soat milining aylanishi bo'yicha aylantirishga intilsa, *moment manfiy*, aks holda *musbat* deb olinadi.

Nuqtaga nisbatan kuch momenti vektor kattalikdir. Uning yo'nalishi moment markazidan kuch o'tgan tekislikka *tik* bo'lib, uchidan qaralganda kuch tekislikni soat milining aylanishiga nisbatan teskari aylantirishga intiladi.

Nuqtaga nisbatan kuch momenti ta'rifidan quyidagi xulosalarga kelish mumkin.



$$M_0(\vec{F}) = \pm F \cdot h.$$

13-shakl.

1. Kuchni o'z ta'sir chizig'i bo'yicha ko'chirsak, nuqtaga nisbatan kuch momenti o'zgarmaydi.

2. Kuchning ta'sir chizig'i moment markazidan o'tsa, kuch momenti nolga teng bo'ladi.

3. $\vec{F}$ kuchning boshi va uchini moment markazi O bilan tutash-tirib, uchburchak AOB ni hosil qilamiz. Bu uchburchakning yuzi

$S_{\Delta AOB} = \frac{1}{2} Fh$ bo'ladi. Buni soddalashtirsak, $|M_0(\vec{F})| = 2S_{\Delta AOB}$ ekan-

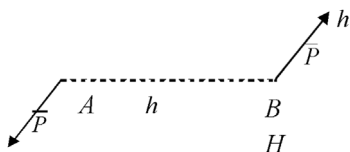
ligini ko'ramiz. Demak, kuchning nuqtaga nisbatan momenti moduli kuchning boshini va uchini moment markazi bilan tutashtirishdan hosil bo'ladigan uchburchak yuzining ikkilanganiga teng.

3-bob. JUFT KUHLAR NAZARIYASI

3.1. Juft kuch va juft kuch momenti

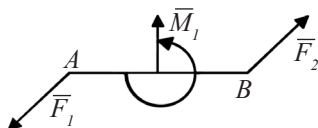
Modullari teng va qarama-qarshi tomonga yo'nalgan ikki parallel kuch *juft kuch* deb ataladi.

Juft kuchni tuzuvchi kuchlarning ta'sir chiziqlari o'tgan tekislik, *juft kuchning ta'sir tekisligi* deyiladi.



Juft kuch teng ta'sir etuvchi bo'lmaydi, lekin bu kuchlar muvozanatda bo'lmaydi. Tajribalardan ma'lumki, jismga ta'sir qilgan juft kuch uni aylantirishga intiladi. Juft kuchning jismni aylantiruvchi ta'siri shu *juft kuchning momenti* deb ataladigan kattalik bilan aniqlanadi. Juft kuch momentining moduli uning yelkasi (kuchlar ta'sir chizig'i orasidagi eng kichik masofa) bilan kuchlardan birining moduli ko'paytmasiga teng.

Juft kuchning momentini vektor orqali ifodalaymiz:



14-shakl.

Juft kuch momentining vektori uning ta'sir tekisligiga tik vektor bo'lib, uchidan qaranganda juft tekislikni soat mili aylanishiga nisbatan teskari tomonga aylantirishga intiladi.

Juft kuchning momenti musbat yoki manfiy bo'ladi. Agar juft kuch o'z ta'sir tekisligini soat mili yo'nalishiga teskari aylantirishga intilsa, uning momenti nisbat, manfiy ishorali bo'ladi.

Juft kuch berilganda uning uch elementi ko'rsatilishi kerak:

1. Juft kuchning ta'sir tekisligi.
2. Juft kuch momentining moduli.
3. Juft kuchning aylanish yo'nalishi.

1-teorema.

Juft kuchni o'zining ta'sir tekisligiga parallel bo'lgan tekislikka ko'chirilsa, uning jismga ta'siri o'zgarmaydi.

2-teorema.

Juft kuchni jismga ko'rsatadigan ta'sirini o'zgartirmasdan o'z tekisligida istalgan tomonga burish mumkin.

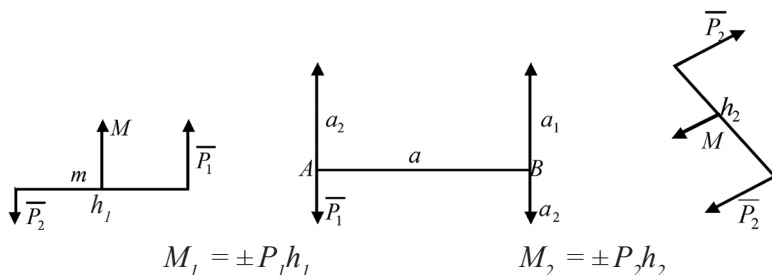
3-teorema.

Juft kuch momentining modulini o'zgartirmay, uning yelkasi bilan kuchlarini istalgancha o'zgartirilsa, juft kuchning jismga ta'siri o'zgarmaydi.

3.2. Juft kuchlarni qo'shish

Bir tekislikda ta'sir qiluvchi juft kuchlarning yig'indisi birgina juft kuchga keltirilsa, shu juft kuchlarning teng ta'sir etuvchi juft kuchi deyiladi yoki ekvivalent juft kuchi deyiladi.

Bir tekislikda yotgan ikki juftning teng ta'sir etuvchisini topaylik:



M_1 va M_2 ekvivalent juftlarini topamiz:

$$M_1 = P_1 h = S_1 a \quad M = RC(Q_2 - Q_1)a = Q_2 a - Q_1 a$$

$$M_2 = -P_2 h_2 = -S_2 a$$

Bundan $M = M_1 + M_2$ kelib chiqadi.

Shunday qilib, teng ta'sir etuvchi juft kuchning momenti tashkil etuvchi juft kuchlarning momentlarining algebraik yig'indisiga teng:

$$M = \sum_{i=1}^n M_k.$$

Juft kuchlarni qo'shish natijasida $\sum M_{k=0}$ bo'lsa, teng ta'sir etuvchi juft kuch momenti ham nolga teng bo'ladi:

$$M = \sum m = 0.$$

Tekislikda juft kuchlar sistemasi o'zaro muvozanatda bo'ladi.

4-bob. TEKISLIKDA IXTIYORIY JOYLASHGAN KUCHLAR SISTEMASI

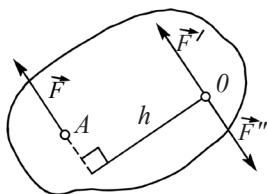
4.1. Kuchni berilgan nuqtaga keltirish

Bizga ma'lumki, har qanday kuchni jismning kinematik (mexanik) holatini buzmay, o'z ta'sirini chizig'i bo'yicha istalgan nuqtaga ko'chirish mumkin. Fransuz olimi Puanso (1777–1859) kuchning o'z ta'sir chizig'idan o'tmagan ixtiyoriy nuqtaga ko'chirish usulini ko'rsatadi.

Teorema: Har qanday kuchni o'z-o'ziga parallel holda jismning ixtiyoriy nuqtasiga ko'chirish mumkin, bunda kuch ko'chirilayotgan nuqtaga nisbatan momentiga teng bo'lgan juftni birlashtirish lozim.

Isboti. Jismning A nuqtasiga F kuch qo'yilgan bo'lsin. Jismning kinematik holatini o'zgartirmasdan turib biror O nuqtaga ko'chirish talab qilinadi.

O – nuqtaning keltirish markazi deyiladi.

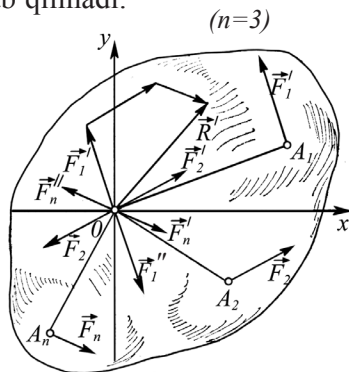


15-shakl.

O nuqtaga berilgan F kuchga parallel va moduliga teng bo'lgan qarama-qarshi yo'nalgan F' va F'' kuchlarni qo'yamiz. F kuchga ekvivalent F' va F'' ekvivalent kuch olamiz. $(F', F'') \propto 0$ bo'lganligi bilan jismning kinematik holati o'zgarmaydi. F' va F'' kuchlar juft kuchni hosil qiladi.

Natijada B nuqtaga qo'yilgan F kuchga teng F' kuch va momenti bo'lgan (F, F'') juft kuchdan iborat deb qarash mumkin. Bu usul quyidagicha ta'riflanadi: kuchning jismga ta'sirini istalgan keltirish markaziga ko'chirish mumkin, bunda momenti berilgan kuchdan keltirish markaziga nisbatan olingan momentga teng bo'lgan juft kuch hosil bo'ladi.

Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga keltirish. Jismning A_1, A_2, A_3 nuqtalariga jismning bir tekislikda o'tgan F_1, F_2 va F_3 kuchlari qo'yilgan bo'lsin. Bu kuchlarni O nuqtaga keltirish talab qilinadi.



16-shakl.

$$R = F_1' + F_2' + F_3' = F_1 + F_2 + F_3 = \sum \vec{F}_k.$$

Berilgan sistemadan barcha kuchlarning geometrik yig'indisiga teng bo'lgan vektor bu sistemaning *bosh vektori* deyiladi.

$$\vec{R}' = \sum \vec{F}_k.$$

Keltirish markazi O da hosil bo'lgan qo'shimcha juftlarning momentlarini M_1 , M_2 va M_3 deb belgilaymiz:

$$M_1 = -P_1 \cdot h_1[HM];$$

$$M_2 = -P_2 \cdot h_2[HM];$$

$$M_3 = -P_3 \cdot h_3[HM].$$

M_1 , M_2 va M_3 momentlarning algebraik yig'indisiga teng bo'lgan natijaviy juft momentiga, *bosh moment* deb ataladi.

$$M_0 = M_1 + M_2 + M_3;$$

$$M_0 = \sum_{i=0}^n M_i.$$

Shunday qilib, tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi-ning keltirish markaziga qo'yilgan bir bosh vektor va qo'shimcha bir bosh moment bilan almashtirish mumkin. Bosh vektorning moduli va yo'nalishi keltirish markazini tanlashga bog'liq bo'lmaydi. Bosh momentning son qiymati va ishorasi – keltirish markazining tanlanishiga bog'liq bo'ladi. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga keltirishda uchraydigan hollar.

1-hol. $R = 0$ $M_0 = 0$ bo'lsa, kuchlar sistemasi o'zaro muvozanatda bo'ladi.

2-hol. $R = 0$ $M_0 \neq 0$ bo'lsa, bu kuchlar sistemasi juft kuchlarga keltiriladi.

3-hol. $R \neq 0$ $M_0 = 0$ bo'lsa, bu kuchlar sistemasi 1 ta kuchga keltiriladi.

4-hol. $R \neq 0$ $M_0 \neq 0$ bo'lsa, bitta teng ta'sir etuvchi kuchga keltiriladi va juft kuchlarning natijaviy momenti hosil bo'ladi.

4.2. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar ta'siridagi jismning muvozanat sharti

Jism bir tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar ta'sirida muvozanatda bo'lsa, bu kuchlarning *bosh vektori* va *bosh momenti* alohida nolga teng.

$$\vec{R}' = \sum \vec{F}_k = 0;$$

$$M_0 = \sum_{i=0}^n Mi_0 = 0.$$

Bu shart jism muvozanatini zarur va yetarli shartlaridir. Bosh vektor teng bo'lishi uchun uni Ox va Oy o'qlardagi proyeksiyalari ham nolga teng bo'lishi kerak.

$$R_{ox} = \sum F_{kx} = 0;$$

$$R_{oy} = \sum F_{ky} = 0.$$

Shunday qilib, ikki muvozanat shartini uch tenglama bilan ifodalash mumkin.

$$M_o = \sum_{i=1}^n Mi_0 = 0. \quad (1)$$

Bu tenglamalar tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining asosiy muvozanat tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$\sum Mi_0 = 0; \quad \sum Xi_0 = 0; \quad \sum Yi_0 = 0. \quad (2)$$

Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining boshqa muvozanat shartining tenglamalari ham bor.

Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlarning bir chiziq ustidan o'tmaydigan uch nuqtalarga nisbatan momentlarning yig'indisi nolga teng bo'lsa, bu kuchlar ta'siridagi jism muvozanatda bo'ladi:

$$\sum Mia = 0; \quad \sum Mib = 0; \quad \sum Mic = 0. \quad (3)$$

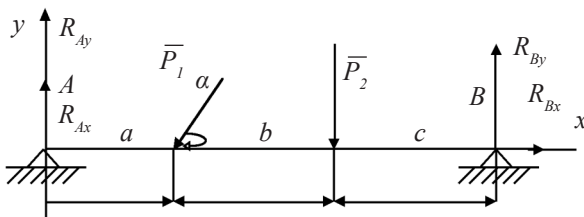
4.3. Statik aniq yoki aniqmas masala

Statik aniqmas masalalarni yechish uchun jismning deformatsiya shartidan qo'shimcha tenglamalar tuziladi. Bunday masalalar «Materiallar qarshiligi» fanida ko'riladi.

Berilgan masalada noma'lumlar soni muvozanat tenglamalar soniga teng bo'lsa, bunday masala *statik aniq masala* deyiladi.

Agar masalada noma'lumlar soni muvozanat tenglamalari sonidan ortiq bo'lsa, bunday masala *statik aniqmas masala* deyiladi.

Ikkita shartli qo'zg'almas tayanchga tiralgan balkaga P_1 va P_2 kuchlar ta'sir qilyapti.



$$\sum M_{i_0} = 0; \quad \sum X_i = 0; \quad \sum Y_i = 0.$$

$$R_{Ax} = ?; \quad R_{Ay} = ?; \quad R_{Bx} = ?; \quad R_{By} = 0.$$

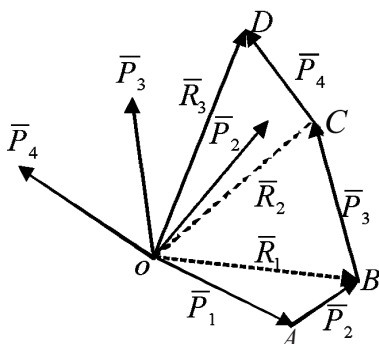
Yuqoridagi bu ko‘rinish statik aniqmas masala ekan.

5-bob. FAZOVIY KUCHLAR SISTEMASI

5.1. Bir nuqtada kesishuvchi fazoviy kuchlar sistemasi

Ta’sir chiziqlari bir tekislikdan o‘tmagan, ammo bir nuqtada kesishmagan kuchlar sistemasiga *bir nuqtada kesishuvchi fazoviy sistemasi* deyiladi.

Masalan, O nuqtaga bir tekislikda o‘tmagan P_1 , P_2 , P_3 va P_4 kuchlar qo‘yilgan bo‘lsin.



$$\bar{R} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_3 + \bar{P}_4$$

$$R = \sum_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

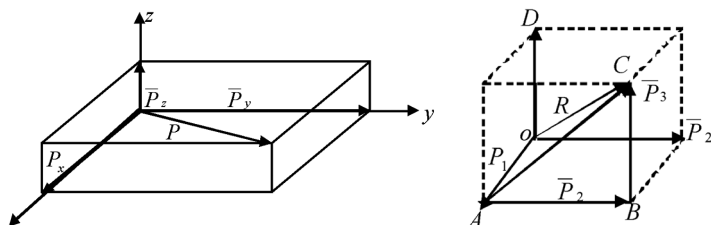
Shuni nazarda tutish kerakki, fazoviy kuchlar sistemasini qo‘shishdan hosil bo‘lgan kuch ko‘pburchagi tekislikdagi ko‘pburchak bo‘lmaydi. Bir nuqtada kesishuvchi uch fazoviy kuchning teng ta’sir etuvchi moduli va yo‘nalishi jihatdan shu kuchlardan yasalgan

parallelepiped diagonali bilan ifodalanadi (kuchlar parallelepiped qoidasi).

Uchta shu kuchlar uchun yasalgan parallelepipedning OS diagonali bu fazoviy kuchlardan ko‘rilgan kuch ko‘pburchagi $OABS$ ning OS yopuvchi tomonidir.

Parallelepiped qoidasiga asosan kuchni bir tekislikdan o‘tmagan uchta kuchga ajratish mumkin.

Kuchning moduli shu kuchning uchta o‘zaro perpendikular o‘qqa proyeksiyalari kvadratlarining yig‘indisidan olingan ildizga teng.



$$P = \sqrt{Px^2 + Py^2 + Pz^2}. \quad (2)$$

Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarning fazoviy sistemasining teng ta'sir etuvchisining biror o‘qdagi proyeksiyasi tashkil etuvchi kuchlarning shu o‘qdagi proyeksiyalarining algebraik yig‘indisiga teng:

$$R_x = \sum P_{xF}; \quad R_y = \sum P_{yF}; \quad R_z = \sum P_{zF};$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} = \sqrt{\left(\sum_{k=1}^n X_k\right)^2 + \left(\sum_{k=1}^n Y_k\right)^2 + \left(\sum_{k=1}^n Z_k\right)^2}. \quad (3)$$

Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarning fazoviy sistemasining muvozanat sharti:

$$R = \sum_{i=1}^n Pi = 0. \quad (4)$$

$\bar{R} = 0$ bo‘lishi uchun:

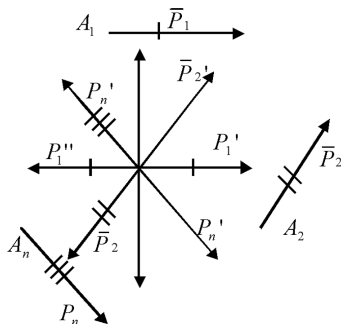
$$\bar{R}_x = 0; \quad \bar{R}_y = 0; \quad \bar{R}_z = 0 \text{ bo‘lishi shart.}$$

Demak, bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun kuchlarning har bir koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarining yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir.

Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasiga fazodagi *kuchlar sistemasi* deyiladi. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi

ta'siridan jismning holatini aniqlash uchun jismga qo'yilgan kuchlari sodda holga keltiriladi.

Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlarni bir nuqtaga keltirish



Jismning $A_1, A_2, \dots, A_n$ nuqtalariga fazoviy $P_1, P_2, \dots, P_n$ kuchlar sistemasi qo'yilgan bo'lsin. Bu kuchlarni O markazga keltiramiz:

$$\bar{R} = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i;$$

$$\bar{M}_0 = \bar{M}_1 + \bar{M}_2 + \dots + \bar{M}_n = \sum_{i=1}^n M_{oi};$$

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n P_i; \quad M_0 = \sum_{i=1}^n M_{oi}.$$

5.2. Fazoviy kuchlar sistemasining muvozanat shartlari

Fazoviy kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun bosh vektori va bosh momenti nolga teng bo'lishi kerak:

$$R_0 = \sum P_k = 0; \quad M_0 = \sum M_k = 0.$$

Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining vektorli ifodasi. Fazoviy kuchlar sistemasining analitik shartlarini ifodalovchi tenglamalar:

$$\begin{aligned} \sum X_k &= 0; \quad \sum Y_k &= 0; \quad \sum Z_k &= 0; \\ \sum M_x(\vec{F}_x) &= 0; \quad \sum M_y(\vec{F}_x) &= 0; \quad \sum M_z(\vec{F}_x) &= 0. \end{aligned}$$

Jismga ta'sir etuvchi fazoviy kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun barcha kuchlarning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalarining yig'indisi nolga teng bo'lishi va kuchlarning koordinata o'qlariga nisbatan momentlarining yig'indilari ham nolga teng bo'lishi zaruriy va yetarlidir.

Fazodagi kuchlar sistemasini juft kuchga yoki teng ta'sir etuvchiga keltirish

Jismga ta'sir etuvchi fazodagi $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$ kuchlar sistemasining bosh vektori $R_0 = 0$, bosh momenti $M_0 \neq 0$ bo'lsa, bunday kuchlar sistemasi momenti bosh momentga teng bo'lgan bitta teng

ta'sir etuvchi juft kuchga keltiriladi. Bosh moment $\overline{M}_0$ keltirish markaziga bog'liq bo'lmaydi.

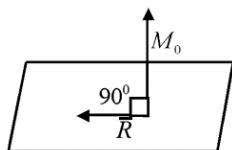
Fazodagi kuchlar sistemasi teng ta'sir etuvchiga keltirilishi mumkin bo'lgan quyidagi ikki holni ko'rib chiqaylik.

1. Agar fazodagi kuchlar sistemasining biror keltirish markaziga nisbatan bosh momenti $\overline{M}_0 = O$, bosh vektori $\overline{R}_0 \neq O$ bo'lsa, fazodagi kuchlar sistemasining jismga ta'sirini bitta $\overline{R}$ berilgan kuchlar sistemasining O nuqtadagi teng ta'sir etuvchisini ifodalaydi.

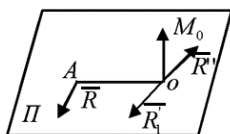
2. Fazodagi kuchlar sistemasini biror O markazga keltirish natijasida $\overline{R}$ bosh vektor $\overline{M}$ bosh momentga perpendikular yo'nalgan bo'lsin. Bosh vektor orqali bosh momentga perpendikular P tekislik o'tkazamiz. Bu tekislikda momenti $\overline{M}_0$ bosh momentga teng (R', R'') juft kuchni olamiz, uning tashkil etuvchilari $|\overline{R}'| = |\overline{R}''| = |\overline{R}|$ bo'lib, $\overline{R}$ ga parallel yo'nalgan. Juft kuchning aylanish yo'nalishini $\overline{M}_0$ vektorga moslab olamiz. Bu haqda (R', R'') juft kuchining yelkasini d bilan belgilasak, bosh moment $\overline{M}_0$ miqdor jihatdan quyidagicha aniqlanadi:

$$M_0 = R'd = Rd.$$

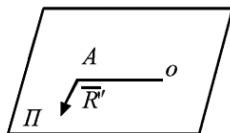
$\overline{R}'$ kuchni bosh vektor qo'yilgan O nuqtaga joylashtiramiz. U holda bosh vektor $\overline{R}$ bilan $\overline{R}''$ miqdor jihatdan teng, yo'nalishi qarama-qarshi bo'lishi uchun 1-aksiomaga ko'ra, o'zaro muvozanatlashadi. Ya'ni $(R'R'') \propto 0$ bo'ladi. Natijada A nuqtada birgina R' kuch qoladi. Bu kuch berilgan kuchlar sistemasiga ekvivalent bo'ladi. $\overline{R}'$ kuch berilgan kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisi bo'ladi.



a



b



d

Demak, biror O nuqtada bosh vektor, bosh moment perpendikular yo'nalgan bo'lsa, kuchlar sistemasi keltirish markazi O dan $d = \frac{M_0}{R}$

masofadagi A nuqtagacha qo'yishga va bosh vektor $\vec{R}$ ga parallel yo'nalgan teng ta'sir etuvchi $\vec{R}'$ kuchga keltiriladi.

Fransiyalik olim Barinyon (1654–1722) fazodagi kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisiga oid quyidagi teoremani isbotlagan, ya'ni *agar fazodagi kuchlar sistemasi teng ta'sir etuvchiga keltirilsa, bu teng ta'sir etuvchining ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momentlarining geometrik yig'indisiga teng.*

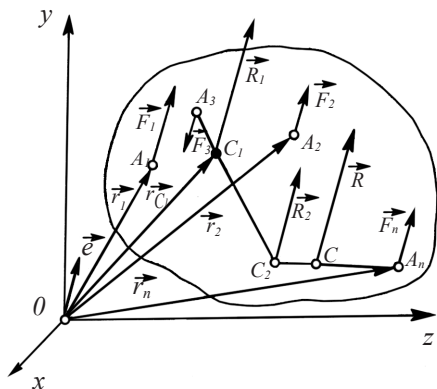
6-bob. OG'IRLIK MARKAZI. MUVOZANAT TURG'UNLIGI

6.1. Og'irlik markazi

Parallel kuchlar markazining koordinatalari. Har qanday jism mayda zarrachalardan tuzilgan bo'lib, ularning har birini yer o'ziga tortib turadi. Bu kuchlar *og'irlik kuchlari* deb ataladi. Ular yer markaziga tomon radius bo'ylab yo'nalgan bo'ladi.

Jism zarrachalariga nisbatan yerning radiusi (6800 km.ga yaqin) juda katta bo'lganligi uchun zarrachalarning og'irliklarini parallel va vertikal deb qarash mumkin. Zarrachalarning og'irlik kuchlarini teng ta'sir etuvchisi *jismning og'irligi* deb ataladi.

Jismning barcha zarrachalariga ta'sir qiladigan parallel kuchlar markazi jismning *og'irlik markazi* deyiladi. Jism har qanday vaziyatda bo'lmasin, uning og'irlik markazi o'zgarmaydi. Og'irlik markazini topish formulasini chiqaramiz.



17-shakl.

A_1 , A_2 va A_n nuqtalarga qo'yilgan va bir tomonga yo'nalgan parallel kuchlar berilgan bo'lsin:

A_1 nuqtaning vaziyati $x_1 \ y_1 \ z_1$;

A_2 nuqtaning vaziyati $x_2 \ y_2 \ z_2$;

A_n nuqtaning vaziyati $x_n \ y_n \ z_n$.

Koordinatalar bilan parallel kuchlar markazi C nuqtaning vaziyati koordinatalar bilan aniqlanadi. Ox , Oy va Oz o'qlarga nisbatan barcha kuchlardan moment olamiz. Teng ta'sir etuvchini momenti tashkil etuvchi kuchlar momentlarining algebraik yig'indisiga teng:

$$R_{xc} = P_1 X_1 + P_2 X_2 + P_3 X_3;$$

$$R_{yc} = P_1 Y_1 + P_2 Y_2 + P_3 Y_3;$$

$$R_{zc} = P_1 Z_1 + P_2 Z_2 + P_3 Z_3$$

yoki

$$X_c = \frac{P_1 X_1 + P_2 X_2 + P_3 X_3}{R} = \frac{P_1 X_1 + P_2 X_2 + P_3 X_3}{P_1 + P_2 + P_3}.$$

Xuddi shunga o'xshash:

$$X_c = \frac{\sum P_i X_i}{\sum P_i}; \quad (1)$$

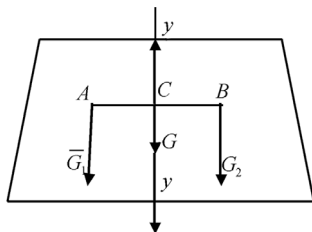
$$Y_c = \frac{\sum P_i Y_i}{\sum P_i}; \quad (2)$$

$$Z_c = \frac{\sum P_i Z_i}{\sum P_i}. \quad (3)$$

Jismning og'irlik markazi *parallel kuchlar markazi* deb qaraladi.

(1) formula orqali aniqlangan markaz parallel kuchlar markazi deb qaraladi.

Simmetrik jismning og'irlik markazi. Simmetrik jismning og'irlik markazi simmetrik tekislikda o'tadi. Simmetrik tekislikning birinchi tomonidan o'tgan moddiy nuqtalar, tekislikning ikkinchi tomonidan unga mos va og'irligi teng bo'lgan moddiy nuqta o'tadi.



18-shakl.

Bu nuqtalarni YY simmetriya tekislikda bir xil masofada A va B zarra sifatida olamiz.

Bu 2 kuch teng parallel kuchlarning G teng ta'sir etuvchi A va B kesmalarining o'rtasida, ya'ni simmetriya tekislikda qo'yilgan bo'ladi. Bundan quyidagicha xulosa chiqadi: barcha zarralar og'irlik kuchlarining teng ta'sir etuvchisi qo'yilgan nuqta, ya'ni jismning og'irlik markazi simmetriya tekisligida o'tadi. Natijalar:

1) jism moddiy to'g'ri chiziq kesmasining og'irlik markazi kesmaning o'rtasida bo'ladi;

2) to'g'ri to'rtburchak parallelogramm yuzalarining og'irlik markazlari ularning diagonal va kesishgan nuqtasida;

3) muntazam ko'pburchak doira va ellips yuzalarining hamda shar hajmining og'irlik markazlari ularning geometrik markazlaridan o'tadi;

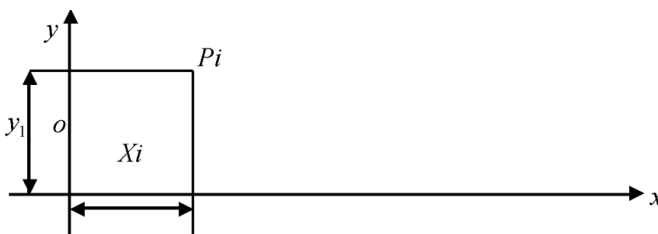
4) uchburchak yuzining og'irlik markazi uning medianalar kesishgan nuqtada bo'ladi;

5) murakkab shakl yuzining og'irlik markazini topish uchun u oddiy shakldagi jismlarga bo'linib topiladi.

6.2. Yuzalarning og'irlik markazi.

Yuzalarning statik momenti

Bir jism plastikaning og'irlik markazi shu yassi shakl yuzining *og'irlik markazi* deyiladi.



19-shakl.

$$X_c = \frac{\sum P_i X_i}{\sum P_i}; \quad (1)$$

$$Y_c = \frac{\sum P_i Y_i}{\sum P_i}. \quad (2)$$

P_i – shakl ixtiyoriy elementining yuzi, X_i va Y_i shu element og'irlik markazining koordinatalari. P – butun shakl yuzi. Shakl elementar yuzining og'irlik markazidan biror o'qqacha bo'lgan masofa bilan ko'paytmasiga shu elementar yuzining olingan o'qqa nisbatan *statik momenti* deyiladi. Barcha elementar yuzalarning biror o'qqa nisbatan olingan yuzining, shu o'qqa nisbatan *statik momenti* deb ataladi.

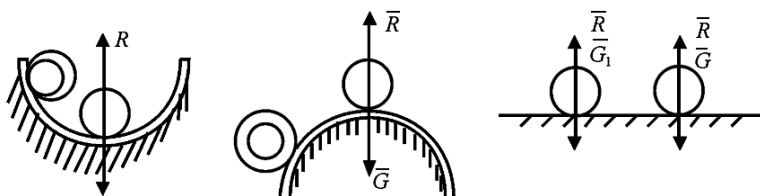
$$S_x = \sum P_i \cdot Y_i; \quad S_y = \sum P_i \cdot X_i. \quad (3)$$

Yassi shakl og'irlik markazining koordinatalari:

$$X_c = \frac{S_y}{F}; \quad Y_c = \frac{S_x}{F}. \quad (4)$$

6.3. Muvozanat turg'unligi. Jism muvozanatining turg'unligi tushunchasi

Agar jism dastlabki muvozanat vaziyatidan ozgina og'ganidan so'ng yana o'sha vaziyatga qaytsa, jismning bu muvozanati *turg'un muvozanat* deb ataladi. Aksincha, o'sha vaziyatga qaytmasa, jismning bu muvozanati *turg'unmas muvozanat* deb ataladi.

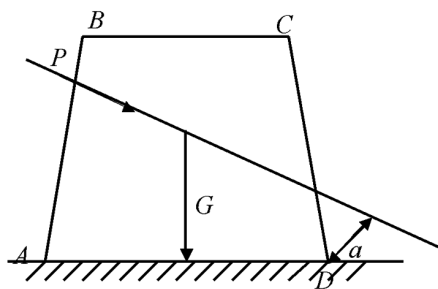


20-shakl.

Jism dastlabki vaziyatidan ozgina og'ishganda saqlanadigan bunday muvozanat *farqsiz muvozanat* deyiladi. Peal sharoitlardan jism uzoq vaqt faqat turg'un yoki farqsiz muvozanatda bo'lishi mumkin. Shuning uchun bunday muvozanat shartlarini aniqlash amaliyot uchun muhim masaladir.

6.4. Jismning turg'unlik sharti

Gorizontal tekisligida o'tgan jismni tekshiraylik. Jismning O og'irlik markazidan o'tuvchi vertikal tekislik bilan hosil qilingan qirqimning shakli A, B, C, D bo'lsin:



21-shakl.

P kuchining D qirrasiga nisbatan olingan momenti *ag'daruvchi moment* deyiladi.

G kuchning D qirrasiga nisbatan olingan momenti *turg'unlik momenti* yoki *ushlab turuvchi moment* deyiladi.

$$Mturg' = G \cdot B.$$

$ABCD$ jismning turg'unlik sharti $Mturg' > Mag'dX = \frac{Mturg'}{Mag'd}$ nisbat *turg'unlik koeffitsiyenti* deyiladi. Muvozanat turg'un bo'lishi uchun bu koeffitsiyent birdan katta bo'lishi shart.

$$K = \frac{Mturg'}{Mag'd} > 1.$$

Turg'unlikni hisoblash ayniqsa, baland inshootlarda zarur bo'ladi. Masalan, butun trubali machta, baland devorlar, kran va boshqalar uchun muhim hisoblanadi. Bu inshootlarni loyihalashda turg'unlik koeffitsiyenti beriladi.

KINEMATIKA

1-bob. NUQTA KINEMATIKASI

1.1. Asosiy tushunchalar

Nazariy mexanikaning *kinematika* bo'limida jismlar harakatini, ularni vujudga keltiruvchi sabablarga bog'lamay, faqat geometrik nuqtayi nazardan tekshiriladi. Moddiy jismning har qanday mexanik harakati biror boshqa jismlarga nisbatigina kuzatiladi va o'rganiladi. O'rganilayotgan harakatga nisbatan qaralayotgan jism bilan bog'liq bo'lgan koordinatalar sistemasi *sanoq sistemasi* deyiladi.

Texnika masalalarini yechishda, odatda, yer bilan qo'zg'almas bog'langan sanoq sistemasi olinadi. Yerga nisbatan qo'zg'almas bo'lgan sanoq sistemasi asosiy yoki qo'zg'almas *sanoq sistemasi* deyiladi. Qo'zg'almas sanoq sistemasini tanlab olish masalaning qo'yilishiga bog'liq. Tanlab olingan sanoq sistemasiga nisbatan har onda jismning vaziyatini aniqlash mumkin bo'lsa, uning harakati *kinematik berilgan* deyiladi. Kinematikada o'lchovlar metrda olinadi.

Baqt sekund (s)da olinadi. Mexanikada vaqt *absolut* deb qaraladi. Ya'ni uni barcha sanoq sistemalari uchun bir xilda o'tadi deb qaraladi. Uni t bilan belgilab, harakati argumenti hisoblanadi. Jism harakatini o'rganish uchun dastlab uning nuqtalari harakatini o'rganish kerak. So'ng jism harakati o'rganiladi. Ko'chish va harakat tushunchalari, mexanikaning asosiy tushunchalaridir.

Sanoq sistemasiga nisbatan nuqtaning ma'lum t vaqt ichida fazoda bir vaziyatdan boshqa vaziyatga ixtiyoriy o'tishi *ko'chish* deyiladi. Nuqtaning ko'chishi uning boshlang'ich va oxirgi vaziyatlari hamda o'tgan t vaqt oralig'i bilan aniqlanadi. Nuqtaning boshlang'ich vaziyatdan oxirgi vaziyatga bog'liq holda aniq bir usulda o'tishi *harakat* deyiladi.

Fazoda harakatlanayotgan nuqtaning biror sanoq sistemasiga nisbatan vaziyati bilan vaqt orasidagi bog'lanishni ifodalovchi tenglama *nuqtaning harakat qonuni* deyiladi. Kinematikaning asosiy masalasi nuqta (yoki jism)ning harakat qonunlarini o'rganishdan iborat.

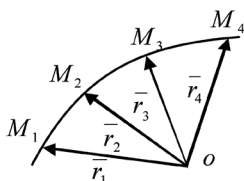
Agar nuqtaning biror sanoq sistemasiga nisbatan harakat qonuni berilgan bo'lsa, nuqta harakatining kinematik xarakteristikalarini: *trayektoriya, tezlik va tezlanishlarini* aniqlash mumkin bo'ladi. Harakatlanayotgan nuqtaning fazoda qoldirgan izi shu nuqtaning *trayektoriyasi* deyiladi.

1.2. Nuqta kinematikasi. Nuqta harakatini berilish usullari

Nuqtaning harakati vektor, koordinata va tabiiy usulda beriladi.

1.2.1. Bektor usuli

M nuqtaning vaziyati biror qo'zg'almas O markazidan o'tkazilgan r radius-vektor bilan aniqlanadi. r radius-vektor ma'lum qonun asosida o'zgaradi, ya'ni skalar argument r ning vektori funksiyasidan iborat bo'ladi.



1-shakl.

$$\vec{r} = \vec{r}(t). \quad (1)$$

(1) tenglama nuqtaning vektor shaklidagi *harakat tenglamasi* deyiladi.

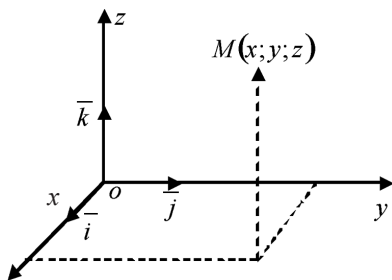
Agar $r = r(t)$ funksiyasi ma'lum bo'lsa, vaqtning har ondagi M nuqtaning vaziyati ma'lum bo'ladi. M nuqtaning trayektoriyasi r radius - vektorning *godagrafi* deyiladi.

Analitik usulda r ni proyeksiyalari berilgan bo'lsa:

$$r_x = x; \quad r_y = y; \quad r_z = z.$$

Agar birlik vektorlari i, j, k ma'lum bo'lsa:

$$r = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}.$$



2-shakl.

1.2.2. Koordinatalar usuli

Oxy sanoq sistemasiga M nuqtasining vaziyatini, x, y, z Dekart koordinatalar orqali ifodalash mumkin. Nuqta harakatlanganda uning koordinatalari vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. M nuqtaning koordinatalari t vaqtning funksiyasidan iborat bo'ladi:

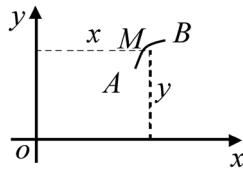
$$\left. \begin{aligned} X &= f_1(t) \\ Y &= f_2(t) \\ Z &= f_3(t) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Baqt o'tishi bilan

$$\left. \begin{aligned} X &= const \\ Y &= const \\ Z &= const \end{aligned} \right\}$$

bo'lsa, nuqta shu sistemaga nisbatan tinch holatda bo'ladi.

(2) tenglama nuqtaning Dekart *koordinatalaridagi harakat tenglamasi* deyiladi. M nuqta bir tekislikda harakatlansa, uning harakat tenglamasi:



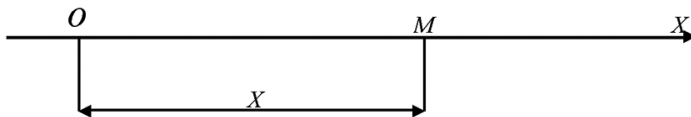
3-shakl.

$$X = f(t); \quad Y = f(t) \quad (3)$$

shaklida yoziladi.

M nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati bitta tenglama bilan aniqlanadi:

$$X = f(t). \quad (4)$$



4-shakl.

Harakat tenglamalaridan t vaqtini yo'qotib, nuqta trayektoriya-sining tenglamasi aniqlanadi.

Masalan, M nuqtaning harakat tenglamasi:

$$X = f_1(t); \quad Y = f_2(t); \quad Z = f_3(t) \text{ bo'lsin.}$$

Birinchi tenglamani t ga nisbatan yechib, $t = Y(x)$ olamiz. Topilgan t ni 2 va 3- tenglamalarga qo'yamiz:

$$Y = f_2\{Y(x)\} = F_1(x); \quad Z = f_3\{Y(x)\} = F_2(x). \quad (5)$$

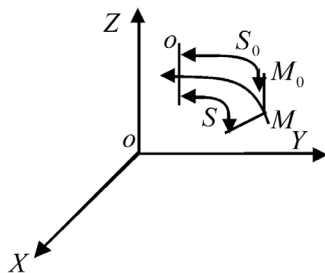
M nuqtaning tekislikdagi harakati tenglamasi berilgan bo'lsin:

$$X = f_1(t); \quad Y = f_2(t); \quad Y = f_2\{Y(x)\}. \quad (6)$$

Nuqtaning harakati Dekart koordinatalaridan tashqari, qutb koordinatalarida, sferik koordinatalarda ham bo'lishi mumkin.

1.2.3. Tabiiy usul

Harakat qilayotgan nuqtaning trayektoriyasi ma'lum bo'lsa, nuqta harakatini tabiiy usulda aniqlash mumkin. Nuqtaning trayektoriyasi koordinata sistemasiga nisbatan ma'lum bo'lsin.



5-shakl.

Trayektoriyaning biror O nuqtasini sanoq boshi uchun tanlab olib, uni *qo'zg'almas nuqta* deb qaraymiz.

Harakatlanayotgan nuqtaning holatini trayektoriya bo'ylab $|\overline{OM}| = S$ yoy koordinatasi bilan aniqlanadi, vaqt o'tishi bilan uning yoy koordinatasi o'zgarib boradi va t vaqtning bir qiymatli, uzluksiz va differensiallanadigan funksiyasidan iborat bo'ladi.

$$S = f(t) \quad (7)$$

Bu munosabat nuqtaning harakat tenglamasi yoki trayektoriya bo'ylab *harakat qonuni* deyiladi. $f(t)$ funksiyasi ma'lum bo'lsa, t vaqtning har bir payti uchun S ni aniqlab, uni ishorasiga qarab O nuqtasidan trayektoriya bo'yicha qo'yamiz.

Shunday qilib, M nuqtaning harakatini tabiiy usulda aniqlash uchun uning trayektoriyasi, trayektoriyada olingan O qo'zg'almas nuqta yoy koordinatasining hisoblash yo'nalishi va $S = f(t)$ harakat tenglamasi berilgan bo'lishi kerak.

t_0 boshlang'ich vaqtda M vaziyatda bo'lib, uning vaziyati S_0 yoy koordinatasi vositasida t vaqtdan so'ng M vaziyati $|\overline{OM}| = S$ yoy koordinatasi bilan aniqlansa, $t - t_0$ vaqt oralig'ida o'tilgan yo'ldir.

$$\Delta S = |\overline{M_0 M}| = |\overline{OM} - \overline{OM_0}| = |S - S_0|.$$

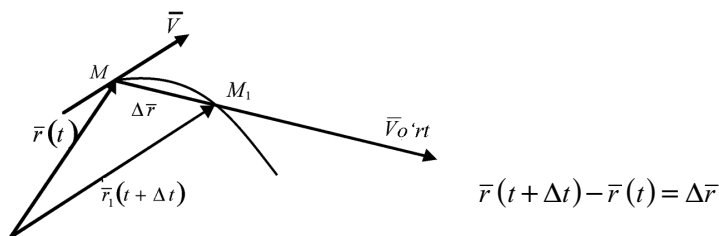
Demak, nuqta sanoq boshidan bir tomonga harakatlansa, uning yoy koordinatasining moduli nuqtaning o'tgan yo'lini ifodalaydi.

2-bob. NUQTANING TEZLIGI VA TEZLANISHI

2.1. Harakati vektor usulida berilgan nuqtaning tezligi

Berilgan sanoq sistemasiga nisbatan nuqta harakatining jadalligi va yoʻnalishini xarakterlovchi vektor kattalikka *tezlik* deyiladi. Nuqta harakati vektor usulida berilganda, uning har bir momentida vaziyati $\vec{r}$ radius-vektori bilan aniqlanadi. t vaqtda biror O markazga nisbatan $\vec{r}$ radius-vektor bilan aniqlanadi. Nuqta M vaziyatini egallasin.

$t_1 = t + \Delta t$ vaqtdan soʻng M vaziyatdan boʻlib, $\vec{r}_1$ radius - vektor aniqlanuvchi boʻlsin.



6-shakl.

$\Delta \vec{r}$ nuqtaning Δt vaqtdagi koʻchishini ifodalaydi.

$\Delta \vec{r}$ nuqtaning *vektor koʻchishi* deyiladi.

$$\vec{V}_{ur} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}. \quad (8)$$

Δt – skalar miqdor boʻlganligi uchun $\vec{r}$ – vektorning yoʻnalishi bilan bir xil boʻladi.

Δt nolga intilgandagi limiti nuqtaning berilgan ondagi tezlik vektori deyiladi.

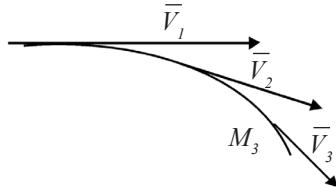
$$\vec{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad (9)$$

yoki

$$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}. \quad (9^1)$$

Shunday qilib, nuqtaning berilgan ondagi (paytdagi) tezlik vektori nuqtaning radius-vektoridan vaqt boʻyicha olingan birinchi tartibli hosilasiga teng boʻladi.

Δt nolga intilganda M nuqta trayektoriya bo'ylab M ga intiladi. Bundan ko'rinadiki, M nuqtaning tezlik vektori harakat yo'nalishi bo'yicha yo'nalgan bo'lib, trayektoriyaga urinma bo'ladi.

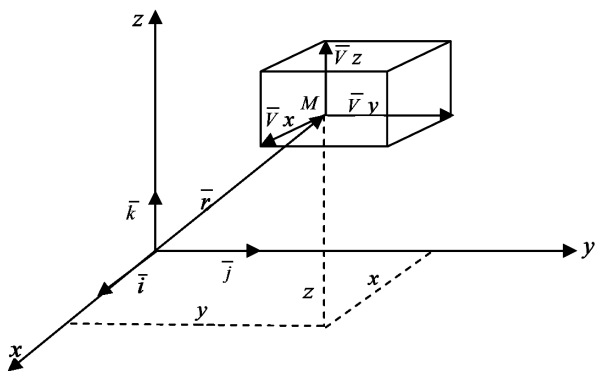


7-shakl.

2.2. Harakati koordinatalar usulida berilgan nuqtaning tezligi

Dekart koordinatalaridagi harakat tenglamalariga asosan nuqtaning tezlik yo'nalishi va qiymatini aniqlaymiz.

Nuqtaning $x=f_1(t)$, $y=f_2(t)$, $z=f_3(t)$ harakat tenglamasi berilgan bo'lsin:



8-shakl.

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}.$$

i, j, k koordinata o'qlarining birlik vektorlari $\vec{V}$ ni koordinatalar proyeksiyalari orqali quyidagicha yozish mumkin:

$$\vec{V} = \vec{V}_x \cdot \vec{i} + \vec{V}_y \cdot \vec{j} + \vec{V}_z \cdot \vec{k}. \quad (10)$$

i, j, k birlik vektorlarining moduli va yo'nalishi o'zgarmasligini e'tiborga olib, vaqt bo'yicha hosila olamiz:

$$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt} \cdot \vec{i} + \frac{dy}{dt} \cdot \vec{j} + \frac{dz}{dt} \cdot \vec{k}. \quad (11)$$

(10) va (11) formulalarni solishtirib, tezlikning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalarini aniqlaymiz:

$$V_x = \frac{dx}{dt} = x; \quad V_y = \frac{dy}{dt} = y; \quad V_z = \frac{dz}{dt} = z. \quad (12)$$

Demak, tezlik vektorining Dekart koordinatalar o'qidagi proyeksiyasi nuqtaning mos koordinatalaridan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilasiga teng bo'ladi. Nuqtaning tezlik moduli va yo'nalishi quyidagi formulalar orqali aniqlanadi:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}; \quad (13)$$

$$\cos(v, i) = \frac{V_x}{V}; \quad \cos(v, j) = \frac{V_y}{V}; \quad \cos(v, k) = \frac{V_z}{V}. \quad (14)$$

2.3. Harakat tabiiy usulda berilgan nuqta tezligi

Bunday holda nuqtaning AB trayektoriyasi sanoq boshi, yo'nalishi va harakat tenglamasi $S = f(t)$ berilgan bo'ladi.

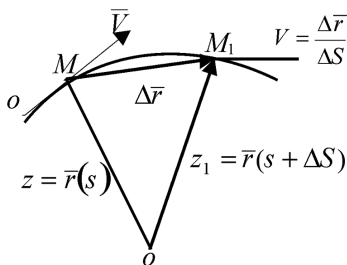
$$V = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta S}.$$

Nuqta t vaqtda M vaziyatda, $t_1 = t + \Delta t$ vaqtda M_1 vaziyatda bo'lsin.

$$S = DM;$$

$$S_1 = DM_1 = DM + DM_1 = S + \Delta S$$

ixtiyoriy O markazdan M va M_1 nuqtalarning mos ravishda va radius-vektorlarini o'tkazamiz. M nuqtaning tezligini aniqlaymiz.



9-shakl.

$$V = \frac{dr}{dt}; \quad V = \frac{dr}{dt} \cdot \frac{ds}{dt},$$

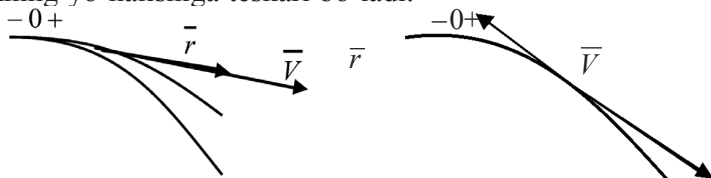
bu yerda, $\frac{d\vec{r}}{dS} = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta S}$ formula,

$$\lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta S} \right| = \lim_{M_1 \rightarrow M} \frac{|MM_1|}{MM_1} = 1.$$

$\frac{d\vec{r}}{dS}$ vektor miqdor jihatidan birga teng holda yoy koordinatasi ortib boradigan tomonga M nuqtada trayektoriyaga o'tkazilgan urinma bo'ylab yo'nalgan bo'ladi, $\frac{d\vec{r}}{dS} = \vec{i}$ birlik vektorini ifodalaydi.

$V = \frac{d\bar{r}}{dS} = \bar{i}$; $V = \frac{dS}{dt}$; $\frac{dS}{dt}$ – tezlikning algebratik qiymatini ifodalaydi. Agar $\frac{dS}{dt} > 0$ bo'lsa, S funksiya o'suvchi bo'ladi va $\bar{V}$

tezlikning yo'nalishiga teskari bo'ladi.

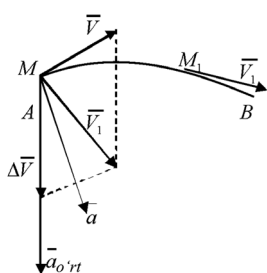


10-shakl.

Shunday qilib, nuqtaning berilgan ondagi tezligini son qiymati nuqtaning yoy koordinatasidan yoki uning yo'lidan vaqt bo'yicha olingan hosilasiga teng.

2.4. Harakat vektor usulida berilgan nuqtaning tezlanishi

Tezlik vektorining moduli va yo'nalishi jihatidan o'zgarish sur'atini xarakterlovchi kattalik *tezlanish* deyiladi.



11-shakl.

Nuqta t vaqtda M vaziyatda bo'lib, tezligi $\bar{V}$ ga teng bo'lsin. $t + \Delta t$ vaqt o'tgandan so'ng nuqta M_1 vaziyatga o'tib, tezligi $\bar{V}$ bo'lsin. Tezlik vektorining Δt vaqt ichida o'zgarishini aniqlaymiz. $\bar{V}_1$ tezlik vektorini o'ziga parallel ravishda M nuqtaga ko'chirib qo'yamiz. $\bar{V}_1$ diagonali bo'lgan va bir tomoni $\bar{V}$ bo'lgan parallelogramm qo'yamiz. Parallelogrammning ikkinchi tomoni Δt vaqt ichida tezlikning o'zgarishini $\Delta \bar{V}$ ifodalaydi:

$$\bar{a}_{o'rt} = \frac{dv}{dt}, \quad (1)$$

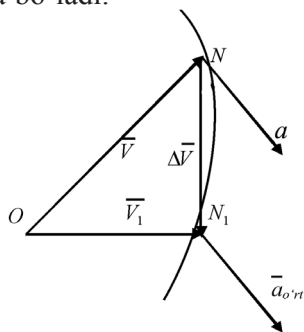
$\bar{a}_{o'rt}$ yo'nalishi $\Delta \bar{V}$ yo'nalishi bo'yicha bo'ladi. Nuqtaning berilgan ondagi tezlanishi $\bar{a}_{o'rt}$ ni Δt nolga intilgandagi momentida bo'ladi:

$$\bar{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{d\bar{V}}{dt} \quad (2)$$

yoki

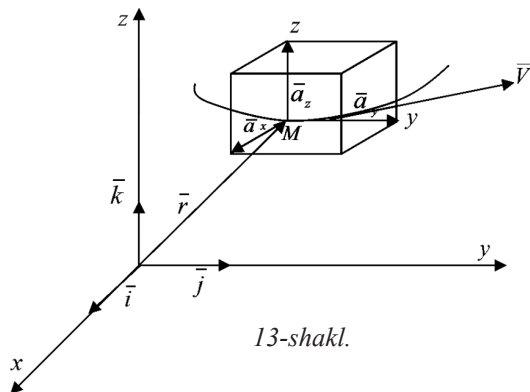
$$\bar{a} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}. \quad (2')$$

Nuqtaning tezlanish vektori nuqta tezlik vektorining vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilasiga yoki radius-vektorining vaqt bo'yicha olingan ikkinchi hosilasiga teng. Tezlanish vektorining yo'nalishini aniqlaymiz. $\bar{a}_{o'rt}$ yo'nalishi tezlik godografiga o'tkazilgan NN_1 vektor bo'yicha yo'nalgan Δt nolga intilgan N_1 nuqta N nuqtaga intiladi. Bundan ko'rinadiki, tezlanish vektorini yo'nalishi tezlik godografiga urinma ravishda bo'ladi.



12-shakl.

2.5. Harakati koordinatalar usulida berilgan nuqtaning tezlanishi



13-shakl.

Nuqtaning harakat tenglamasi berilgan bo'lsin:

$$x=f_1(t); \quad y=f_2(t); \quad z=f_3(t).$$

M nuqtaning radius-vektori:

$$\vec{r} = i\bar{x} + j\bar{y} + k\bar{z}.$$

$$\bar{a} = \frac{d^2 \bar{z}}{dt^2} = \frac{d^2 x}{dt^2} \cdot \bar{i} + \frac{d^2 y}{dt^2} \cdot \bar{j} + \frac{d^2 z}{dt^2} \cdot \bar{k} \quad (3)$$

$$\bar{a} = a_x \cdot \bar{i} + a_y \cdot \bar{j} + a_z \cdot \bar{k} \quad (4)$$

3 va 4-formulalarni solishtirib, quyidagilarni olamiz:

Agar

e'tiborga olsak,

Nuqtaning tezlanish vektorining biror qo'zg'almas Dekart koordinatalar o'qidagi proyeksiyasi, nuqtaning mos koordinatalaridan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi hosilaga yoki tezlik vektorining mos koordinata o'qlaridagi proyeksiyasidan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilaga teng bo'ladi.

Nuqta tezlanishining moduli: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$;

$$\cos(\bar{a}^{\wedge} \bar{i}) = \frac{a_x}{a}; \quad \cos(\bar{a}^{\wedge} \bar{j}) = \frac{a_y}{a}; \quad \cos(\bar{a}^{\wedge} \bar{k}) = \frac{a_z}{a} \text{ yo'nalishi.}$$

2.6. Harakati tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezlanishi.

Urinma va normal tezlanish



37

taning bu vaziyatiga mos keluvchi vektorlarni V va V_1 deb belgilaymiz. $\overline{V_1}$ vektorni o'ziga parallel ravishda M nuqtaga ko'chiramiz. V va V_1 vektorlarning uchlarini tutashtiramiz. AB vektorni A nuqta ko'chirilgan ΔV vektor deb qarash mumkin. M nuqtaga $\overline{V}$ ning yo'nalishi bo'yicha $\overline{V_1}$ vektor kesmani qo'yamiz:

$$AD = MB - MA = V_1 - V = \Delta V.$$

ΔV – nuqta tezligi son qiymatining Δt vaqt oralig'idagi orttirmasiga teng bo'ladi. $\Delta V = AB$ vektorni $\Delta V_1 = \overline{AD}$ va $\Delta V_2 = \overline{DB}$ ikki tashkil etuvchiga ajratamiz. ADB uchburchakdan $\Delta V = \overline{\Delta V_1} + \overline{\Delta V_2}$ ekanligi kelib chiqadi, nuqtaning biror vaqt paytidagi tezlanishi:

$$\begin{aligned} \bar{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overline{\Delta V_1} + \overline{\Delta V_2}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V_1}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V_2}{\Delta t} \\ \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V_1}{\Delta t} &= \bar{a}_t, \quad \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V_2}{\Delta t} = \bar{a}_n \end{aligned} \quad (7)$$

deb belgilaymiz.

$\bar{a}_t$ nuqtaning urinma yoki tangensial (lotincha «tangens» – urinma) tezlanishi deb ataladi.

$\bar{a}_n$ – normal tezlanish deb ataladi.

$\bar{a}_t$ va $\bar{a}_n$ – tashkil etuvchi tezlanishlarning yo'nalishlari va son qiymatlarini aniqlaymiz:

$$\bar{a}_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overline{\Delta V_1}}{\Delta t}.$$

ΔV_1 vektorning son qiymati nuqta V tezligining Δt vaqt oralig'idagi orttirmasining son qiymatiga teng bo'lgani uchun, urinma tezlanishning son qiymatini quyidagicha yozish mumkin:

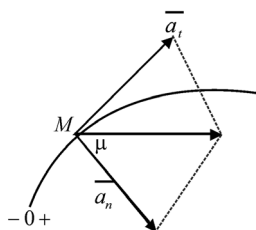
$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overline{\Delta V_1}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t}.$$

V ning son qiymati vaqtning (skalar) funksiyasi, ΔV esa shu funksiyaning orttirmasi bo'lganidan

$$\begin{aligned} a_t &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overline{\Delta V_1}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t}, \\ \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} &= \frac{dv}{dt} \quad \bar{a}_t = \frac{dv}{dt}. \end{aligned} \quad (8)$$

$a = \frac{V^2}{\rho}$, bu yerda, ρ – egrilik radiusi.

Nuqtaning harakati tabiiy usulda berilganda, nuqtaning trayektoriyasi (demak, egrilik radiusi) shu trayektoriya bo'ylab nuqtaning tezlanish vektorining moduli va yo'nalishini topish oson:



15-shakl.

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dV}{dt}\right)^2 + \left(\frac{V^2}{\rho}\right)^2};$$

$$\cos(\bar{a}, \bar{a}_t) = \frac{a_t}{a}; \quad \cos(\bar{a}, \bar{a}_n) = \frac{a_n}{a};$$

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{a_t'}{a_n}.$$

Nuqta tezlanishining tabiiy koordinata o'qlaridagi proyeksiyalarini aniqlash uchun

$$\bar{\vartheta} = \frac{ds}{dt} \tau^0; \quad \bar{\vartheta} = \vartheta \bar{\tau}^0 \text{ formuladan foydalanamiz.}$$

Bu yerda, τ^0 – urinmaning birlik vektori:

$$\vartheta = \frac{dS}{dt} - \text{tezlikning algebraik qiymati.}$$

U holda

$$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} = \frac{dv}{dt} \bar{\tau}^0 + v \frac{d\bar{\tau}^0}{dt} = \frac{dv}{dt} \bar{\tau}^0 + v \frac{d\bar{\tau}^0}{dt} \cdot \frac{ds}{dt}, \quad (9)$$

bunda, $\frac{d\bar{\tau}^0}{ds}$ vektorning miqdori va yo'nalishini aniqlaymiz:

$\frac{d\bar{\tau}^0}{ds} = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta \bar{\tau}^0}{\Delta s}$; bunda $\frac{\Delta \bar{\tau}^0}{\Delta s}$ vektor trayektoriyaning M va M_1 nuqtalariga mos ravishda olingan $\bar{\tau}^0$ va $\bar{\tau}_1^0$, urinmalar birlik vektorlarining ayirmasiga teng. $|\bar{MB}|=1$; $|\bar{MC}|=1$ bo'lgani uchun, teng yonli MBC uchburchakdan $|\Delta \bar{\tau}^0| = |\bar{BC}| = 2 \sin \frac{\Delta \Theta}{2}$; bunda $\Delta \Theta$ orqali $\bar{\tau}^0$ va $\bar{\tau}_1^0$ birlik vektorlar orasidagi burchak belgilangan.

$$\text{Natijada } \left| \frac{d\bar{\tau}^0}{ds} \right| = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{|\Delta \bar{\tau}^0|}{\Delta s} = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{2 \sin \frac{\Delta \theta}{2}}{\Delta s}.$$

$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta \Theta}{\Delta S} = k = \frac{1}{\rho}$; bu yerda, k – trayektoriya­ning M nuqtadagi egriligi;

ρ – egrilik radiusi.

Binobarin, $\frac{d\vec{\tau}^0}{dS} = \frac{1}{\rho}$ bo‘lib, $\frac{d\vec{\tau}^0}{dS}$ vektoring moduli trayek­toriya­ning M nuqtadagi egriligini ifodalaydi. Yo‘nalishi bosh normal bo‘ylab trayektoriya­ning egrilik markazi tomon yo‘naladi, ya’ni

$$\frac{d\vec{\tau}^0}{dS} = \frac{1}{\rho} \vec{n}^0;$$

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{\tau}^0 + \frac{v^2}{\rho} \vec{n}^0. \quad (10)$$

$\frac{dv}{dt} \vec{\tau}^0$ vektor trayektoriyaga M nuqtada o‘tkazilgan urinma bo‘yi­cha yo‘naladi va *urinma tezlanish* deyiladi hamda $\vec{a}_\tau$ bilan belgilanadi:

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{\tau}^0.$$

$\frac{v^2}{\rho} \vec{n}^0$ vektor esa trayektoriyaga M nuqtada o‘tkazilgan bosh normal bo‘ylab yo‘naladi va *normal tezlanish* deyiladi hamda $\vec{a}^0$ bilan belgilanadi:

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{\rho} \vec{n}^0.$$

Tezlanishning tabiiy koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 s}{dt^2}; \quad \vec{a}_n = \frac{v^2}{\rho}.$$

Nuqta tezlanishining urinmadagi proyeksiyasi tezlikning algebraik qiymatidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilasiga yoki nuqtaning yoy koordinatasidan vaqt bo‘yicha olingan ikkinchi tartibli hosilasiga teng. Nuqta tezlanishining bosh normaldagi proyeksiyasi shu nuqta tezligi kvadratining trayektoriya­ning berilgan nuqtadagi egrilik radiusiga nisbatiga teng.

Nuqtaning tezlanish vektori $\vec{a}$ urinma tezlanish $\vec{a}_\tau$ va $\vec{a}_n$ normal tezlanishlarning geometrik yig‘indisiga teng:

$$a = \sqrt{\vec{a}_\tau^2} + \sqrt{\vec{a}_n^2}.$$

Bu ikki tezlanish o'zaro perpendikular yo'nalganidan to'la tezlanish moduli

$$\bar{a} = \sqrt{\bar{a}_\tau^2 + \bar{a}_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{\rho}\right)^2} \quad \text{formuladan,}$$

yo'nalishi esa $\text{tg} \mu = \frac{\bar{a}_\tau}{\bar{a}_n}$ formuladan topiladi.

3-bob. QATTIQ JISM KINEMATIKASI

3.1. Qattiq jismning ilgarilanma harakati

Qattiq jism kinematikasida uchraydigan masalalar ikki qismga bo'linadi:

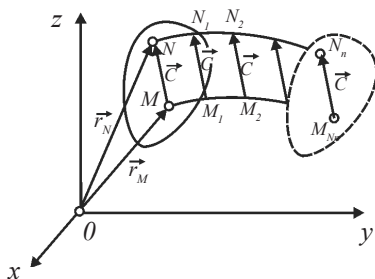
1) butun jismning harakati va bu harakatning kinematik xususiyatlarini aniqlash;

2) jism har bir nuqtasining harakatini o'rganish.

Dastlab qattiq jismning eng sodda harakatlari *ilgarilanma* va *qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakatlarini* ko'rib chiqamiz.

Jismda olingan har qanday kesma jism harakati davomida hamma vaqt o'z-o'ziga parallel qolsa, jismning bunday harakati *ilgarilanma harakat* deyiladi. Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtalarining trayektoriyalari istalgan ko'rinishda bo'lishi mumkin. Masalan, to'g'ri chiziqli relsda harakatlanayotgan vagon kuzovining harakati ilgarilanma harakat bo'lib, kuzov nuqtalarining trayektoriyalari to'g'ri chiziqdan iborat. Qattiq jismning ilgarilanma harakatiga oid quyidagi teoremani isbotlaymiz.

Teorema. Ilgarilanma harakatdagi jismning hamma nuqtalari bir xil chiziqli (trayektoriya) chizadi va har onda miqdor hamda yo'nalishlari jihatidan bir xil tezlikka va bir xil tezlanishga ega bo'ladi.



16-shakl.

Teoremani isbotlash uchun jismning berilgan $OXYZ$ qo'zg'almas koordinatalar sistemasiga nisbatan ilgarilanma harakatini tekshiramiz. Jismning ixtiyoriy A va B nuqtalarini olib, ularning radius-vektorlarini $\vec{r}_A$ va $\vec{r}_B$ bilan belgilaymiz:

$$\vec{r}_B = \vec{r}_A + AB. \quad (1)$$

Jism harakatlanganda $\vec{r}_A$, $\vec{r}_B$ o'zgaradi. Ammo AB kesmaning uzunligi va yo'nalishi o'zgarmaydi. Chunki qattiq jism ta'rifiga ko'ra, AB kesmaning uzunligi o'zgarmas bo'lib, ilgarilanma harakat ta'rifiga ko'ra, u doimo o'ziga parallel qoladi.

Shuning uchun (1) tenglikdagi $\vec{r}_A$ va $\vec{r}_B$ vektorlar o'zgarganda, ularning A va B nuqtalarining trayektoriyalari bir xil bo'ladi, ya'ni $AA=BB$ va parallel bo'ladi. B nuqtalarining tezligini aniqlash uchun (1)dan vaqt (t) bo'yicha hosila olamiz:

$$\frac{d\vec{r}_B}{dt} = \frac{d\vec{r}_A}{dt} + \frac{d\overline{AB}}{dt} \quad \text{yoki} \quad \frac{d\vec{r}_B}{dt} = \frac{d\vec{r}_A}{dt}; \quad (2)$$

bunda $\frac{d\overline{AB}}{dt} = 0$ bo'lgani uchun

$$\text{yoki} \quad \vec{v}_B = \vec{v}_A. \quad (3)$$

A va B nuqtalar ixtiyoriy nuqtalar bo'lganligi uchun ilgarilanma harakatdagi jismning qolgan barcha nuqtalari tezliklari ham bir xil bo'ladi. (2) dan t vaqt bo'yicha hosila olamiz:

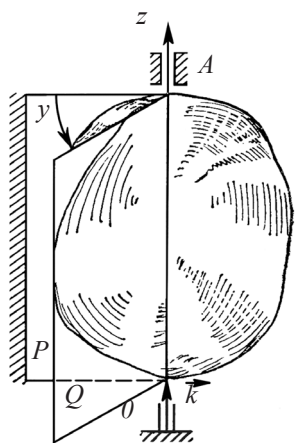
$$\frac{dV_B}{dt} = \frac{dV_A}{dt} \quad \text{yoki} \quad \bar{a}_B = \bar{a}_A. \quad (4)$$

(4) tenglikdan ilgarilanma harakatdagi jism hamma nuqtalarining tezlanishlari bir xilda bo'lishini ko'ramiz. Shunday qilib, teorema isbotlanadi. Bu teorema jismning ilgarilanma harakati uchun uning biror nuqtasining harakati bilan aniqlanadi.

Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtasining $\vec{v}$ tezligi va $\bar{a}$ tezlanishi jismning barcha nuqtalari uchun bir xilda bo'lganidan ularni, mos ravishda, jismning *tezligi va tezlanishi* deyiladi.

3.2. Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati

Harakatlanuvchi qattiq jismning ikki nuqtasi doimo qo'zg'almasdan qolsa, uning bunday harakati *qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat* deyiladi. Shu qo'zg'almas nuqtalardan o'tgan to'g'ri chiziqli *aylanish o'qi* deyiladi. Jismning aylanish o'qida joylashgan nuqtalari doimo harakatsiz bo'ladi.



17-shakl.

Qattiq jismning aylana harakatini tekshirish uchun aylanish o'qi orqali ikki tekislik o'tkazamiz. Ulardan biri qo'zg'almas P_0 tekislik, ikkinchisi esa jism bilan mahkam biriktirilgan va u bilan birga harakatlanadigan P tekislik bo'lsin. Aylanish o'qini jismning A va B nuqtalari orqali yuqoriga yo'naltiramiz va A bilan belgilaymiz. Jism Az o'q atrofida harakatlanganda P tekislik P_0 tekislikka nisbatan φ burchakka buriladi. Bu burchak *aylanish burchagi* deyiladi (u radianda o'lchanadi).

Aylanish o'qining musbat yo'nalishidan qaraganimizda jism soat milining aylanishiga teskari yo'nalishda aylansa, aylanish burchagi musbat, aks holda manfiy deb hisoblanadi. Qo'zg'aluvchan tekislikning qo'zg'almas tekislikka nisbatan fazodagi holati istalgan t vaqt uchun φ burchak bilan aniqlanadi.

P tekislik jism bilan mahkam biriktirilganidan jismning holati ham φ burchak bilan aniqlanadi. Jism Az o'q atrofida aylanganda mazkur burchak vaqtning uzluksiz, bir qiymatli funksiyasi sifatida o'zgaradi.

$$\varphi = f(t). \quad (5)$$

Bu ifoda jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi deyiladi. Agar (5) tenglik berilgan bo'lsa, jismning P_0 tekislikka nisbatan vaqtning har bir paytidagi holati ma'lum bo'ladi.

3.3. Aylanma harakatning burchak tezligi. Tekis aylanma harakat

Aylanish burchagi φ dan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosila *jismning burchak tezligi* deyiladi va ω bilan belgilanadi:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad (6)$$

yoki

$$\omega = \varphi = f'(t).$$

Bunda hosilaning ishorasi jismning aylanish yo'nalishini ifodalaydi. $\varphi = f'(t) > 0$ bo'lsa, shu onda $f(t)$ funksiya o'suvchan bo'ladi, ya'ni o'qning musbat yo'nalishidan qaraganda, soat milining aylanishi teskari yo'nalishda aylanadi, $\varphi = f'(t) < 0$ bo'lsa, shu onda $f(t)$ funksiya kamayuvchan bo'ladi, ya'ni jism soat milining aylanish yo'nalishida aylanadi.

Agar harakat davomida $\omega = \omega_0$ o'zgarmasa, *jism tekis aylanma harakatda* deyiladi. Bu holda:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega_0 = \text{const}; \quad d\varphi = \omega_0 dt.$$

Bu tenglamani integrallaymiz:

$$\varphi = \omega_0 t + C_1.$$

Bunda C_1 integrallash doimiysi bo'lib, harakatning boshlang'ich shartlaridan aniqlanadi. Masalan, boshlang'ich ($t = 0$) paytda aylanish burchagi $\varphi = \varphi_0$ bo'lsin. U holda yuqoridagi tenglikdan $C_1 = \varphi_0$ bo'ladi. Shunday qilib, jismning tekis aylanma harakati tenglamasi:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t \quad (7)$$

ko'rinishida yoziladi.

Agar $t = 0$ paytida $\varphi_0 = 0$ bo'lsa, (7)ga ko'ra, tekis aylanma harakat tenglamasi $\varphi = \omega t$ ko'rinishida yoziladi.

Unda:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}. \quad (8)$$

SI sistemasida burchak tezligi rad/s (yoki 1/s) da o'lchanadi. Jism bir marta to'la aylanganda $\varphi = 2\pi$ bo'ladi. Jism bir minutda n marta aylansa, tekis aylanma harakatning burchak tezligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}; \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]. \quad (9)$$

Bu formulada bir minutdagi aylanishlar soni n jism tekis aylanma harakatining *burchak tezligini* xarakterlaydi.

3.4. Qattiq jismning tekis parallel harakati

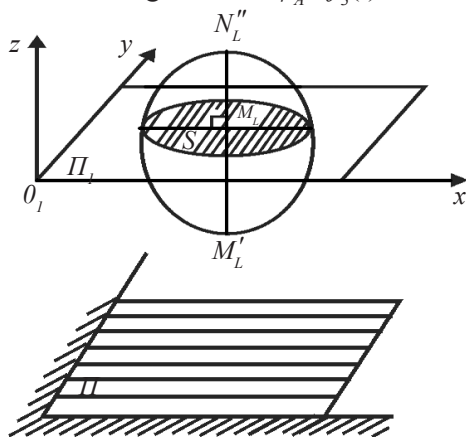
Jismning har bir nuqtasi doimo biror qo'zg'almas P_0 tekislikka parallel tekislikda harakatlanasa, uning bunday harakati *tekis parallel harakat* deyiladi. Jismni P tekislikka parallel bo'lgan P_1 tekislik bilan fikran kesish natijasida hosil bo'lgan kesimni C bilan belgilab, uni *tekis shakl* deb ataymiz.

C yuza harakatlanadigan P_1 tekislik tekis shaklning harakat tekisligi deyiladi.

Tekis shaklning ko'chishiga oid teorema: tekis shaklning harakat tekisligidagi har qanday ko'chishini qutb bilan birgalikdagi ilgarilanma harakati hamda qutbdan harakat tekisligiga perpendikular ravishda o'tuvchi o'q atrofidagi aylanma harakatidan tashkil topgan deb qarash mumkin.

Tekis shaklning biror A nuqtasini qutb uchun qabul qilib, uning qo'zg'almas OXY koordinatalar sistemasiga nisbatan koordinatalarini X_A, Y_A bilan belgilaymiz. A nuqtaning harakati quyidagicha aniqlanadi: $X_A = f_1(t), Y_A = f_2(t)$.

Tenglamalar tekis shaklning ilgarilanma harakatini ifodalaydi. Tekis shaklda olingan ixtiyoriy AB kesmaning x o'q bilan tashkil qilgan burchagini φ bilan belgilasak, jism harakatlanganda φ burchak vaqt funksiyasi sifatida o'zgaradi: $\varphi_A = f_3(t)$.



18-shakl.

Shunday qilib, tekis shaklning harakati:

$$X_A = f_1(t); Y_A = f_2(t); \varphi_A = f_3(t) \quad (1)$$

tenglamalari bilan aniqlanadi. (1) tenglamalar *qattiq jismning tekis parallel harakati tenglamalari* deyiladi.

Agar $\varphi = \text{const}$ bo'lsa, tekis shaklda olingan kesma doimo o'ziga parallel ravishda harakatlanadi va tekis shakl *ilgarilanma harakatda* bo'ladi.

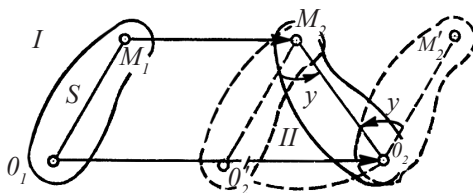
Agar harakat davomida X_A, Y_A lar o'zgarmas qiymatga ega bo'lsa, φ burchak o'zgarsa, u holda A nuqta qo'zg'almasdan qoladi va tekis shakl A nuqta atrofida aylanma harakatda bo'ladi.

Tekis shakl qutb atrofida aylanganda uning barcha nuqtalari haronda bir xil burchak tezlik va bir xil burchak tezlanishga ega bo'ladi va quyidagi formula vositasida aniqlanadi:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad \text{yoki} \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

Agar ω va ε lar bir tomonga qarab yo'nalgan bo'lsa, tezlanuvchan aylanma harakat, agar qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'lsa, sekinlanuvchan aylanma harakat vujudga keladi. Tekis shakl nuqtalarining tezliklari orasidagi bog'lanish quyidagi teorema yordamida aniqlanadi.

Teorema. Tekis shakl ixtiyoriy nuqtasining tezligi qutb tezligi bilan mazkur nuqtaning qutb atrofidagi aylana bo'ylab harakatidagi chiziqli tezligining geometrik yig'indisiga teng.



19-shakl.

Isboti. C tekis shaklning harakatini qo'zg'almas OXY koordinatalar sistemasiga nisbatan tekshiramiz. A nuqta qutb deb, ixtiyoriy B nuqtaning OXY sistemasiga nisbatan radius-vektori $\vec{r}_B$, A qutb radius-vektori $\vec{r}_A$ bilan quyidagicha bog'lanadi:

$$\vec{r}_B = \vec{r}_A + A\vec{B}. \quad (2)$$

(2) tenglamadan vaqt bo'yicha hosila olib, B nuqtaning tezligini aniqlaymiz:

$$\vec{v}_B = \frac{d\vec{r}_B}{dt} = \frac{d\vec{r}_A}{dt} + \frac{dA\vec{B}}{dt} \quad (3)$$

$$\frac{d\vec{r}_A}{dt} = \vec{v}_A \text{ qutb tezligi.}$$

Tekis shakl harakatlanganda AB vektor moduli o'zgarmaydi, yo'nalishi esa, jism qutb atrofida aylanishi bilan o'zgaradi.

$\frac{dAB}{dt}$ hosila B nuqtaning A nuqta atrofida aylangandagi chiziqli tezligini ifodalaydi.

$$\frac{d\overline{AB}}{dt} = \vec{v}_{BA}.$$

Eyler formulasiga ko'ra, $\vec{v}_{BA}$ ni tekis shaklning burchak tezligi $\vec{\omega}$ va radius-vektor AB larning vektorli ko'paytmasi orqali ifodalaymiz:

$$\vec{v}_{BA} = \vec{\omega} \times \overline{AB}. \quad (4)$$

(3) ni quyidagicha:

$$\vec{v}_B = \vec{v}_a + \vec{v}_{BA} \quad (5)$$

$$\text{yoki } \vec{v}_B = \vec{v}_a + \vec{\omega} \times A\vec{B}. \quad (6)$$

Tekis shakl biror nuqtasining tezligi va aylanma harakatining burchak tezligi berilganda *tekis shakl* boshqa bir *nuqtasining tezligini* (6) formulaga muvofiq aniqlash uni *qutb usulida aniqlash* deyiladi.

3.5. Tezliklarning oniy markazi

Berilgan onda tezligi nolga teng bo'lgan tekis shakl nuqtasi *tezliklarning oniy markazi* yoki qisqacha *oniy markaz* deyiladi.

Tekis shakl biror O nuqtasining tezligi $\vec{v}_0$ va shu O nuqta atrofidagi aylanma harakatining burchak tezligi ω berilgan bo'lsin. O nuqtani qutb deb olamiz. Qutbdan aylanma harakatning yo'nalishida $\vec{v}_0$ ga perpendikular OK chiziqni o'tkazamiz. OK chiziq

$OP = \frac{v_0}{\omega}$ tenglikka mos keluvchi P nuqtani olib, tezligini aniqlaymiz:

$$\vec{v}_P = \vec{v}_0 + \vec{v}_{Pd}.$$

$$\vec{v}_{Po} = \omega \cdot OP \text{ yoki } \frac{\vec{v}_0}{\omega} = OP \text{ bo'lganligi uchun } v_{Po} = \omega \cdot \frac{v_0}{\omega} = v_0.$$

Hamda $\vec{v}_{Po}$ vektor $\vec{v}_0$ ga qarama-qarshi yo'naladi: $\vec{v}_{Po} = -\vec{v}_0$; $\vec{v}_P = 0$ bo'lsa, P nuqta tekis shaklning tezliklari oniy markazi bo'ladi.

Tekis shakl nuqtalarining tezliklarini oniy markazdan foydalanib aniqlash mumkin.

Berilgan onda tekis shaklning oniy markazi P ni qutb deb olib, $\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$ formulaga muvofiq tekis shakl A, B, C nuqtalarining tezliklarini topamiz:

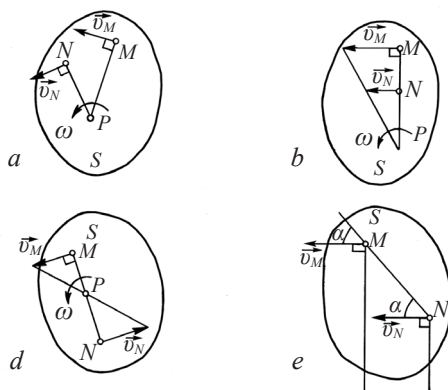
$$\vec{v}_A = \vec{v}_P + \vec{v}_{AP}; \vec{v}_B = \vec{v}_P + \vec{v}_{BP}; \vec{v}_C = \vec{v}_P + \vec{v}_{CP}.$$

Bu yerda, $\vec{v}_P = O$ bo'lgani uchun quyidagicha yoza olamiz:

$$\vec{v}_A = \vec{v}_{AP}; \vec{v}_B = \vec{v}_{BP}; \vec{v}_C = \vec{v}_{CP};$$

$$\vec{v}_A = \omega \cdot PA; \vec{v}_B = \omega \cdot PB; \vec{v}_C = \omega \cdot PC.$$

Demak, biror onda oniy markazi ma'lum bo'lgan tekis shakl nuqtalarning shu ondagi tezliklarini oniy markaz atrofida xuddi oddiy aylanma harakatdagi jism nuqtalarining tezliklari kabi topish mumkin.



20-shakl.

3.6. Tekis shakl nuqtasining tezlanishi

Tekis shakl nuqtalarining tezlanishlari orasidagi bog'lanish quyidagi teorema yordamida aniqlanadi.

Teorema. Tekis shakl ixtiyoriy nuqtasining tezlanishi qutb tezlanishi bilan mazkur nuqtaning qutb atrofida aylanishidagi tezlanishining geometrik yig'indisiga teng.

Isbot. Tekis shakl biror A nuqtasining hamda mazkur nuqta atrofida tekis shaklning ω aylanish burchak tezligi va ε burchak tezlanishining algebraik qiymati berilgan bo'lsin.

A nuqtani qutb deb, tekis shakl ixtiyoriy B nuqtasining tezligi:

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{\omega} \times \vec{AB}. \quad (1)$$

B nuqtaning tezlanishini aniqlash uchun vaqt bo'yicha hosila olamiz:

$$\bar{a}_B = \frac{d\bar{v}_B}{dt} = \frac{d\bar{v}_A}{dt} + \frac{d\bar{\omega}}{dt} \cdot A\bar{B} + \bar{\omega} \cdot \frac{dA\bar{B}}{dt}.$$

Bunda

$$\frac{d\bar{v}_A}{dt} = \bar{a}_A; \quad \frac{d\bar{\omega}}{dt} = \bar{\varepsilon}; \quad \frac{dA\bar{B}}{dt} = \bar{v}_{BA} = \bar{\omega} \cdot A\bar{B}$$

bo'lgani uchun

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{\varepsilon} \cdot A\bar{B} + \bar{\omega} \cdot \bar{v}_{BA},$$

bu yerda, $\bar{a}_A$ – A nuqtaning tezlanishi;

$\bar{\varepsilon} \cdot A\bar{B} = \bar{a}_{BA}^r$ – B nuqtaning A qutb atrofida aylanishidagi tezlanishi;

$\bar{\omega} \cdot \bar{v}_{BA} = \bar{\omega}_{BA}^n$ – B nuqtaning A qutb atrofida aylanishidagi

markazga intilma tezlanish.

Shunday qilib,

$$\begin{aligned} \bar{a}_B &= \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}^r + \bar{a}_{BA}^n; \\ \bar{a}_{BA} &= \bar{a}_{BA}^r + \bar{a}_{BA}^n, \end{aligned}$$

bu yerda, $\bar{a}_{BA}$ – B nuqtaning A atrofida aylanishdagi tezlanishi.

B nuqtaning A atrofida aylanishi tezlanuvchan bo'lganda $\bar{a}_{BA}^r$ A qutbga nisbatan aylanish yo'nalishi bo'yicha, sekinlanuvchan bo'lganda esa unga qarama-qarshi yo'naladi, ya'ni $\bar{a}_{BA}^r$ ning A qutbga nisbatan yo'nalishi burchak tezlanishi $\bar{\varepsilon}$ ning yo'nalishiga bog'liq ravishda olinadi. Natijada B nuqtaning tezlanishi quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA};$$

$$\vec{a}_{BA}^r = AB \cdot \varepsilon; \quad \vec{a}_{BA}^n = AB\omega^2.$$

Shu sababli, $\bar{a}_{BA}$ ning moduli quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{a}_{BA} = AB\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4};$$

$\bar{a}_{BA}$ ning yo'nalishi

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2}.$$

3.7. Tezlanishlarning oniy markazi

Tekis shaklning berilgan ondagi tezlanishi nolga teng bo'lgan nuqtasi *tezlanishlarning oniy markazi* deyiladi.

Agar tekis shakl biror A nuqtasining tezlanishi $\vec{a}_A$ va tekis shaklning burchak tezligi ω hamda burchak tezlanishi ε berilgan bo'lsa, tezlanishlarning oniy markazi quyidagicha aniqlanadi. Dastlab

$tg \mu = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2}$ μ burchak topiladi. So'ngra tezlanuvchan aylanma harakat

$\vec{a}_A$ vektorga harakat yo'nalishi bo'yicha, sekinlanuvchan aylanma harakatda esa aylanish yo'nalishiga teskari yo'nalishda μ burchak ostida AK to'g'ri chiziqni shunday Q aniqlaymizki, bunda

$AQ = \frac{\omega_A}{\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}}$ bo'lsin. Q – nuqta tezlanishlarning oniy markazi:

$$\vec{a}_Q = \vec{a}_A + \vec{a}_{QA}; \quad \vec{a}_{QA} = AQ \cdot \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} = \vec{a}_A.$$

Bundan tashqari, $\vec{a}_{QA}$ vektor AK to'g'ri chiziq bilan μ burchakni tashkil qiladi, ya'ni $\vec{a}_{QA}$ miqdor jihatdan $\vec{a}_A$ ga teng, yo'nalishi esa $\vec{a}_A$ ga qarama-qarshidir. Shu sababdan:

$$\vec{a}_Q = \vec{a}_A + \vec{a}_{QA} = 0.$$

Agar tezlanishlarning oniy markazi Q ni qutb deb, $\vec{a}_Q = 0$ bo'lgani uchun:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_{QA}; \quad \vec{a}_B = BQ \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}.$$

DINAMIKA

1-bob. **MODDIY NUQTA VA MEXANIK SISTEMA DINAMIKASI**

1.1. Dinamikaning asosiy tushuncha va qonunlari

Jismlarning mexanik harakatini vujudga keltiruvchi sabablar, ya'ni o'zining massasiga va qo'yilgan kuchga bog'lab tekshiradigan nazariy mexanikaning bo'limi *dinamika* deyiladi. Umumiy holda jismga ta'sir etadigan kuchlar vaqtga, jismning vaziyatiga va tezligiga bog'liq bo'ladi.

Jismning harakati unga qo'yilgan kuchlardan tashqari, jismning inertlik xususiyatiga ham bog'liq. Kuch ta'siridan jism o'z tezligini tez yoki sekin o'zgartirish xususiyati *jismning inertligi* deyiladi. Jismning inertligini miqdor jihatdan xarakterlovchi fizik kattalik *jismning massasi* deyiladi.

Jismning massasi o'zgarmas, skalar va musbat kattalik deb qaraladi.

Dinamika ikki qismga bo'lib o'rganiladi:

1. Moddiy nuqta dinamikasi.
2. Mexanik sistema va qattiq jism dinamikasi.

Dinamika asosida 1687-yilda Nyuton kashf qilgan qonunlari yotadi va u *harakat qonunlari* deyiladi.

1-qonun (inersiya qonuni).

Tashqi ta'sirlardan tanho qolgan nuqta biror kuch ta'sir etmaguncha, o'zining tinch holatini yoki teng o'lchovli to'g'ri chiziqli harakatini saqlashga intiladi.

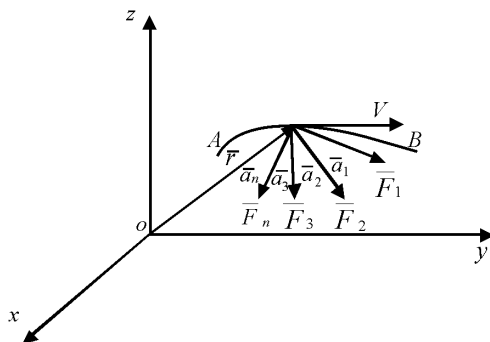
Inersiya qonuniga binoan bo'lsa, $V = \text{const}$ bo'ladi.

1-qonun ta'minlanadigan nuqtaning harakatiga *inersion harakat* deyiladi.

2-qonun (dinamikaning asosiy qonuni) (kuch bilan tezlanishning proporsionallik qonuni).

Moddiy nuqtaning kuch ta'siridan olgan tezlanishi bilan massasining ko'paytmasi miqdor jihatdan shu kuchga teng bo'lib, tezlanish kuch bilan bir xil yo'nalishda bo'ladi:

$$m\vec{a} = \vec{F}. \quad (1)$$



21-shakl.

1-tenglama *dinamikaning asosiy tenglamasi* deyiladi.

(1) tenglama bu kattaliklarining modullari orasidagi bog'lanishga ham o'rinli bo'ladi:

$$m\vec{a} = \vec{F}, \quad (2)$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (3)$$

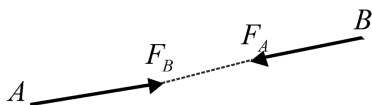
Har qanday jism bo'shliqda og'irlik ta'sirida yerga bir xil o'zgarmas g tezlanish bilan tushishi tajribada aniqlangan:

$$\vec{F} = mg; \quad (4)$$

$$m = \frac{\vec{F}}{g}. \quad (5)$$

3-qonun (ta'sir va aks ta'sirining tenglik qonuni).

Ikki moddiy nuqtaning o'zaro ta'sir kuchlarini modullari teng va shu nuqtalarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi tomonga yo'nalgan.



$$\vec{F}_A = -\vec{F}_B \quad (6)$$

4-qonun (kuchlar ta'sirining o'zaro mustaqillik qonuni).

Moddiy nuqtaning unga qo'yilgan bir necha kuchlar ta'siridan olgan tezlanishi har bir kuchning alohida ta'siridan nuqta oladigan tezlanishlarning geometrik yig'indisiga teng:

$$m\vec{a} = \sum_{k=1}^n \vec{F}_k.$$

Moddiy nuqtaga $F_1, F_2, F_3 \dots F_n$ kuchlar ta'sir etayotgan bo'lsin.

Klassik mexanik qonunlari o'rinli bo'lgan sanoq sistemasi *inersial sistema* deyiladi. Texnika masalalarini yechishda inersial sistema sifatida yer bilan bog'langan sistemasi, ya'ni bevosita bog'langan sistema olinadi.

1.2. Mexanik sistema dinamikasi

Bir-biri bilan ma'lum munosabatda bog'langan hamda har bir nuqtasining harakati boshqa nuqtalarining holati va harakatiga bog'liq bo'lgan moddiy nuqtalar to'plami *mexanik sistema* deyiladi.

Agar mexanik sistema nuqtalariga bog'lanishlar qo'yilgan bo'lsa, *bog'lanishdagi mexanik sistema* deyiladi. Agar mexanik sistemani tashkil etuvchi nuqtalar orasidagi masofalar doimo o'zgarmasdan qolsa, *o'zgarmas mexanik sistema* deyiladi. Mexanik sistemaga tashqi va ichki kuchlar ta'sir qiladi.

Mexanik sistema nuqtalariga bu sistemaga kirmaydigan nuqta yoki jismlarning ta'sir kuchlari *tashqi kuchlar* deyiladi. Mexanik sistemani tashkil etuvchi nuqtalarning o'zaro ta'sir kuchlari *ichki kuchlar* deyiladi.

Ichki kuchlarning *ikki xossasi* mavjud:

1. Sistema barcha ichki kuchlarning geometrik yig'indisi (ichki kuchlarning bosh vektori) nolga teng:

$$\sum_{k=1}^n \vec{F}_k^i = 0.$$

2. Sistema barcha ichki kuchlarining ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momentlarining geometrik yig'indisi (ichki kuchlarning bosh momenti) nolga teng:

$$\vec{M}_0^i = \sum M_0(\vec{F}_k^i) = 0.$$

2-bob. DINAMIKANING UMUMIY TEOREMALARI

2.1. Moddiy nuqta uchun harakat miqdori va mexanik sistemaning harakat miqdori

Nuqta massasi bilan tezlik vektori ko'paytmasiga teng vektor kattalik nuqtaning *harakat miqdori* deyiladi:

$$\vec{q} = m\vec{v}.$$

Miqdor va yo'nalish jihatdan o'zgarish bo'lgan kuch bilan uning ta'sir vaqtining ko'paytmasiga teng vektor *kuchning impulsi* deyiladi:

$$\vec{S} = \vec{F} \cdot t$$

Sistema nuqtalari harakat miqdorlarining geometrik yig'indisiga teng bo'lgan vektor *sistemaning harakat miqdori* deyiladi:

$$\vec{K} = \sum m_k \vec{v}_k. \quad (1)$$

$\vec{v} = \frac{d\vec{r}_k}{dt}$ va $m_k = \text{const}$ bo'lgani uchun

$$\vec{K} = \sum m_k \frac{d\vec{r}_k}{dt} = \frac{d}{dt} \sum m_k \vec{r}_k. \quad (2)$$

$\sum m_k \vec{r}_k = M\vec{r}_c$ bo'lgani uchun

$$\vec{K} = \frac{d}{dt}(M\vec{r}_c) = M \frac{d\vec{r}_c}{dt} = M\vec{v}_c$$

$$\vec{K} = M\vec{v}_c.$$

Demak, sistemaning harakat miqdori sistema massasi bilan uning massalar markazi tezligining ko'paytmasiga teng.

2.2. Moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqida teorema

Biror qo'zg'almas $OXYZ$ koordinatalar sistemasiga nisbatan M nuqtaning kuch ta'siridagi harakatini kuzatamiz. Nuqtaning harakat qonuni:

$$m\vec{a} = \vec{F} \quad \text{yoki} \quad \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{F}, \quad (1)$$

bu yerda, $m\vec{v}$ – harakat miqdori.

(1) ning har ikki tomonini dt ga ko'paytirib,

$$d(m\vec{v}) = \vec{F}dt \quad (2) \quad \text{yoki} \quad d(m\vec{v}) = d\vec{S}$$

ni keltirib chiqaramiz.

$d\vec{S} = \vec{F}dt$ – kuchning dt vaqt ichidagi elementar impulsi deyiladi.

Moddiy nuqtaning harakat miqdori haqidagi teoremaning differensialli (2) ifodasini quyidagicha ta'riflaymiz: nuqta harakat miqdorining differensialli nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning elementar impulsiga teng.

Nuqta harakat miqdorining cheklangan vaqt ichida o'zgarishini aniqlash uchun (2) ni integrallaymiz:

$$\begin{aligned} m\vec{v} - m\vec{v}_0 &= \int_0^t \vec{F} dt \\ m\vec{v} - m\vec{v}_0 &= \vec{S} \end{aligned} \quad (3)$$

Cheklangan vaqt ichida nuqta harakat miqdorining biror koordinata o'qi bo'yicha o'zgarishi haqida teoremani ifodalaydi; nuqta harakat miqdorining biror cheklangan vaqt oralig'ida o'zgarishi unga ta'sir etuvchi kuchning shu vaqt ichidagi impulsiga teng.

Nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremadan quyidagi muhim natijalarni olamiz:

1. Agar nuqtaga ta'sir etuvchi kuch nolga teng bo'lsa, (2) tenglamaga ko'ra:

$$d(m\vec{v}) = 0 \text{ yoki } m\vec{v} = \text{const} . \quad (4)$$

Ya'ni nuqtaga ta'sir etuvchi kuch nolga teng bo'lsa, nuqtaning harakat miqdori va yo'nalish jihatdan o'zgarmas bo'ladi. (4) tenglik *nuqta harakat miqdorining saqlanish qonunini* ifodalaydi.

2. Agar kuchning biror o'qdagi proyeksiyasi nolga teng bo'lsa,

$$X=0 \text{ u holda } mv_x = \text{const}.$$

Agar nuqtaga bog'lanishlar qo'yilgan bo'lsa, (3) teoremadan foydalanishda berilgan kuchlarning impulsi qatoriga bog'lanish reaksiya kuchlarining impulslarini ham qo'shish kerak.

2.3. Sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema

Mexanik sistema N ta nuqtadan tashkil topgan bo'lsin. Sistemaga ichki va tashqi kuchlar ta'sir etayotgan bo'lsin. U holda sistema nuqtalari harakatining differensial tenglamalari quyidagicha yoziladi:

$$\frac{d}{dt}(m_k \vec{v}_k) = \vec{F}_k^e + \vec{F}_k^i, (k=1, \vec{N}). \quad (1)$$

(1) tenglamalar sistemasini qo'shamiz:

$$\frac{d}{dt} \sum m_k \vec{v}_k = \sum \vec{F}_k^e + \sum \vec{F}_k^i, \quad (2)$$

bu yerda, $\sum m_k \vec{v}_k = \vec{K}$ – sistemaning harakat miqdori.

$\sum \vec{F}_k^e = \vec{R}^e$ – tashqi kuchlarning bosh vektori.

Ichki kuchlarning xossasiga ko'ra:

$$\sum \vec{F}_k^i = 0.$$

Natijani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{R}^e. \quad (3)$$

(3) tenglama sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremani ifodalaydi: sistema harakat miqdorining vaqt bo'yicha birinchi hosilasi sistemasiga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning bosh vektoriga teng.

(3) ni Dekart koordinata o'qlariga proyeksiyalab, sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremani skalar ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{dK_x}{dt} = R_x^e; \quad \frac{dK_y}{dt} = R_y^e; \quad \frac{dK_z}{dt} = R_z^e. \quad (4)$$

(4) sistema harakat miqdorining biror o'qdagi proyeksiyasidan vaqt bo'yicha olingan hosila, sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar bosh vektorining ushbu o'qdagi proyeksiyasiga teng.

2.4. Kuchning ishi va quvvati

Ish harakatlanuvchi nuqtaga qo'yilgan kuchning nuqta tezligi modulini o'zgartiradigan ta'sirini ifodalaydi. Miqdori va yo'nalishi jihatdan o'zgarmas bo'lgan kuch ta'siridagi nuqtaning to'g'ri chiziqli harakatdagi ishini hisoblaymiz.

Kuch qo'yilgan nuqta to'g'ri chiziq bo'yicha yo'lni o'tsin hamda kuchning yo'nalishi to'g'ri chiziq bilan ustma-ust tushsin. U holda musbat yoki manfiy ishora bilan olingan kuchning yo'lga ko'paytmasi *ish* deyiladi.

$$A = \pm F \cdot s.$$

Agar kuchning yo'nalishi nuqta harakatlanayotgan to'g'ri chiziq bilan biror α burchak tashkil etsa, ish uchun

$$A = \pm F \cdot s \cos \alpha$$

o'rinli bo'ladi.

Agar kuchning miqdori va yo'nalishi o'zgaruvchan bo'lsa yoki kuch qo'yilgan nuqta egri chiziq bo'yicha harakat qilsa, nuqtaning

butun o'tgan yo'lini fikran kichik bo'laklarga bo'lamizki, natijada bu bo'laklarning har birini to'g'ri chiziqli va ushbu bo'laklarga ta'sir etuvchi kuchlar miqdori va yo'nalishi jihatdan o'zgarmas deb qarash mumkin bo'lsin.

$$dA = F \cos(\vec{F}, \vec{v}) ds$$

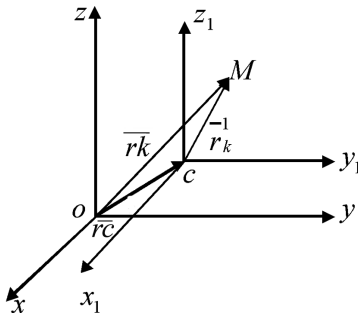
$$ds = v dt$$

$$dA = F \cdot v \cdot dt \cos(\vec{F}, \vec{v}) = \vec{F} \cdot \vec{v} dt.$$

Kuchning elementar ishi deb, shu kuch bilan u qo'yilgan nuqta elementar ko'chishining skalar ko'paytmasiga teng kattalikka aytiladi. $d'A = \vec{F} \cdot d\vec{r}$ kuchning vaqt birligi ichida bajargan ishi *quvvat* deyiladi.

$$N = \frac{dA}{dt} \text{ yoki } N = \frac{\vec{F} d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}.$$

2.5. Nuqta va sistemaning kinetik energiyasi



22-shakl.

Nuqta massasi uning tezligi kvadratiga ko'paytmasining yarmiga teng bo'lgan $\frac{mv^2}{2}$ skalar kattalik nuqtaning *kinetik energiyasi* deyiladi.

Mexanik sistemaning kinetik energiyasi uning barcha nuqtalari kinetik energiyalarining yig'indisiga teng:

$$T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2} \quad (1)$$

kattalik *sistemaning kinetik energiyasi* deyiladi.

Nuqta yoki sistemaning kinetik energiyasi nuqtalar tezliklarining yo'nalishiga bog'liq bo'lmaydi. Mexanik sistemaning barcha nuqtalari tinch holatda bo'lgandagina sistemaning kinetik energiyasi nolga teng bo'ladi.

Mexanik sistema qo'zg'almas $OXYZ$ sistemaga nisbatan harakatlansin.

Sistemaning massalar markazi C nuqtada olingan va u bilan ilgariylanma harakatlanadigan C, X, Y, Z koordinatalar sistemasiga nisbatan absolut harakatini massalar markazi bilan birgalikdagi ilgariylanma harakat va undan o'tuvchi CX, Y, Z koordinatalar sistemasiga nisbatan aylanma harakatdan tashkil topgan deb qarash mumkin.

Chizmadan:

$$r_k = \bar{r}_c + \bar{r}_k^1$$

M_k nuqta tezligi uchun $\bar{v}_k = \bar{v}_c + \bar{v}_k^1$ (2) formula o‘rinli.

Bundan $\bar{v}_k^1 = \frac{d\bar{r}_k^1}{dt}$ nuqtaning nisbiy tezligidir. $v_k^2 = \bar{v}_k^2$ ekanini nazarda tutib, (1) va (2)larga ko‘ra, sistemaning absolut harakatdagi kinetik energiyasini hisoblaymiz:

$$T = \frac{v_c^2}{2} \sum m_k + \sum \frac{m_k \bar{v}_k^2}{2} + v_c \cdot \sum m_k \bar{v}_k^1, \quad (3)$$

bu yerda, $\sum m_k = M$ – sistema massasi; $\sum \frac{m_k \bar{v}_k^2}{2} = T_c$ – sistemaning massalar markaziga nisbatan nisbiy harakati kinetik energiyasi.

$$\sum m_k \bar{v}_k^1 = \sum m_k \frac{d\bar{r}_k^1}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\sum m_k \bar{r}_k^1 \right) = 0.$$

Harakatdagi koordinatalar sistemasining boshi massalar markazida olingani tufayli $\sum m_k \bar{r}_k^1 = M \bar{r}_c^1 = 0$ bo‘ladi.

(3) quyidagicha yozish mumkin:

$$T = \frac{M v_c^2}{1} + T_c \quad (4)$$

(4) tenglik Kyoning teoremasi: murakkab harakatdagi sistemaning kinetik energiyasi massasi sistema massasiga teng deb olinadigan massalar markazining kinetik energiyasi hamda massalar markazi bilan birgalikda ilgariylanma harakatlanuvchi koordinatalar sistemasiga nisbatan sistemaning nisbiy harakat kinetik energiyalarining yig‘indisiga teng.

2.6. Qattiq jismning kinetik energiyasi

Qattiq jism ilgariylanma harakatda bo‘lsa, barcha nuqtalarning tezligi har onda o‘zaro teng bo‘ladi: $\bar{v}_k = \bar{v}_c$; bu yerda, $\bar{v}_c$ – jismlari massa markazining tezligi:

$$T = \sum \frac{m_k \cdot v_k^2}{2} = \frac{v_c^2}{2} \sum m_k = \frac{M v_c^2}{2}. \quad (5)$$

Ilgariylanma harakatdagi jismning kinetik energiyasi massasi butun jism massasiga teng massalar markazining kinetik energiyasiga teng.

1. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan jism istalgan M_k nuqtasi tezligining moduli:

$$V_k = \omega h_k \text{ formuladan aniqlanadi.}$$

Bu yerda, ω – jismning burchak tezligi; h_k – jismning M_k nuqtasidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa.

Jismning kinetik energiyasi:

$$T = \sum \frac{m_k V_k^2}{2} = \sum \frac{m_k \omega^2 h_k^2}{2} = \frac{\omega^2}{2} \sum m_k h_k^2 \quad (6)$$

$$\text{yoki } T = J_z \frac{\omega^2}{2},$$

bu yerda, $J_z = \sum m_k h_k^2$ – jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti.

Binobarin, qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan jismning kinetik energiyasi jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti bilan uning burchak tezligi kvadrati ko'paytmasining yarmiga teng.

2.7. Potensialli kuch maydoni

Nuqtaga qo'yilgan birlik kuchining, elastiklik kuchining yoki markaziy kuchlar nuqtalarining biror ko'chishi shu nuqtaning harakat qonuniga bog'liq bo'lmaydi. Bunday kuchlar *potensialli kuchlar* deb ataluvchi kuchlar turkumiga kiradi.

Fazoning biror sohasiga kiritilgan moddiy nuqtalarga nuqtalar koordinatalarining funksiyasi bo'lgan kuch ta'sir etsa, bunday soha *kuch maydoni* deyiladi.

Maydon kuchini $F(x, y, z)$ bilan belgilasak, bu kuchning elementar ishi quyidagicha yoziladi:

$$dA = x(x, y, z) dx + y(x, y, z) dy + z(x, y, z) dz. \quad (1)$$

Tenglikning o'ng tomonidagi uch hadni $U(x, y, z)$ funksiyaning to'liq differensial bo'ladigan kuch maydonini yozamiz:

$$dA = dU. \quad (2)$$

Bu formula *potensialli kuch maydoni* deyiladi.

Potensialli kuch maydonida bajarilgan elementar ish formulada aniqlanadi:

$$dA = xdx + ydy + zdz. \quad (3)$$

U funksiyaning to'liq differensial uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$dU = \frac{dU}{dx} \cdot dx + \frac{dU}{dy} dy + \frac{dU}{dz} dz. \quad (4)$$

(2) formula o‘rinli bo‘lishi uchun (3) va (4) tengliklardagi dx , dy , dz lar oldidagi mos koeffitsiyentlar o‘zaro teng bo‘lishi zarur:

$$x = \frac{dU}{dx}; y = \frac{dU}{dy}; z = \frac{dU}{dz}. \quad (5)$$

(5) shartlarini qanoatlantiruvchi x , y , z koordinatalarning bir qiymatli, cheklangan va differensiallanadigan U funksiyasi mavjud bo‘lsa, ya’ni maydon kuchining koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari U funksiyadan mos koordinatalar bo‘yicha olingan xususiy hosilalarga teng bo‘lsa, bunday kuch maydoni potentsialli kuch maydonidan iborat bo‘ladi.

U funksiya kuch funksiyasi deb, bunday maydon kuchi potentsialli kuch yoki *kanservativ kuch* deb ataladi.

Potentsialli maydon kuchi $\vec{F}$ quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{F} = \frac{dU}{dx} \cdot \vec{i} + \frac{dU}{dy} \cdot \vec{j} + \frac{dU}{dz} \cdot \vec{k}$$

yoki

$$\vec{F} = \text{grad}U.$$

2.8. Potensial energiya

Potentsialli kuch maydonida kuchning potentsiali U bilan bir qatorda maydonning biror nuqtasidagi to‘plangan energiya miqdorini ifodalovchi va potensial energiya deb ataladigan boshqa P funksiyani kiritish mumkin. Moddiy nuqta biror M holatdan boshlang‘ich M_0 holatga ko‘chishida unga ta’sir etuvchi maydon kuchlarining ishi maydonning berilgan M nuqtadagi P potensial energiyasi deyiladi.

Shunday qilib, $P = A = U_0 - U$.

Bunda U_0 o‘zgarmas bo‘lib, harakatdagi nuqtaning boshlang‘ich holatiga bog‘liq bo‘ladi. Shu sababli, maydonning biror nuqtasidagi potensial energiya ixtiyoriy o‘zgarmasgacha aniqlik bilan ushbu nuqtadagi manfiy ishora bilan olingan kuch funksiyasiga teng bo‘ladi.

Agar nuqtaning boshlang‘ich holati $U_0 = 0$ nuqtada olinsa:

$$P = -U \text{ bo‘ladi.}$$

Bu tenglikni nazarda tutib, elementar ish va cheklangan ko‘chishdagi ish uchun quyidagi ifodalarni yozish mumkin:

$$dA = dU = -dP, A = U - U_0 = P_0 - P.$$

Potensialli kuch maydonidagi nuqta har onda $T = \frac{mv^2}{2}$ ga teng kinetik energiyaga va $P = -U$ potensial energiyaga ega bo'ladi. Bu energiyalarning yig'indisi, ya'ni

$$E = T + P.$$

Moddiy nuqtaning *to'liq mexanik energiyasi* deyiladi.

2.9. Sistema mexanik energiyasining saqlanish qonuni

Sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremani:

$$T - T_0 = \sum A_k^e + \sum A_k^i = \sum A_k \quad (1)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

Agar sistema nuqtalariga ta'sir etuvchi ichki va tashqi kuchlar konservativ kuchlardan iborat bo'lsa, quyidagi munosabat o'rinli bo'ladi:

$$\sum A_k = P_0 - P.$$

Bunda P_0 , P lar bilan sistema nuqtalariga ta'sir etuvchi ichki va tashqi kuchlarning boshlang'ich va istalgan paytga mos bo'lgan potensial energiyalari belgilangan. Bu holda (1) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$T - T_0 = P_0 - P$$

yoki

$$T + P = T_0 + P_0 = h, \quad (2)$$

bu yerda, h – o'zgarmas kattalik.

To'liq mexanik energiyani E bilan belgilasak,

$$E = T + P = h \quad (3) \text{ bo'ladi.}$$

(3) formula energiya integrali deyiladi va mexanik sistema energiyasining saqlanish qonunini ifodalaydi. Konservativ kuchlar ta'siridagi mexanik sistema kinetik va potensial energiyalarining yig'indisi o'zgarmasdan qoladi.

Mexanik sistemaning saqlanish qonuni o'rinli bo'ladigan mexanik sistemalari *konservativ sistemalar* deyiladi.

1-bob. «MATERIALLAR QARSHILIGI» FANI NIMANI O'RGATADI?

1.1. Umumiy ma'lumot

Har qanday mashina yoki inshootga nisbatan turlicha talablar qo'yiladi. Mashina va inshootlar qo'yilgan yuklar ta'siriga chidamli bo'lishi, ya'ni ishlatilish davrining boshidan oxirigacha xavf-xatarsiz ishlashi kerak.

Mashina va inshootlar mustahkam bo'lishi bilan birga, bikir bo'lishi ham zarur, ya'ni konstruksiyalar yoki ularning ayrim qismlari tashqi kuchlar ta'siridan katta deformatsiyalar hosil qilmasligi kerak. Masalan, mustahkam qilib qurilgan ko'priklar ishlash davrida haddan tashqari egilib ketishi natijasida ko'ngilsiz hodisalar ro'y berishi mumkin.

Konstruksiya yoki uning qismlari mustahkamligini yo'qotishdan oldin, shaklini o'zgartirishi oqibatida, ustuvorligini yo'qotish orqasida ham yemirilishi mumkin, bunday hollarda konstruksiya o'z ustuvorligini yo'qotadi deb atash qabul qilingan.

Konstruksiya va uning qismlarini mustahkam, bikir va ustuvor qilishning har xil yo'llari bor, ulardan eng asosiysi konstruksiya qismlari ko'ndalang kesimining o'lchamlarini kattalashtirishdir. Biroq har qanday inshoot qurish uchun mehnat ham, material ham eng kam sarf qilinishi lozim, binobarin, injenerlar tegishli hisoblar qilishi natijasida loyihaning turli variantlarini tuzadilar va bu variantlar orasidan eng arzonini hamda yuqorida qo'yilgan uch asosiy talabga javob beradiganini tanlab oladilar.

Yuqorida bayon qilinganlarga asoslanib, «Materiallar qarshiligi» fanini bunday ta'riflash mumkin: materiallar qarshiligi mashina va inshoot qismlarining mustahkam, bikir va ustuvor bo'lishini hisoblashda zarur bo'lgan zo'riqish va deformatsiyalarni aniqlash metodlarini o'rgatuvchi fandir.

Galiley, Guk, Mariott, Dyugamel, Kulon, D.I. Juravskiy, X.S. Golovin, F.S. Yasinskiy, A.B. Gadolin, I.G. Bubnov, A.N. Krilov, B.G. Galyorkin, S.P. Timoshenko, P.F. Papkovich, N.M. Belyaev, M.M. Filonenko, B. Borodich, A.Q. Gastev, A.A. Ilyushin, B.B. Soko-

lovskiy, X.A. Paxmatullin, B.Z. Blasov, M.T. O‘rozboyev va boshqa olimlarning ishlari «Materiallar qarshiligi» fanining rivojlanishiga va takomillashuviga katta ta’sir ko‘rsatdi.

«Materiallar qarshiligi» fan sifatida mashina va inshootlar qismlariga ta’sir qiladigan kuchlar va ularning ta’sirida hosil bo‘ladigan kuchlanishlar va shu kuchlanishlar ostida ularning mustahkamligi va ustuvorligi masalalarini o‘rganadi.

«Materiallar qarshiligi» fanida jismlar tashqi kuchlar ta’sirida o‘z geometrik shaklini ma’lum darajada o‘zgartiradi va bu o‘zgartirish *deformatsiya* deb ataladi.

Agar jismlarda tashqi kuch ta’siridan hosil bo‘lgan deformatsiya jismdan kuch olingach yo‘qolib ketsa, bunday deformatsiya *elastik deformatsiya* deyiladi. Agar jismdan tashqi kuch olinganda deformatsiya yo‘qolmasa, bunday deformatsiya *qoldiq* yoki *plastik deformatsiya* deb ataladi.

Deformatsiyalar xarakteri kuchning miqdoriga bog‘liq. Biror deformatsiyani vujudga keltirayotgan kuchning miqdori ma’lum chegaradan ortib ketmasa, jismda faqat elastik deformatsiya vujudga keladi, aks holda qoldiq deformatsiya ham hosil bo‘ladi.

Ma’lumki, mashina va mexanizmlarning hamda inshootlarning qismlarida qoldiq deformatsiya vujudga kelishiga yo‘l qo‘ymaslik zarur.

1.2. Fanning asosiy tushunchalari

Qurilma elementlari

Turmushda uchraydigan qurilma turlari xilma-xil bo‘lib, ancha murakkab tuziladi. Ularning elementlari esa oddiy ko‘rinishga ega bo‘lib, quyidagi: brus, plastinka yoki plita, qobiq, sterjen, to‘sin va ramalardan iborat bo‘ladi.

Qurilma elementlariga ta’sir etuvchi kuchlar, asosan, sirtqi va hajmiy kuchlar kabi ikki guruhga bo‘linadi:

- jismga qo‘shni ikkinchi jismdan o‘tadigan kuchlar *sirtqi kuchlar* deyiladi;

- jismning barcha ichki nuqtalariga ta’sir qiluvchi kuchlar *hajmiy kuchlar* deyiladi.

Bunga harakatlanayotgan jismning o‘z og‘irligidan hosil bo‘ladigan *inersiya kuchi* misol bo‘ladi.

Tashqi kuchlar bir nuqtaga qo'yilgan yoki tekis taqsimlangan bo'ladi. Kuchlar bundan tashqari, *statik* va *dinamik* kuchlarga bo'linadi.

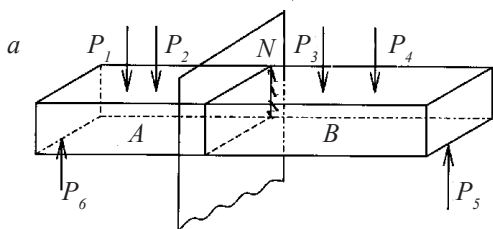
1960-yilda xalqaro o'lchov sistemasi kiritildi. Sistema *SI* (*Sg'*) sistemasi deb ataladi. Bu sistemaga ko'ra, asosiy o'lchov uchun 1 kg massa qabul qilindi va kuch o'lchovi uchun undan kelib chiquvchi miqdor qabul qilindi. *SI* sistemasida kuchning o'lchov birligi etib, 1 kg massaga 1 m/s² tezlanish beruvchi kuch qabul qilindi. Bu o'lchov 1 N deb qabul qilindi.

SI sistemasida ish birligi uchun 1 N kuchni 1 m yo'lda bajarish ishi qabul qilindi. Bunga «Joul» deyiladi va *j* harfi bilan belgilanadi.

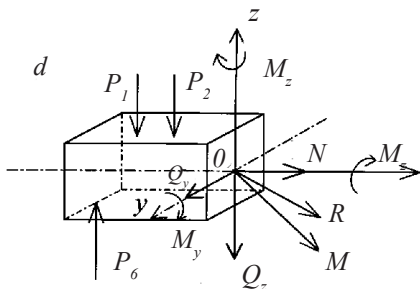
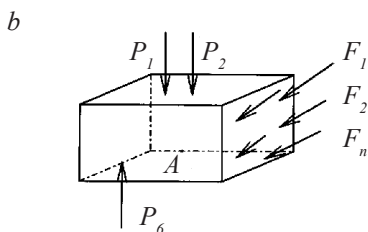
Ichki kuchlar. Kesish usuli

Tashqi kuchlar ta'sirida brus (g'ola) deformatsiyalanadi va uning ko'ndalang kesimlarida *ichki kuchlar* (kesilgan bo'lak zarrachalarining o'zaro ta'sir kuchlari) hosil bo'ladi. Zarrachalar muvozanatini saqlovchi reaksiya kuchlari *ichki kuchlar* yoki *zo'riqish kuchlari* deyiladi. Brus kesimlarida hosil bo'ladigan zo'riqish kuchlarining teng ta'sir etuvchisini topish uchun kesish usulidan foydalaniladi.

G'ola qo'yilgan P_1, P_2, P_3, P_4 kuchlar sistemasi ta'siridan uning tayanchlarida P_5 va P_6 reaksiya kuchlari hosil bo'ladi (tayanchlar chizmada ko'rsatilmagan).



1-shakl.



G'olaning biror kesimidagi ichki kuchlarni aniqlash uchun quyidagi to'rtta ish ketma-ket bajarilishi lozim:

1) g'olaning biror nuqtasidagi zo'riqish kuchini aniqlash uchun, g'ola shu nuqtadan o'tuvchi tekislik bilan fikran kesilib, ikki – A va B qismlarga ajraladi;

2) ajratilgan qismlarning biri, masalan, o'ng tomoni tashlab yuborilib, chap tomoni qoldiriladi. Bunda qolgan qismlarning muvozanati buziladi;

3) tashlangan qismning qolgan qismiga ilgari ko'rsatgan ta'siri $F_1, F_2, \dots, F_n$ kuchlar bilan almashtiriladi, bu kuchlar kesim yuzi bo'yicha taqsimlanadi, ya'ni ular kesimning har bir nuqtasiga qo'yilgan bo'lishi kerak.

Shunday qilib, ichki kuchlarni to'la-to'kis aniqlash uchun uning quyidagi uch tomonini tekshirish kerak bo'ladi:

a) statik tomoni, ya'ni g'olaning tekshirilayotgan qismi uchun muvozanat tenglamalari tuziladi;

b) geometrik tomoni, ya'ni g'olaning deformatsiyasini tekshirish;

d) fizik tomoni, ya'ni brus deformatsiyasi bo'yicha ichki kuchlarning taqsimlanish qonunini bilish.

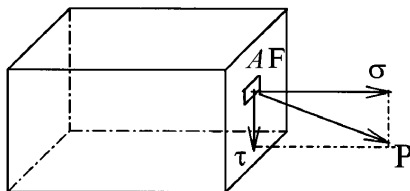
Yuqoridagi bayon etilgan ishlar bajarilgandan so'ng, ichki kuchlar (zo'riqish kuchlari)ni aniqlay olamiz.

Kuchlanishlar

Yuqorida ichki kuchlarni kesim yuzasiga tekis taqsimlangan va bu yuzaning har bir nuqtasiga qo'yilgan deb faraz qilgan edik. Biror kesimning ma'lum nuqtasidagi ichki kuch intensivligi (jadalligi) miqdorini aniqlash uchun *kuchlanish* tushunchasi kiritiladi.

Kesimning biror nuqtasida AF elementar yuzachaga ta'sir etayotgan ichki kuchlarning teng ta'sir etuvchisi AP bo'lsin. U holda, τ ga *o'rtacha kuchlanish* deyiladi, σ ga *haqiqiy kuchlanish* deyiladi.

Kuchlanishning o'lchov birligi N/mm^2 .



2-shakl.

Kesimning biror nuqtasiga ta'sir etayotgan P kuchlanishni kesim yuzasiga perpendikular va parallel yo'nalgan ikkita tashkil etuvchiga ajratamiz. Bu tashkil etuvchilar σ – *normal kuchlanish*, τ – *urinma kuchlanish* deyiladi.

Materiallarning mexanik xususiyatlari

Turli qurilmalarda ishlatiladigan materiallarni, asosan, ikki guruhga ajratish mumkin:

1. *Plastik materiallar*; bularga po'lat, mis, duralumin kabi materiallar kiradi. Bunday materiallar sezilarli darajada deformatsiya qoldirib yemiriladi.

2. *Mo'rt materiallar*; bularga cho'yan, beton, g'isht kabi materiallar kiradi. Bu materiallar juda oz deformatsiya qoldirib yemiriladi.

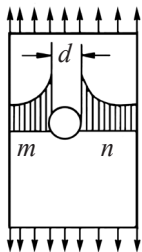
Plastik materiallar tashqi kuchlar ostida deformatsiyalanadi va hattoki, uzilib ketishi ham mumkin. Masalan, ayrim turdagi po'latning uzilish oldidagi cho'zilishi 20–25 % ga boradi.

Mo'rt materiallarning yemirilish oldidagi deformatsiyasi esa juda oz bo'lib, 0,5–0,6 % dan oshmaydi. Shuning uchun plastik materiallarni yemirish uchun mo'rt materiallarni yemirishdagiga qaraganda ancha ko'p ish sarf qilinadi. Shu sababli konstruksiya elementlari zarbali kuchlar ta'siriga duch keladigan bo'lsa, ular plastik materiallardan ishlanadi.

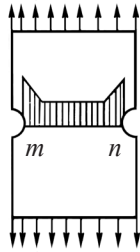
Mo'rt materiallar zarbali kuch ta'siriga bardosh berolmay, juda tez yemiriladi. Agar konstruksiyaga ta'sir qilayotgan siquvchi kuch asta-sekin ko'paytirib borilsa, mo'rt materiallar plastik materiallarga qaraganda birmuncha ko'p yukni qabul qila oladi. Shuning uchun ham, ko'pincha inshoot elementlarining faqat siqilishga ishlaydigan qismlari mo'rt materiallardan yasaladi.

Ko'pgina plastik materiallarning yana bir xususiyati shundaki, ular siqilish va cho'zilishga bir xilda qarshilik ko'rsatadi.

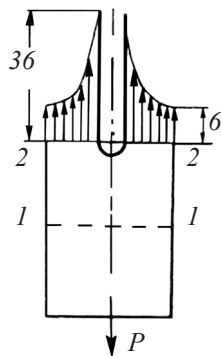
Mo'rt materiallarning ko'pi siqilishga yaxshi qarshilik ko'rsatib, cho'zilishga chidamaydi. Bu hol plastik va mo'rt materiallar ishlatishtirish doirasini anchagina cheklaydi. Ba'zan, mo'rt materiallarni cho'zilishga ishlaydigan elementlar uchun ishlatish zarurati tug'ilgan taqdirda, qo'shimcha tadbirlar ko'rish lozim bo'ladi. Masalan, cho'zilishga ishlaydigan beton elementlari po'lat simlar (armatura) bilan kuchaytiriladi.



3-shakl.



4-shakl.



5-shakl.

Mo'rt materiallar bilan plastik materiallarning yana bir muhim farqi shundaki, ular kuchlanish to'plamiga turlicha sezgirlik ko'rsatadi. Kuchlanish to'plami konstruktsiya elementining tekshirilayotgan ko'ndalang kesim yuzidagi kichkina biror uchastkada hosil bo'ladi. Kesim yuzining keskin o'zgargan joyida yoki o'yilgan joyida kuchlanish kesimning boshqa nuqtalaridagi kuchlanishlarga qaraganda bir necha marta katta bo'ladi. 3- va 4-shakllarda prizmatik sterjenning kuchlanish to'plami hosil bo'ladigan ko'ndalang kesim uchastkalari ko'rsatilgan.

Sterjenning zaiflashgan joyidagi kesimni olsak, teshik oldidagi nuqtalarda hosil bo'ladigan kuchlanishlar taxminan $3a$ ga yetadi. Mazkur kesimning boshqa nuqtalaridagi kuchlanishlar xuddi kesim zaiflanmagandek, taxminan a ga tengligicha qoladi. Bu tarzda kuchlanish to'plami, inshoot qismlarining tirlalgan yoki o'yilgan har qanday joyida, vint qirgimlarida, shponka uchun qoldirilgan ariqchalar oldida hosil bo'lishi mumkin.

Kuchlanish to'plamining maksimal qiymati mustahkamlik chegarasiga tegishli $3a$ kuchlanishga yetmasligi lozim.

Mo'rt materiallar, plastik materiallarga qaraganda, kuchlanish to'plamiga juda ham sezgir.

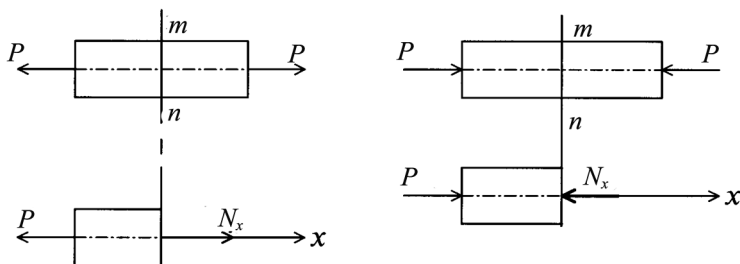
Yuqorida bayon qilinganlar asosida shunday xulosaga kelish mumkin: mo'rt materiallar siqilish va cho'zilishga bir xilda qarshilik ko'rsatmaydi, zarbali kuchlar ta'siriga bardosh bera olmaydi, kuchlanish to'plamiga juda sezgir bo'ladi. Shuning uchun ham mo'rt materiallarni ishlatish juda cheklangan. Plastik materiallar bu kamchiliklardan xoli bo'lgani uchun ulardan mashina va konstruktsiya elementlari tayyorlashda keng ko'lamda foydalaniladi.

2-bob. DEFORMATSIYALAR VA KUCHLANISHLAR HAQIDA TUSHUNCHA

2.1. Cho‘zilish va siqilish. G‘o‘larning ko‘ndalang kesimlarida hosil bo‘ladigan zo‘riqish kuchlari

Cho‘zilgan yoki siqilgan to‘g‘ri g‘o‘laning ko‘ndalang kesimida faqat bo‘ylama zo‘riqish kuchi (N_x) hosil bo‘ladi.

Sterjenda *cho‘zilish deformatsiya* hosil qilgan bo‘ylama kuchlarni musbat siqilish deformatsiyasi hosil qilgan, bo‘ylama kuchlarni esa manfiy deb olamiz. Bo‘ylama kuch *cho‘zilgan* g‘o‘lada ko‘ndalang kesimlardan tashqariga, *siqilgan* g‘o‘lada esa ko‘ndalang kesimga qarab yo‘nalgan bo‘ladi, deb qabul qilamiz.



6 - shakl.

Ko‘rilgan masalalarda zo‘riqish kuchlarini topishda kesish usulidan foydalaniladi. Bu usulga ko‘ra, zo‘riqish kuchlarini aniqlash uchun g‘o‘lani fikran kesamiz va qoldirilgan qism muvozanatini yozamiz.

$$\sum_{k-k} X_k = N_x + \sum_{k-k} npP_i = 0,$$

bunda

$$N_x = -\sum_{k-k} npP_i$$

bo‘ladi.

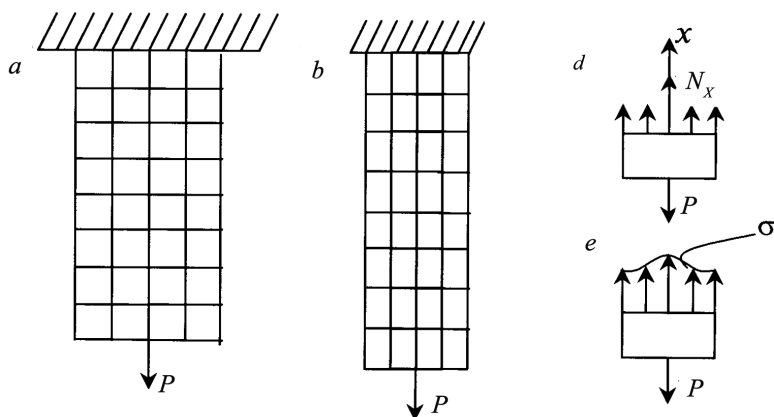
Shunday qilib, g‘o‘laning ixtiyoriy ko‘ndalang kesimidagi bo‘ylama kuch g‘o‘laning qoldirilgan qismiga ta‘sir qilgan barcha tashqi kuchlarning g‘o‘la o‘qiga tushirilgan proyeksiyalari algebratik yig‘indisiga teng.

N_x ning yo‘nalishi g‘o‘laning qoldirilgan qismiga qo‘yilgan barcha kuchlarning g‘o‘la o‘qiga tushirilgan proyeksiyalari yig‘indisining yo‘nalishiga teskari bo‘ladi.

2.2. Sterjenning ko'ndalang kesimidagi kuchlanishlar

Cho'zilgan yoki siqilgan to'g'ri sterjenlarning ko'ndalang kesimlarida faqat normal kuchlanishlar hosil bo'ladi. Normal kuchlanishlarni aniqlash uchun ularning sterjen ko'ndalang kesimi bo'yicha taqsimlanish qonunini bilish lozim.

Agar to'g'ri sterjen sirtida uning o'qiga parallel va unga perpendikular yo'nalgan to'g'ri chiziqlar yordamida tur chizib, sterjenning erkin uchiga cho'zuvchi statik kuch ta'sir ettirsak, deformatsiyadan keyin bu tur chiziqlarining bir-biriga tikligicha qolganligini va faqat ularning oraliqlari o'zgarganligini ko'ramiz.



7 -shakl.

Sterjenning bu xilda deformatsiyalanishi uning ko'ndalang kesimidagi normal kuchlanishlarning tekis taqsimlanganligidan dalolat beradi.

Endi bu kuchlanishlarning qiymatlarini aniqlash uchun kesish usulidan foydalanamiz, ya'ni sterjenni kuchlanishi aniqlanadigan nuqtadan sterjen o'qiga tik tekislik bilan kesib, pastki qismini qoldiramiz, qolgan qismi uchun muvozanat tenglamasini yozamiz:

$$\sum_{k-k} X_k = 0; \quad N_x = 0; \quad N_x = P.$$

Bu tenglamadagi N_x qiymatini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$N_x = \int_F \sigma dF = \sigma \int_F dF = \sigma \cdot F.$$

Biz ko'rayotgan hol uchun σ o'zgarmas miqdor bo'lgani sababli, u integral belgisining tashqarisiga chiqariladi:

$\sigma \cdot F - P = 0$, bundan $\sigma = P/F$ bo'ladi.

Agar sterjenning o'qi bo'ylab, bir necha tashqi kuch ta'sir ettirilsa, u holda formulaning suratidagi P kuch o'rniga sterjenning qoldirilgan qismiga ta'sir qilgan tashqi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi bo'ylama N_x kuchni qo'yish kerak, ya'ni

$$\sigma = \frac{N_x}{F}.$$

Kuchlanishlarning ishorasi ham bo'ylama kuchlar ishorasi kabi aniqlanadi.

2.3. Cho'zilgan yoki siqilgan sterjenlarning mustahkamlik shartlari

Qurilma qismlari mustahkam bo'lishi uchun uning ko'ndalang kesim yuzalarida hosil bo'ladigan maksimal normal kuchlanish shu qismning materiali uchun ruxsat etilgan normal kuchlanishdan katta bo'lmasligi kerak. Puxsat etilgan normal kuchlanish $[\sigma]$ bilan belgilanadi. Agar material cho'zilish yoki siqilishga turlicha qarshilik ko'rsatsa, ruxsat etilgan kuchlanishlar ham tegishlicha $[\sigma]_{ch}$ va $[\sigma]_s$ bilan belgilanadi.

Mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi:

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{F} \leq [\sigma].$$

Bu formula asosida quyidagi uch xil masalani hal qilish mumkin.

2.3.1. Mustahkamligini tekshirish

Agar sterjenga ta'sir ettirilgan cho'zuvchi yoki siquvchi kuchlar va sterjenning kesim o'lchamlari ma'lum bo'lsa, shu ko'ndalang kesimdagi maksimal kuchlanish normal kuchlanishni aniqlash va uni ruxsat etilgan kuchlanish bilan solishtirib ko'rish mumkin. Ular orasidagi farq $\pm 5\%$ bo'lishi kerak.

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{F}.$$

2.3.2. Ko'ndalang kesim o'lchamlarini tanlash

Agar sterjenga ta'sir ettirilgan kuchlar va uning materiali ma'lum bo'lsa, sterjen ko'ndalang kesimining xavfsiz o'lchamlarini aniqlash mumkin:

$$F \geq \frac{N_{\max}}{[\sigma]}.$$

2.3.3. Sterjen ko'tara oladigan kuchni aniqlash

Agar sterjenning ko'ndalang kesim o'lchamlari va uning materiali ma'lum bo'lsa, uning ko'tarishi mumkin bo'lgan kuchni aniqlash mumkin:

$$N_{\max} \leq F[\sigma].$$

Masala: sharnirlar vositasida bog'langan sterjenlar sistemasining mustahkamligi tekshirilsin. OA sterjen po'latdan bo'lib, uning kesimi doiraviy:

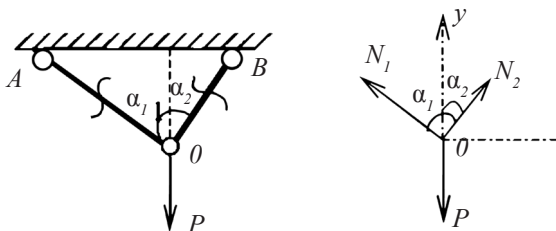
$$D = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

OB sterjen misdan bo'lib, uning kesimi kvadrat:

$$A = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m.}, \quad \alpha_1 = 45^\circ, \quad \alpha_2 = 30^\circ, \quad P = 5 \cdot 10^4 \text{ N} = 0,05$$

$$[\alpha]_p = 1,6 \cdot 10^8 \text{ N/M}^2, \quad [\alpha]_m = 1 \cdot 10^8 \text{ N/M}^2.$$

Yechish: sterjenni fikran kesib, ularni cho'zuvchi bo'ylama N_1 va N_2 kuchlar bilan almashtiramiz. So'ngra kesilgan bo'lakning pastki qismi muvozanatini tekshiramiz.



$$\sum_{k=k} X_k = -N_1 \cos 45^\circ + N_2 \cos 60^\circ = 0 \quad (1)$$

$$\sum_{k=k} Y_k = -N_1 \sin 45^\circ + N_2 \cos 30^\circ - P = 0 \quad (2)$$

Hosil bo'lgan tenglamalarni birgalikda yechsak, quyidagi tenglama hosil bo'ladi:

$$N_2 + \sqrt{3} \cdot N_2 = 2P,$$

bundan

$$N_2 = \frac{2P}{1 + \sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^4}{1 + 1,71} = 367 \cdot 10^2 \text{ H.}$$

N_2 ning qiymatini (1) ga qo'yib, N_1 topiladi:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{F} \leq [\sigma].$$

Endi sterjenlarning mustahkamligini quyidagi formula yordamida tekshiramiz:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{F} \leq [\sigma].$$

Po‘lat sterjenning ko‘ndalang kesim yuzini topamiz:

$$F_1 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-4} m^2.$$

Endi kuchlanishni topib, mustahkamlik shartini tekshiramiz:

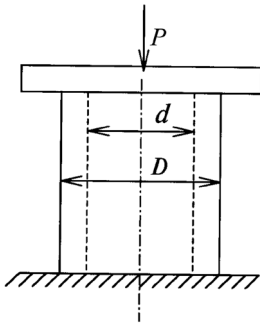
$$\sigma_1 = \frac{N_1}{F_1} = \frac{26 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 10^{-4}} = 8,28 \cdot 10^7 \frac{H}{m^2} = 82,5 \frac{MH}{m^2} < 160 \frac{MH}{m^2}.$$

Mis sterjenning mustahkamlik shartini yozamiz:

$$\sigma_1 = \frac{N_2}{F_2} = \frac{367 \cdot 10^2}{4 \cdot 10^{-4}} = 91,8 \frac{MH}{m^2} < 100 \frac{MH}{m^2}$$

(bu natija biroz qanoatlantiradi). Bunda F_1 ni kamaytirish lozim bo‘ladi.

Masala. Cho‘yan quvurdan yasalgan kalta ustun $P=140 \cdot 10^4 N$ yukni ko‘tarib turadi, quvur ko‘ndalang kesimining tashqi diametri $D=2 \cdot 10^{-1} m$; quvur devorining qalinligi aniqlansin. Cho‘yanning siqilish uchun ruxsat etilgan kuchlanishi:



$$\sigma_1 = 1000 \cdot 10^5 \frac{H}{m^2}, \quad D = 20 \text{ sm}.$$

Yechish: bu masalada ko‘ndalang kesimning o‘lchamlarini topish kerak. Ustunning har qaysi kesimida $N = P$ bo‘lgan siquvchi bo‘ylama kuch vujudga keladi. Endi ustun uchun zarur bo‘lgan ko‘ndalang kesim yuzini aniqlaymiz:

$$F = \frac{N}{[\sigma]} = \frac{140 \cdot 10^4}{1000 \cdot 10^5} = 140 \cdot 10^{-4} m^2 = 140 \text{ sm}^2.$$

Ustunning ko‘ndalang kesimi halqa shaklida bo‘lgani uchun uning yuzi quyidagicha hisoblanadi:

$$F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = 140 \cdot 10^{-4} m^2 = 140 \text{ sm}^2.$$

Bu munosabatdan quvur ichki diametri d ni topamiz:

$$d^2 = D^2 - \frac{4F}{\pi} = 20^2 - \frac{4 \cdot 140 \cdot 10^{-4}}{3,14} = 225 \cdot 10^{-4} m^2 = 225 \text{ sm}^2;$$

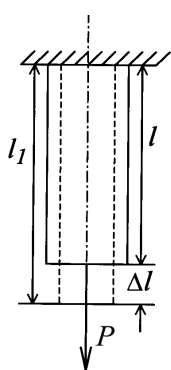
$$d = \sqrt{225 \cdot 10^{-4}} = 15 \cdot 10^{-2} m = 1,5 \cdot 10^{-1} m = 15 \text{ sm}.$$

Demak, quvur devorining qalinligi:

$$\delta = \frac{D-d}{2} = \frac{20 \cdot 10^{-2} - 15 \cdot 10^{-2}}{2} = \frac{5}{2} \cdot 10^{-2} = 2,5 \cdot 10^{-2} m = 2,5 \text{ sm.}$$

2.4. Bo‘ylama deformatsiya. Guk qonuni

Endi sterjenning deformatsiyasi va turli kesimlarining ko‘chishlarini hisoblashga o‘tamiz. Bu hol qurilma qismlarining bikirligini tekshirishga va statik aniqmas masalalarni hal qilishga imkon beradi.



8-shakl.

Sterjenning deformatsiyagacha bo‘lgan uzunligini l bilan, deformatsiyadan keyingi uzunligini l_1 bilan belgilaymiz. Sterjen uzunligining ortishi *absolut cho‘zilish*, kamayishi esa *absolut qisqarish* deb ataladi. Umuman olganda, ularning har ikkalasi *absolut deformatsiya* deyiladi. Absolut cho‘zilishning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta l = l_1 - l.$$

Absolut deformatsiyalar uzunlik o‘lchovi (sm yoki m) bilan sterjenning uzunlik birligiga to‘g‘ri kelgan absolut bo‘ylama deformatsiya *nisbiy bo‘ylama deformatsiya* deyiladi va ε bilan belgilanadi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell},$$

bu yerda, ε – o‘lchovsiz son bo‘ladi.

Ingliz fizigi Pobert Guk tomonidan tajribalar asosida:

$$\Delta \ell = \frac{P \cdot \ell}{EF}$$

munosabat aniqlangan bo‘lib, *Guk qonuni* deb yuritiladi. Ya’ni elastiklik chegarasida absolut cho‘zilish cho‘zuvchi kuchga proporsional va uning bikirligiga teskari proporsional bo‘ladi. Bu yerda, EF – sterjenning cho‘zilish yoki siqilishdagi bikirligi; F – sterjen ko‘ndalang kesimining yuzi; E – elastiklik moduli deyiladi. Uning o‘lchov birliklari quyidagi ko‘rinishlarda bo‘ladi:

$$\left[\frac{H}{m^2}, \frac{MN}{m^2} \right], \left[\frac{kg \cdot k}{sm^2} \right] \text{ yoki } \left[\frac{m \cdot k}{m^2} \right].$$

Amalda sterjenning bikirligi (EF) *bikirlik koefitsiyenti* orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$C = \frac{EF}{\ell},$$

bu yerda, C – bikirlik koefitsiyenti.

Sterjenni 1 sm yoki 1 mm.ga cho‘zish uchun zarur bo‘lgan kuch *bikirlik koefitsiyenti* deb ataladi. Bu koefitsiyentning teskari qiymatiga *moyillik koefitsiyenti* deyiladi va β bilan belgilanadi:

$$\beta = \frac{1}{C} = \frac{1}{EF}.$$

Moyillik koefitsiyenti sterjenning 10 N kuch ta‘siridan 10^{-2} m uzayish yoki qisqarish miqdoridir. Bu tushunchalarni e‘tiborga olib, yuqoridagi formulani quyidagicha o‘zgartirib yozamiz:

$$\Delta\ell = \frac{P}{C}$$

yoki

$$\Delta\ell = \beta \cdot P.$$

Agar yuqoridagi formulalarni e‘tiborga olsak, Guk qonunining ikkinchi ko‘rinishini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon.$$

Bu formula Guk qonunining yuqoridagi ko‘rinishi bo‘lib, u amalda juda ko‘p ishlatiladi va quyidagicha ta‘riflanadi: cho‘zilgan sterjenlarda normal kuchlanish nisbiy cho‘zilishga to‘g‘ri proporsionaldir.

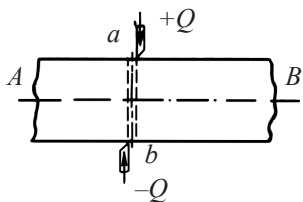
2.5. Siljish

Ko‘pincha mashina qismlari va konstruksiya elementlari shunday sharoitda ishlaydiki, ularga qo‘yilgan kuchlar konstruksiya elementlarining alohida qismlarini bir-biriga nisbatan siljitib, natijada ularni ishdan chiqaradi. Siljishga qarshilik ko‘rsatuvchi konstruksiya elementlarining mustahkamligi tekshirilganda, birinchi navbatda, siljish deformatsiyasi natijasida hosil bo‘ladigan tangensial kuchlanishni aniqlash masalasini qo‘yish lozim.

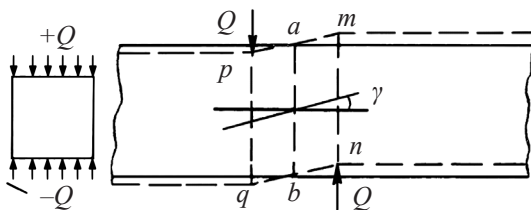
AB prizmatik sterjen bir-biriga teng va qarama-qarshi tomonlarga qarab, sterjenning o‘qiga tik yo‘nalgan ikkita qarama-qarshi kuchlarning ta‘sirida bo‘ladi, deb faraz qilaylik (9-shakl).

Bu kuchlar yetarli darajada katta bo‘lsa, sterjenni ab chiziq bo‘yicha ikki qismga ajratish mumkin. Bu hodisa kesilish deyiladi. Temirning qaychi bilan kesilishi bunga misol bo‘la oladi.

Bu kuchlar bir-biriga qarama-qarshi bo'lsa ham bir chiziq bilan yo'nalmasliklari kerak. Chunki kesuvchi asbobning pichoqlari unchalik o'tkir bo'lmasa ham, ular bir-biriga yaqin ikki parallel tekisliklarda joylashgan bo'lishi kerak. Biz bu tekisliklarni pq va mn bilan belgilasak, bu tekisliklar qarama-qarshi kuchlar ta'sirida bir-biriga nisbatan siljib, ularda bu siljishga qarshilik ko'rsatuvchi tangensial kuchlanishlar paydo bo'ladi (10-shakl).



9-shakl.



10-shakl.

Bu kuchlanishlarni kesim yuzasi bo'yicha teng tarqalgan deb faraz qilamiz va uni τ bilan belgilaymiz. U holda:

$$\tau = \frac{Q}{F}$$

bo'ladi.

Elastiklik chegarasigacha, siljish deformatsiyasi 9-shaklda punktirli chiziq bilan ko'rsatilganidek, $mnpq$ elementning qiyshayishi bilan tasvirlanadi.

$mnpq$ to'g'ri burchakli elementar parallelepipedning siljish deformatsiyasi to'g'ri burchagining qiyshayishi bilan tasvirlanadi, bu qiyshayishni esa γ burchak ifodalaydi. Shuning uchun bu burchak *siljish burchagi* deyiladi.

Umuman, siljish deformatsiyasi sof siljish tariqasida hech qachon uchramaydi. Tangensial kuchlanish kesiluvchi kesim yuzasi bo'yicha qanday tarqalganligi ham bizga ma'lum emas. Ammo siljish deformatsiyasiga duch kelgan elementlarning cho'zilishi yoki siqilishi juda kichik bo'lgani uchun, ularni amaliy hisoblaganda e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Shuning uchun faqat tangensial kuchlanish ta'sirida bo'lgan elementlarni sof siljishda deb qaraymiz.

Agar $mnpq$ elementni ajratib, uning mn tomonini qo'zg'almas qilib mahkamlasak va pq tomoniga siljituvchi kuch qo'ysak, bu kuch ta'siridan qarama-qarshi tomoni mn ga nisbatan biror $pp' - \gamma$ burchakka siljiydi. Biz buni *absolut siljish* deyimiz.

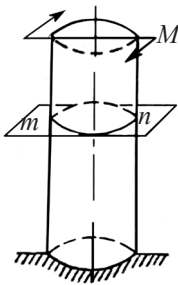
2.6. Buralish

Prizmatik sterjenning bir uchi mahkamlanib, boshqa uchiga uning ko'ndalang kesimida yotuvchi juft kuch qo'yilsa, sterjenning ko'ndalang kesimlari mahkamlangan kesimiga nisbatan aylanib, sterjen buraladi. Buralish deformatsiyasi tajribada juda ko'p uchraydi. Masalan, vagonning o'qi, transmission va tirsakli vallar, fazoviy konstruksiya elementlari, prujinalarning o'ramlari, bolt va shunga o'xshashlar, asosan, buralish deformatsiyasiga qarshilik ko'rsatadi.

Buralishdagi sterjenlarda hosil bo'ladigan kuchlanish va deformatsiyalarni elementar usul bilan faqat doiraviy ko'ndalang kesimga ega sterjenlar uchun aniqlash mumkin. Boshqa barcha kesimli sterjenlarning buralishi deformatsiyalanuvchi jismlar mexanikasida tekshiriladi. Shuning uchun, tekshirishni doiraviy ko'ndalang kesimli sterjenning buralishidan boshlaymiz.

2.7. Doiraviy kesimli sterjenning buralishi

Bir uchi mahkamlangan va ko'ndalang kesimi doiraviy bo'lgan sterjenning boshqa uchiga momenti M ga teng juft kuch qo'yilgan. Bu juft kuch sterjenning ko'ndalang kesim yuzasida yotadi (11-shakl).

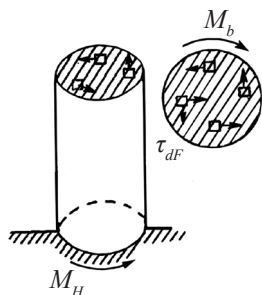


11-shakl.

Ushbu juft kuch ta'siridan sterjenning erkin ko'ndalang kesimi mahkamlangan kesimiga nisbatan aylanib, natijada sterjen buralgani uchun, u *burovchi moment* deyiladi va M_b orqali belgilanadi.

Agar biz tekshirilayotgan sterjenni uning o'qiga tik o'tkazilgan m tekislik bilan ikki qismga ajratib, bir qismini, masalan, yuqori qismini tashlab yuborsak, qolgan pastki qismining yuqori uchiga tashlab yuborilgan qismining ta'sirini almashtiruvchi kuchlar qo'yishimiz zarur. Bu kuchlar tashlab yuborilgan qismning tepa uchiga qo'yilgan juft kuchga ekvivalent bo'lishi kerak, aks holda muvozanat sharti ta'minlanmagan bo'ladi.

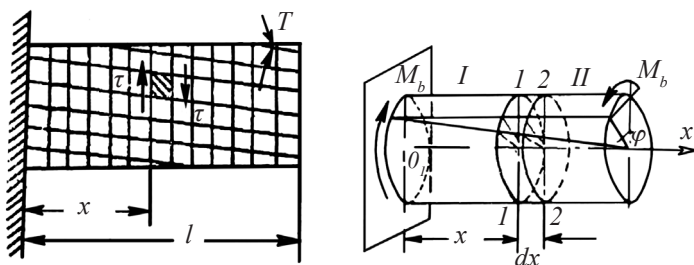
Shuning uchun, biz tekshirayotgan qismning tepa uchidagi kesim yuzasi bo'yicha tarqalgan ichki kuchlar burovchi momentli juft kuchga keltiriladi. Bu ichki kuchlardan hosil bo'lgan juft kuch kesim yuzasida yotgani uchun bunga tegishli kuchlanishlar tangensial kuchlanishlar bo'ladi (12-shakl). Endi, shu tekshirilayotgan pastki qism uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz.



12-shakl.

Buralishda hosil boʻladigan deformatsiyalarni aniqlashdan oldin, bu sohada oʻtkazilgan tajribalarning natijalari bilan tanishib chiqamiz. Doiraviy silindr buralishga sinalganda, quyidagi xulosalar chiqarilgan:

1. Buralayotgan silindrning barcha yasovchilari bir xilda φ burchakka ogʻadi va silindr sirtida chizilgan kvadratlar bir xilda qiyshayib, romb shaklini oladi (13-shakl).



13-shakl.

2. Har bir koʻndalang kesim qoʻshni kesimga nisbatan silindr oʻqi atrofida maʼlum burchakka aylanadi. Bu burchak buralish burchagi deyiladi. Buralish burchagi burovchi momentga va koʻndalang kesimlar oraligʻiga proporsionaldir.

3. Deformatsiyagacha tekis boʻlgan koʻndalang kesim yuzasi silindr buralgandan keyin ham tekisligicha, kesim gardishi (konturi) aylanaligicha, radiusi esa toʻgʻri chiziqligicha qoladi. Buralayotgan silindrik sterjen sxematik ravishda, markazlari bilan bitta umumiy oʻqqa oʻrnatilgan qattiq tangalar toʻplamidan tuzilgan deb tasavvur qilinsa, silindr buralganda tangalarning koʻrinishi va oʻlchamlari oʻzgarmasdan, ular bir-biriga nisbatan umumiy oʻq atrofida aylanadi.

Keltirilgan bu tajribalarning natijalaridan foydalanib, doiraviy kesimli silindr uchun buralishda hosil boʻladigan deformatsiya va kuchlanishlarning koʻndalang kesim yuzasi boʻyicha qanday qonun bilan oʻzgarishini aniqlashimiz mumkin.

2.8. Egilish

To'g'ri o'qli prizmatik sterjen, o'qiga tik yo'nalgan kuchlar yoki sterjenning geometrik o'qi orqali o'tuvchi tekislikda yotadigan juft kuchlar ta'siridan egiladi. Egilish deformatsiyasi o'zaro parallel ko'ndalang kesimlarning bir-biriga nisbatan og'ishi va nuqtalarning vertikal ko'chishi natijasida to'g'ri chiziqli geometrik o'qning egri chiziqqa aylanishi bilan xarakterlanadi. Egilishga qarshilik ko'rsatuvchi sterjenlar balka deb ataladi. Egiluvchi balkalarning ko'ndalang kesimlarida hosil bo'ladigan zo'riqishlarni aniqlash masalasini ham kesish usuli yordamida yechamiz.

Egilish nazariyasida balkaning turli ko'ndalang kesimlarida hosil bo'ladigan zo'riqishlarni topish, egilgan o'qning shaklini tasvirlovchi egri chiziqni aniqlash masalalari tekshiriladi.

Balkaga qo'yilgan yuklar uning simmetriya tekisligida yotsa, egilish ham mazkur simmetriya tekisligida bo'lib, bunday egilish *tekis egilish* deb ataladi. Bu holda egilgan o'q o'sha simmetriya tekisligida yotadigan tekis egri chiziq bo'ladi. Ko'pincha, amalda ishlatiladigan balkalar ko'ndalang kesimining kamida bitta simmetriya o'qi bo'lgani uchun, tekis egilish eng ko'p uchratiladigan holdir.

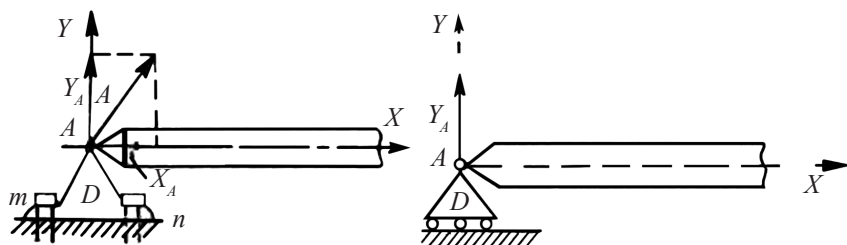
Tekis egilishdagi balkalarning mustahkamligini hisoblash va ularning deformatsiyalarini aniqlash uchun, eng avval, ularga qo'yilgan barcha kuchlarni aniqlash lozim. Balkaga bevosita qo'yilgan yuklardan tashqari, tayanchlarning reaksiyalari ham balkaga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar qatoriga kiradi. Shuning uchun balkalarning hisobini chiqarish tayanchlarning reaksiyalarini aniqlashdan boshlanadi.

2.9. Inshootlarning tayanchlari va ulardagi reaksiyalar

Konstruksiyalarning tayanchlari quyidagi turlarga bo'linadi:

- silindrik sharnirli qo'zg'almas tayanch;
- silindrik sharnirli qo'zg'aluvchan tayanch;
- qisilib tiralgan tayanch;
- silindrik sharnirli qo'zg'almas tayanch.

Tayanch tekisligiga birlashtirilgan katta tayanch yostig'iga balkaning uchi silindrik sharnir vositasi bilan tutashtiriladi (14-shakl). Tayanch reaksiyasi (A) sharnir markazi orqali o'tgani uchun, qo'yilgan nuqtasi ma'lumdur. Miqdori va yo'nalishi uning AX va AY o'qlardagi proyeksiyalari X_a va X_y orqali aniqlanadi.



14-shakl.

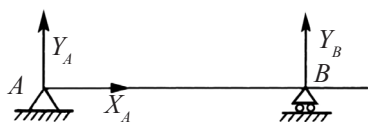
Balkaning uchi tayanchga bu tarzda biriktirilganda, u gorizontal va vertikal yoʻnalishda koʻcha olmay, faqat sharnir oʻq atrofida erkin aylana oladi.

Silindrik sharnirli qoʻzgʻaluvchan tayanch

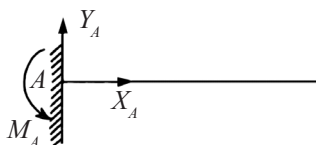
Bu tipdagi tayanch yuqorida aytilgan tayanchdan shu bilan farq qiladiki, bu tayanch yostigʻi (P) silindrik gʻaltakka oʻrnatilib, buning natijasida balkaning uchi sharnir oʻqi atrofida aylanish imkoniyatiga ega boʻlish bilan birga, tayanch tekisligi $m - n$ ga parallel koʻchish imkoniyatiga ham ega boʻladi. Gʻaltak bilan tayanch tekisligi orasida hosil boʻladigan ishqalanish eʼtiborga olinmasa, tayanch gorizontal koʻchishga qarshilik koʻrsata olmaydi, shuning uchun reaksiyaning gorizontal tuzuvchisi $X_a = 0$ boʻladi.

Demak, bu holda tayanch reaksiyasi tayanch tekisligiga tik yoʻnalishda boʻlib, uning miqdorigina nomaʼlumdir. Tayanch reaksiyalarining soni uchtdan ortiq boʻlmagan balkalar *statik aniq* balkalar deyiladi. Tayanch reaksiyalarining soni uchtdan ortiq balkalar *statik aniqmas* boʻladi.

Balka tayanchlarining haqiqiy tuzilishi biz keltirgan sxemalarga mos kelmaydi. Shuning uchun balkalarni hisoblashdan avval, ularni tayanchlarning 15,16,17-shakllarda keltirilgan sxemalaridan birortasiga moslash lozim. Tajribada faqat katta roliklarga oʻrnatiladigan baquvvat balkalardagina bir uchining qoʻzgʻalishiga imkon tugʻdirish uchun tegishli tadbirlar koʻriladi. Koʻpincha balkalarning uchi qoʻzgʻalmas tayanchlarga tiraladi. Bu tarzda tiralganda balkaning uchi tayanch markazi atrofida aylanish imkoniyatiga ega boʻlgani uchun, u 18-shaklda tasvirlangan sxemaga mos keladi.



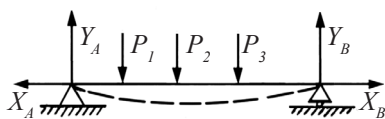
15-shakl.



16-shakl.



17- shakl.



18-shakl.

Bu sxemadagi balkaga faqat vertikal yoʻnalishdagi kuchlar taʼsir qilsa ham, Y_B va Y_A reaksiyalardan tashqari, gorizontaal yoʻnalishdagi reaksiyalar ham hosil boʻladi. Bu reaksiyalar balka egilganda uchlarning yaqinlashishiga imkon bermay, qoʻshimcha choʻzuqchi kuchlanishlar hosil qiladi. Bu reaksiyalarni statika tenglamasi $2X - 0$ dan aniqlab boʻlmaydi. Bu tenglama X_A ning X_B ga teng va oʻzaro qarama-qarshi yoʻnalishda ekanligini koʻrsatadi, xolos.

3-QISM. MEXANIZMLAR VA MASHINALAR NAZARIYASI

1-bob. MASHINA-MEXANIZMLARNING TURLARI VA TUZILISHLARI

Mashina – ishlab chiqarish yoki energiyani oʻzgartirish jarayoni bilan bogʻliq boʻlgan va insonning aqliy, jismoniy va fiziologik faoliyatini yengillashtirish uchun yaratiladigan mexanizmlar majmuasidir

Yaratilayotgan mashinalarga, asosan, quyidagi talablar qoʻyiladi:

Texnik talablar – bunda, asosan, mashina ish unumining yuqori boʻlishi, aniq harakat qilishi va sifatli mahsulot ishlab chiqarishi talab etiladi.

Konstruksiyaning ratsional boʻlishi – bunda mashinaning ortiqcha ogʻirlikdagi qismlari boʻlmasligi, materiallarni toʻgʻri tanlash va detallardagi haqiqiy kuchlanish optimal boʻlishi talab qilinadi.

Mashina yoki mexanizmlarni yaratishda quyidagi parametrlar asosiy omillardan biri hisoblanadi.

Konstruktiv parametrlar – maksimal kuch va quvvat, siljish, tezlik, tezlanish, zvenolardagi kuchlanish, gabarit oʻlchamlar va ogʻirliklar.

Texnologik parametrlar – foydali qarshilik kuchlari yoki quvvat, mahsulotning oʻlchov chegarasini taʼminlovchi mashina harakati va ish organining aylanish soni, kesuvchi asboblarning salt yurish tezligi, berilgan siklni bajarish aniqligi, uzelnining qattiqligi va h. k.

Energetik parametrlar – energiya sarfi, uning mexanizmida yoʻqolishi, mashina uzellarining foydalanish koeffitsiyentlari.

Iqtisodiy parametrlar – mashina uzellarini ishlab chiqarishda tayyorlash narxi, ularni boshqarish va taʼmirlash narxi, harakatga keltirish uchun sarflangan energiya bahosi va h.k.

Mexanizmlar va mashinalar nazariyasida, asosan, quyidagi ikki muammo hal qilinadi:

Mexanizmlar analizi – bunda mavjud mexanizmlar kinematik va dinamik jihatdan tekshiriladi.

Mexanizmlar sintezi – bunda bizga kerak boʻlgan, yaʼni maʼlum texnologik jarayonini bajarishda ishlatiladigan mexanizm

zvenolarining harakat qonuni berilgan bo‘ladi va shu harakat qonunini amalga oshiruvchi mexanizm yaratish talab etiladi.

Har qanday mashina energiya hosil qilmaydi, balki energiya ishlatadi yoki bir turdagi energiyani boshqa turdagi energiyaga aylantiradi.

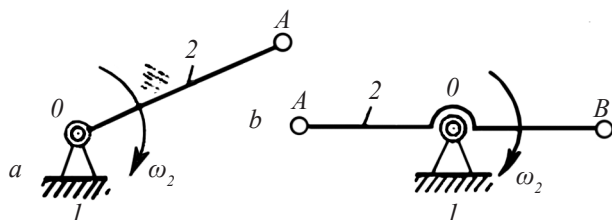
1.1. Mexanizmlarning asosiy turlari

Mashinasozlikda eng ko‘p tarqalgan mexanizmlar bilan tanishib chiqamiz.

Richagli mexanizmlar. Richagli mexanizmlar hozirgi zamon mashina va mexanizmlarida juda ko‘p ishlatiladi. Bunday mexanizmlar *sterjenli mexanizmlar* deb ham ataladi.

Hozirgi zamon mashina, mexanizm yoki asboblari ishlatiladigan richagli mexanizmlar orasida eng oddiysi ikki zvenoli mexanizmdir (1-shakl, *a*).

Bu mexanizm, asosan, qo‘zg‘almas o‘q (*0*) atrofida aylanuvchi zveno (*2*) dan iboratdir. Ikki yelkali richag ham shunday mexanizm, 1-shakldagi *a* va *b* da tasvirlangan mexanizmlarning har ikkisi ham qo‘sh zvenodan iboratdir.



1-shakl. Ikki zvenoli mexanizmlar:

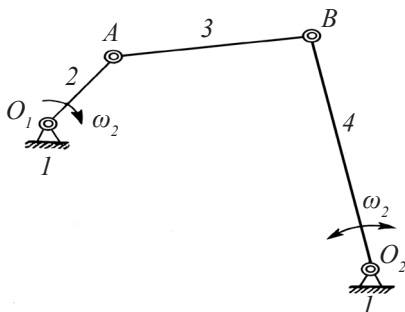
1 – qo‘zg‘almas zveno; 2 – qo‘zg‘aluvchan zveno.

1-shakl, *a* dagi mexanizmning qo‘zg‘aluvchi *OA* zvenosi bir yelkali richagdan iborat bo‘lsa, 1-shakl, *b* dagi mexanizmning qo‘zg‘aluvchan *AB* zvenosi ikki yelkali richagdan iboratdir. Bu mexanizmlarning har ikkisi ham biror ω burchak tezligi bilan aylanadi. Shakldagi strelka *OA* va *AB* zvenolarning soat mili aylangan tomonga aylanishini bildiradi. Bunday mexanizmlar hozirgi zamon aylanma harakat qiluvchi mashinalar (elektr motorlari, turbinalar, har xil ventilyatorlar, shamol dvigatellari va boshq.)da ko‘p qo‘llaniladi.

Bundan murakkabroq richagli mexanizmlar hozirgi zamon texnologik mashinalarida juda ko‘p tarqalgan to‘rt zvenoli mexanizmdir

(2-shakl). Bu mexanizm, asosan, bir-biriga sharnirlar vositasida bog‘langan to‘rt zvenodan iboratdir.

2-shaklda ko‘rsatilgan mexanizmning sharnirlari O_1 , A , B , O_2 harflari bilan, zvenolari esa 1, 2, 3, 4 raqamlari bilan belgilangan. 1-zveno qo‘zg‘almas zveno deb, 2-zveno krivoship (360° ga to‘la aylanuvchi zveno), 3-zveno shatun (murakkab harakat qiluvchi zveno) va 4-zveno koromislo deb ataladi.

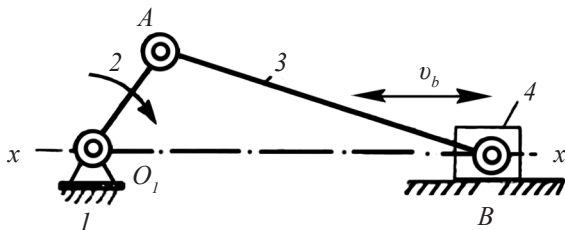


2-shakl. To‘rt zvenoli sharnirli mexanizm:

1 – qo‘zg‘almas zveno; 2 – krivoship; 3 – shatun; 4 – koromislo.

Bu mexanizm tarkibida bitta krivoship, bitta koromislo bo‘lgani uchun, to‘rt zvenoli bunday mexanizm *sharnirli krivoship-koromisli mexanizm* deb ataladi. Bunday mexanizmlar ip gazlama, shoyi, yung va kanop to‘qimalar to‘qiydigan avtomat stanoklarining batan mexanizmi deyiladi.

Agar, sharnirli to‘rt zvenoli mexanizmdagi koromislo o‘rniga polzun o‘rnatib, uni qo‘zg‘almas yo‘naltiruvchi bo‘ylab harakatga keltirsak, u holda, bu mexanizm krivoship-polzunli mexanizmga aylanadi (3-shakl).



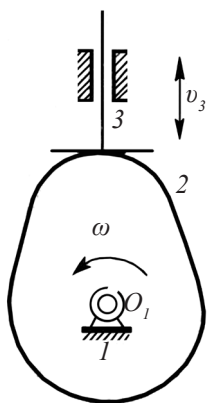
3- shakl. Krivoship-polzunli mexanizm:

1 – qo‘zg‘almas zveno; 2 – krivoship; 3 – shatun; 4 – polzun.

Krivoship-shatunli mexanizm hozirgi zamon texnikasida porshenli har xil dvigatellarda, kompressorlarda, presslarda, nasoslarda va boshqalarda juda ko'p ishlatiladi.

Kulachokli mexanizmlar. Kulachokli mexanizmlar texnikaning xilma-xil sohalarida juda ko'p ishlatiladi. Bunday mexanizmlar, ayniqsa, avtomatik mashinalar ishida juda yaxshi natija beradi.

4-shaklda kulachokli eng oddiy mexanizm ko'rsatilgan. Bu mexanizm, asosan, to'rt zvenodan: qo'zg'almas zveno, qo'zg'almas o'q atrofida aylanuvchi zveno (kulachok), to'g'ri chiziqli bo'ylab yuqoriga va pastga harakat qilib turuvchi zvenodan (itaruvchidan) iborat.



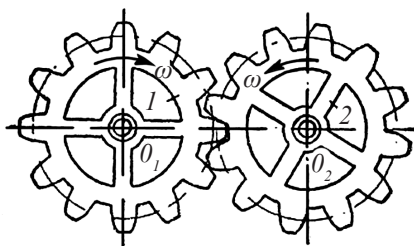
4-shakl. Tekis itaruvchi kulachokli mexanizm:
1 – qo'zg'almas zveno; 2 – kulachok;
3 – tekis itaruvchi.

Kulachokli bunday mexanizmlarda kulachok ω burchak tezligi bilan aylansa, itaruvchi ma'lum oraliqqa (balandlikka) ko'tarilib, yana oldingi vaziyatiga qaytib keladi.

Tishli g'ildirakli mexanizmlar. Hozirgi zamon texnikasida ishlatiladigan mexanizm va mashinalarda bir valdan ikkinchi valga (bir zvenodan ikkinchi zvenoga) aylanma harakat uzatish kerak bo'ladi. Harakat uzatiladigan zvenoning burchak tezligi oldindan beriladi, bu burchak tezlikni hosil qilish uchun tishli g'ildiraklardan tarkib topgan mexanizmlar ishlatiladi. Harakat uzatishning bu turi tishli gildirakli uzatma deb ataladi (5-shakl).

Agar shaklda ko'rsatilgan tishli g'ildiraklardan biri soat mili yurayotgan tomonga qarab ω_1 burchak tezligi bilan aylansa, ikkinchisi unga teskari tomonga ω_2 burchak tezligi bilan aylanadi.

Shakldagi zvenoni qo'lda strelka bilan ko'rsatilgan tomonga qarab aylantirsak, uning uchiga o'rnatilgan tishli g'ildirakcha teskari tomonga harakatlanadi.



5-shakl. Tishli g'ildirakli uzatma:
1,2 – tishli g'ildiraklar.

Tishli g'ildiraklar vositasida harakat bir valdan ikkinchi valga uzatiladi, ya'ni bir g'ildirakning tishlari ikkinchi g'ildirakning tishlari bilan doimo bog'lanishda bo'ladi.

2-bob. MEXANIZMLARNING TUZILISHI

2.1. Bog'lanishlar to'g'risida umumiy tushuncha

Qo'yilgan kuchlar ta'sirida ixtiyoriy harakat qiladigan moddiy nuqta *erkin nuqta* deb ataladi. Agar shu ta'sir etuvchi kuchlar ma'lum bo'lsa, u holda moddiy nuqta trayektoriyasi harakatning boshlang'ich shartlariga bog'liq bo'ladi.

Moddiy nuqtaning fazodagi harakati, biror geometrik va kinematik xarakterdagi shartlar bilan cheklab qo'yilsa, bunday moddiy nuqta *cheklangan nuqta* deb ataladi. Nuqtaning erkin harakatini cheklab turuvchi shartlar (sharoitlar) *bog'lanishlar* deb ataladi.

Qo'yilgan bog'lanishlarga to'liq mexanik tavsif berish uchun bog'lanishlar turli belgilariga qarab, ma'lum sinflarga ajratiladi. Shu nuqtayi nazardan bog'lanishlar quyidagilarga bo'linadi:

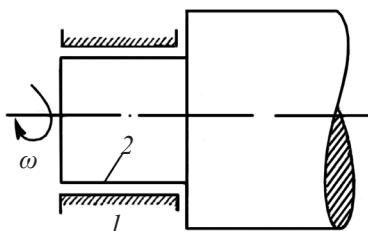
1. Agar moddiy nuqtaga qo'yilgan bog'lanishlar uning fazodagi harakatiga chek qo'yib, nuqtaning tezligini cheklamasa, bunday bog'lanishlar *geometrik bog'lanishlar* deb ataladi.

2. Agar moddiy nuqtaga qo'yilgan bog'lanishlar uning fazodagi harakatini va tezligini cheklasa, bunday bog'lanishlar *kinematik bog'lanishlar* deb ataladi.

Bir-biriga nisbatan harakat qila oladigan ikki zvenoning qo‘shilmasi *kinematik juft* deb ataladi. Ikki zvenoning bir-biri bilan qo‘shilgan (tegib turgan) yerlari *kinematik juftning elementlari* deyiladi.

Har qanday mexanizm ham bir necha zvenoning bir-biri bilan ma‘lum tartibda qo‘shilishidan hosil bo‘ladi. Mexanizm tarkibiga kiruvchi zvenolarning har biri ma‘lum tartibda harakat qilishi shart. Agar sistema tarkibiga kiruvchi zvenolar ma‘lum tartibda harakat qilmasa, u holda, bunday sistema mexanizm bo‘lmay, tartibsiz harakat qiluvchi sistema bo‘lib qoladi.

Zvenolarni kinematik juftlar orqali bir-biriga qo‘shish yo‘llari xilma-xildir. Masalan, valning uchi (shipi) podshipnikda faqat aylanma harakat qiladi (6-shakl).



6-shakl. Aylanma kinematik juft:
1 – podshipnik; 2 – ship.

Bu yerda valning uchi podshipnik bilan silindrik sirt orqali qo‘shilib, kinematik juft hosil qiladi. Shipning sirtki silindrik yuzasi podshipnikning ichki silindrik yuzasi bilan qo‘shilgan. Ana shu tegib turgan sirtlar *kinematik juftning elementlari* deb ataladi. Shakldan ko‘rinib turibdiki, val podshipnikda faqat aylanma harakat qila oladi. Agar val bilan podshipnik erkin zvenolar deb qaralsa, ularning erkinlik darajalari juftning erkinlik darajasidan ortiq bo‘ladi.

Shunday qilib, ikkita erkin zveno (ship va podshipnik) bir-biri bilan kinematik juft hosil qilib, o‘z erkinlik darajalarini yo‘qotadi, boshqacha qilib aytganda, kinematik juft tarkibiga kiruvchi zvenolarning nisbiy harakatiga ma‘lum darajada chek qo‘yiladi. Ana shu kinematik juft tarkibiga kirgan zvenolarning nisbiy harakatiga qo‘yilgan chek kinematik juftlardagi *bog‘lanish shartlari* deb ataladi.

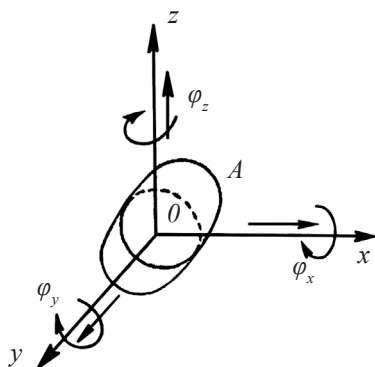
Kinematik juftlar zvenolarning nisbiy harakatiga qo‘yilgan cheklar (bog‘lanishlar) soniga qarab klasslarga bo‘linadi.

2.2. Kinematik juftlarning klassifikatsiyasi

Geometrik bog‘lanishga bo‘ysunuvchi biror obyektning fazodagi holatini aniqlovchi, bir-biriga bog‘liqsiz parametrlar soni shu obyektning *erkinlik darajasi* deyiladi. Tekislikdagi Dekart koordinatalar sistemasida ozod nuqtaning erkinlik darajasi ikkiga teng, chunki nuqta koordinatalari (vaziyati)da bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan x va y lar aniqlanadi. Agar shu nuqta fazoda bo‘lsa, uning vaziyatini bir-biriga bog‘liqsiz x , y , z parametrlari bilan aniqlab, erkinlik darajasi uchta ekanligini bilish qiyin emas.

Endi, kinematik juftlar tarkibidagi zvenolarning nisbiy harakatiga qanday bog‘lanishlar qo‘yilishi va ularning soni qancha bo‘lishini tekshirib chiqamiz.

Umumiy holda fazoda harakat qilayotgan har qanday qattiq jismning erkinlik darajasi 6 ta bo‘lib, ulardan uchta x , y , z o‘qlari bo‘ylab ilgarilama harakatdan, uchta esa shu o‘qlar atrofida aylanma harakatdan iborat bo‘lishi mumkin (7-shakl).



7-shakl. Fazodagi erkin jism.

Shunday qilib, fazodagi har bir zveno vaziyatini 9 ta koordinata orqali ifodalasak, tekislikdagi zvenoning vaziyatini 4 ta koordinata orqali ifodalash mumkin. Agar n ta zveno bo‘lsa, u holda, fazodagi n ta zveno vaziyati $9n$ ta koordinata orqali, tekislikdagi n ta zvenoning vaziyati esa $4n$ ta koordinata orqali ifodalanadi.

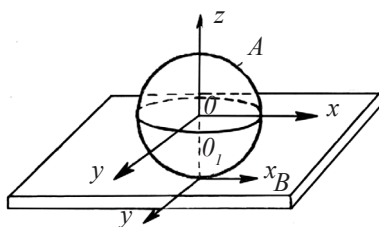
Shunday qilib, sistemaning qo‘zg‘aluvchanligi shu sistemaning koordinatalari soni bilan ularga qo‘yilgan bog‘lanishlar sonining ayirmasi orqali belgilanadi. Bu ayirma sistemaning erkinlik darajasi deb ataladi.

Binobarin, absolut qattiq jismga hech qanday cheklanish qo'yilmasa, shu jism tanlab olingan x, y, z koordinatalar sistemasida oltita tomonga harakat qila olar ekan. Agar shu erkin jism boshqa bir jism bilan kinematik juft hosil qilsa, uning nisbiy harakatiga ma'lum darajada chek qo'yiladi.

Nisbiy harakatga qo'yilgan cheklar soni oltitadan kam bo'lishi kerak. Agar oltita bo'lsa, kinematik juftlik xususiyati yo'qolib, juft qattiq, nisbiy harakatsiz jismga aylanadi. Agar nisbiy harakatga qo'yilgan bog'lanishlar soni birdan kichik bo'lsa, u holda, kinematik juft bo'lmaydi, chunki, ikki jism bir-biriga jips holda harakatlanadi. Shunday qilib, bog'lanishlar soni 1–5 chegarasida o'zgarar ekan. Agar biz kinematik juft tarkibidagi zvenoning nisbiy harakatidagi erkinlik darajasini H bilan, bog'lanish shartlari sonini C bilan belgilasak, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$C+H=6.$$

Yuqoridagi formuladan kinematik juft zvenosining nisbiy harakatiga qo'yilgan bog'lanish shartlari bilan shu juft zvenosi nisbiy harakatining erkinlik darajasi faqat 1 dan 5 gacha o'zgarishini ko'rish qiyin emas.



8-shakl.

Tekislik ustida shar turibdi, deb faraz qilaylik (8-shakl). Shar bilan tekislik birgalikda kinematik juft hosil qiladi. Shar A harfi bilan, tekislik esa B harfi bilan belgilangan. Shar tekislikda uch (x, y, z) o'q atrofida aylanma harakat va x, y o'qlari bo'ylab ilgarilama harakat

qilishi mumkin. Shar z o'qi bo'ylab pastga tomon harakat qila olmaydi, chunki, uning harakatiga tekislik to'sqinlik qiladi.

Demak, shar bilan tekislik orasida bog'lanish hosil bo'ldi. Sharining fazodagi vaziyatini o'zaro uchta bog'lanish tenglamasi bilan bog'langan 9 ta koordinata orqali belgilash mumkin. Bir-biriga bog'liqsiz 9 ta koordinata sonidan 3 ta bog'lanish sonini ayirib, 6 ta erkinlik darajasini hosil qilish mumkin. Agar shar doimo tekislikka tegib turishi shart bo'lsa, u 7-shakl, 1 klass kinematik juft, u holda, sharning erkin harakatiga yana bitta chek qo'yamiz.

Sharni yuqoriga ko'tarish yaramaydi, aks holda shar bilan tekislik orasidagi bog'lanish buziladi va juftlik yo'qoladi. Shunday

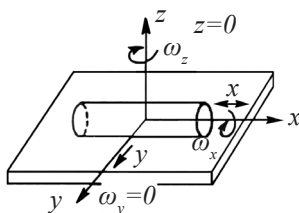
qilib, sharning uch o'q atrofida aylanma va ikki x, y o'qlari bo'ylab ilgarilama harakatini olamiz. Natijada, shar 5 xil harakatda bo'ladi, bu esa sharning erkinlik darajasi sonini bildiradi, bunda bog'lanish tenglamalari soni quyidagicha bo'ladi:

$$C = 6 - H = 6 - 5 = 1.$$

Demak, kinematik juft hosil bo'ldi.

Shunday qilib, shar bilan tekislik F klass kinematik juftni hosil qiladi.

Agar tekislik ustida silindr bo'lsa, bu silindr x va y o'qlari atrofida aylanma, shu o'qlar bo'ylab ilgarilama harakat qiladi. Demak, kinematik juft zvenosi bo'lgan silindrnin erkinlik darajasi soni 4 ga tengdir (9-shakl).



9-shakl. II klass.

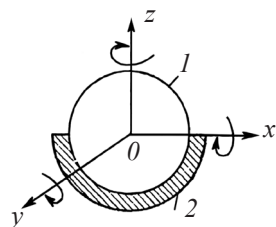
Silindrga qo'yilgan bog'lanish shartlarining soni quyidagicha bo'ladi:

$$C = 6 - 4 = 2.$$

Binobarin, bayon qilingan kinematik juft II klass kinematik juftidir.

I va II klass kinematik juftlar bayonidan ma'lumki, kinematik juftlarning qo'zg'aluvchanligi (H) jism erkinlik darajasi bilan bog'lanish shartlari soni (C) ning ayirmasiga teng.

Shunday qilib, juftning qo'zg'aluvchanlik darajasi soni yetishmagan bog'lanish shartlari soni bo'lib, bog'lanish shartlari kinematik juftdagi zvenolardan birining erkinlik darajasini kamaytiruvchi omil ekan.



10-shakl. III klass kinematik juft.

Bog'lanishlar soni uchga teng bo'lgan kinematik juftni ko'rib chiqaylik (10-shakl). Sferik qobiq ichiga solingan shar bunday kinematik juftga misol bo'la oladi.

1-zveno (shar) sirtqi yuzasi bilan 2-zvenoning ichki yuzasiga doimo tegib turishi va zvenolardan biri ikkinchisiga nisbatan faqat shu yuzalar orqaligina

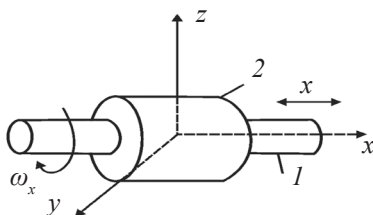
nisbiy harakat qilishi mumkin. Bunday kinematik juft *sharli sharnir* deb ataladi; bunday sharnir avtomobil, tikuv mashinasi va boshqa mashinalarda ko‘p ishlatiladi.

1-zvenoning 2-zvenoga nisbatan yoki 2-zvenoning 1-zvenoga nisbatan harakati faqat x , y , z o‘qlari atrofida bo‘ladigan aylanma harakatdan iboratdir. 1-zvenoning yoki 2-zvenoning nisbiy ilgarilama harakatiga chek qo‘yilgan. Shunday qilib, 10-shaklda ko‘rsatilgan kinematik juft zvenosining erkinlik darajasi uchga tengdir. Unga qo‘yilgan bog‘lanishlar soni quyidagicha bo‘ladi:

$$C=6-H=6-3=3.$$

Demak, hozirgina bayon qilingan kinematik juft III klass kinematik juftga oid ekan.

IV klassga oid kinematik juftni ko‘rib chiqaylik. Kovak ichiga silindr joylangan, deb faraz qilaylik (11-shakl). Shaklda ko‘rsatilgan yaxlit va kovak silindrlarning elementlari silindrik yuzalar bo‘lib, ulardan birining yuzasi (1-zvenoniki) sirtqi silindrik yuza bo‘lsa, ikkinchisiniki (2-zvenoniki) ichki silindrik yuzadir.



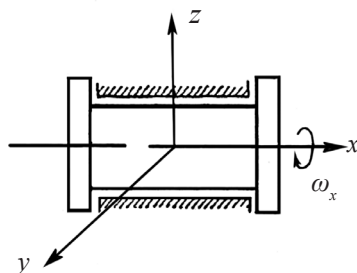
11-shakl. IV klass kinematik juft.

Har ikki silindr ham kinematik juftning zvenolari bo‘lib, ular bir-biriga nisbatan faqat x o‘qi atrofida aylanma harakat, shu o‘q bo‘ylab esa ilgarilama harakat qila oladi, xolos. Demak, kinematik juft tarkibidagi zvenoning erkinlik darajasi 2 ga teng ekan. Erkinlik darajasi 2 ga teng bo‘lgan kinematik juft zvenosining nisbiy harakatiga qo‘yilgan bog‘lanishlar soni quyidagicha bo‘ladi:

$$C=6-H=6-2=4.$$

Binobarin, bu kinematik juft IV klassga oid ekan.

V klassga oid kinematik juftlar bilan tanishib o‘taylik. Bunday juftlar hozirgi zamon mashina va mexanizmlarida juda ko‘p uchraydi. V klass kinematik juftni ko‘rib chiqamiz (12-shakl). Agar shu kinematik juft zvenolaridan birining nisbiy harakatiga yana bir



12-shakl. V klass kinematik juft.

chek qo‘ysak, u holda, juft zvenosining erkinlik darajasi (H) faqat bitta bo‘lib qoladi. Agar x o‘qi bo‘ylab ilgarilama harakatiga chek qo‘ysak, u holda zveno faqat shu o‘q atrofida aylanadi. Bordi-yu, uning aylanma harakatiga chek qo‘ysak, zveno faqat x o‘qi bo‘ylab ilgarilama harakat qiladi (12-shakl). Shunday qilib, kinematik juft zvenosiga qo‘yilgan bog‘lanish shartlarining soni quyidagicha bo‘ladi:

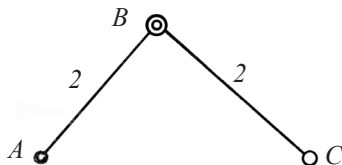
$$C = 6 - H = 6 - 1 = 5.$$

Demak, 12-shaklda ko‘rsatilgan kinematik juft V klassga oid ekan.

Shaklda ko‘rsatilgan V klass kinematik juftning elementlari ichki va sirtqi silindrik yuzalar bilan bir qatorda, ularning yon tomonlariga o‘rnatilgan cheklanish tashkil qilgan tekislikdan iboratdir.

2.3. Kinematik zanjirlar va ularning turlari

Bir necha zvenoning kinematik juftlar vositasi bilan birikishi (bog‘lanishi)dan hosil bo‘lgan qo‘zg‘aluvchi sistema *kinematik zanjir* deb ataladi. Masalan, 2 va 5-zvenolar V klass aylanma kinematik juft orqali B nuqtada bog‘lanib, kinematik zanjir hosil qiladi (13-shakl).



13-shakl.

Shaklda ko‘rsatilgan zvenolarda ikki hol bo‘lishi mumkin: birinchidan, zvenolarning ikkalasi ham qo‘zg‘aluvchan bo‘lib, bir-biriga nisbatan aylanma harakat qila oladi.

Ikki povodokli val ikkinchidan, zvenolarning biri qo'zg'almas bo'lib, ikkinchisi birinchisiga nisbatan (yoki, aksincha, birinchisi ikkinchisiga nisbatan) B sharnir vositasida aylanma harakat qiladi. Shakldagi kinematik zanjir zanjirlar ichida eng oddiysi bo'lib, bunday kinematik zanjirlar hozirgi zamon mashina va mexanizmlari tarkibida juda ko'p uchraydi.

Yuqorida bayon etilgan zanjirdagi kinematik juft o'z tuzilishiga ko'ra, oliy va quyi juft bo'lishi mumkin. A va C kinematik juftlarning elementlari erkin elementlardir.

Kinematik zanjirlar, tarkibidagi zvenolar xiliga ko'ra oddiy va murakkab zanjirlarga bo'linadi. Agar kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi zvenolarning biri faqat ikkitadan kinematik juftga kirsas, bunday zanjir oddiy zanjir deb, kinematik zanjir tarkibidagi zvenolarning biri ikkitadan ortiq kinematik juftga qo'shilsa, bunday zanjir *murakkab zanjir* deb ataladi.

2.4. Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlarning tuzilish formulasi (akademik P.L. Chebishev formulasi)

Kinematik zanjirlar tarkibiga kiruvchi zvenolardan birini mahkamlab qo'yish yo'li bilan mexanizmlar hosil qilinadi. Har qanday mexanizmda harakat qonuni berilgan zvenolar va harakat qonunlarini topish lozim bo'lgan zvenolar bo'ladi. Shunday qilib, harakat qonunlari berilgan (ma'lum bo'lgan) zvenolar *yetaklovchi zvenolar*, yetaklovchi zvenolar harakat qonunlariga qarab aniqlanishi lozim bo'lgan barcha zvenolar *yetaklanuvchi zvenolar* deb ataladi.

Demak, kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi qo'zg'almas biror zvenoga nisbatan bir yoki bir necha zveno muayyan tartibda harakatlangan vaqtda zanjirning qolgan zvenolari ham ma'lum tartibli harakat qilsa, bunday kinematik zanjir *mexanizm* deb ataladi.

Harakat qiluvchi mexanizmlar tarkibidagi barcha zvenolar bir tekislikda yoki bir-biriga parallel tekisliklarda harakat qilsa, bunday mexanizmlar *tekislikda harakat qiluvchi (tekis) mexanizmlar* deb ataladi.

Bunday mexanizmlarning tuzilish formulasi P.L. Chebishev tomonidan taklif qilingan:

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot P_5 - 1 \cdot P_4 \quad (1)$$

bu yerda, W – tekis mexanizmning qo'zg'aluvchanlik darajasi;

n – tekis mexanizm tarkibidagi qo‘zg‘aluvchi zvenolar soni;

P_5 – V klass (tekislikda II klass) kinematik juftlar soni;

P_4 – IV klass (tekislikda I klass) kinematik juftlar soni.

(1) formula tekis mexanizmlarning tuzilish formulasi yoki tekis mexanizmlarning qo‘zg‘aluvchanlik darajasini *aniqlovchi formula* deb ataladi.

P.L. Chebishev formulasidan foydalanib, har qanday mexanik sistemaning mexanizm yoki mexanizm emasligini aniqlab olamiz. Agar qo‘zg‘aluvchi zvenolar soni bilan kinematik juftlar soni aniqlanib, P.L. Chebishev formulasi asosida hisoblaganda sistemaning qo‘zg‘aluvchailik darajasi nol bo‘lsa, bunday sistemaning birorta zvenosi ham harakat qila olmaydi, bu esa sistemaning ferma ekanligini bildiradi. Agar mexanik sistemaning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi birga teng ($W=1$) bo‘lsa, bu sistema bitta yetaklovchi zvenoga ega mexanizm bo‘ladi. Agar berilgan mexanik sistemaning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi ikkiga teng ($W=2$) bo‘lsa, sistema mexanizm bo‘lib, uning yetaklovchi zvenosi ikkitadir va h.k.

Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlarning xili juda ko‘p. Yuqorida bayon etilgan tuzilish formulasidan ma‘lumki, tekislikda harakatlanuvchi mexanizmlar tarkibiga kirgan zvenolar bir-biri bilan faqat V klass quyi juftlar (aylanma va ilgirilama juftlar) va IV klass oliy juftlar hosil qila oladi.

1-masala. Ikki zvenodan tuzilgan richagli mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi topilsin.

Yechish: $n = 1$; $P_5 = 1$; $P_4 = 0$, demak:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1.$$

Bu mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi birga teng ekan. Unda 1 – qo‘zg‘almas zveno (stoyka), 2 – qo‘zg‘aluvchan zveno, ya‘ni krivoship bo‘ladi.

2-masala. Sharnirli to‘rt zvenoli mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi topilsin (2- shakl).

Yechish: $n = 3$; $P_5 = 4$; $P_4 = 0$, demak:

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1.$$

Bu mexanizmning ham qo‘zg‘aluvchanlik darajasi 1 ga teng. Mexanizmning 2-zvenosi krivoship bo‘lib, shu yetaklovchi zvenoning harakat qonuni (minutiga aylanish soni yoki burchak tezligi) ma‘lum bo‘lsa, qolgan 3 va 4-zvenolari ma‘lum tartibda harakat qiladi.

2.5. Mexanizmlarning turli vaziyatdagi rejalarini tuzish

Mexanizmlarning har xil vaziyatlarini topishdan avval, mexanizm masshtabi to'g'risida to'xtab o'tishga to'g'ri keladi. Ko'pincha, mexanizmlar ma'lum masshtab asosida chiziladi. Bundan maqsad, mexanizm zvenolarining uzunlik o'lchovlari juda kichik bo'lsa, ularni kattalashtirib, katta bo'lsa, kichraytirib chizishdan iboratdir.

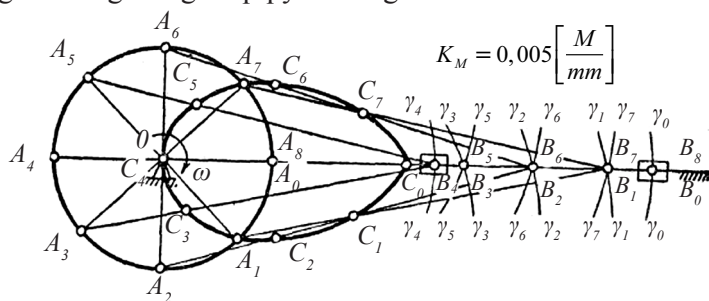
Masalan, aviatsiya dvigatelining O_fAB aksial krivoship-shatunli mexanizmi berilgan bo'lsin.

Bu mexanizm zvenolarining uzunlik o'lchovlari quyidagicha:

$l_{OA} = 95 \text{ mm} = 0,095 \text{ m}$ – krivoshipning haqiqiy uzunligi;

$l_{AB} = 340 \text{ mm} = 0,340 \text{ m}$ – shatunning haqiqiy uzunligi;

$l_{AC} = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$ – shatun og'irlik markazining A nuqtadan bo'lgan oralig'ining haqiqiy uzunligi.



14-shakl. Krivoship-shatunli mexanizm.

Har qanday mexanizmni qog'ozda tasvirlash ana shu masshtab asosida olib borilgani uchun ham biz masshtab haqida to'la tasavvurga ega bo'lmog'imiz lozim. Mashinasozlik chizmachiligida masshtab qo'yish mashina va mexanizmlar nazariyasidagidek bo'lmasa ham, lekin oqibat natijasi bir xildir.

Mexanizm zvenolarini K_M masshtabda 14-shakldagidek qilib chizamiz. Mexanizm masshtabi (K_M) quyidagi formula bilan topiladi:

$$K_M = \frac{l_{AB}}{AB},$$

bu yerda, AB – shatun uzunligining masshtab kattaligi. Bu kesmani shu kesma chiziladigan qog'oz sathiga qarab tanlaymiz. Bizning misolda $AB = 68 \text{ mm}$, u holda mexanizm masshtabi quyidagicha bo'ladi:

$$K_M = \frac{0,34}{68} = 0,005.$$

Demak, AB kesma (qog‘ozga chiziladigan kesma)ning har 1 mm uzunligida 0,005 m, ya’ni 5 mm haqiqiy uzunlik bor ekan. Shunday qilib, mexanizmdagi qolgan zveno krivoshipning masshtab kattaligi, ya’ni qog‘ozga chiziladigan uzunligi quyidagicha bo‘ladi:

$$OA = \frac{l_{OA}}{K_M} = \frac{0,095}{0,005} = 19 \text{ mm}.$$

Tasvirlangan shakldagi mexanizm o‘z kattaligidan besh marta kichik qilib chizilganini $K_M = 0,005 \left[\frac{M}{mm} \right]$ dan bilish mumkin.

Hisoblash ishlarini mexanizmning nol (OA_0B_0) vaziyatidan boshlaymiz. Mexanizmning boshlang‘ich (nol) vaziyati quyidagicha topiladi:

$$L = OA + AB = 0,087 \text{ m}.$$

Shunday qilib, mexanizm krivoshipining aylanish markazi (O) dan o‘ng tomonga $L = 87$ mm uzunlikdagi radius bilan $\gamma_0\gamma_0$ yoyini chizamiz. Bu yoyning polzun yo‘naltiruvchisi $x-x$ o‘qi bilan kesishish nuqtasini B_0 orqali belgilaymiz, O markaz bilan B nuqtani tutashtiramiz va OB_0 ning α yoyi bilan kesishish nuqtasini A_0 orqali belgilaymiz. Shunday qilib, OA_0B_0 aksial krivoship-shatunli mexanizmning boshlang‘ich (nol) vaziyati topiladi.

Mexanizmning OA krivoshipining A nuqtasi trayektoriyasi radiusi krivoship OA ning uzunligiga teng bo‘lgan aylanadan iboratdir. Bu aylanani mexanizmning nol vaziyatidan boshlab teng (8, 12, 18 va h.k.) bo‘laklarga bo‘lamiz.

14-shaklda qaralayotgan aylanani krivoshipning OA_0 vaziyatidan boshlab teng sakkiz bo‘lakka bo‘ldik.

Biz mexanizmning yangi vaziyatlarini topishda uning zvenolarida hech qanday deformatsiya (yoki o‘zgarish) bo‘lmaydi, ya’ni barcha zvenolar absolut qattiq jismdan yasalgan, deb faraz qilamiz. Mexanizmning yangi OA_1B_1 vaziyatini hosil qilish uchun $A_1B_1 = A_0B_0$ shatun uzunligini radius qilib, A nuqtaning trayektoriyasi bo‘lgan aylanadagi A_1 nuqtani markaz qilib olib, $x-x$ o‘qi yo‘naltiruvchi bilan kesishguncha yoy chizamiz. Bu $\gamma_1\gamma_1$ yoyning $x-x$ o‘qi yo‘naltiruvchi bilan kesishish nuqtasi polzunning B_1 vaziyatini beradi. Shunday qilib, krivoship OA_0 vaziyatdan soat mili yurgan tomonga 45° burilib, OA_1 vaziyatga kelganda (yoki krivoshipning A_0 nuqtasi aylana bo‘ylab A_0A_1 yo‘l yurganda) mexanizmning polzuni $x-x$ o‘qi yo‘naltiruvchida B_0B_1 yo‘lni bosar ekan.

Agar krivoship OA_1 vaziyatdan OA_2 vaziyatga o'tsa, u holda, polzun B_1 vaziyatdan B vaziyatga o'tadi yoki A_1 nuqta yana 45° ga burilib A_1A_2 yo'lni o'tganda polzun B_1B_2 yo'lni bosib o'tadi. A nuqta A_2 dan A_3 ga o'tsa, polzun B_2 dan B_3 ga o'tadi va h.k.

Shunday qilib, krivoshipning A nuqtasi A_0 vaziyatdan A_4 vaziyatga o'tsa, ya'ni krivoship 180° ga burilsa, polzun o'ng tomonda eng chekka B_0 vaziyatdan chap tomondagi eng chekka B_4 vaziyatga o'tib, B_0B_4 maksimal yo'lni bosib o'tgan bo'ladi.

Krivoshipga OA_4 vaziyatdan soat mili yurgan tomon aylanib, OA vaziyatga o'tganda polzunning B_4 nuqtasi yana o'ngga qaytib, B_5 vaziyatni egallaydi, krivoship OA_6 vaziyatga o'tganda polzun B_5 vaziyatdan B_6 vaziyatga keladi, ya'ni polzun bu vaqtda B_5B_6 yo'lni o'tadi va hokazo. Shu tariqa harakat qilib polzun B_7 vaziyat orqali B_8 ga, ya'ni polzun o'z harakatini boshlagan B_0 nuqtaga keladi.

Agar polzun markazi bosib o'tgan $B_0B_1, \dots, B_8$ nuqtalarni bir-biri bilan tutashtirsak, hosil bo'lgan $B_0B_4B_8$ to'g'ri chiziq B nuqtaning trayektoriyasini beradi. A nuqta trayektoriyasi aylana, B nuqta trayektoriyasi esa to'g'ri chiziq ekanligi shakldan ko'rinib turibdi.

Bordi-yu, AB shatundagi biror C nuqtaning krivoship bir marta to'la aylanganda chizgan trayektoriyasini topmoqchi bo'lsak, u holda, AC oralig'ini o'lchab, uni $A_0B_0, A_1B_1, \dots, A_7B_7$ uzunlik vaziyatlarining $A_0A_1, \dots, A_7$ uchlaridan boshlab qo'yib, shatundagi C nuqtaning $C_0C_1, \dots, C_7$ vaziyatlarini belgilab olamiz. Agar shu nuqtalarni bir-biri bilan tutashtirsak, ellips singari yopiq egri chiziq hosil bo'ladi. Ana shu yopiq egri chiziq shatundagi C nuqtaning trayektoriyasidir.

Shatunning A nuqtasi aylana, B nuqtasi to'g'ri chiziq bo'yicha harakatlanishini, A bilan B ning biror oralig'ida C nuqta ellips kabi yopiq egri chiziq trayektoriyalarini chizishini shakldan ko'rish qiyin emas. Shuni ham aytish kerakki, C nuqta A ga yaqinlashib borsa, uning trayektoriyasi aylanaga yaqinlashadi, C nuqta B ga yaqinlashib borgan sari, uning trayektoriyasi to'g'ri chiziqqa yaqinlashib boradi.

Mexanizmning nuqtalari har xil trayektoriyalar bo'yicha harakat qilish xususiyati texnikada juda ko'p foydalaniladi. Masalan, polzunning to'g'ri chiziqli harakatidan krivoshipning aylanma harakatini yoki, aksincha, krivoshipning aylanma harakatidan polzunning to'g'ri chiziqli harakatini, koromisloli to'rt zvenoli sharnirli mexanizmning shatunidagi nuqta trayektoriyasidan avtomat non zavodlarida xamir qorish ishlarida, aylana trayektoriya hosil

qiladigan zvenolardan har xil qo'shilmalarni aralashtirish ishlarida, yoy shaklidagi zveno nuqtasining trayektoriyasidan har xil xrapovikli uzatmalarda, to'g'ri chiziqli trayektoriyalaridan tikish mashinalarida, presslash ishlarida foydalaniladi va h.k.

Shunday qilib, hozirgi zamon mexanizm va mashinalar nazariyasining asosiy masalalaridan biri maqsadga muvofiq trayektoriyalar chizadigan mexanizm yaratib, bu mexanizmlardan inson qo'li bilan bajariladigan ishlarni bajarishda foydalanishdan iboratdir.

2.6. Tekislikda harakatlanuvchi mexanizm zveno nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini topish

Har qanday mexanizm to'g'risida to'la ma'lumotga ega bo'lish va undan qayerda foydalanish mumkinligi to'g'risida xulosa chiqarish uchun va uni to'la xarakterlash uchun shu mexanizm tarkibidagi zveno nuqtalarining chiziqli va burchak tezlik hamda tezlanishlarining o'zgarish qonuniyatlarini bilish kerak.

Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlar kinematikasi, asosan, uch usul bilan o'rganiladi. Kinematikani o'rganishning birinchi usuli grafik kinematika bo'lib, unda, asosan, nuqtaning yo'li, tezligi va tezlanishining vaqtga nisbatan o'zgarish qonunlari tekshiriladi.

Mexanizmlar kinematikasini grafik usulda o'rganish mexanizmlarning *grafik kinematikasi* deb ataladi. Bu usulda, asosan, mashhur fransuz olimi Pene Dekartning (1596–1650) koordinatalar sistemasi-dan foydalaniladi. Grafik kinematikaning afzalligi shundaki, unda zveno nuqtalarining tezliklari va tezlanishlarining skalar o'zgarish qonunlari yaqqol ko'rinib turadi, ammo ularning vektorial o'zgarish qonunlarini grafik kinematika usulidan ko'rib bo'lmaydi. Bu usulning kamchiligi shundaki, yo'l (yoki oraliq) grafiklaridan tezlik va tezlanish grafiklariga o'tishda birmuncha xatoliklarga yo'l qo'yilishi mumkin.

Mexanizmlarning grafik kinematikasini o'rganishda yo'l grafigidan yoki oraliq grafigidan tezlik grafigini, tezlik grafigidan tangensial tezlanish grafigini hosil qilishda grafik differensiallash usullaridan foydalaniladi.

Mexanizmlar kinematikasini o'rganishning ikkinchi usuli tezlik va tezlanishlar rejasidan foydalanishdir. Mexanizmlar kinematikasini o'rganishning bunday usuli mexanizmlarning grafoanalitik kinematikasi deb ataladi. Bunda, asosan, harakatlarning vektor tenglama-

laridan foydalaniladi, bu tenglamalar esa, asosan, grafik usulida yechiladi. Bu usul tezliklar va tezlanishlar rejasidan foydalanish usuli deb ham ataladi.

Grafoanalitik usulning afzalligi shundaki, bunda, asosan, mexanizm zvenolari nuqtalarining tezligi va tezlanishining ham skalar, ham vektorial qiymatlari mexanizmning istalgan vaziyati uchun ma'lum bo'ladi.

Nihoyat, mexanizmlar kinematikasini analitik usul bilan ham o'rganish mumkin. Analitik usul juda aniq usullardan bo'lib, uni ko'p zvenoli mexanizmlarda tatbiq etish ancha qiyin. Shuning uchun analitik kinematika usuli kam zvenoli mexanizmlar (krivoshipshatunli, 4 zvenoli kulisali mexanizmlar va boshq.)ga tatbiq etilsa, yaxshi natijalar beradi. Analitik usuldan katta aniqlik talab etiladigan mexanizmlar uchun foydalaniladi.

Analitik kinematikaning afzalligi shundaki, bu usulda yo'l, tezlik va tezlanishlar (matematika tili bilan aytganda funksiyalar) bilan yetaklovchi zvenoning aylanish burchagi yoki bir marta to'la aylanishi uchun ketgan vaqt (argument) orasidagi bog'lanish birgina tenglama (yoki formula) orqali ifodalanadi. Ammo analitik kinematikada, grafik va grafoanalitik kinematikadagi singari, fizik kattaliklarning skalar hamda vektorial o'zgarishi yaqqol ko'rinib turmaydi. Keyingi vaqtlarda elektron hisoblash mashinalarining zo'r berib rivojlantirilishi analitik kinematikadan foydalanishni osonlashtirdi.

2.7. Kinematik diagrammalar yordami bilan mexanizmlar kinematikasini o'rganish (grafik kinematika)

Mexanizmlar kinematikasini tekshirishda asosiy shartlardan biri shuki, yetaklovchi zveno yoki zvenolarning bir minut ichidagi aylanish soni (yoki burchak tezliklari) o'zgarmas kattaliklar deb faraz qilinadi. Buning analitik ifodasi quyidagichadir:

$$n = \text{const}$$

bo'lgani uchun:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}$$

bo'ladi. Burchak tezligi ham o'zgarmas kattalik, ya'ni:

$$\omega = \text{const}$$

deb qoraladi.

Har qanday mexanizm yoki mashina zvenolarining harakati davriy bo'lib, boshlang'ich harakat ma'lum vaqt o'tgach, yana takrorlanadi va zvenolarning bu harakati yetaklovchi zvenolarning harakat qonunlari bilan bog'liq bo'ladi. Mexanizm davri, ko'pincha, yetaklovchi zvenoning bir marta to'la aylanishi uchun ketgan vaqtga teng bo'ladi. Masalan, mexanizmning yetaklovchi zvenosi har minutda n marta aylansa, uning bir aylanishi uchun ketgan T vaqt (mexanizm davri) quyidagicha bo'ladi:

$$T = \frac{60}{n} \left[\frac{\text{sek}}{\text{ayl}} \right].$$

Mexanizm zvenosining bir sekund ichidagi aylanishining chastotasi va uning burchak tezligi quyidagicha bog'langan:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi y = \frac{2\pi \cdot n}{60} \text{ rad / sek}.$$

Shunday qilib, burchak tezligi deb ataluvchi miqdor mexanizmning yetaklovchi zvenosining 2π sekund vaqt ichidagi aylanishlar sonini bildirar ekan, ya'ni bunda vaqt birligi sifatida sekund olingan. Aylana radian hisobida 2π ga teng bo'lgani uchun takror (burchak tezligi) o'lchovini bir sekunddagi radianlar soni bilan belgilash odat qilingan. Mexanizm takror harakati shu davrdan so'ng qaytarila boradi.

Demak, mexanizm tebranma harakat qilar va uning (T) tebranish davri yuqoridagi formula bilan topilar ekan. Shuning uchun ham har qanday mexanizmdagi yetaklovchi zvenoning bir marta to'la aylanishida ayrim zveno nuqtasining harakatlanish qonunlarini bilish kifoya, chunki T davrdan keyingi harakatlar xuddi shu harakatning takroridan iborat bo'ladi.

Grafik kinematikada ikki grafik o'rganiladi – bular yo'l va oraliq grafiklaridir. Yo'l grafigi davr ichida ko'tarilib boruvchi grafik bo'lib, ikkinchisi ma'lum vaqtdan so'ng o'z vaziyatiga qaytuvchi grafikdir. Bunday grafiklar chizish uchun, tanlab olingan Dekart koordinatalar sistemasining ordinatalar o'qiga mexanizm zvenolari ayrim nuqtalarining o'tgan yo'llari yoki oraliqlari, absissa o'qiga esa yetaklovchi zvenoning bir marta to'la aylanishi uchun ketgan vaqt qo'yiladi. Har ikki kattalik ham ma'lum masshtabda olinib, bulardan biri yo'l yoki oraliq masshtabi K_l , ikkinchisi esa vaqt masshtabi K_t deyiladi.

14-shaklda ko'rsatilgan aksial krivoship-shatunli mexanizm polzuni B sharnir markazi (yoki B nuqtasi)ning trayektoriyasi to'g'ri chiziqdan, AB shatundagi biror C nuqtaning trayektoriyasi esa $C_0C_4C_8$ yopiq

egri chiziqdan iboratdir. Bu ikkala trayektoriya OA krivoshipning A_0 vaziyatidan boshlab, bir marta to'la aylanganda hosil bo'lgan.

Shunday qilib, 14-shaklda mexanizmdagi B va C nuqtalarning shu mexanizm davri ichidagi harakat qonunini bilmoq (yo'l yoki oraliq grafiklarini hosil qilmoq) uchun, yetaklovchi zveno A_0 vaziyatda deb qabul qilamiz. Demak, yetaklovchi zveno OA_0 vaziyatdan soat mili yuradigan tomonga aylanib, bir davr (T vaqt) o'tgach, yana o'z holiga qaytib keladi. Shu davr ichida yetaklovchi zveno – krivoship cheksiz vaziyatlarni bosib o'tishi yuqorida qayd etilgan edi.

14-shaklda A nuqtaning trayektoriyasini – aylanani, tushuntirish oson bo'lishi uchun, sakkizta teng bo'lakka bo'lgan edik. Demak, OA krivoship mexanizmining bir aylanish davri ichida OA_0 vaziyatdan boshlab $OA_1, OA_2, \dots, OA_7$ vaziyatlarni o'tgach, yana OA_8 vaziyatga qaytib keladi.

Shu vaqt ichida polzundagi B nuqta o'zining B_0 vaziyatidan B_1 vaziyatga o'tib, B_0B_1 yo'lni (oraliqni) bosadi. Bu B_0B_1 oraliqning haqiqiy kattaligini $S_{(B1)}$ bilan belgilasak, bu kattalik shakldagi B_0B_1 ning mexanizm masshtabiga ko'paytirilganiga teng bo'ladi, ya'ni

$$S_{(B1)} = K_M \cdot B_0B_1.$$

Agar krivoshipning A nuqtasi A_1 vaziyatdan A_2 vaziyatga o'tsa, u holda, B_1 nuqta B_2 ga ko'chadi va B_1B_2 oraliqni bosib o'tadi. Oraliqni B_0 vaziyatdan hisoblasak, $B_0B_2 = B_0B_1 + B_1B_2$ bo'ladi. B_0B_2 ning haqiqiy kattaligini $S_{(B2)}$ deb belgilasak, $S_{(B1)} = K_M \cdot (B_0B_1 + B_1B_2)$ bo'ladi.

Krivoship shu tarzda aylanishni davom ettirib, uning A nuqtasi A_3 vaziyatiga o'tsa, B nuqta $S_{(B3)} = K_M \cdot B_0B_3$ va A nuqta A_4 ga kelganda B nuqta $S_{(B4)} = K_M \cdot B_0B_4$ maksimal oraliqni bosib o'tadi. Demak, krivoship OA_0 vaziyatdan boshlab 180° ga aylansa, B nuqta A_0 vaziyatdan B_4 ga ko'chib, maksimal oraliqni bosib o'tar ekan. Mexanizmning OA_0B_0 vaziyati polzunning tinch vaziyati deb, B_0B_4 vaziyatlar mexanizm B nuqtasining chekka vaziyatlari deb ataladi.

Krivoshipni OA_4 vaziyatdan boshlab aylanishda davom ettirsak, mexanizmning B nuqtasi B_4 vaziyatdan o'ng tomonga yura boshlaydi. Shu tarzda mulohazani davom ettirib:

$$\begin{aligned} S_{B_5} &= K_M \cdot \overline{B_0B_5} = K_M (\overline{B_0B_4} + \overline{B_4B_5}); \\ S_{B_6} &= K_M \cdot (\overline{B_0B_6}) = K_M (\overline{B_0B_4} + \overline{B_4B_6} - \overline{B_5B_6}); \\ S_{B_7} &= K_M \cdot \overline{B_0B_7} = K_M (\overline{B_0B_4} + \overline{B_4B_5} - \overline{B_5B_6} - \overline{B_6B_7}) \end{aligned}$$

va, nihoyat:

$$S_{B_8} = K_M \cdot \overline{B_0 B_8} = K_M (\overline{B_0 B_4} - \overline{B_4 B_8}) = 0$$

ekanligini ko'rish qiyin emas, ya'ni $S_{(B0)} = S_{(B8)} = 0$ bo'ladi (15-shakl).

Shunday qilib, krivoshipning OA_0 vaziyatidagi oraliq nol bo'lib, uning bir marta to'la aylanishida yana shu OA_0 vaziyatga keladi, ya'ni:

$$S_{B_0} = 0 \text{ bo'ladi.}$$

Demak, krivoshipning bir marta to'la aylanishida B nuqta $S_{(B1)}, S_{(B2)}, S_{(B3)}, \dots, S_{(B8)}$ oraliqlarni bosib o'tar ekan. Agar bu oraliqlar juda katta yoki juda kichik bo'lsa yoki chizma qog'oziga sig'masa, ular K_{SB} masshtabda kichik yoki katta qilib chiziladi. Nihoyat, Dekart koordinatalar sistemasining ordinatalar o'qiga K_{SB} masshtabda B nuqtaning oralig'ini, absissalar o'qiga esa K_t masshtabda davrni qo'ysak, oraliq grafigi deb ataluvchi $S_B - t$ grafigi hosil bo'ladi (15-shakl).

Masshtabni quyidagicha tanlaymiz:

$$K_{S_B} = \frac{K_M \overline{B_0 B_4}}{y_{\max}} \left[\frac{m}{mm} \right].$$

Yuqoridagi formuladan topilgan masshtab oraliq masshtabi deb ataladi; $U_{\max}$ ni chizma qog'ozidagi joyga qarab tanlab olamiz, u holda, grafikka qo'yiladigan ordinatalar quyidagicha topiladi:

$$y_0 = 0; y_1 = \frac{S_{B_1}}{K_{S_B}} [mm]; y_2 = \frac{S_{B_2}}{K_{S_B}} [mm]; y_3 = \frac{S_{B_3}}{K_{S_B}} [mm]; \dots;$$

$$y_7 = \frac{S_{B_7}}{K_{S_B}} [mm] \quad \text{va} \quad y_8 = y_0 = 0.$$

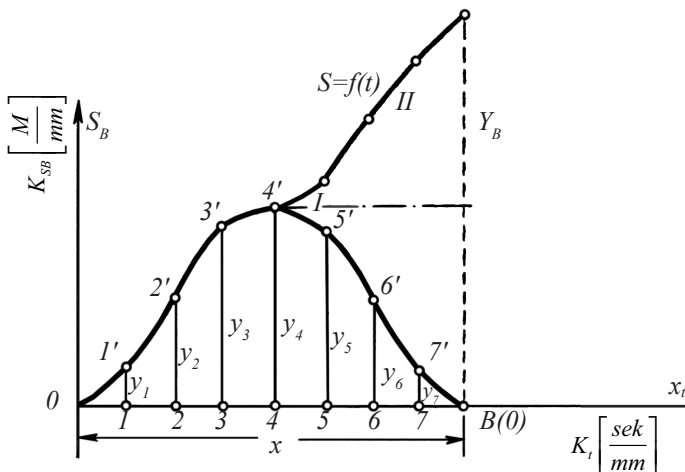
Baqt masshtabi K_t quyidagicha bo'ladi:

$$K_t = \frac{T}{x} = \frac{60}{n \cdot x} \left[\frac{sek}{mm} \right]$$

x kesma absissalar o'qiga qo'yiladigan ixtiyoriy kesma bo'lib, mexanizm davrini ifodalaydi. Mexanizm krivoshipning bir aylanishiga ketgan vaqtni teng sakkiz bo'lakka bo'lganimiz uchun x kesmani ham teng sakkiz bo'lakka bo'lamiz va koordinatalar boshidan 0,1,2,3,...,8 raqamlarini qo'yib chiqamiz (15-shakl).

15-shaklda oraliq va yo'l grafigi tasvirlangan. Oraliq grafigi 0 dan boshlanib, 4 vaziyatida uning ordinatasi maksimal qiymatga erishadi, keyingi vaziyatlarda ordinatalari pasayib, 8 vaziyatda yana

no'lgacha tushadi. Yo'l grafigida esa (15-shakl) yo'l O dan boshlanib, doimo oshib boradi.



15-shakl. Yo'l va oraliq grafigi:

1 – oraliq grafigi; 2 – yo'l grafigi.

Krivoshipning 8 vaziyatida bosilgan yo'l maksimal qiymatga ega bo'ladi.

Shunday qilib, B nuqta trayektoriyasi misolida oraliq va yo'l grafigini qanday hosil qilish bilan tanishib chiqdik. Bu grafik B nuqtaning harakat qonunini ifodalaydi.

15-shakldagi $S_B - t$ grafigini grafik differensiallab, tezlik va tezlanish grafiklarini hosil qilish mumkin. $S_B - t$ grafigini urinmalar, vatarlar va ordinalarni orttirish usullari bilan differensiallash mumkin.

2.8. Urinmalar metodi bilan differensiallash

Bu metod bilan $S_B - t$ grafigini differensiallash uchun, grafikdagi tegishli 1,2,3,4,...,7 nuqtalarga $T_1, T_2, T_3, \dots, T_7$ urinmalar o'tkazamiz (16-shakl).

Ma'lumki, funksiya hosilasining geometrik ma'nosi shu egri chiziq nuqtasiga o'tkazilgan urinmaning abssissalar o'qi bilan hosil qilgan burchagi tangensini ifoda qilsa, fizik ma'nosi tezlikdan iboratdir. Yo'ldan vaqtga nisbatan olingan hosila tezlik bo'lganidan:

$$v_{B_i} = \frac{dS_{B_i}}{dt}; S_{B_i} = K_{S_B} \cdot y_{S_i}; t = K_t \cdot x_t$$

ekanligi e'tiborga olinsa:

$$v_{B_l} = \frac{K_{S_B}}{K_t} \cdot \frac{dy_{S_l}}{dx_t} = \frac{K_{S_B}}{K_t} \cdot \operatorname{tg} \alpha_l$$

kelib chiqadi.

Oraliq grafigi S_B-t dan tezlik grafigini hosil qilish uchun shu grafik ostiga V_B-t koordinatalar sistemasini chizamiz (16-shakl). So'ngra $0-t$ o'qining chap tomonidan ixtiyoriy $N_l = 00'$ masofani olamiz. $0'$ nuqtadan S_B-t grafigidagi $T_1, T_2, \dots$ urinmalarga parallel chiziqlar o'tkazib, ularning ordinatalar o'qi bilan kesishgan nuqtalari $0_1, 0_2, \dots$ larni olamiz.

Shu ordinatalarni N_l ga bo'lsak, $\operatorname{tg} \alpha_1, \operatorname{tg} \alpha_2, \dots$ lar kelib chiqishini ko'rish qiyin emas. Shunday qilib, ixtiyoriy t nuqta uchun $\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{OO_1}{H_1}$ bo'ladi va uni tezlik tenglamasiga qo'ysak, quyidagi kelib chiqadi:

$$v_{B_l} = \frac{K_{S_B}}{K_t} \cdot \frac{OO_1}{H_1}$$

Ixtiyoriy t nuqtaning tezligi $V_{B_l} = K_v \cdot y_{v1}$ ekanligini e'tiborga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$V_{B_l} = K_v \cdot y_{v1} = \frac{K_{S_B}}{K_t \cdot H_1} \cdot OO_1$$

tenglama K_v masshtabda polzundagi B nuqtaning t vaziyatdagi tezligini ko'rsatadi. Tezlik masshtabi K_v quyidagicha topiladi:

$$K_v = \frac{K_{S_B}}{K_t \cdot H_1} \left[\frac{msek^{-1}}{mm} \right].$$

16-shaklda B nuqtaning tezliklar grafigini tuzish ko'rsatilgan. V_B-t koordinatalar sistemasining ordinatasidagi $0'$ nuqtadan gorizontal o'tkazib, uning S_B-t grafigidagi $1'$ nuqtadan tushirilgan vertikal chiziq bilan kesishuv nuqtasini «a» orqali belgilaymiz. Shunday qilib, 1-a ordinata K_v masshtabda B nuqtaning B_l vaziyatdagi tezligini beradi.

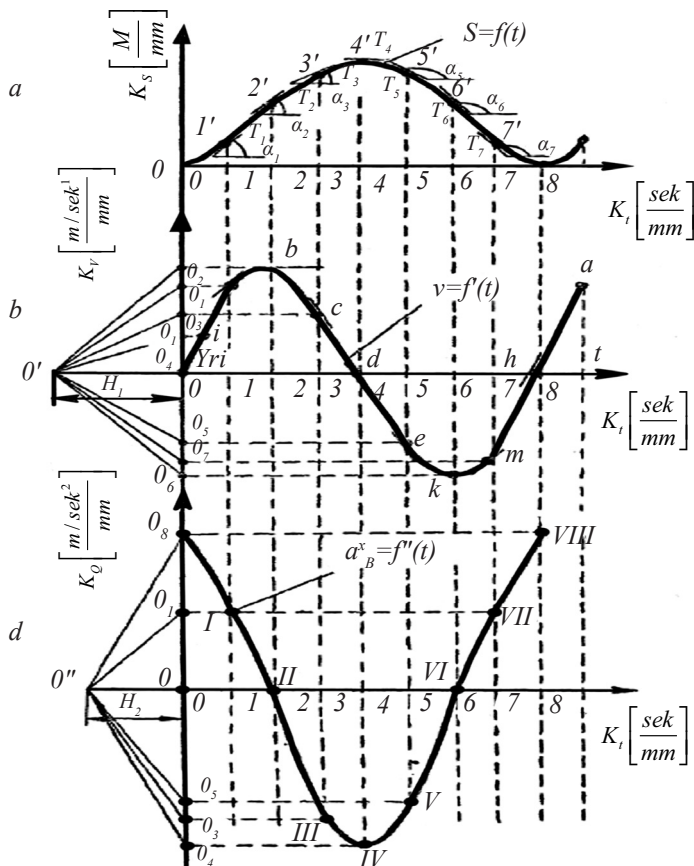
Xuddi shu yo'sinda davom ettirib, b, c, d, e, k, m, n nuqtalarni hosil qilamiz. Bu nuqtalarning ordinatalari tegishli masshtabda $B_2, B_3, B_4, \dots, B_7$ nuqtalarning tezliklarini berishi formuladan ma'lumdir, ya'ni:

$$v_{B_1} = K_v \cdot 1\bar{a} \left[m / sek^{-1} \right]; \quad v_{B_5} = K_v \cdot 5\bar{e};$$

$$v_{B_2} = K_v \cdot 2\bar{b}; \quad v_{B_6} = K_v \cdot 6\bar{k}$$

$$v_{B_3} = K_v \cdot 3\bar{c}; \quad v_{B_7} = K_v \cdot 7\bar{m};$$

$$v_{B_4} = K_v \cdot 4\bar{d}; \quad v_{B_8} = 0 \quad \text{bo'ladi.}$$



16-shakl. Urinmalar metodi bilan differensiallash:
a – oraliq grafigi; b – tezlik grafigi; d – tezlanishlar grafigi.

Shunday qilib, S_B-t oraliq grafigidan $0, a, b, c, d, e, m, n$ sinusoida ko‘rinishidagi tezliklar grafigini hosil qildik. Olingan tezliklar grafi- gi K_v masshtabda bo‘lib, bu masshtabning kattaligi tanlab olingan $N_1=00_1$ masofaga bog‘liqdir. Agar N_1 masofa kattalashsa, K_v masshtab kichiklashadi, aksincha, bu masofa kichiklashsa, K_v masshtab kattalashadi (16-shakl, b).

Tezliklar grafigidan krivoship-shatunli mexanizm polzunidagi B nuqtaning istalgan vaziyati uchun tezliklarning haqiqiy kattaligini topish qiyin emas.

V_B-t tezliklar grafigidan tezlanishlar grafigi quyidagi tartibda hosil qilinadi.

Buning uchun yuqorida bayon etilgan urinmalar metodi bilan V_B-t grafigidan vaqtga nisbatan bir marta hosila olish (ya'ni differensiallash) kerak. Bu esa S_B-t grafigidan V_B-t grafigi hosil qilinganiga o'xshashdir, bunda faqat tezliklar grafigidagi $0, a, b, s, d, e, m, n$ nuqtalarga urinmalar o'tkazib chiqish kerak bo'ladi. So'ngra V_B-t grafigining ostiga tezlanish koordinatalar sistemasini chizamiz (16-shakl, *b*) va absissalar o'qining chap tomonidan ixtiyoriy $00''=H_2$ oraliqni tanlab olamiz.

Tezlik grafigida o'tkazilgan urinmalarga O'' nuqtadan parallel chiziqlar o'tkazamiz va bu parallel chiziqlarni ordinatalar o'qi bilan kesishish nuqtalari ($O_1, O_2, \dots$)dan gorizontall chiziqlar o'tkazib, bu gorizontall chiziqlarning grafigdagi urinma o'tkazilgan nuqtalardan tushirilgan vertikal chiziqlar bilan kesishish nuqtalarini I, II, III, ... lar orqali belgilab olamiz (16-shakl, *d*). Olingan bu nuqtalarni tutashtirsak, kosinusoida kabi egri chiziq hosil bo'ladi. Bu esa mexanizmdagi B nuqtaning tangensial tezlanish grafigidir, uning ordinatalarini K_a tezlanish masshtabiga ko'paytirsak, nuqtaning tegishli vaziyatlaridagi tezlanishlari hosil bo'lishini ko'rish qiyin emas. Darhaqiqat:

$$a'_{B_i} = \frac{dv_{B_i}}{dt} = \frac{K_v}{K_t} \cdot \frac{dy_{v_i}}{dx_t} = \frac{K_v}{K_t} \cdot tg\alpha_t; \quad tg\alpha_t = \frac{\overline{OO_l}}{\overline{OO}} = \frac{\overline{OO_l}}{H_2}$$

$tg\alpha$ qiymatini yuqoridagi tenglamaga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$a'_{B_i} = \frac{K_v}{K_t} \cdot \frac{\overline{OO_l}}{H_2} = K_a \cdot \overline{OO_i}.$$

Tezlanishlar grafigining masshtabi quyidagicha topiladi:

$$K_a = \frac{K_v}{K_t \cdot H_2} = \frac{K_s}{K_t^2 \cdot H_1 \cdot H_2} \left[\frac{m/sec^2}{mm} \right].$$

Agar $H_1 = H_2$ bo'lsa, u holda tenglama quyidagicha yoziladi:

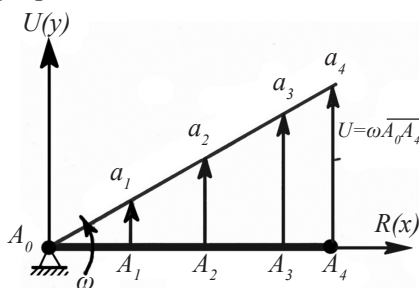
$$K_a = \frac{K_s}{K^2 \cdot H^2}.$$

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, 00_l ordinata biror K_a masshtabda a'_{B_i} tezlanishni bildiradi. K_a masshtabning kattaligi formuladan topiladi. Shunday qilib, S_B-t oraliq grafigidan V_B-t va a_B-t tezlik va tezlanish grafiklarini hosil qildik. B nuqtaning tezlik va tezlanishlari tegishli ordinatalarni tegishli masshtablarga ko'paytirish yo'li bilan topiladi, ular 3-jadvalda berilgan.

Tartib raqami	Mexanizm krivoshipining vaziyati	B nuqtaning tezligi	B nuqtaning tezlanishi
1.	Krivoshipning boshlang'ich vaziyati	$v_{B_0} = 0$	$a_{B_0}^t = K_a \cdot \overline{OO_0}$
2.	Krivoship 45° burildi	$v_{B_1} = K_v \cdot \overline{1a}$	$a_{B_1}^t = K_a \cdot \overline{II}$
3.	90°	$v_{B_2} = K_v \cdot \overline{2b}$	$a_{B_2}^t = K_a \cdot \overline{2II}$
4.	135° aylandi	$v_{B_3} = K_v \cdot \overline{3c}$	$a_{B_3}^t = K_a \cdot \overline{3III}$
5.	180°	$v_{B_4} = 0$	$a_{B_4}^t = K_a \cdot \overline{4IV}$
6.	225°	$v_{B_5} = K_v \cdot \overline{5e}$	$a_{B_5}^t = K_a \cdot \overline{5V}$
7.	270°	$v_{B_6} = K_v \cdot \overline{6k}$	$a_{B_6}^t = K_a \cdot \overline{6VI}$
8.	315°	$v_{B_7} = K_v \cdot \overline{7m}$	$a_{B_7}^t = K_a \cdot \overline{7VII}$
9.	360°	$v_{B_8} = 0$	$a_{B_8}^t = a_{B_0}^t$

2.9. Mexanizmlar uchun tezliklar rejasi

Hozirgi zamon mashina va mexanizmlari tarkibida zvenolarning uch xil tekis harakatini uchratish mumkin. Bular qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat, to'g'ri chiziqli ilgarilanma-qaytar harakat va ikkala harakatni o'z ichiga oluvchi tekis murakkab harakatdir. Aylanma harakatda bo'lgan zvenodagi istalgan nuqtaning chiziqli tezligi aylanish o'qidan shu nuqtagacha bo'lgan oraliqqa proporsionaldir.



17- shakl.

Shuni esda tutish lozimki, zvenoning aylanma harakatidagi burchak tezligi shu zvenoning istalgan nuqtasi uchun bir xil, chiziqli tezligi esa shu nuqtalar uchun turlicha bo'ladi va koordinatalar boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziq qonuni bilan o'zgaradi (17-shakl).

Bundan buyon, aylanma harakat qiluvchi zvenoning burchak tezligi ω bilan burchak tezlanishi ε faqat zvenoga, chiziqli tezlik bilan chiziqli tezlanish zvenodagi nuqtalarga tegishli ekanligini e'tiborga olish lozim.

A_0 atrofida aylanuvchi A_0A_4 zvenodagi ayrim nuqtalarning chiziqli tezligi A_0A_4 to'g'ri chiziq qonuni bilan o'zgaradi.

Agar A_0A_4 zveno A_0 aylanish o'qi atrofida o'zgarmas ω burchak tezligi bilan aylansa, shu zvenodagi A_1, A_2, A_3, A_4 nuqtalar chiziqli tezliklarining matematik ifodalari quyidagicha bo'ladi:

$$v_{A_1} = \omega \cdot \overline{A_0A_1}; \quad v_{A_2} = \omega \cdot \overline{A_0A_2}; \quad v_{A_3} = \omega \cdot \overline{A_0A_3}; \quad v_{A_4} = \omega \cdot \overline{A_0A_4}.$$

Bu tezliklar qo'zg'almas o'q atrofida aylanuvchi nuqta tezliklari bo'lganligidan ular *absolut tezliklar* deb ataladi. Tezliklar $V_{A4} > V_{A3} > V_{A2} > V_{A1}$ tengsizlikda bo'ladi.

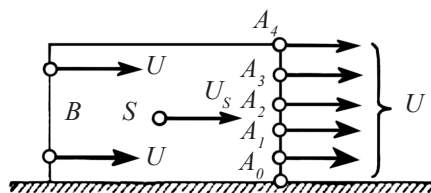
Zvenoning burchak tezligi va tezlanishi uning uchun asosiy qabul etilgan aylanish nuqtasiga bog'liq emas.

Mexanizmlar tarkibida tekis – parallel yoki tekis harakat qiluvchi zvenolar juda ko'p uchraydi. Bunda zvenoning barcha nuqtalari qandaydir qo'zg'almas zvenoga nisbatan parallel harakat qiladi. Agar biz uch o'lchovli x, y, z Dekart sistemasining x, y tekisligidagi tekis harakatini ko'z oldimizga keltirsak, u holda zveno harakatida uning istalgan nuqtasining faqat x absissa va y ordinatasi o'zgaradi, xolos, z esa o'zgarmay qoladi. Shunday qilib, zvenoning istalgan nuqtasining harakati uning x va y o'qlaridagi proyeksiya harakati bilan aniqlanadi. Butun zvenoning harakati esa shu zvenoning x, y tekisligidagi proyeksiya harakati orqali belgilanadi.

Agar A zveno qo'zg'almas biror tekislikka nisbatan ilgarihlama harakatda bo'lsa (yoki shu tekislik bo'ylab harakat qilsa), u holda, A zvenodagi istalgan nuqtaning tezligi shu tekislikka parallel va bir-biriga teng bo'ladi (18-shakl). Bunday zvenolar hozirgi zamon mashinalarida juda ko'p ishlatiladi; masalan, ichki yonuv dvigatelining porsheni, randalash stanogining supporti, to'quv stanogining mokisi va boshqalar ana shunday zvenolardir.

Ilgarilanma harakat qiluvchi zvenoni o'rganishda uning markazi tezligini olish kifoya, chunki zveno markazi (og'irligi qo'yilgan nuqta) shu zveno uchun xos nuqtadir.

Ilgarilanma harakatda bo'lgan zvenodagi A_1, A_2, A_3 va A_4 nuqtalarning tezliklari $V_{A1}, V_{A2}, V_{A3}, V_{A4}$ bir-biriga teng bo'ladi.



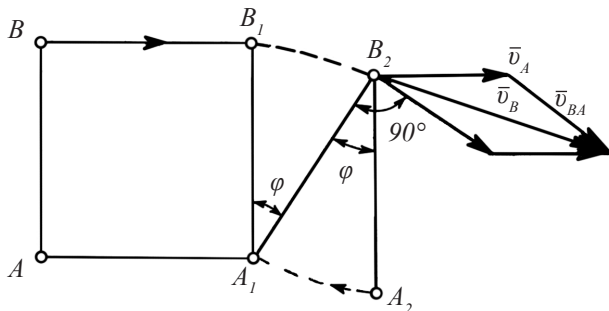
18-shakl.

Ilgarilama harakatdagi zveno istalgan nuqtasining tezligi bir xil bo'ladi. Har qanday tezlik vektor bo'lib, uni ma'lum masshtabda bir necha marta kichik, katta yoki o'ziga teng vektor kesmalar bilan ifodalash mumkin. Shunday qilib, tezlik masshtabini K_v orqali ifodalasak, uning matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$K_v = \frac{VA_i}{Pa_i}.$$

Tezliklar biror markazdan ixtiyoriy masshtab kesmada qo'yilgan va ularning uchlarini tutashtirishdan hosil bo'lgan shakl *tezliklar rejasi* deb ataladi.

Tekis harakatdagi istalgan qattiq zvenoni tekshirish uchun shu zvenodagi A va B nuqtalar harakatini tekshirish kifoya ekanligi nazariy mexanikadan ma'lum (19-shakl).



19-shakl.

Murakkab tekis harakat qiluvchi AB zveno B nuqtasining tezligi murakkab bo'ladi. Bunday holda zvenoning ikkala nuqtasi ham ma'lum biror tezlikka ega bo'ladi. Harakatni o'rganishda shu nuqtalardan istalganini nisbiy oniy *aylanish markazi* deb qarash mumkin. Biz bundan buyon nisbiy aylanish (yoki tezlik) markazi sirtida tezligi ma'lum bo'lgan nuqtani tanlaymiz. Masalan, krivoship-

shatunli mexanizmdagi shatunning A nuqtasi tezligi ma'lum bo'lganidan, uni nisbiy *oniy aylanish markazi* deb olamiz.

Nazariy mexanika qoidasiga binoan, tekis shakl (zveno)dan tanlab olingan A va B nuqtalarning istalganini qutb (oniy aylanish markazi) deb qarash mumkin. Dastavval, AB zvenodagi A nuqta qutb bilan birga ilgarilanma harakat qilib, A_1B_1 vaziyatga keladi, so'ngra B_1 nuqta A_1 ning atrofida φ burchakka aylanib, B_2 o'rniga o'tadi yoki AB zvenodagi B nuqta A nuqta bilan ilgarilanma harakat qilib, A_2B_2 vaziyatga keladi va A_2 nuqta B_2 nuqta atrofida φ burchakka aylanib, A_1 vaziyatga o'tadi.

Shunday qilib, tekis harakatda bo'lgan zvenodagi istalgan B nuqtaning absolut tezligi (V_B) ikki tezlikning geometrik yig'indisidan iborat bo'ladi; bulardan biri B nuqta A nuqta bilan ilgarilanma harakat qilgan deb faraz etilganidagi tezligidir, uni V_B vektor orqali ifodalaymiz. Ikkinchisi esa B nuqtaning A shu onda qo'zg'almas qutb deb qaralganda shu A nuqta atrofidagi aylanma tezligidir, bu nisbiy tezlikni V_{BA} vektor orqali ifodalaymiz. Yuqorida aytilganlarning vektorlar algebrasidagi ifodasi quyidagi vektor tenglama bilan yoziladi:

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}.$$

Tezliklarning ustidagi chiziqlar ularning vektor ekanligini bildiradi. Tenglamani quyidagicha yozish ham mumkin:

$$\begin{aligned}\vec{v}_A &= \vec{v}_B + \vec{v}_{AB}, \\ \vec{v}_{BA} &= -\vec{v}_{AB}.\end{aligned}$$

Bu tenglikdan ma'lum bo'lishicha, B nuqtaning A nuqta atrofida aylanishidagi tezligi va A ning B atrofida aylanishidagi tezligiga moduli bo'yicha teng bo'lib, faqat ular antiparallel vektorlar ekanligi ko'rinib turibdi. Shunday qilib, $\omega_A \cdot AB = \omega_B \cdot BA$, bundan $\omega_A = \omega_B = \omega$ ekanligi ayondir. Tenglamani AB ga proyeksiyalasak quyidagini olamiz:

$$\begin{aligned}PR_{AB} \vec{v}_B &= PR_{AB} \vec{v}_A + PR_{AB} \vec{v}_{BA}, \quad PR_{AB} \vec{v}_{BA} = 0; \\ \vec{v}_{BA} &\perp BA, \quad \text{demak,} \quad PR_{AB} \vec{v}_B = PR_{AB} \vec{v}_A.\end{aligned}$$

Shunday qilib, tekis harakatdagi zveno ikki nuqtasining tezliklarini shu nuqtalardan o'tuvchi chiziqqa proyeksiyalari bir-biriga tengdir.

Agar zveno to'g'ri chiziqli harakatda bo'lmasa, unda har ondagi shunday nuqta topiladiki, uning tezligi nolga teng bo'ladi. Tezligi

nol bo'lgan mana shunday nuqta oniy aylanish markazi yoki *oniy tezliklar markazi* deb ataladi.

Absolut va nisbiy tezliklar degan nomlar shartli bo'lib, zvenolarning qo'zg'almas jism (zveno)ga nisbatan tezligi shartli ravishda absolut tezlik deb, qo'zg'aluvchan jismlar (zvenolar)ga nisbatan tezliklari esa nisbiy tezliklar deb atalgan. Haqiqatan olganda, tabiatda qo'zg'almas jismlarning o'zi yo'q, biz faraz qilgan qo'zg'almas obyekt yer ustida ekan, bu obyekt qo'zg'aluvchandir, chunki Yerning o'z o'qi atrofida va Quyosh atrofida aylanishi bizga ma'lum. Shuning uchun biz koinotdagi jismlarning nisbiy harakatlarini o'rganamiz.

Tekislikda harakatlanuvchi barcha mexanizm yoki mashinalar tarkibida, umuman, yuqorida aytib o'tilgan uch xil harakat qiluvchi zvenolar uchrashi mumkin. Masalan, krivoship-shatunli mexanizmni olsak, bu mexanizm tarkibidagi krivoship (yetaklovchi zveno) faqat qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat, shatun tekis murakkab harakat, polzun esa (polzun ham yetaklovchi zveno bo'la oladi) faqat ilgarilanma harakat qiladi. Agar to'rt zvenoli mexanizmni olsak, undagi krivoship va koromislo faqat qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat qilib, shatun tekis murakkab harakatda bo'ladi.

Birinci modifikatsiya Assur guruhi uchun tezliklar rejasini tuzamiz (20-shakl, a). A va C nuqtalar (sharnirlar)ning tezliklari berilgan deb faraz qilamiz. Agar bu nuqtalarning tezliklarini biror K_v masshtabdagi vektor kesmalar bilan ifodalamoqchi bo'lsak (ulardan birini ixtiyoriy ravishda tanlab olamiz), u holda haqiqiy tezlikni tanlab olingan kesmaga bo'lib, tezliklar masshtabini topamiz.

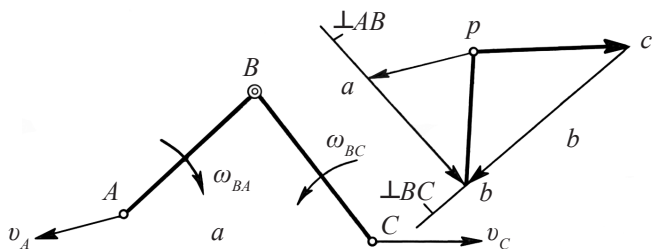
Shunday qilib, tezliklar masshtabi $K_v = \frac{V_A}{P_a}$ olinib, C nuqtaning tezlik kesmasi quyidagicha topiladi:

$$\overline{pc} = \frac{v_c}{K_v} [mm].$$

Demak, $\overline{pa}$ va $\overline{pc}$ kesmalar K_v masshtabda A va C nuqtalarning tezliklarini bildiradi.

B sharnirning tezligini topish kerak. Tezliklar rejasini tuzishdan oldin, noma'lum bo'lgan B nuqta tezligini V_B deb, quyidagi vektor tenglamalarni tuzamiz:

$$\left. \begin{aligned} \overline{v}_B &= \overline{v}_A + \overline{v}_{BA} \\ \overline{v}_B &= \overline{v}_C + \overline{v}_{BC} \end{aligned} \right\}$$



20-shakl. II klass 1- tur grupp (a) ning tezliklar rejasi (b).

Ikki nisbiy tezlik ham B nuqtaning A va C nuqtalar atrofida V_{BA} va V_{BC} tezliklar bilan aylanishini bildiradi.

A va C nuqtalar tezlikning K_v masshtabdagi $\bar{p}a$ va $\bar{p}c$ vektor kesmalarini « p » qutbdan V_A bilan V_C ga parallel qilib qo'yamiz (20-shakl, b). Tenglamaning birinchisiga muvofiq, V_A vektorning uchidan (yoki radius-vektor kesmasining uchidan) AB zvenoga tik chiziqli o'tkazamiz. Tenglamaning ikkinchisiga muvofiq, V_C vektorning uchidan (yoki pc vektor kesmasining c uchidan) BC zvenoga tik chiziqli o'tkazamiz. Tezlik vektorining a va c uchidagi nuqtadan o'tkazilgan tik chiziqlarning kesishuv nuqtasi b nuqtani beradi. b nuqtani p qutb bilan tutashtirib, pb vektor kesmasini hosil qilamiz.

Bu esa B nuqta absolut tezlik kattaligining K_v masshtabdagi ifodasidir. Tezlikning haqiqiy qiymatini topish uchun shu kesmani tezlik masshtabiga ko'paytirish kerak:

$$v_B = K_v \cdot pb$$

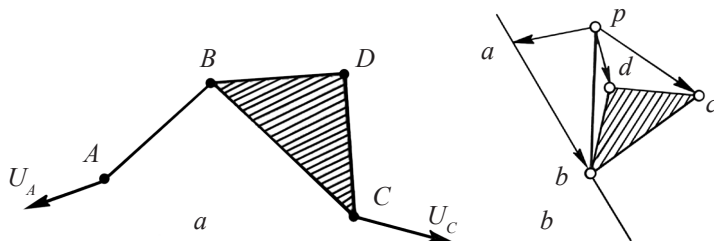
Hosil qilingan $pabcp$ ko'pburchak (20-shakl, b) ABC Assur guruhining tezliklar rejasi deb ataladi. Tezliklar rejasidan quyidagi tezliklarni olamiz:

$VB = KV \cdot pb$ – B nuqtaning absolut tezligi; $VBA = KV \cdot ba$ – B nuqtaning A nuqtaga nisbatan tezligi; $VBC = KV \cdot bc$ – B nuqtaning C nuqtaga nisbatan tezligi.

Demak, AB va BC zvenolarning qanday burchak tezliklari bilan aylanishlari va ularning chiziqli tezliklari yo'nalishini aniqlash qiyin emas. Buning uchun nisbiy tezliklarni tegishli l_{AB} va l_{BC} radiuslarga (zveno uzunliklariga) bo'lish lozim:

1. $\omega_{BA} = \frac{V_{BA}}{l_{BA}}$ – AB zvenoning oniy burchak tezligi bo'lib, soat mili yurgan tomonga yo'naladi.

2. $\omega_{BC} = \frac{V_{BC}}{l_{BC}}$ – BC zvenoning oniy burchak tezligi bo'lib, soat mili yurgan tomonga teskari yo'naladi.



21- shakl. II klass 1-tur grupp (a) ning tezliklar rejas (b).

Tezliklarning har qanday rejasida quyidagi xossalar bo'ladi:

- tezliklar rejasining qutbidan o'tuvchi vektorlar absolut tezliklarni ifodalaydi (pa , pb , pc vektorlar);
 - tezliklar rejasining qutbidan o'tmaydigan vektorlar nisbiy tezliklarni ifodalaydi (ab va cb vektorlar);
 - qutbda yotuvchi nuqtalarning tezliklari nolga teng bo'ladi.
- Tezliklar rejasini aniqroq tushunib olish maqsadida bir necha masala yechamiz.

Masala. Sharnirli to'rt zvenoli mexanizm bor (22-shakl). Bu mexanizm *ЧГП* rusumli ipak gazlama to'quv stanogining batanli mexanizmidir.

Mexanizm $K_M = 0,01 \left[\frac{m}{mm} \right]$ masshtabda chizilgan. Shaklda

ko'rsatilgan mexanizm uchun tezliklar rejas tuzilsin. $L_{OA} = 60$ mm, $l_{AB} = 225$ mm, $l_{BC} = 677$ mm, krivoshipning bir minutdagi aylanish soni $n = 180$ ayl/min.

Yechish: avval $O_f A$ krivoship (tirsakli val)ning burchak tezligini topamiz:

$$\omega_2 = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 180}{30} = 6 \cdot \pi [sek^{-1}].$$

Krivoshipdagi A nuqta (sharnir)ning tezligi:

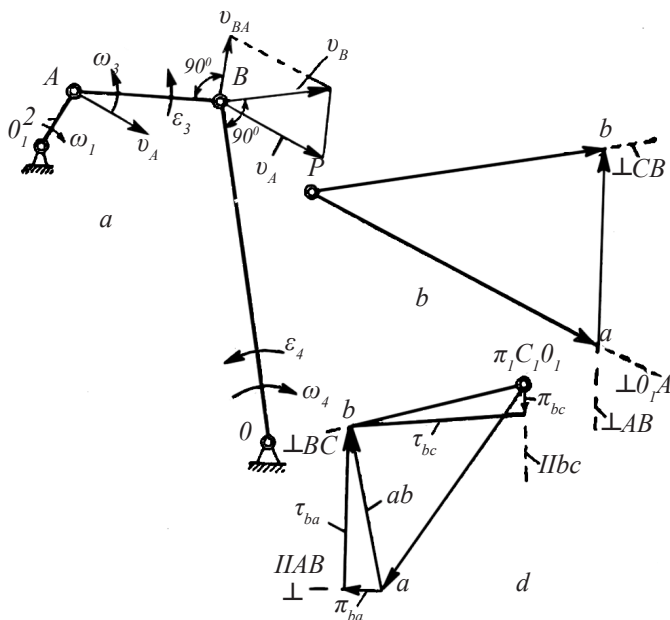
$$v_A = \omega_2 \cdot l_{O_f A} = 1,13 [m / sek^{-1}] \text{ bo'ladi.}$$

Tezlik masshtabini tanlab olamiz:

$$K_v = \frac{v_A}{Pa} = \frac{1,13}{56,5} = 0,02 \left[\frac{m/sec^{-1}}{mm} \right].$$

P qutbdan $pa=56,5$ mm ni O_1A ga tik qilib o'tkazamiz (22-shakl, b). Endi, B nuqtaning tezligini topamiz, buning uchun B nuqtaning tezligini A va C nuqtalarning tezliklari bilan bog'laymiz:

$$\begin{aligned} \bar{v}_B &= \bar{v}_A + \bar{v}_{BA} \\ \bar{v}_B &= \bar{v}_C + \bar{v}_{BC} \end{aligned}$$



22- shakl. a – ipak gazlama to'quv stanogining batanli mexanizmi;
 b – tezliklar rejasi; d – tezlanishlar rejasi.

Birinchi tenglamaga binoan, pa vektorning a uchidan BA ga tik o'tkazamiz, $V_C=0$ (yoki $pc=0$) bo'lgani uchun c nuqta qutbda yotadi, shu sababli BC ga tik chiziqni qutbdan o'tkazishga to'g'ri keladi. Ikkala tik chiziq b nuqtada kesishadi (22- shakl, b).

$V_{CB}=K_v \cdot pb=0,02 \cdot 51=1,02$ m/sec⁻¹ – B nuqtaning absolut tezligi;
 $V_{BA}=K_v \cdot ab=0,02 \cdot 34=0,68$ m/sec⁻¹ – B nuqtaning A ga nisbatan aylanishdan hosil bo'lgan nisbiy tezlik.

BC zvenoning (bu zveno to'quv ishida batan deb ataladi) burchak tezligini topamiz:

$$\omega_{BC} = \omega_4 = \frac{v_{BC}}{l_{BC}} = 1,49 \text{ sek}^{-1}.$$

AB zvenoning burchak tezligi quyidagicha bo'ladi:

$$\omega_{BA} = \omega_3 = \frac{v_{BA}}{l_{BA}} = 3,02 \text{ sek}^{-1}.$$

2.10. II klass mexanizmlar uchun tezlanishlar rejasini tuzish

Tezlanishlar rejasini tuzishda mexanizm yetaklovchi zvenosining burchak tezligi yoki chastotasi o'zgarmas kattalik deb qabul qilinadi:

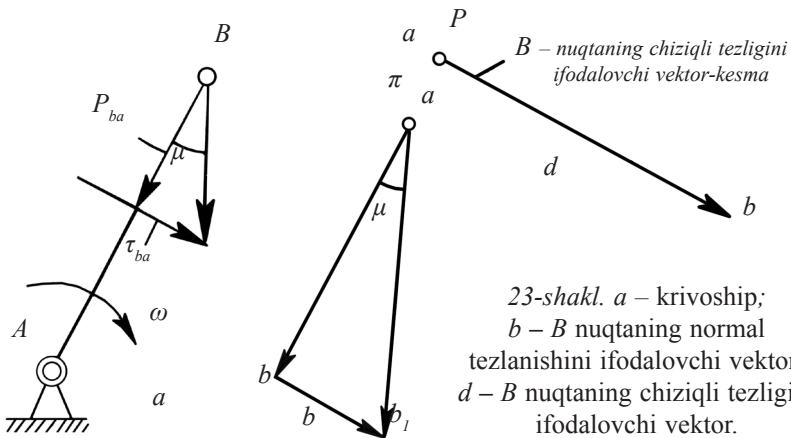
$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \text{const.}$$

Yetaklovchi zvenoning burchak tezlanishi burchak tezligidan vaqtga nisbatan olingan hosilaga tengdir:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 0.$$

Burchak tezlanishi bo'lmagani uchun B nuqtaning tangensial tezlanishi ham bo'lmaydi, ya'ni $a_B^t = 0$ bo'ladi. Shunday qilib, krivoship nuqtasining to'la tezlanishi faqat normal tezlanishdan iborat bo'lib qoladi, chunki tangensial tezlanish nolga teng:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_B^n + \vec{a}_B^t = \vec{a}_B^n.$$



23-shakl. a – krivoship;
 b – B nuqtaning normal
tezlanishini ifodalovchi vektor;
 d – B nuqtaning chiziqli tezligini
ifodalovchi vektor.

23-shakl, a da I klass mexanizm krivoshipining B nuqtasi faqat normal tezlanishga egadir, bu tezlanish AB ga parallel va B dan

A ga tomon yoʻnalgan boʻladi. Bu tezlanish normal yoki markazga intiluvchi tezlanish deb ataladi (23- shakl, b).

Agar zveno maʼlum burchak tezlanishi bilan soat mili aylanadigan tomonga qarab aylansa, a_B^n normal tezlanishga tangensial a_B^t tezlanish ham qoʻshilib, umumiy tezlanish krivoship oʻqiga biror μ burchak ostida yoʻnalgan boʻladi (23-shakl, a, b), chunki toʻla tezlanish quyidagicha topiladi:

$$a_B = \sqrt{(a_B^n)^2 + (a_B^t)^2}; \quad \operatorname{tg} \mu = \frac{a_B^t}{a_B^n} = \frac{\varepsilon}{\omega^2}.$$

Normal tezlanish hamma vaqt oniy, nisbiy yoki absolut aylanish markazlariga qarab yoʻnalganligi nazarga olinsa, uning skalar kattaligi quyidagicha boʻladi:

$$a_B^n = \frac{v_B^2}{l_{AB}} = \frac{(\omega \cdot l_{AB})^2}{l_{AB}} = \omega^2 \cdot l_{AB} [m / sek^{-2}].$$

Tezlanish masshtabini hosil qilish uchun shu kattalik ixtiyoriy kesmaga boʻlinadi:

$$K_a = \frac{a_B^n}{\pi b} [m / sek^{-2} / mm],$$

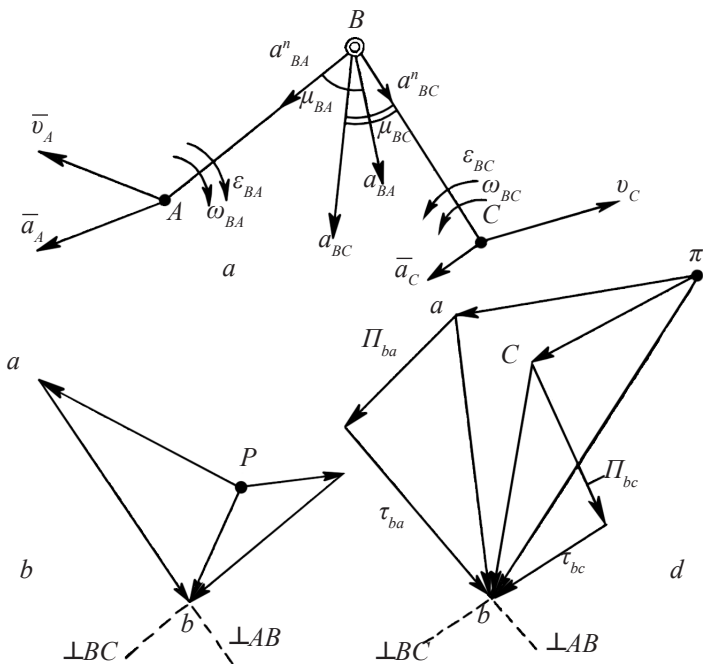
bu yerda, π – tezlanishlar rejasining qutbi; πb – millimetr hisobida olingan ixtiyoriy kesma; K_a – tezlanish masshtabi – bu tezlanishlar rejasidagi kesmalarning har qaysi millimetriga toʻgʻri keladigan tezlanish kattaligini bildiradi.

Tezlanishlar rejasiga ikki povodokli Assur guruhining birinchi modifikatsiyasidan boshlaymiz. ABC ikki povodokli guruh berilgan boʻlsin. Guruhning A va C nuqtalari (sharnirlari)ning tezlanishlari bizga maʼlum (23-shakl, a).

Avval K_v masshtabda tezlik rejasini tuzamiz (23-shakl, b). Tezliklar rejasini tezligi maʼlum boʻlgan nuqtalarning tezligi bilan tezligi nomaʼlum boʻlgan nuqtaning tezligini vektor tenglamalar orqali bogʻlab, soʻngra bu tenglamalarni geometrik usulda yechish yoʻli bilan tuziladi.

Tezliklar rejasidan tezlanishlar rejasini tuzishda, yaʼni zveno nuqtalari normal tezlanishlarining skalar qiymatlarini topish uchun foydalaniladi. Tezliklar rejasini maʼlum masshtabda tuzilib, tegishli nuqtalarning tezliklari aniqlangach, tezlanishlar rejasini tuzishga oʻtiladi.

Sharnir (B nuqta)ning tezlanishini topish uchun a_B ni maʼlum boʻlgan a_A va a_C tezlanishlar bilan vektor tenglamalar orqali quyidagicha bogʻlaymiz:



24-shakl. a – ikki povodokli Assur guruhining 1-modifikatsiyasi (1-turi);
b – tezliklar rejasi; d – tezlanishlar rejasi.

$$\begin{aligned}\bar{a}_B &= \bar{a}_A + \bar{a}_{BA} = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^t; \\ \bar{a}_B &= \bar{a}_C + \bar{a}_{BC} = \bar{a}_C + \bar{a}_{BC}^n + \bar{a}_{BC}^t\end{aligned}$$

tenglamadagi a_{BA}^n va a_{BC}^n larni tezlik vektorlar orqali topish qiyin emas:

$$a_{BA}^n = \frac{v_{BA}^2}{l_{BA}} = \frac{(K_v \cdot ba)^2}{l_{BA}}; \quad a_{BC}^n = \frac{v_{BC}^2}{l_{BC}} = \frac{(K_v \cdot ba)^2}{l_{BC}}.$$

a_{BA}^n normal tezlanish B dan A ga tomon, a_{BC}^n esa B va C ga tomon yoʻnalgan boʻladi. Bularni vektor kesmalar bilan ifodalaymiz:

$$n_{ba} = \frac{a_{BA}^n}{K_a} [mm]; \quad n_{bc} = \frac{a_{BC}^n}{K_a} [mm].$$

Tenglamani birinchisiga binoan, n_{ba} ni pa vektor kesma uchidan BA ga parallel qilib, B dan A ga tomon, n_{bc} ni esa πc vektor kesma uchidan BC ga parallel qilib, B dan C ga tomon yoʻnaltiramiz, b ni topish uchun n_{ba} va n_{bc} normal kesmalarining uchidan shu kesmalarga tik chiziqlar oʻtkazamiz. Bu ikki tik chiziq b nuqtada kesishadi. lb kesma K_a masshtabda B nuqtaning absolut tezlanishini beradi. t_{ba} va t_{bc} kesmalar K_a masshtabda B nuqtaning A va C atrofida aylanishidan

hosil bo'lgan tangensial tezlanishlarning haqiqiy kattaliklaridir. AB va BC zvenolarning burchak tezlanishlari tegishli tangensial tezlanishlarni o'z radiuslariga bo'lish yo'li bilan topiladi:

$$\varepsilon_{BA} = \frac{a'_{BA}}{t_{BA}} = \frac{K_a \cdot \tau_{ba}}{l_{BA}}; \quad \varepsilon_{BC} = \frac{a'_{BC}}{t_{BC}} = \frac{K_a \cdot \tau_{bc}}{l_{BC}}.$$

Tezlanishlarning haqiqiy kattaliklari tezlanishlar rejasidagi tegishli kesmalarni tezlanishlar masshtabiga ko'paytirish yo'li bilan topiladi:

$a_B = K_a \cdot \pi b$ – B nuqtaning absolut tezlanishi; $a^n_{BA} = K_a \cdot n_{BA}$ – B nuqtaning normal tezlanishi; $a^t_{BA} = K_a \cdot \tau_{ba}$ – B nuqtaning tangensial tezlanishi; $a_{BA} = K_a \cdot ab$ – B nuqtaning A atrofida aylanishdagi to'la nisbiy tezlanishi; $a_{BC} = K_a \cdot bc$ – B nuqtaning C atrofida aylanishdagi to'la nisbiy tezlanishi; $a^t_{BC} = K_a \cdot \tau_{bc}$ – B nuqtaning C atrofida aylanishdagi tangensial tezlanishi.

To'la nisbiy tezlanishlarning zveno o'qlariga nisbatan olishi quyidagicha topiladi:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \mu_{BA} &= \frac{\varepsilon_{BA}}{\omega_{BA}^2}; \quad \mu_{BA} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{\varepsilon_{BA}}{\omega_{BA}^2} \right); \\ \operatorname{tg} \mu_{BC} &= \frac{\varepsilon_{BC}}{\omega_{BC}^2}; \quad \mu_{BC} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{\varepsilon_{BC}}{\omega_{BC}^2} \right). \end{aligned}$$

Ma'lum burchak tezlanishi bilan aylanuvchi har qanday zveno nuqtasining to'la chiziqli tezlanishi shu zveno o'qi bilan burchak hosil qiladi. Bu burchakni yuqoridagi tengliklardan topib, uning qanday yo'налganini bilish qiyin emas.

Masala. Masalani ravshanroq tushunish uchun ko'rsatilgan *УГЧП* rusumli ipak gazlama to'quv avtomatining batanli mexanizmi uchun tezlanishlar rejasini tuzamiz. Mexanizm nuqtalarining tezliklari bizga ma'lum.

Yechish: 1. A nuqtaning normal tezlanishini topamiz:

$$a^n_{BA} = \frac{v_A^2}{l_{O,A}} = \frac{(1,13)^2}{0,06} = 21,4 \left[m / sek^{-2} \right].$$

2. Tezlanishlar masshtabini tanlab olamiz:

$$K_A = \frac{a_A^2}{\pi_a} = \frac{21,4}{42,8} = 0,5 \left[\frac{m / sek^{-2}}{mm} \right].$$

3. B nuqtaning tezlanishini topish uchun, uni tezlanishlari ma'lum bo'lgan $A(a^n_A = 21,4 \text{ m/sek}^2)$ va $C(a_C = 0)$ orqali vektor tenglamalar bilan boshlaymiz:

$$\begin{aligned}\bar{a}_B &= \bar{a}_A^n + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^t; \quad \bar{a}_B = \bar{a}_C + \bar{a}_{BC}^n + \bar{a}_{BC}^t. \\ a_{BA}^n &= \frac{v_{BA}^2}{l_{BA}} = \frac{0,68^2}{0,225} = 2,05 [m/sec^{-2}]; \quad n_{ba} = \frac{a_{BA}^n}{K_a} = \frac{2,05}{0,5} = 4,1 [mm] \\ a_{BC}^n &= \frac{v_{BC}^2}{l_{BC}} = \frac{(1,02)^2}{0,677} = 1,54 [m/sec^{-2}]; \quad n_{bc} = \frac{a_{BC}^n}{K_b} = 3,08 [mm].\end{aligned}$$

$\pi a = 42,8$ mm vektor kesmani $O_I A$ ga parallel qilib, A dan O_I ga tomon yo'naltiramiz. Bu K_a masshtabda A nuqtaning normal tezlanishini ifodalaydi.

πa ning a uchidan AB ga parallel qilib B dan A ga tomon yo'naltirilgan $\pi ab = 4,1$ mm ni qo'yamiz. Bu $-K_a$ masshtabda B nuqtaning nisbiy harakatdagi normal tezlanishini ifodalaydi.

Bu normal vektor kesmaning uchidan shu kesmaga (yoki AB ga) tik tangensial chiziq o'tkazamiz. b nuqta, albatta, shu chiziq ustida yotishi kerak. Qutbdan (π yoki C nuqtalardan; $a_c = 0$ bo'lgani uchun C nuqta qutbda yotadi) BC ga parallel qilib, $n_{bc} = 3,08$ mm normal kesmani B dan C ga tomon yo'naltiramiz.

n_{bc} kesmaning uchidan shu kesmaga tik tangensial chiziq o'tkazib, uning n_{ba} ga o'tkazilgan tangensial bilan kesishuv nuqtasini b orqali belgilaymiz. Shunday qilib, hosil bo'lgan πab uchburchak tezlanishlar rejasidir. Tezlanishlarning haqiqiy kattaliklari tezlanishlar rejasidagi tegishli kesmalarni tezlashish masshtabiga ko'paytirish yo'li bilan topiladi:

$a_B = K_a \cdot \pi b = 0,5 \cdot 30 = 15 (m/sec^{-2})$ – B nuqtaning to'la tezlanishi;
 $a_{BC}^t = K_a \cdot \tau_{bc} = 0,5 \cdot 29 = 14,5 (m/sec^{-2})$ – B nuqtaning tangensial tezlanishi;

$a_{BA}^t = K_a \cdot \tau_{ba} = 0,5 \cdot 28 = 14 (m/sec^{-2})$ – B nuqtaning nisbiy harakatdagi tangensial tezlanishi;

$a_{BA} = K_a \cdot ab = 0,5 \cdot 30 = 15 (m/sec^{-2})$ – B nuqtaning to'la nisbiy tezlanishi.

AB shatunning burchak tezlanishi quyidagicha topiladi:

$$\varepsilon_3 = \frac{a_{BA}^t}{l_{BA}} = \frac{14}{0,225} = 62 [sek^{-2}]$$

BC koromislarning burchak tezlanishi bunday bo'ladi:

$$\varepsilon_4 = \frac{a_{BC}^t}{l_{BC}} = \frac{14,5}{0,677} = 21,4 [sek^{-2}].$$

1-bob. MASHINA DETALLARINI HISOBLASH VA LOYIHALASHGA DOIR UMUMIY MA'LUMOTLAR

1.1. «Mashina detallari» fanining maqsadi

«Mashina detallari» fani barcha turdagi mashinalar uchun umumiy bo'lmish detal (bolt, gayka, tishli g'ildirak va boshq.) va uzellarni hisoblash hamda loyihalash asoslarni o'rgatuvchi fandir.

Mashina – detal va uzellar yig'indisidan iborat bo'lib, muayyan ishni bajarish uchun mo'ljallangandir.

Detal – mashinaning bir xil materialdan tayyorlangan va alohida bo'laklarga ajralmaydigan qismi. Masalan, bolt, gayka, val, shkv, tishli g'ildirak va boshq.

Uzel – mashinada ma'lum bir vazifani bajarish uchun mo'ljallangan va bir necha detaldan tashkil topgan yig'uv birligi. Masalan, podshipnik, mufta, reduktor va boshq.

Uzatma – mashinaning ishchi organiga dvigateldan quvvat uzatadigan va ularning aylanishlar chastotasini muvofiqlashtiradigan moslama.

1.2. Mashina detallari va uzellariga qo'yiladigan asosiy talablar

Ishlash qobiliyati – mashina uzal va detallarining parametrlarini texnik hamda me'yoriy hujjatlarda keltirilgan parametrlariga muvofiqligini belgilovchi ko'rsatkich. Masalan, mashina dvigateli zarur bo'lgan quvvatni sodir qilmasa yoki reduktor ish jarayonida qizib ketsa, bu hollarda mashina ishlash qobiliyatini yo'qotgan hisoblanadi.

Umrboqiylik – belgilangan vaqt ichida mashina va mexanizmlar ishlash qobiliyatini yo'qotmaslik, texnik imkoniyati yetarli darajada bo'lishi. Shu vaqt ichida qismlarda texnik xizmat yoki ta'mirlash ishlari olib boriladi.

Ishonchlilik – texnik vositalarining belgilangan muddat ichida to'xtab qolmasdan ishlash ehtimolligi.

Buzilish – ishlash qobiliyatini yo'qotish.

Ta'mirlashga yaroqlilik – texnik vositalar yordamida mashinalardagi buzilishlarni aniqlash va ularni ta'mirlash mumkinligi.

Texnologik qulaylik – detal qismlarini ishlab chiqarishning osonligi, iqtisodiy samaradorligi va texnik taraqqiyotning yutuqlariga mos kelishligi.

Tejamlilik – mahsulotlar (detal, uzal va boshq.)ni ishlab chiqarishda va ularni ekspluatatsiya qilishda moddiy hamda ma'naviy resurslardan qanday darajada foydalanilganini belgilaydi.

Masalan, ikki bir xil tavsifga ega bo'lgan mashinaning ishlash qobiliyati, ishonchliligi, ta'mirlashga yaroqliligi teng bo'lsa, bularning ichidan, arzon materialdan tayyorlangani, ishlab chiqarilishi va undan foydalanish oddiy bo'lgan mashina tejamli deb topiladi.

1.3. Mashina detallarining ishlash qobiliyatini belgilovchi mezonlar

Shunday mezonlarga mustahkamlik, bikirlik, yeyilishga chidamlilik, issiqbardoshlik va titrashga chidamlilik kiradi.

Mustahkamlik – detalning qo'yilgan yuklanishga bardosh berib, ish jarayonida sinmay va benuqson ishlay olish xususiyati. Statik mustahkamlik va toliqishga qarshilik xususiyatlarini yo'qotishi detallarning sinishiga olib keladi. Statik mustahkamlik sharti:

$$\sigma < \sigma_B$$

bu yerda, σ – detaldagi kuchlanishlar; σ_B – detal materialining mustahkamlik chegarasi.

Ish jarayonida detalga ta'sir qilayotgan yuklamaning qiymati va yo'nalishi o'zgarib tursa, vaqt o'tishi bilan toliqishga qarshilik xususiyati yo'qolib, detalning sinishiga olib keladi.

Bikirlik – yuklama ta'sirida deformatsiyaga qarshilik ko'rsatish qobiliyati. Bikirlikning quyidagi hollarini uchratish mumkin: statik yuklanishga bikirlik va titrashga bikirlik, ya'ni yuklanish xarakteri o'zgarganda va mashina qismlarida titrash jarayoni natijasida mavjud bo'ladigan deformatsiyaga qarshilik ko'rsatish qobiliyati.

Yeyilishga chidamlilik – yeyilishga qarshilik ko'rsatish qobiliyati. Yeyilish – detallarning o'zaro ishqalanishi tufayli sodir bo'ladigan jarayon bo'lib, buning natijasida detallar o'z o'lchamlarini asta-sekin o'zgartiradi. Ishqalanish – bu shak-shubhasiz yuz beradigan shunday jarayonki, mashina detallarini zamonaviy moylash sistemasini ishlatishdan qat'i nazar, hamma turdagi mashinalarda hosil bo'ladi.

Issiqbardoshlik – belgilangan tartibda qism va detallarning ishlash qobiliyati. Issiqlikning oshib ketishi quyidagi salbiy oqibatlarga olib kelishi mumkin:

- mustahkamlikni kamaytiradi va oquvchanlik paydo bo‘ladi. Moylanish tartibining buzilishi natijasida yeyilish darajasi tezlashadi. Moyning zichlik darajasi kamayib, o‘zaro ishqalanuvchi yuzalarda kontakt kuchlanish hosil bo‘ladi, natijada detallar ishlash qobiliyatini yo‘qota boshlaydi;

- kinematik juftlardagi tirqishning ko‘payib yoki kamayib ketishi zarblar yoki ishqalanishning kattalashishiga olib keladi;

- issiqlikdan hosil bo‘lgan kuchlanish ruxsat etilgan qiymatdan oshib ketishi mumkin.

Titrashga chidamlilik – mashina qismlarini belgilangan tezlikda, mashina qismlarida hosil bo‘ladigan titrashlar, mashina elementlarining ish jarayoniga ta’sir qilish darajasi.

Ma’lumki, har qanday mashina qismlari ish jarayonida tebranishni hosil qilish manbayi hisoblanadi, ya’ni har qanday mashinaning harakati tebranishlarni keltirib chiqaradi. Bunday holat detallar va ularning birikmalarini loyihalashda hisobga olinadi. Bunga uchuvchi apparatlar yaqqol misol bo‘la oladi, qaysiki, alumindan tayyorlangan korpusni va uni qoplovchi detallar ajralmas birikmalar yordamida bajarilib, payvand usulida emas, balki parchinmix birikmasi ishlatilgan.

Tebranish vaqtida hosil bo‘lgan mayda yoriqchalar payvand alumini chokda tez rivojlanib, butun chok uzunligi bo‘yicha tarqalishi mumkin. Parchinmixli birikma ishonchli ishlaydi, chunki chokda hosil bo‘lgan mayda yoriqchalar faqat parchinmix atrofidagi chokda bo‘ladi, ya’ni chokning butun uzunligiga ta’sir qilmaydi, natijada konstruksiyaning ishlash qobiliyati saqlab qolinadi.

2-bob. MEXANIK UZATMALAR

2.1. Mexanik uzatmalar haqida ma’lumot

Energiya manbayi bo‘lgan mashinaning ish bajaruvchi qismi oralig‘ida joylashib, ularni o‘zaro bog‘lovchi hamda harakatni talab qilingandek boshqarishga imkon beruvchi mexanizmlar *uzatmalar* deb ataladi.

Mashinasozlikda mexanik, elektrik, pnevmatik va gidravlik uzatmalardan foydalaniladi. Mashina detallari kursida esa faqat mexanik uzatmalar o‘rganiladi.

Uzatmalarning energiya manbai bilan ish bajaruvchi qismi oʻrtasida joylashishining asosiy sabablari quyidagilardan iborat:

- elektrodvigatel vallarining aylanishlar chastotasini ishchi val-larning aylanishlar chastotasiga nisbatan kattaligi;
- burovchi moment qiymatlarini uzatma vallarining aylanishlar chastotasi hisobiga oʻzgartirish mumkinligi;
- elektrodvigatel validagi aylanma harakatni ilgarilama, tebranma va boshqa harakatlarga aylantirish.

Harakatni bir valdan bir necha valga uzatuvchi mexanik uzatmalar ikki turga boʻlinadi:

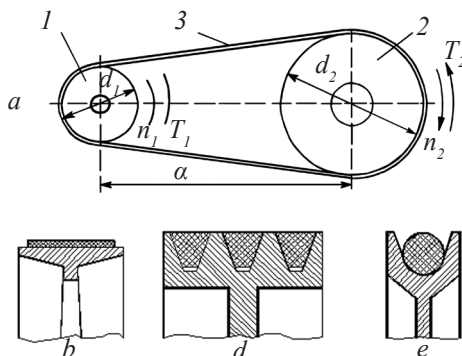
- ishqalanish hisobiga ishlaydigan uzatmalar (friksion, tasmali, vintli);
- ilashish hisobiga ishlaydigan uzatmalar (tishli, chervyakli, zanjirli).

Uzatma vallari yetaklovchi va yetaklanuvchi vallarga boʻlinadi, bu vallarni bir-biridan ajratish uchun indekslar qabul qilingan. Masalan, «1» indeks yetaklovchi valga, «2» indeks yetaklanuvchi valga taalluqli.

2.2. Tasmali uzatmalarning turlari va qoʻllanish sohasi

Tasmali uzatmaning shakli 1-shakl, *a* da koʻrsatilgan. Bu ikki shkiqlar orasidagi uzatma: kirish (yetaklovchi) (1) va chiqish (yetaklanuvchi) (2) rezinalangan tasma bilan qamrab turadi.

Tasmali uzatmalarda harakat tasma bilan shkiqlar orasida hosil boʻladigan ishqalanish kuchi orqali amalga oshiriladi. Ishqalanish kuchi qiymati tasma tarangligi holatiga qarab belgilanadi.



1- shakl.

Tasmalar ko'ndalang kesimining shakliga qarab, yassi tasmali (1-shakl, *b*), ponasimon tasmali (1-shakl, *d*) va doirasimon tasmali (1-shakl, *e*) bo'lishi mumkin. Tasmali uzatmalarning afzalliklari quyidagilardan iborat:

1. Shovqinsiz va ravon ishlaydi (ilashish bilan ishlaydigan uzatmalarda esa harakat dinamik yuklanish ta'sirida ishlaydi, natijada shovqin chiqadi).

2. Katta tezlikda ishlash qobiliyatiga ega (ilashish bilan ishlaydigan uzatmalarda bunday holni uchratish qiyin).

3. Yuklama qiymati to'satdan ortib, zarb bilan ishlay boshlasa, mashinaning asosiy qismlarini sinib ketishdan saqlaydi, chunki yuklama oshib, tebranish ko'paysa, tasma (elastiklik xususiyati tufayli) shkiyda sirpana boshlaydi.

4. Yuritmada zvenolar yetarli darajada bikirlikka ega bo'lmasligi mashinalarni tebranish zonasiga kirmasdan, juda kam miqdorda dinamik yuklanish bilan ishlashga imkon beradi.

5. Oddiy tuzilgan ish jarayonida nazorat qilish qiyinlik tug'dirmaydi, uncha qimmat turmaydi.

Tasmali uzatmalarning kamchiliklari:

1. Gabarit o'lchamlarining kattaligi.

2. Yuklanish natijasida tasma sirpanishi uzatmaning kinematik aniqligini pasaytiradi.

3. Uzatma ishlaganda val va tayanchga tushadigan kuch katta.

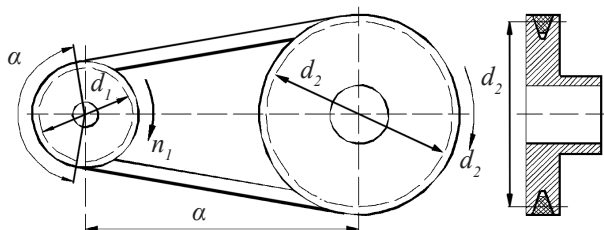
4. Tasmaning ishlash muddati kam: 1÷5 ming soat.

Afzallik va kamchiliklarini hisobga olgan holda tasmali uzatmalar mashina yuritmalarining kuch bilan ishlaydigan mexanizmlarida ishlatiladi. Tasmali uzatma mexanizm yuritmasining tezyurur qismiga joylashtiriladi.

Odatda, tasmali uzatmalar quvvati 50 kBt.gacha bo'lgan mexanizmlarda ishlatiladi. Tasmali uzatmalardan avtomobilsozlikda, stanoksozlikda, qishloq xo'jaligi mashinalarida keng ko'lamda foydalaniladi. Hozirgi vaqtda mashinasozlikda ponasimon tasmali uzatmalar ko'p ishlatiladi, doira shaklidagi tasmali uzatmalar kam quvvatli moslamalarda, asboblarda va xizmat ko'rsatish texnikalarida foydalaniladi.

2.3. Ponasimon tasma turlari va o'lchamlari

Ponasimon tasmali uzatmalar mashinasozlikda keng qo'llaniladi, shuning uchun u bilan batafsil tanishib chiqamiz. Bu uzatma 2-shaklda ko'rsatilgan.

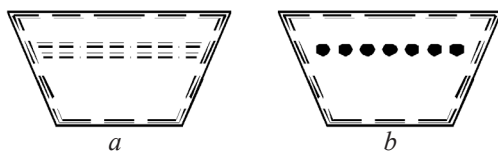


2- shakl.

Ponasimon tasmali uzatma yuqori ishqalanish hisobiga yassi tasmali uzatmaga nisbatan tortish qobiliyati kattadir. Tasmaning shakli ponasimon bo'lgani shkiv bilan tutashuvini taxminan 3 marta ko'paytiradi. Shkiv ariqchalarining burchak profili tasmaning burchak profiliga mos kelishi kerak, uning o'lchamlari standartlashtirilgan.

Shuni hisobga olish kerakki, tasma ko'ndalang kesimining shakli egilishda o'zgaradi: tortilish zonasida uning eni kamayadi, siqilish zonasida esa kengayadi. Shkiv diametri qanchalik kichik bo'lsa, bu holat ko'proq sezilarli bo'ladi. Bu holat shkivlarning tuzilishini yaratishda hisobga olinishi lozim. Shkiv diametri qanchalik kichik bo'lsa, tasma tagidagi ariqchaning profil burchagi shuncha kichik bo'lishi kerak.

Ponasimon tasmalar uzluksiz qilib tayyorlanadi. Ponasimon rezinalangan tasma ГОСТ 1284-80 bo'yicha ikki xilda bo'ladi: kordgazlamali va kordchiyratma ipli (3-shakl).

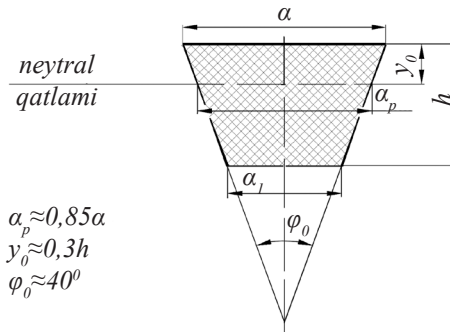


3- shakl.

Kordgazlamali tasmada (3-shakl, a) yuklanish bir necha qatlamlardan iborat bo'lgan ip gazlamali kord qatlamlari orqali uzatib beriladi. Kordchiyratma iplida esa (3-shakl, b) sun'iy tolalardan iborat bo'lgan qalin kordli bog'ichlar orqali uzatiladi. Kord neytral chiziqning zonasida joylashgan bo'ladi. Uning yuqorisida (cho'zilish zonasi) va pastida (siqilish zonasi) rezinalangan yostiqcha joylashgan. Tasma tashqi tomoni rezinalangan gazlama bilan o'ralgan bo'ladi.

Kordgazlamali tasma keng ko‘lamda ishlatiladi, kordchiyratma ipli tasma esa og‘ir sharoitda ishlanadigan joylarda ishlatiladi.

Tasmaning ko‘ndalang kesimi va uning uzunligi standartlashtirilgan (4-shakl) (ГОСТ 1284-82). Ponasimon tasmaning o‘lchamlariga nisbatan yetti turi ishlab chiqilgan: 0, A, B, V, G, D, E. Tasma sirtining ichki tomonida turi va uzunligi ko‘rsatilgan.



4-shakl.

1-jadvalda tasmaning hamma kesimi bo‘yicha asosiy o‘lchamlari va nominal uzunligi keltirilgan.

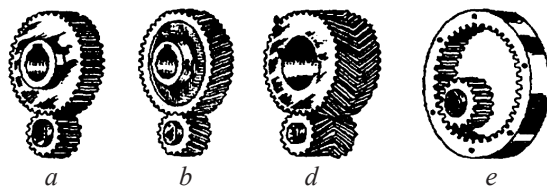
1-jadval

Tasma- ning kesimi	Tasma kesimining o‘lchamlari		Tasmaning nominal uzunligi, mm	Shkivning minimal diametri, $d_{mg'n'}$ mm
	a mm	h mm		
0	10	6	500; 530; 560; 600 – 2500	63
A	13	8	500; 530; 560; 600 – 4000	90
B	17	10,5	630; 670; 710; 750 – 6300	125
V	22	13,5	1800; 1900; 2000 – 9000	200
G	32	19	3150; 3350; 3550 – 11200	315
D	38	23,5	4500; 4750; 5000 – 14000	500
E	50	30	6300; 6700; 7100 – 14000	800

2.4. Tishli uzatmalar

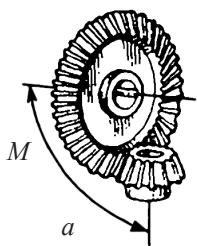
Aylanma harakat bir valdan ikkinchi valga o‘zaro ilashgan tishli g‘ildiraklar vositasida uzatilsa, bunday uzatmalar *tishli uzatmalar* deb ataladi. Tishli uzatmalar o‘qlarning joylashishiga qarab quyidagi turlarga bo‘linadi: silindrsimon, o‘qlari o‘zaro parallel, konussimon,

o'qlari o'zaro perpendikular vintli o'qlari o'zaro ayqash joylashgan (5-shakl, *a, b, d, e*).

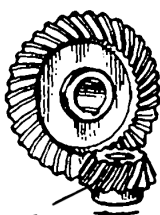


5-shakl.

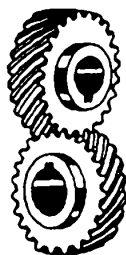
Bundan tashqari, aylanma harakatni ilgarihlama harakatga aylantiruvchi mexanizm sifatida foydalaniladigan va tishli g'ildirak bilan tishli reykanan iborat uzatmalar ham ishlatiladi (5-shakl, *b*). Bunday uzatmalar silindrik g'ildirakli uzatmalarning xususiy holi bo'lib, g'ildiraklarning birini diametri cheksiz bo'ladi.



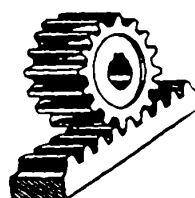
6-shakl.



7-shakl.



8-shakl.



Tishlarning g'ildirak sirtida joylashishiga qarab, tishli g'ildaraklar to'g'ri va qiya (6-shakl, *a, b*); aylanasimon turlarga bo'linadi. G'ildirak tishlari shakliga ko'ra evolventali (L.Eyler ixtiro qilgan) (7-shakl), nuqtali (M.L.Novikov ixtiro qilgan) hamda sikloid ilashish bilan ishlaydigan turlarga bo'linadi (8-shakl).

Bu xil uzatmalar boshqa uzatmalarga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega:

1. Uzatmaning tezligi 150 m/s.gacha bo'lib, uzatiladigan quvvat 50000 kBt. gacha yetishi mumkin.
2. Tashqi o'lchamlari birmuncha kichik.
3. Tayanchlarga tushadigan kuch nisbatan kichik, f.i.k. qiymati ($\mu=0,97$ dan $0,98$ gacha) yuqori.
4. Uzatish soniga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi sirpanish hodisasi bo'lmaydi.

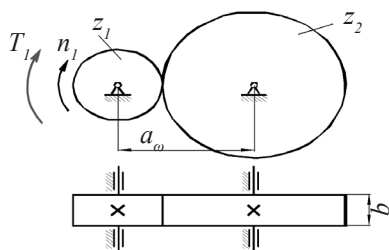
5. Ishda ishonchli, chidamliligi esa katta.

6. Uzatma g'ildiraklarini har xil metall, plastmassa materiallardan tayyorlash mumkin.

Bir pog'onali uzatma uzatish sonining qiymati chegaralangan bo'lib, bu son 12,5 gacha borishi mumkin. Tayyorlashning nisbatan murakkabligi, katta tezlik bilan ishlayotganda shovqin chiqarishi, yuqori aniqlikdagi tishli g'ildiraklarni tayyorlashning qiyinligi ushbu uzatmalarning kamchiligi hisoblanadi.

Ko'rsatilgan kamchiliklarga qaramasdan, mashinasozlik va asbobsozlik sanoatida, asosan, tishli uzatmalar ishlatiladi.

Uzatishlar nisbati birdan katta (sekinlashuvchi uzatmalar) yoki birdan kichik (tezlashtiruvchi uzatmalar) bo'lishi mumkin, lekin uzatishlar soni doim birdan katta bo'lib, g'ildirakning yetaklovchi yoki yetaklanuvchi bo'lishidan qat'i nazar, katta g'ildirak tishlar sonining kichik g'ildirak tishlar soniga nisbati bilan aniqlanadi (9-shakl). Uzatishlar soni u harfi bilan belgilanadi.



9-shakl.

Uzatishlar soni u , birinchi g'ildirakdagi burovchi moment T_1 (9-shakl) va foydali ish koeffitsiyenti η ma'lum bo'lsa, ikkinchi g'ildirakning burovchi momentini aniqlash mumkin, bu ham boshlang'ich ma'lumot deb hisoblanadi:

$$T_2 = T_1 u \eta.$$

G'ildirak diametrlarini aniqlash mumkin.

Ishlash sharoiti. Ishlash sharoitiga qarab uzatmalar ochiq va yopiq bo'lishi mumkin. Ochiq uzatmalar – bu qutichasiz ishlaydigan uzatmalardir. Bunday uzatmalarni moylash, asosan, vaqt-vaqti bilan yoki tasodifandir. Ish jarayoni abraziv elementlar, muhitlar (changlar, moylar va boshq.) tushish ehtimoli bor. Asosan, qishloq xo'jaligi mashinalari, yuk ko'tarish kranlari va boshqa sekin harakatlanuvchi mexanizmlarda ishlatiladi. Qutichaning ichiga joylashgan yopiq uzatmalar bir me'yorda moylanib turadi. Moylash quyidagicha amalga oshirilishi mumkin:

- moyli vannada: ish jarayonida katta g'ildirakning tishlariga moy sachratiladi;
- yog'li tuman bilan: yog' forsunkasi yordamida quticha ichida moy sachratiladi;
- bosim ostida: tutashgan yuzalarga moy quticha va uzatma detallaridagi maxsus yo'lakchalar orqali yuboriladi.

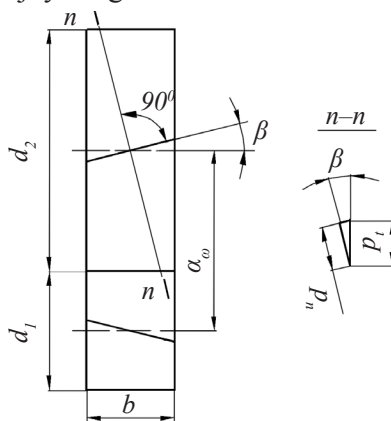
Aylanishlar chastotasi. Tishlarning aylanma tezligi uzatmaning ishlash jarayoniga ta'sir ko'rsatuvchi eng asosiy parametrlardan biri hisoblanadi. Uning qiymati g'ildirak tishlarining bo'luvchi diametri orqali topiladi. Hozircha bu diametrlar aniq emas, shuning uchun aylanma tezlik taxminan belgilanib, tekshiruv hisobidan so'ng aniqlanadi. Lekin shu taxminiy usulda topilgan qiymatni o'zi loyihalalanayotgan uzatmaning aniqlik darajasini belgilab, uni tanlashga imkon beradi.

Uzatmaning aniqlik darajasi aylanma tezlikka proporsional, ya'ni aylanma tezligi qancha katta bo'lsa, aniqlik darajasi shuncha yuqori bo'lishi kerak.

Bu holat uzatmaning ishlashida tishlarning o'zaro qoplanishi bilan, bir juftlik va ikki juftlik ilashishlar almashuvi bilan, tishlarning kontakt yuzalarining sirpanishi, dinamik yuklamalar va h.k. bilan bog'liq.

2.5. Qiya tishli silindrsimon g'ildirakli uzatmalar

Qiya tishli g'ildiraklarda tish g'ildirak o'qi bilan ma'lum burchak hosil qilgan holda joylashgan bo'lishi 10-shaklda ko'rsatilgan.



10-shakl.

Qiya tishli g'ildiraklarni tayyorlashda to'g'ri tishli g'ildirak uchun ishlatilgan qirquvchi asbob qo'llaniladi.

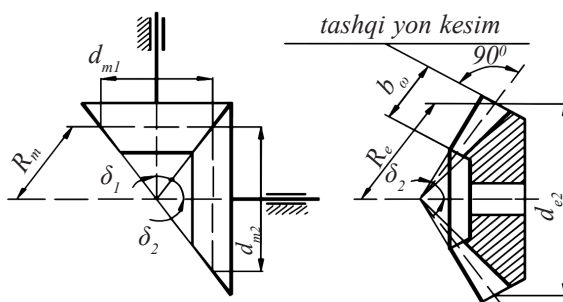
2.6. Konussimon tishli g'ildirakli uzatmalar

Konussimon tishli uzatma vallarning geometrik o'qlari ixtiyoriy ravishda kesishgan holatda foydalaniladi. Ko'pincha, vallarning orasidagi burchak to'g'ri bo'lgan hollarda ishlatiladi, ya'ni bu hol to'g'ri tishli uzatmaga mos keladi.

Konussimon g'ildiraklarni tayyorlash silindr g'ildiraklarga nisbatan birmuncha murakkab bo'lib, tishlar qirqish uchun maxsus asbob va stanoklardan foydalaniladi. Konussimon g'ildiraklarni talab etilgan aniqlik bilan yig'ish ham qiyin. Bal o'qini o'zaro kesishuvi ularning tayanchlarini joylashtirishni qiyinlashtiradi, natijada g'ildiraklarning biri osma (faqat bir tomondan tayanchga o'rnatiladi) holda bo'ladi. Bu hol uzatmaning ilashishda tishlarga ta'sir etuvchi yuklanishlarning notekis taqsimlanishiga, dinamik kuchlarni hosil qilishiga sabab bo'ladi.

Konussimon uzatmalarda val o'qi bo'ylab yo'nalgan kuch qiymati katta bo'lib, tayanchlarni tuzilishini murakkablashtiradi. Bu hollarning hammasi konussimon uzatmaning yuklanish qobiliyati silindrsimonga nisbatan 0,85 qiymatni tashkil etishiga sabab bo'ladi, yuqorida keltirilgan kamchiliklar hisobiga 15% kamayib ketadi.

Boshlang'ich konussimon uzatmada bo'luvchi konuslik burchaklari γ_1 va γ_2 bo'lganda tutashgan bo'ladi. Konuslarni tashkil etuvchisi bo'luvchi konus tashkil etuvchilariga tik bo'lsa, bunday hollarda ular *qo'shimcha konuslar* deyiladi. Qo'shimcha konusdagi tish kesimini tishning yon kesimi deyiladi.



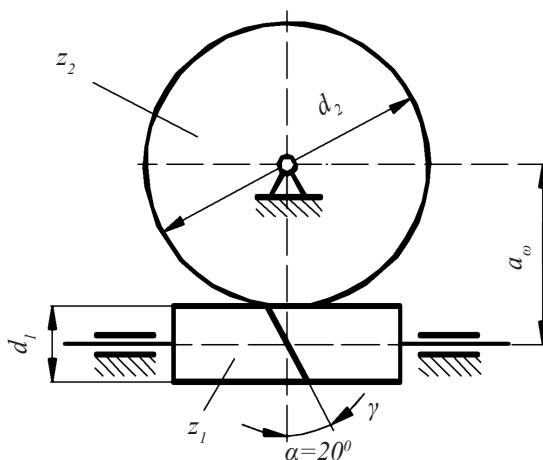
$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1}.$$

11-shakl.

2.7. Chervyakli uzatma

Chervyakli uzatma yuqori darajali kinematik juft bo'lib, chervyak va chervyakli g'ildiraklardan tuzilgan, o'qlari esa o'zaro ayqash holatda joylashgan. Ayqashlik burchagi amalda 90° ga teng.

Chervyakli uzatmalar globoidli va silindrsimon (ya'ni chervyak silindrsimon) bo'lishi mumkin (12-shakl).



12-shakl.

Chervyak tuzilishi trapetsional rezbali vintga o'xshaydi va silindrik (arximed), konvoluta, evolventa yoki globoid shaklida bo'lishi mumkin. Misol tariqasida, hozirgi texnikada ko'proq ishlatiladigan arximed chervyakdan tuzilgan chervyakli uzatmani o'rganib chiqamiz. Agar chervyak o'z o'qiga tik tekislik bilan kesilganda hosil bo'lgan iz trapetsiyaga o'xshash, ya'ni yon tomondan qaralganda, o'ramlar arximed o'ramiga o'xshaydigan bo'lsa, arximed chervyak deyiladi. Bunday chervyakning profil burchagi $\alpha = 20^\circ$ ga teng bo'ladi.

2.8. Chervyakli uzatmalarning afzalliklari va kamchiliklari

Afzalliklari:

1. Uzatishlar soni nisbatan kattaligi.
2. Shovqinsiz va ravon ishlaydi.
3. Kinematik aniqlikka ega. Silindrsimon yoki konussimon tishli uzatmalarga nisbatan chervyakli uzatmaning yuqori darajada

kinematik aniqlikka ega bo'lishini quyidagi omillar bilan bog'lash mumkin: chervyak tish qadami xato θ ga teng yoki minimal qiymatga ega. Masalan, agarda uni tishli g'ildirak deb faraz qilsak, bir kirimli chervyak tishli g'ildirakning tishlar soni birga teng demakdir.

4. O'z-o'zini to'xtatish imkoniyati bor.

Kamchiliklari:

1. F.i.k. kam.

2. Yeyilishning yuqoriligi va yemirilishga moyilligi.

3. G'ildirak uchun qimmatbaho materiallar ishlatiladi.

4. G'ildirak bilan chervyakni yig'ish uchun qo'yilgan yuqori talablar chervyak bilan g'ildirak tekisliklari mos kelishi lozim.

Chervyakli uzatma qimmat va tishli uzatmalarga nisbatan murakkabdir, shuning uchun, uni zarur bo'lgan holda vallar o'qi ayqash joylashgan vaqtda, katta uzatishlar soni kerak bo'lgan mexanizmlarda yuqori kinematik aniqlik zarur bo'lganda va o'z-o'zini to'xtatish lozim bo'lganda ishlatiladi. Bularga bo'luvchi moslamalar mexanizmlarni aylantirish, to'xtatish vositalari, yuk ko'tarish mexanizmi va boshqalar kiradi. Shuning bilan bir qatorda, chervyakli uzatmalar stanoklarda, avtomobilsozlikda, yuk ko'tarish mexanizmlari va boshqalarda o'z o'rnini topgan.

Chervyakli uzatmaning f.i.k. kamligi, yulini ishlashiga yondoshligi sababli kam yoki o'rta quvvatli siklli almashinib ishlaydigan sohalarida chegaralangan. Umuman olganda, uzatib berish quvvati 50, 60 kBT dan oshmaydi. Katta quvvatlarda va to'xtovsiz uzoq vaqt ishlaganda ishqalanish natijasida qizib ketishi chervyakli uzatmalardan foydalanishni cheklab qo'yadi.

3-bob. BIRIKMALAR

3.1. Birikmalar haqida ma'lumot

«Mashina va mexanizmlar nazariyasi» fanidan ma'lumki, mashina yoki mexanizm bo'g'ini – bu bitta detal yoki detallar bilan o'zaro bog'langan qattiq sistema bo'lib, bir qabilda harakat qila olish qobiliyatiga egadir. Bunday bikirlikda bog'lanish texnikada *qo'zg'almas birikma* deyiladi.

Qo'zg'almas birikmalar ajraladigan va ajralmaydigan turlarga bo'linadi.

Pezbali, shtiftli, klemmali, shponkali, shlisli va profilli birikmalar ajraladigan birikmalar bo'lib, bunda uzellar detallarga ajratilganda detallarga shikast yetkazilmaydi. Texnikada eng ko'p qo'llaniladigani rezbali birikmadir. Bunday birikmalar bolt, vint va gayka yordamida amalga oshiriladi. Shtiftli birikmalarni hosil qilish uchun konussimon yoki silindr shakldagi shtiftlarni birikuvchi detallar teshigiga zo'riqish holatda joylashtiriladi. Shunga o'xshash birikmalarning bir xili keltirilgan (vallarni o'zaro biriktirish muftalari).

Klemmali birikmada maxsus siquvchi vosita ishlatiladi. Shponkali va shlisli birikmalarning tuzilishi va hisoblash usullari keltirilgan. Profilli birikmalar maxsus holatlarda detallarni val va o'qlarga o'rnatishda ishlatiladi. Bal va gupchakning tutashadigan joyini ko'ndalang kesimi dumaloq shaklda bo'lmay, tekislangan uchburchak yoki to'g'ri to'rtburchak (kvadrat) ko'rinishida bo'ladi.

Ajralmaydigan birikmalar – bu shunday birikmalarki, birikuvchi va biriktiruvchi detallarni ayrim qismlarga ajratish uchun, birikma elementlarini sindirish yoki shikastlantirishga to'g'ri keladi. Bunday birikmalarga parchinmixli, payvand hamda kley yordamida biriktirish kiradi.

Ajraladigan va ajralmaydigan birikmalar orasida detallari o'zaro tig'izlik bilan o'tkazilgan birikmalar ham mavjud. Ayrim hollarda, val va o'qlarga detallarni o'rnatishda qo'llaniladi. Bunday birikmalar, detallarni qayta o'rnatish va ajratish imkonini beradi. Lekin qisman qiyinchiliklarga duch kelgan holda yoki sirtlarni kamroq shikastlantirish evaziga amalga oshiriladi.

Ajralmaydigan birikmalar texnikada juda ko'p ishlatiladi, birorta mashina usiz yaratilmaydi. Ayrim mashinalarda qo'zg'almas birikmalarni yuzlab, minglab uchratish mumkin. Misol uchun, ИЛ-76 samolyotida 800 mingga yaqin boltli birikmalar va 1,5 millionga yaqin parchinmixni uchratish mumkin.

Qo'zg'almas birikmalarning ishlash qobiliyatini belgilovchi mezon mustahkamlik hisoblanadi.

Birikmalar birikuvchi detallalar qatorida teng mustahkamlikka ega bo'lishi kerak. Masalan, payvandchokning va payvandlanadigan detallarni mustahkamlik tavsiflari o'xshash, bir-biriga yaqin bo'lishi kerak.

3.2. Pezbali birikmalar

Pezbali birikma – bu rezba vositasida biriktiruvchi detallar: bolt, vint, shpilka va gaykalar orqali birikma hosil qilishdir. Pezba – bu ma’lum shakldagi tekislik bo’ylab vintning tashqi yoki gaykaning ichki sirtlarida joylashgan bo’ladi.

Pezba turlari va tayyorlash usullari

Pezbalar tuzilishiga ko’ra, tekislikning *shakliga* qarab, silindrsimon va konussimon sirtlarda kesilgan rezbalarga bo’linadi. Asosan, silindrsimon sirtida kesilgan rezba ishlatiladi. Jips birikmalar hosil qilish uchun esa rezba konussimon sirtida (masalan, quvur tiqin va boshq.) kesiladi.

Pezba o’qi bo’ylab joylashgan kesim shakliga qarab, uchburchakli, trapetsiya, doiraviy va h.k.larga bo’linadi.

Bint chizig’ining yo’nalishiga qarab, o’ng va chap rezbalarga bo’linadi. Pezba o’rami vint chizig’i bo’ylab chapdan o’ngga qarab yo’nalsa, chap rezba deyiladi. O’ng rezba ko’p ishlatiladi, chap rezba esa zarurat bo’lgan hollardagina qo’llaniladi.

Qirimlar soniga qarab, rezbalar bir qirimli, ikki qirimli va h.k. bo’ladi. Pezba bitta chiziqli vint sirtida joylashgan bo’lsa, *bir qirimli*, ikkita parallel joylashgan vint chizig’i tekisligida rezba qir qilgan bo’lsa, *ikki qirimli*, uchta bo’lsa, *uch qirimli* deyiladi. Agar qirimlar soni ikkita va undan ortiq bo’lsa, bunday rezbalarni umumiy holda *ko’p qirimli* deyiladi.

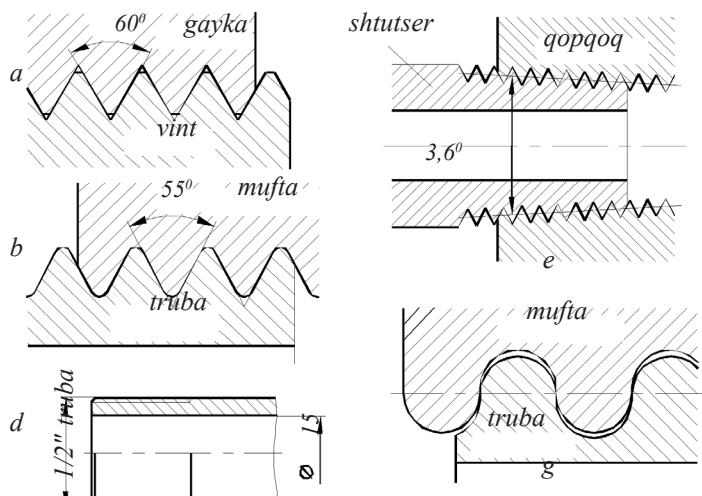
Bir qirimli rezbalar ko’p ishlatiladi. Ishlatilish sohasiga qarab, mahkamlash uchun ishlatiladigan rezbalar va uzatish uchun mo’ljallangan «vint-gayka» rezbalarga bo’linadi. Bularning tuzilish xususiyatlarini yuqorida keltirilgan klassifikatsiya asosida to’laroq o’rganib chiqamiz.

Biriktiruvchi rezbalar detallarni mahkamlash uchun ishlatiladi, ular yordamida mashina detallari mahkamlanib, qo’zg’almas birikmalar hosil qiladi. Biriktiruvchi rezbalar birikmalarning mustahkamligini ta’minlash bilan bir qatorda, biriktirilgan detallar o’z-o’zidan bo’shashib ketmasligi uchun yetarli darajada ishqalanish kuchini hosil qilishi lozim.

Mahkamlash uchun mo’ljallangan rezbalar quyidagi xillarga bo’linadi: metrik, quvur va doiraviy. Bundan tashqari, boshqa ko’rinishda bo’lgan biriktiruvchi rezbalar ham bor, masalan,

geologiya sohasida ishlatiladigan kovlash stanoklarining quvurlari uchun, o'zi rezba kesuvchi vintlar va h.k. Bularni maxsus rezbalar hisoblab, bu yerda ko'rib chiqilmaydi.

Keng ko'lamda, asosan, metrik rezbalar ishlatiladi. Agar rezbaning o'lchamlari millimetr hisobida ifodalansa, metrik rezba deb, duym bilan ifodalanganda esa duym rezba deb ataladi. Duymli rezbalar hozirgi vaqtda umuman ishlatilmaydi. Metrik rezbalar uchburchak shaklda bo'lib, uning profil burchagi 60° ga teng (13-shakl, *a*). Uning geometrik o'lchamlari standartlashtirilgan. To'plangan kuchlanishlarni kamaytirish maqsadida rezba o'ramlarining balandligi to'qmoqlashtirilib, rezbani ish jarayonida siqilib yoki yemirilib ketishidan saqlaydi.



13-shakl.

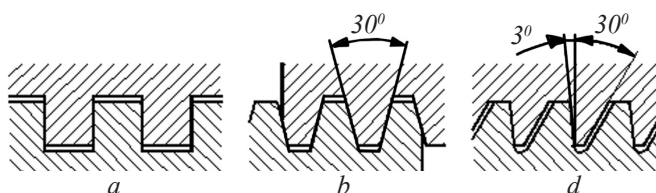
Quvurlarda ishlatiladigan rezbalar silindrsimon va konussimon bo'ladi. Asosan, quvurlarda doiraviy rezbalar ishlatiladi. Ular quvurlarni bir-biriga ulashda qo'llaniladi. Profil burchagi 55° bo'lgan va uchi to'mtoq qilinmagan uchburchakli rezbaning profili (13-shakl, *b*) da ko'rsatilgan. Trubaning rezba o'lchamlari duym hisobida berilsa ham, aslida uning o'lchamlari shartli bo'lib, rezba o'lchamini bildirmaydi, balki bu o'lcham quvurning ichki diametriga mos keladi.

Masalan, yarim duymli quvurli rezba (1/2 trub) – bu rezba gaz o'tkazish uchun mo'ljallangan standart trubani ichki diametri yarim duymiga yaqinligini ko'rsatadi (13-shakl, *d*). Trubaning konussimon

rezbasi, konus burchagi $3,6^\circ$ bo'lgan konussimon sirtga qir qilgan (12-shakl, *e*). Birikmaning jipsligini oshirish maqsadida katta suyuqlik bosimiga ega bo'lgan gidrosistemalarda, masalan, truba shtutserini gidrosilindr korpusiga ulashda ishlatiladi.

Doiraviy rezba (13-shakl, *e*) yuk ko'tarish kranlarining ilmoqlarida, temiryo'l vagonlarini bir-biri bilan ulovchi sterjenlarida va qalinligi katta bo'lmagan, yupqa quvurlarda ishlatiladi.

«Bint-gayka» uzatish rezbasi yoki yuruvchi rezbalar to'g'ri to'rtburchakli trapetsiyali va tirakli bo'ladi. To'g'ri to'rtburchakli rezba (14-shakl, *a*) kam ishlatiladi, sababi tayyorlash qiyin va standartlashmagan.



14-shakl.

Simmetrik trapetsiyali rezba (14-shakl, *b*) yuklangan holda harakatni har ikki yo'nalish bo'yicha uzatish uchun xizmat qiladi, ya'ni rezbaning ikkala tomoni yuklangan holda ishlatiladi. Tirakli rezba (14-shakl, *d*) esa harakatni faqatgina bir tomonga uzatib beradi. Bunday rezbalar domkratlarda, presslarda va h.k.larda ishlatiladi. Pezba botig'ining sirtlarini to'ntoqlash to'plangan kuchlanishni kamaytirishga yordam beradi. O'ramlar profilining tirak tomonidagi kichkina qiyalik burchak (3°) tortish rejasida ishlayotgan rezbaning ishqalanishini kamaytiradi.

Pezbalarni tayyorlash usullari ichida eng ko'p rivojlangani quyidagilar hisoblanadi.

Dastlabki yuritma usulida metchik va plashka asboblari orqali rezba qir qiladi. Bu o'lchagich vosita ko'pgina standart rezbalar o'lchamlariga mos keladi. Metchik yordamida gaykaning ichki sirtiga, plashka bilan esa vintning tashqi sirtiga rezba qir qiladi. Bu usul kam mahsulotli hisoblanib, detallarni tiklash bo'limlarida ishlatiladi.

Tokarlik vint-qir qirish yoki maxsus stanoklarda keskichlar yordamida olish. Mayda seriyali (mayda mahsulotli) ishlab chiqarishda ishlatiladi.

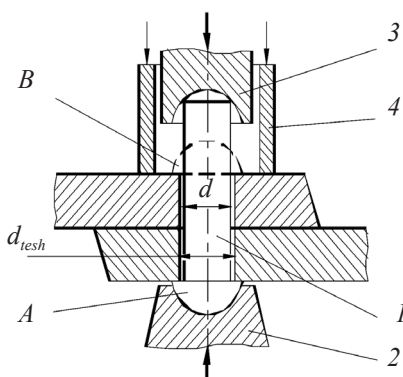
Pezbafrezalash stanoklarida frezalash. Katta diametrli vintlar rezbasiga katta aniqlik darajasi talab qilinganda ishlatiladi (vallarga qirqilgan rezbalar yoki «vint-gayka» uzatmalarida, masalan, tokarlik vint-qirqish stanogining harakatlanuvchi vinti).

Tayoqcha sirtiga bosilgan zarang yoʻl maxsus rezbanakatli avtomat-stanoklarda olinadi. Bosim usuli rezbali detallarning mustahkamligini oshiradi.

3.3. Parchinmixli birikmalar

Parchinmixli birikmalar ajralmaydigan birikmalarga kiradi. Ular listlar va har xil shaklli prokat profillarni biriktirish uchun xizmat qiladi.

Detallarning teshigiga parchinmix kiritilgandan keyin, uning ikkinchi uchi ham 15-shaklda koʻrsatilganday parchalansa, parchinmixli birikma hosil boʻladi.



15-shakl.

Sterjen diametri (d) va bekik qalpoqcha (A) ga ega boʻlgan parchinmix (I) detallar teshigiga tigʻizlanmagan holda kiritiladi, chunki ularning diametri parchinmix sterjenining diametridan katta. Bekik qalpoqcha tayanch vazifasini bajaruvchi ushlagich (2) ga oʻrnatilgan, siquvchi (3) vosita esa, parchinlash jarayonida tutash kallak (B) shpilka hosil qilishda qoʻl kuchidan ham, mashinalardan ham foydalaniladi. Qoʻl kuchi bilan parchinlash bolgʻa yordamida siquvchi moslamaga urish orqali bajariladi. Bunday holda birikuvchi detal ushlagichga maxsus bosuvchi vosita (4) bilan bosiladi.

Parchinlash jarayonida birikmalar standartlashtirilgan. Bekik qalpoqcha shakli, parchinmixning sterjen diametri qat'iy belgilanadi. Pangli metallardan yasalgan barcha parchinmixlar hamda diametri 10 mm.dan ortiq bo'lganlari qizdirilgandan keyingina parchinlanadi.

Parchinmixli birikmalar samolyotlarning ustki qobig'ini yasashda, vertolyotsozlikda, yuk ko'tarish kranlarining fermalari hamda ko'priklar qurishda, kemasozlikda, bug' qozonlari va bosim ta'sirida suyuqliklar saqlanadigan idishlar yasashda keng ko'lamda ishlatiladi.

3.4. Parchinmixli birikmalarning turlari

Har xil shakldagi parchinmixlar va parchinmixli birikmalar juda ko'p miqdorda mavjuddir. Tuzilishi, materiallari va vazifasi bo'yicha ular bir necha turga bo'linadi.

Parchinmixlarni xususiyatlari bo'yicha quyidagilarga ajratish mumkin:

1. Mix kallagining tuzilishi bo'yicha:

a) tekislik shaklidagi kallakli (16-shakl, a);

b) kesik konus shaklidagi kallakli (16-shakl, b);

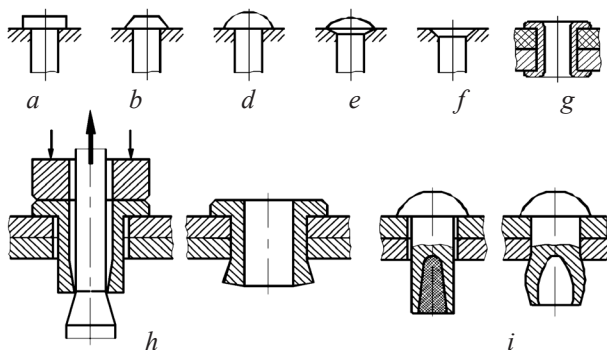
d) yarim doiraviy kallakli (16-shakl, d);

e) yarim yashirin kallakli (16-shakl, e);

f) yashirin (o'rnatilganda ko'rinmaydigan) kallakli (16-shakl, f).

2. Sterjenlarning tuzilishi bo'yicha:

a) yaxlit sterjenli; oddiy shtampli usullarda yuqorida ko'rsatilgan shakllar kallaklari simdan yasaladi;



16-shakl.

b) quvursimon (16-shakl, g) – biriktirilgan detallarda qo'yilgan kuchning qiymati katta bo'lmagan holda; shaklda ko'rsatilishicha, metall va plastmassadan tayyorlangan detallarni biriktirishda ham ishlatiladi;

d) bir tomonlama parchinlanadigan parchinmixlar agar tutash kalagini hosil qilish uchun o'rin bo'lmasa; misol tariqasida samolyotning kovak qanotini olish mumkin; 16-shakl, h da konussimon teshikli kovak parchinmix ko'rsatilgan. Bunda parchinmix konussimon gardish bilan birgalikda detallar teshigiga o'rnatilib, maxsus bosqich bilan detallarga bosiladi; gardish parchinmix teshigidan tortib olinganda teshiklar orasidan bo'shliq to'lib zichlanadi va tutash kallak hosil bo'ladi. Ortiqcha kuch ta'sir qilmaydigan plastik materiallarni biriktirishda, o'rtasi teshik parchinmixlar – pistonlar ishlatiladi. Pistonlar zaryadli bo'lib, partish (otish)dan keyin tutash kallak (16-shakl, i) hosil bo'ladi va parchinmix teshigi to'lib, zichlanadi.

3. Materiallar bo'yicha:

- a) po'latli;
- b) misli;
- d) latunli;
- e) aluminli;
- f) h.k.

Parchinlanishi yengil bo'lishi uchun parchinmix materiali yetarli darajada plastik bo'lishi kerak. Parchinmix va birikuvchi detallar bir tarkibli bo'lishi kerak, har xil materialdan tayyorlansa, galvanik juft hosil bo'lib, birikmani ishga yaroqsiz bo'lishiga olib keladi. Shuning uchun, aluminli detallarni biriktirish uchun aluminli parchinmix, misli uchun – misli parchinmix va boshqalar ishlatiladi.

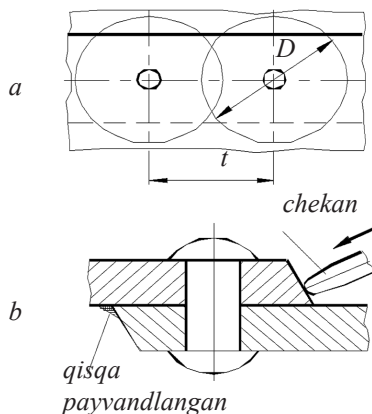
Endi birikmalarning turlariga o'tamiz.

Parchinmix yordamida qo'zg'almas birikmalarni hosil qilish uchun bir yoki ko'p qatordan iborat bo'lgan ko'p sonli parchinmixlar ishlatiladi. Bunday birikmalarni *parchinmixli choklar* deyiladi. Choklar ishlash xususiyatlariga qarab quyidagicha bo'linadi.

1. Parchinmixli choklarning vazifasi bo'yicha:

a) mustahkam choklar (metall konstruksiyalari, ko'prik qurilishida, kemasozlikda, aviasozlikda);

b) mustahkam jips choklar – bular mustahkamlikdan tashqari, chokning jips bo'lishini ham ta'minlashi kerak (bug' qozonlari, bosim ta'sirida suyuqliklar yoki gaz saqlanadigan idishlar);



17-shakl.

d) jips choklar (katta bosimga ega bo'lmagan rezervuarlar).

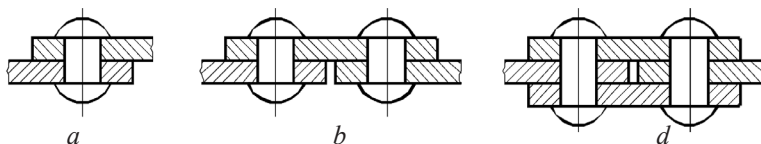
Chokdagi parchinmixlar biror qismdan t masofada joylashgan bo'ladi (17-shakl, a).

Tutash joyidagi detallarning deformatsiyasi har qanday parchinmixni diametri D zonasi bo'yicha tarqaladi. Jips choklarda qo'shni parchinmixlarni ta'sir etish zonasi o'zaro kesiladi, bu 17-shakl, a da ko'rsatilgan, ya'ni $t < D$ shart bajarilishi kerak.

Jips choklar yuqori ishonchli bo'lishi uchun, ayrim hollarda chekan qilinadi (plastik deformatsiyalash), ya'ni pnevmo (siqilgan havo ishlatiladi) bolg'a bilan birikuvchi detallar qirrasi to'mtoqlashtiriladi. Ayrim hollarda, shu maqsad bilan detallar qirrasi qisqa payvandlab yopishtiriladi (17-shakl, b).

2. Parchinmixli choklar tuzilishiga qarab quyidagi birikmalarga bo'linadi:

- a) ustma-ust (18-shakl, a);
- b) bir qistirmali uchma-uch (18-shakl, b);
- d) ikki qistirmali uchma-uch (18-shakl, d).



18-shakl.

Parchinmixlar kesilishga ishlaydi, shuning uchun, ustma-ust va bir qistirmali uchma-uch qo'yib biriktirilganda, ular bir yoqlama

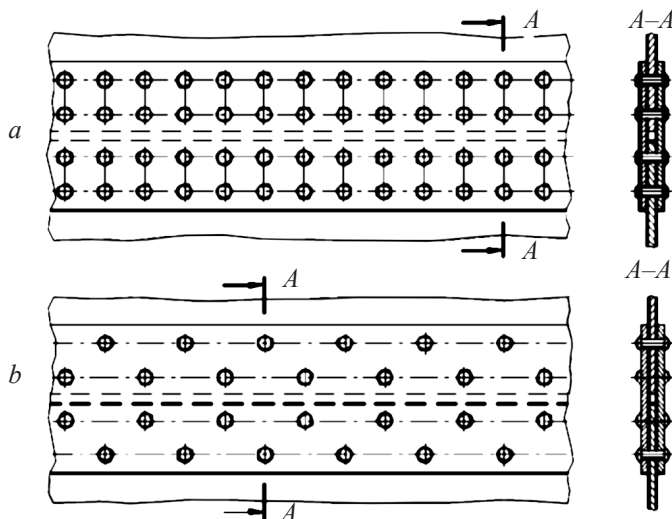
kesiladigan deyiladi. Ikki qistirmali uchma-uch birikmalar ikki yoqlama kesiladigan deyiladi.

3. Har bir listdagi parchinmixlar qatorlar soniga qarab choklar bo'lad:

a) bir qatorli;

b) ko'p qatorli (ikki qatorli, uch qatorli va boshq.).

Ko'p qatorli choklarda parchinmixlar bir chiziqli (19-shakl, a) va shaxmatsimon qilib joylashtirilishi mumkin (19-shakl, b).



19-shakl.

19-shaklda ko'rsatilgan har ikki chok ham ikki qistirmadan iborat bo'lgan qo'sh qatorli hisoblanadi.

3.5. Payvand birikmalar

Payvand birikmalar ajralmas birikmalar turkumiga kiradi. Tutashgan joyida detal materialini payvandlash yo'li bilan hech qanday qo'shimcha element talab qilmagan holda birikma hosil qilinadi.

Payvandlash – bu texnologik jarayon bo'lib, molekular yopishish kuchlar asosida detallarni yuqori darajada mahalliy qizdirib birlashtirishdir.

Payvand chok – bu payvandlanuvchi detallarni payvandlangandan keyin qotib qolgan birlashtiruvchi metall hisoblanadi.

Hamma metallar va ayrim plastmassalar payvandlanadi, odatda, asosan, kam uglerodli po‘latlar payvandlanadi.

Qurilish tuzilmalarining elementlari, mashina detallari, qozon idishlar va rezervuarlar payvandlanib tayyorlanadi.

Ajralmas birikmalar orasida payvandlash ham mashina detallariga muvofiq ravishda to‘g‘ri kelib, takomillashgan hisoblanadi, chunki boshqalarga nisbatan, tashkil etuvchi detallarni yaxshiroq bir butunga yaqinlashtiradi. Lekin payvand birikmalar ham kamchiliklardan xoli emas. Payvand birikmalarining ikki yo‘nalishdagi xususiyatini ko‘rib chiqamiz.

1. Ko‘p hollarda mashinaning payvand detallari quyma va bolg‘alab olingan detallarning o‘rnini bosadi. Bu katta o‘lchamli tishli g‘ildiraklar, kronshteyn, korpus detallari va boshqalar bo‘lishi mumkin. Bu holda payvand birikmaning ustunligi metallarni tejash, konstruksiyalarning yengilligi va bikirlikni yetarli darajada bo‘lishida ifodalanadi. Chunonchi, payvandlangan parmani kesuvchi ishchi qismi instrumental po‘latdan, pastki bo‘lagi (dumi) esa birmuncha arzon bo‘lgan konstruksion po‘latdan tayyorlangan bo‘ladi.

Payvandlangan tirsakli val yuqori mustahkamlikka ega bo‘lgan po‘latdan, sheykasi esa, arzon po‘latdan tayyorlangan. Jilvirlash stanogining payvandli staninasi qalinligi 3 mm.li po‘lat listdan tayyorlangan quyma staninaga qaraganda yengil va arzondir. Kamchiliklariga: deformatsiyadan hosil bo‘lgan qoldiq kuchlanish mavjudligi; yuqori darajada mahalliy qizdirish natijasida tuzilmalarning qiyshayib qolishi misol bo‘la oladi. Mana shu omillarni payvand detallar konstruksiyasini yaratishda hisobga olish zarur.

2. Ayrim hollarda yupqa devorli tuzilmalarda payvand birikmalarni parchinmixli birikmalar bilan almashtiriladi, kemalarning korpuslari; samolyot va vertolyotlar, transport mashinalarining yoqilg‘i baklari va h.k. Bunda shuni hisobga olish kerakki, payvand choklar tebranish chegaralarida va zarbli yuklangan holda ishonchli ishlaymaydi. Shuning uchun ham payvandlash samolyot hamda vertolyot korpuslarida hamda qoplamlarida ishlatilmaydi.

3.6. Payvandlashning asosiy turlari

Yuqorida aytib o‘tilganidek, payvandlash biriktiruvchi detallarning molekularini yopishtirish uchun ishlatiladigan kuchlarga asoslangan. Bunga erishish uchun ikki usul qo‘llaniladi: detallarning bi-

rikuvchi joyida metallarni eritish yoki suyuq holatiga keltirmasdan qizdirib, detallarni bir-biriga siqish.

Birinchi usul – suyuq holatda payvandlash, ikkinchisi esa bosim ostida payvandlash deyiladi.

Eritilgan holatda payvandlash. Bu payvandlash gaz va elektr yoyi yordamida payvandlash turlariga bo‘linadi.

Gaz yordamida payvandlash usulida elektrodlar orasida yonuvchi gazlar ma’lum miqdorda kislorod (asetilen, vodorod) yondirilib, oraliqqa gorelka kanalidan o‘tadi. Payvandlanuvchi metall tarkibiga mos payvandlash simi ishlatiladi. Uning ta’sirida payvandlanuvchi detalning payvandlash joyi va payvandlash simining uchi suyuqlanadi va birikma hosil bo‘ladi. Gaz yordamida payvandlash yupqa devorli po‘latdan tayyorlangan detallarni va rangli metallarni biriktirishda ishlatiladi.

Elektr yoyi yordamida payvandlash usulida ulanadigan joy elektr yoy vositasida qizdiriladi va unga elektrod suyuqlantirib tushiriladi, natijada payvand chok hosil bo‘ladi. Detallar orasidagi eritilgan elektrod bog‘lash vazifasini bajaradi.

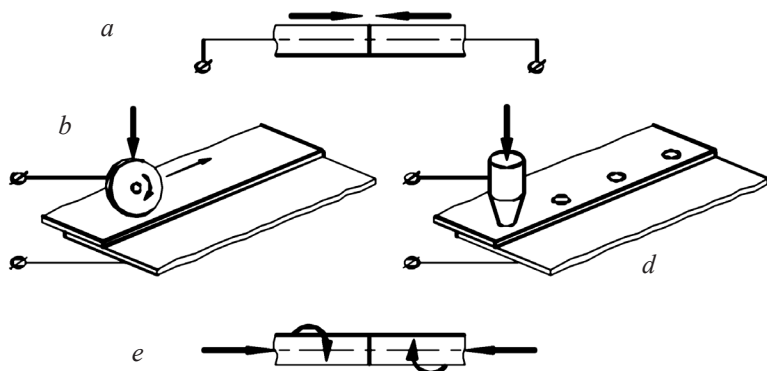
Qo‘l va avtomatlashgan elektr yoyi yordamidagi payvandlash taq-qoslanadi. Elektr yoyi yordamida dastlabki payvandlash yoy barqaror yopishishini ushlab turish uchun maxsus aralashma bilan qoplangan elektrod ishlatiladi. Dastlabki usulda payvandlashda detallar qalinligi 1 mm.dan 60 mm.gacha bo‘lishi mumkin. Bu holda tok kuchi 200÷500 A oralig‘ida bo‘ladi. Bunday usulda payvandlash bikirlik miqdorida hamda turkumlab ishlab chiqarishda (choklar qisqa-qisqa va noqulay joylashtirilgan bo‘lsa) qo‘llaniladi.

Avtomatik payvandlash elektrod simi orqali bajariladi. Bu simni uzatish va chok yo‘nalishi bo‘yicha harakatga keltirish mexanizatsiyalashtirilgan. Bu usuldan qalinligi 2÷130 mm.gacha bo‘lgan po‘latlar, ularning qotishmalarini payvandlashda keng foydalaniladi. Bunda elektr yoy suyuqlanayotgan metall flus qatlami ostida yoki havo gazlaridan saqlaydigan muhitlarda bo‘lib, yoy barqaror yonadi. Bu holda tok kuchi (100÷300) A. Yuqori turkumlab va yalpi ishlab chiqarishda hamda samolyotsozlikda ishlatiladi.

Bosim ostida payvandlash. Detallar elektr toki (elektr kontakt payvandlash) bilan yoki ishqalanish vositasida (ishqalanish vositasida payvandlash) qizdiriladi.

Elektr kontakt payvandlash har xil po‘latlardan tayyorlangan vallarning qismlarini yoki qirquvchi asboblarni (parma, metchik)

biriktirishda ishlatiladi (20-shakl, *a*). Elektr tokini payvandlanuvchi detallar orqali o'tkazilganda ular tokning tutashgan joyida o'tkazgich qarshiligining mavjudligi tufayli, bu yuzalar qisqa vaqt ichida qizib, yuqori plastik holatga o'tadi.



20-shakl.

Plastik holatdagi metall detallar ma'lum kuch bilan bir-biriga qisilganda, payvand birikma hosil bo'ladi.

Elektr kontaktli payvandlash listlarni payvandlashda ham ishlatiladi, masalan, detallar ustida aylanadigan elektrod rolik (rolak elektrod vazifasini bajaradi) kontaktdagi payvand chokni (lentali) (20-shakl, *b*) va kontaktdagi nuqtasi payvandli (20-shakl, *d*) hosil qiladi. Shuni aytish kerakki, nuqtali payvandlash yuqori jipsli (germetik) birikmani hosil qilmaydi, shuning uchun, rezervuar va baklar qismini payvandlashda ishlatilmaydi.

Ishqalanish vositasida payvandlashda biriktiruvchi detallarni (val-lar, asboblari) qarama-qarshi tomonga aylantirilib, bir-biriga siqiladi (20-shakl, *e*). Ishqalanish natijasida hosil bo'lgan issiqlik detallarni plastik holatiga qarab qizdirib payvandlaydi.

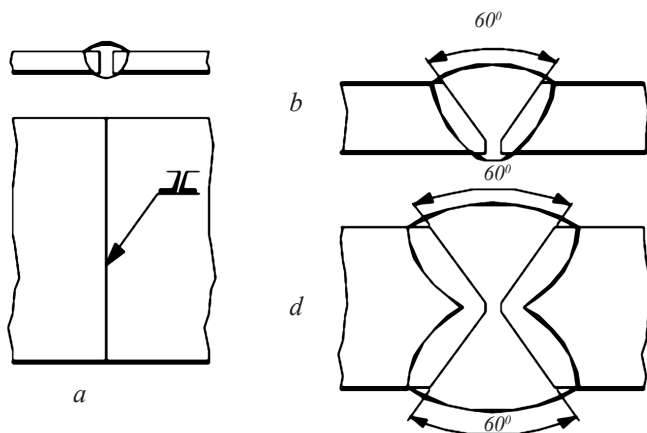
3.7. Payvand birikmalar va choklarning turlari

Biriktiriladigan detallarning o'zaro joylashishiga qarab, payvand birikmalar quyidagilarga bo'linadi:

- uchma-uch;
- ustma-ust;
- burchakli;
- tavr Simon.

Uchma-uch biriktirilgan payvand choklar tutashgan choklar deyiladi, ustma-ust, burchakli va tavrli payvand choklar esa burchakli deyiladi.

Uchma-uch choklar 21-shakl, *a* da tasvirlangan.



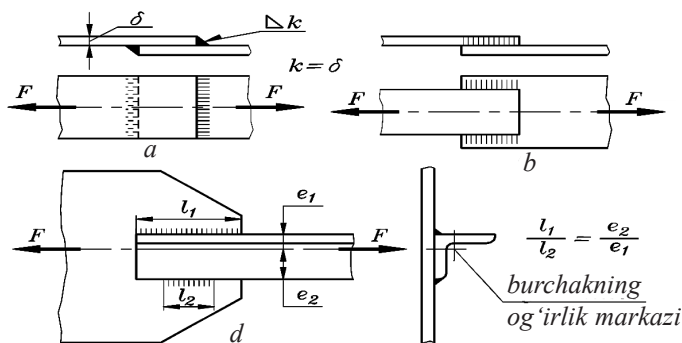
21-shakl.

Payvandlanadigan listlarning qalinligiga qarab, ularning uchlari maxsus ishlovdan o'tkazilib yoki o'tkazilmasdan payvandlashga tayyorlanadi. Agar listlarning qalinligi 8 mm.dan oshmasa, u holda boshlang'ich ishlov berilmaydi (21-shakl, *a*).

Listlar qalinligi 8 mm.dan 25 mm.gacha bo'lsa, listlarning tuta-shadigan qirralariga bir yoqlama dastlabki ishlov beriladi. 21-shakl, *b* da qirralarida burchagi 30° ga teng bo'lgan faskalar (kertish) hosil qilinadi. Listlar qalinligi 26 dan 60 mm.gacha bo'lganda 21-shakl, *b* da ko'rsatilgandek qirralari ikki yoqlama kiritiladi.

Listlarni ustma-ust qo'yib biriktirilganda ro'para va yonbosh choklarga bo'linadi. 22-shakl, *a* da ikkita listni ikki yoqlama ro'para chok bilan biriktirilgani ko'rsatilgan. Shu yerning o'zida burchak chok belgisi o'z aksini topgan, uni chizmada ko'rsatilishicha *k* katetli burchak chok deb ataladi.

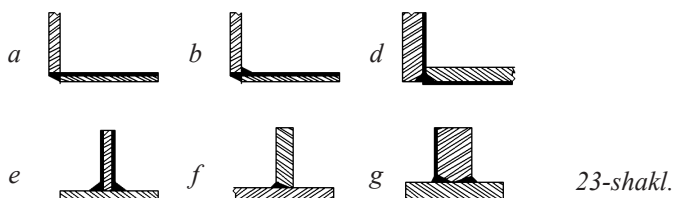
Odatda, chok katetining qiymati birikuvchi listlar *d* qalinligiga teng bo'ladi. Shuni hisobga olmoq kerakki, cho'zuvchi yuklanish *F* birikmaning simmetriya o'qi bo'yicha ta'sir etadi. 22-shakl, *b* da ko'rsatilgan birikma oldingiga o'xshash, burchakli yonbosh choklardan hosil bo'ladi.



22-shakl.

List bilan burchakni biriktirishda hosil bo'lgan payvand choklariga ta'sir etadigan cho'zuvchi kuch burchak kesimini og'irlik markazidan o'tgan bo'ylama chizig'iga qo'yilgan deb taxmin qilinadi (22-shakl, d). U holda, yonbosh chokning uzunligi rasmda ko'rsatilishi bo'yicha, teskari proporsional tarzda aniqlanadi.

Detallarni burchakli biriktirish mumkin: tashqi burchakli chok (23-shakl, a); tashqi va ichki burchakli choklar (23-shakl, b) yordamida hamda qirralari kertilib tutashgan chok yordamida (23-shakl, d). Tavrsimon detallarni biriktirish mumkin: qirralari kertilimgan burchakli chok (23-shakl, e); bir (23-shakl, f) yoki ikki (23-shakl, g) qirralari kiritilgan burchakli choklar yordamida.



23-shakl.

3.8. Shponkali birikmalarning tuzilishi

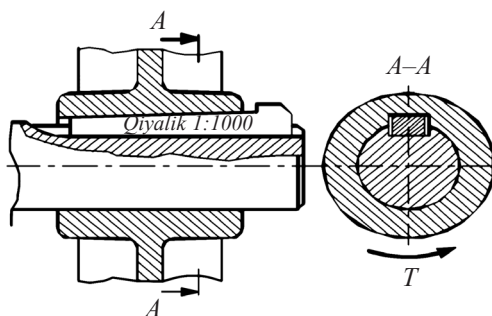
Shponkali va shlisli birikmalar detallarni aylanadigan val yoki o'qlarga markazlashtirib o'rnatish va burovchi momentni uzatish uchun xizmat qiladi. Detallar bilan aylanadigan o'qlarda shponkali yoki shlisli birikmani burovchi momenti katta bo'lmaydi. Shponkali yoki shlisli birikmalarda val bilan detallarning orasida burovchi

momentlari katta qiymatga ega bo'lishi mumkin, shuning uchun birikmalar mustahkamlikka hisoblanadi.

Ko'pgina shponkali va shlisli birikmalar qo'zg'almasdir, lekin qo'zg'aluvchilari ham bor, ular, asosan, detallarni nisbatan o'q bo'ylab siljishi uchun xizmat qiladi.

Shponkali birikmalarni zo'riqtirilgan va zo'riqtirilmagan xillarga bo'lish mumkin. Zo'riqtirilgan shponkali birikmalarda yuklanish qo'yilganiga qadar ezuvchi kuchlanish hosil bo'ladi. Bunday birikmalarga ponasimon va silindrsimon shponkali birikmalar misol bo'la oladi.

Ponasimon shponkali birikma 24-shaklda ko'rsatilgan.



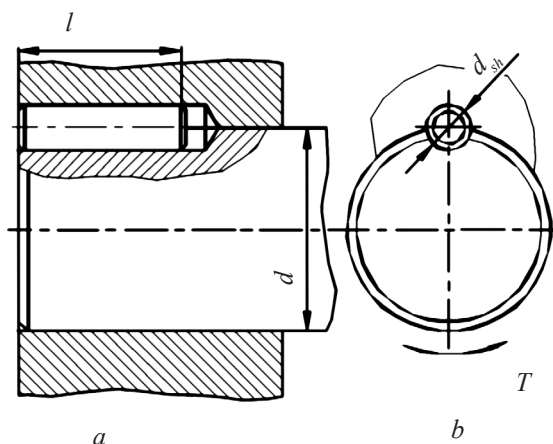
24-shakl.

Shponkaning yuqori yuzasi qiya qilib bajarilgan. Balga o'rnatiladigan detal gupchagiga o'yiqlik ham shunday qiyalikda bajarilishi kerak. Gupchak valining o'yiqlar eni shponka enidan kattaroq bo'ladi. Shponkalar o'yiqqa bir qadar kuch bilan urib joylashtiriladi. Burovchi moment shponkaning ustki va ostki sirtlaridagi tig'izlikdan hosil bo'lgan ishqalanish kuchi hisobiga uzatiladi. Shponka o'lchamlari standartlashgan.

Bunday birikmalarning afzalliklari: yetarli darajada bikirlikka ega, ish jarayonida bo'shliq, oraliq hosil bo'lmaydi. Lekin uni keng ko'lamda ishlatilishiga ponasimon shponkali birikmalarning tuzilishi chegaralanganligi va ayrim boshqa kamchiliklar to'sqinlik qiladi: detallarni joylashtirish uchun valni faqatgina cheti mo'ljallangan (24-shakl), shponkani tig'izlik bilan o'rnatish, val va gupchak yuzalarida bir tomonlama deformatsiya bo'lishiga olib keladi, bu hol ularning markazlari siljishiga sabab bo'ladi, natijada disbalans bo'lib, yuqori tezliklarda ishlashiga imkon yaratmaydi. Undan tashqari,

ponasimon shakldagi shponka valdagi detallarni qiyshayishiga olib keladi, detalning gupchagi qanchalik katta bo'lsa, qiyshiqlik shuncha katta bo'ladi. Qiya shponka va qiya o'yiqli gupchak tayyorlash texnologiyasi oson emas, chunki detallarning qiyalik burchaklari bir-biriga mos kelishi kerak.

Shuning uchun ular, asosan, sekinyurar og'ir yuklangan mexanizmlarda ishlatiladi (qo'shaloq lokomotivlar, prokat stanlari barabanlari). Detallar vallarning uchiga o'rnatiladigan hollarda silindrik shponkalardan foydalaniladi (25-shakl). Ular ham, oldingi shponkalarga o'xshash, ma'lum darajada tig'izlik bilan o'rnatiladi. Shponka uchun kerak bo'lgan teshik valga detal joylashtirilgandan keyin parmalash yo'li bilan tayyorlanadi. Shundan keyin silindrsimon shtift tayyorlangan teshikka kiritiladi. Shuni aytish kerakki, katta yuklanishlarda ikkita yoki uchta silindrsimon shponka, oraliq burchagi 120° yoki 180° da qilib o'rnatiladi. Nazariy tomondan ponasimon va silindrsimon shponkali birikmalar ajraladigan hisoblanadi, lekin ularni ajratib olish qiyinroq, shuning uchun, shponkani tanlashda, uning tuzilishiga ham ahamiyat berilishi lozim.



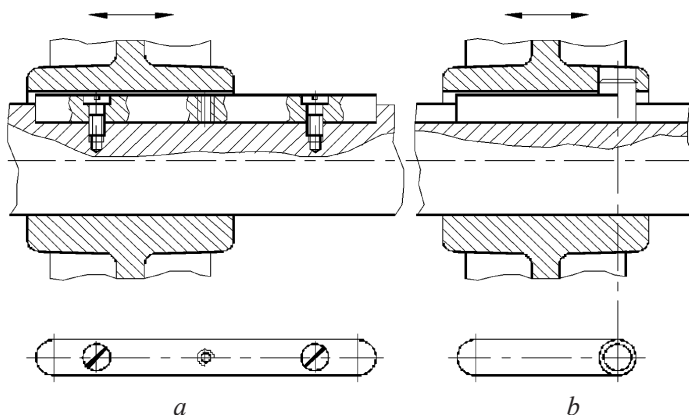
25-shakl.

Zo'riqtirilmagan shponkali birikmalarda ezuvchi kuchlanish yuklanish burovchi moment uzatib berishdan so'ng paydo bo'ladi. Bunday birikmalarga prizmatik va segmentli shponka birikmalar kiradi. Prizmatik va segmentli shponkalar vositasida hosil qilingan

birikmalar zo‘riqtirilmagan bo‘lganligi uchun shponkani ham, valdagi o‘yiqni ham yuqori darajadagi aniqlik bilan tayyorlash talab etiladi, chunki shponka burovchi momentni yon sirlari orqali uzatadi.

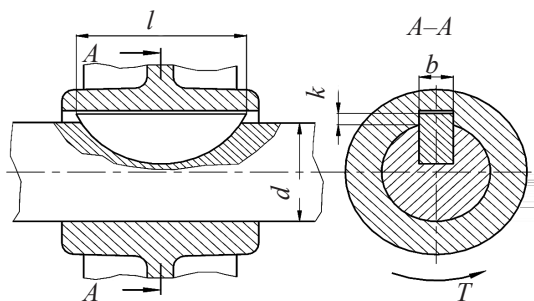
Prizmatik shponka, val va gupchak o‘yiqlarining o‘lchamlari standartlashgan. Detal gupchagidagi o‘yiqning chuqurligi val sirtidan chiqib turgan shponka balandligidan oshiqroq bo‘ladi, natijada shponkaning ustki va o‘yiqning pastki sirti orasida bo‘shliq paydo bo‘ladi.

Qo‘zg‘aluvchan shponkali birikmalar val o‘qi bo‘ylab detalning siljishini ta‘minlaydi. Bunday birikmalar, tezlik qutisidagi tishli g‘ildiraklarni va muftani yarim pallalarini val o‘qi bo‘ylab harakatlanishini ta‘minlab beradi. Bunday hollarda shponkalar valga yoki detalga mahkamlanib qo‘yilishi lozim, chunki detallar val bo‘ylab harakatlanganda hosil bo‘lgan ishqalanish kuchi shponkaning to‘g‘ri joylashgan holatini buzmasligi kerak. 26-shakl, *a* da qo‘zg‘aluvchan shponkali birikmaning tuzilishi ko‘rsatilgan, bunda shponka vintlar yordamida valga mahkamlangan.



26-shakl.

Shponka uzunligi detal bosib o‘tadigan yo‘liga mos kelishi kerak. Biriktiruvchi vintlar orasidagi rezbali teshik shponkali o‘yiqdan chiqarib olishda tortuvchi vintni o‘rnatish uchun mo‘ljallangan (almashtirishda). 26-shakl, *b* da qo‘zg‘aluvchan shponkali birikmaning tuzilishi ko‘rsatilgan, bunda shponka detalga biriktirilgan. Detalning yo‘li valdagi o‘yiqning uzunligiga mos kelishi lozim.



27-shakl.

Segmentsimon shponkali birikmaning tuzilishi 27-shaklda ko'rsatilgan. Segmentsimon shponka va o'yiqlik o'lchamlari ham standartlashtirilgan. Shponkani chuqur o'yiqa joylashtirish uni prizmatik shponkaga nisbatan turg'un muvozanatda bo'lishini ta'minlaydi. Shponkaning segmentsimon shaklda bo'lishi uni ajratish vaqtida o'yiqdan chiqarib olishni yengillashtiradi. Ammo o'yiq chuqur bo'lganligi uchun, valning mustahkamligi kamayadi, shu sababli, segmentsimon shponkalar kichik burovchi momentlarni uzatish lozim bo'lgan hollardagina ishlatiladi.

3.9. Shlisli birikmalar

Shponkali birikmalar keng ko'lamda ishlatilishiga qaramasdan (arzon, tuzilishi sodda), ayrim hollarda ularni qo'llash tavsiya etilmaydi. Xususan, tezyurar, dinamikaviy yuklangan vallarning shponka o'yig'i zonasida to'plangan kuchlanishlar konsentratsiyasi birikmaning ishlash qobiliyatini pasaytiradi. Bundan tashqari, ayrim hollarda, bitta shponka burovchi momentni uzatib berolmaydi, natijada ikki yoki uchta shponka o'rnatish talab etiladi, bu esa texnologik jihatdan qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi, yuklanish teng taqsimlanmaydi va tuzilmaning mustahkamligi kamayadi.

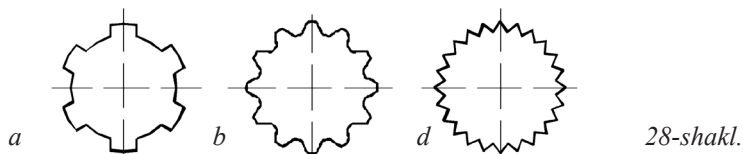
Bunday hollarda shlisli birikmalarni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Shlisli birikmalar tishli deb ham aytiladi, chunki valning tashqi va detal teshigidagi ichki tishlar mavjudligi tishli birikmani hosil qiladi. Shlisli (tishli) birikmalarning o'lchamlari tikilgan.

Shlisli birikmalar shponkali birikmalarga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega:

- detallar valda yaxshi markazlashadi, kerak bo'lganda, ularni val bo'ylab suriladigan qilib o'rnatish ham mumkin;
- shlis (tish)ning yon yoqlaridagi ezuvchi kuchlanish, shponkanikiga qaraganda kam;

- shlisli vallarning dinamik yuklanishdagi mustahkamligi shponkali vallarga nisbatan yuqori.

Shlislar shakllariga ko'ra, to'g'ri to'rtburchakli (28-shakl, *a*), evolventali (28-shakl, *b*) va uchburchakli (28-shakl, *d*) profillarda bo'lishi mumkin. Bir xil diametrdagi vallarda shlislarning o'lchamlari va ularning soni orasidagi taxminiy munosabat quyidagi shaklda ko'rsatilgan.



28-shakl.

Mashinasozlikda, asosan, to'g'ri to'rtburchakli va evolventali shlisli birikmalar keng ko'lamda ishlatiladi, uning o'lchamlari standartlashtirilgan.

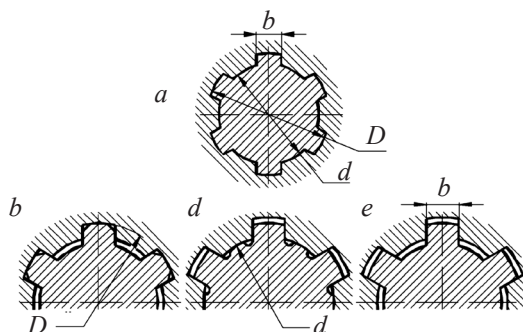
Har xil sharoitda ishlaydigan birikmalar uchun, standartda uch seriya mavjud: yengil, o'rta va og'ir, ular bir-biridan shlislar soni va o'lchamlar bilan farq qiladi. To'g'ri to'rtburchakli birikmalarda detallar valga nisbatan quyidagi usullar bo'yicha markazlashtiriladi:

Markazlashtirishning uch usuli mavjud:

- tashqi diametr bo'yicha (29-shakl, *a, b*);
- ichki diametr bo'yicha (29-shakl, *d*);
- yon yoqlari bo'yicha (29-shakl, *e*).

Markazlashtirish usulini tanlash shu jarayonga qo'yiladigan talablar va birikma detallarini tayyorlash texnologiyasiga bog'liqdir.

Agar val va gupchakning o'qdosh bo'lishini yaxshi ta'minlash talab etilsa, detallar shlisning diametrlari bo'yicha markazlashtiriladi. Ish jarayonida zarbli yoki revers (yo'nalish o'zgarishi natijasida) yuklanish hosil bo'lsa, shlisning yon yoqlari bo'yicha markazlashtirish maqsadga muvofiqdir.

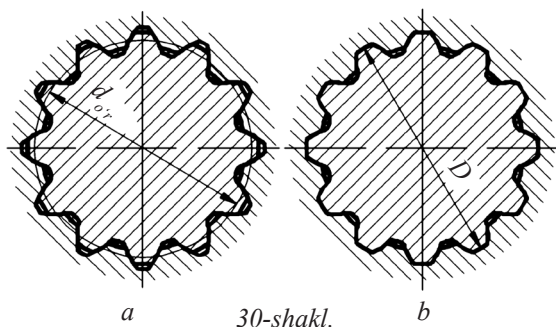


29-shakl.

Diametrlararo markazlashtirilganda, tashqi yoki ichki markazlashtirilgan diametr texnologik talablar asosida belgilanadi. Agar vtulka unchalik qattiq bo'lmagan materialdan ($<350\text{HB}$) tayyorlangan bo'lib, shlisning teshigiga sidirish bilan ishlov berilgan bo'lsa, markazlashtirish tashqi diametr bo'yicha amalga oshirilishi tavsiya qilinadi. Bunda valni markazlanadigan yuzasi jilvirlanadi. Agar vtulka qattiq bo'lib, shlisning teshigiga sidirish bilan ishlov berib bo'lmasa, u holda markazlanishga ichki diametr tanlanadi. Bal va vtulkalarning markazlanadigan yuzalari jilvirlanadi.

Shlislarning yon yoqlari bo'yicha markazlashtirish texnologik nuqtayi nazardan birmuncha qiyinroq, chunki ularning yon yoqlari yuzalarini jilvirlash uchun maxsus stanoklar kerak bo'ladi.

Ballarning diametrlari katta bo'lganda, asosan, samolyotsozlik va vertolyotsozlikda evolventa profilli shlisli birikmalar ishlatiladi. Bu birikmalarni to'g'ri to'rtburchakli qo'zg'aluvchan shlisli birikmalarda ham ishlatish mumkin. Evolventa profilli shlisli birikmalar yon yoqlari (30-shakl, *a*) va tashqi diametri bo'yicha (30-shakl, *b*) markazlanadigan qilib tayyorlanadi. Eng ko'p qo'llanadigani bu shlislarning yon yoqlar usulidir.



Ballardagi va ichki shlislarni tayyorlash uchun tishli g'ildiraklarda ishlatiladigan zamonaviy texnologik usullar qo'llaniladi. Lekin tishli g'ildirakdan farqli o'laroq, evolventali shlislarning profil burchagi 30° ga qadar kattalashtirilgan bo'lib, balandligi esa modul qiymatiga kamaytirilgan bo'ladi. Evolventa profilli shlislar (tishlar), valning tishlari orasidagi botiq yuzani to'ntoqlash hisobiga valni bo'shashtirishini kamaytiradi.

TESTLAR

NAZARIY MEXANIKA

1. «Nazariy mexanika» fani nimani o'rgatadi?

a) issiqlik mashinalari yordamida issiqlik hosil qilish, uni boshqa turdagi energiyaga aylantirib berish, taqsimlash, uzatish usullarini nazariy va amaliy jihatdan o'rganadigan fan;

b) moddiy jismlarning bir-biriga ta'siri va mexanik harakatning umumiy qonunlari haqidagi fan;

d) foydali ish bajarayotgan mashina ish mexanizmining to'g'ri ishlashini, mahsulot sifatining buzilishiga yo'l qo'ymaslik uchun, mexanizmlar qismlarining ma'lum bir davrgacha harakatini va harakatning o'zgarishidan vujudga keladigan kuchlarni tahlil qilish va jarayonlarni o'rgatadi;

e) suyuqliklarning muvozanat va harakat qonun-qoidalarini o'rganuvchi fan.

2. Mexanik harakat deb nimaga aytiladi?

a) fazoda vaqt o'tishi bilan moddiy jismlarning bir-birlariga nisbatan ko'chishiga;

b) moddiy jismlar o'zaro ta'sirining miqdoriy o'lchoviga;

d) kuchlar ta'sirida bo'lgan jismning ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa o'zgarماسligi;

e) o'lchamlari e'tiborga olinmaydigan darajada kichik bo'lgan, massasi bir nuqtaga qo'yilgan jismga.

3. Kuch qanday elementlar bilan aniqlanadi?

a) miqdori, qo'yilgan nuqtasi;

b) miqdori, qo'yilgan nuqtasi, ta'sir chizig'i;

d) miqdori, qo'yilgan nuqtasi, yo'nalishi;

e) masshtabi, qo'yilgan nuqtasi.

4. Qanday kattaliklar vektor kattaliklarga kiradi?

a) kuch, tezlik, tezlanish, og'irlik;

b) hajm, uzunlik, maydon;

d) harorat, vaqt, bosim;

e) balandlik, solishtirma og'irlik, quvvat.

5. Bog'lanish reaksiyasi kuchi deb nimaga aytiladi?

a) bog'lanishning jismga ko'rsatadigan ta'siriga;

b) bog'lanish jismning siljishiga qarshilik ko'rsatib, ta'sir qiladigan kuchga;

d) moddiy jismlar ta'sirining miqdoriy o'lchoviga;

e) ta'sir etuvchi kuchlarni o'rnini bitta kuch bosa olsa, bunday kuchga.

6. Kesishuvchi kuchlar sistemasi deb nimaga aytiladi?

- a) jismga ta'sir etuvchi kuch to'plamiga;
- b) ta'sir etayotgan kuchlar sistemasini boshqa biror kuchlar sistemasi bilan almashtirishda jism holati o'zgarmasa, bunday kuchlar sistemasiga;
- d) ta'sir chiziqlari bir nuqtada uchrashadigan kuchlar sistemasiga;
- e) agar jismga ta'sir etuvchi kuchlar bir tekislikda yotsa, bunday kuchlar sistemasiga.

7. Kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanat shartining analitik ifodasi?

- a) $\sum_{k=1}^n x_k = 0$; $\sum_{k=1}^n y_k = 0$; $\sum_{k=1}^n z_k = 0$; d) $\sum M_k = 0$; $\sum M_{ky} = 0$; $\sum M_{kz} = 0$;
- b) $\sum_{k=1}^n \bar{F}_k = 0$; $k_x \sum_{k=1}^n X_k$; $R_y \sum_{k=1}^n Y_k$; e) $\sum X_k = 0$; $\sum Y_k = 0$; $\sum Z_k = 0$.

8. Bir tekislikda yotuvchi va o'zaro parallel bo'lmagan uch kuch muvozanatlashsa, ularning ta'sir chiziqlari ...

- a) bir nuqtada kesishmaydi; d) bir nuqtada kesishadi;
- b) bir nuqtada yotadi; e) bir nuqtada yotmaydi.

9. Kuchning o'qdagi proyeksiyasi qanday kattalik?

- a) vektor; d) skalar;
- b) o'zgarmas; e) musbat.

10. Kuchning koordinata o'qlarini proyeksiyalari qaysi formula bilan topiladi:

- a) $X = F \cdot \cos \alpha$; $Y = F \cdot \cos \beta$; $Z = F \cdot \cos \gamma$;
- b) $\cos \alpha = \frac{x}{F}$; $\cos \beta = \frac{y}{F}$; $\cos \gamma = \frac{z}{F}$;
- d) $F = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$;
- e) $X = F \cos \varphi \cos \alpha$; $Y = F \cos \varphi \sin \alpha$.

11. Parallel kuchlar sistemasi deb nimaga aytiladi?

- a) ta'sir chiziqlari o'zaro parallel bo'lgan kuchlar sistemasiga;
- b) ta'sir chiziqlari bir nuqtada uchrashadigan kuchlar sistemasiga;
- d) kuchlar sistemasi ta'siridagi jism muvozanat holatida bo'lsa, bunday kuchlar sistemasiga;
- e) jismga bir nechta kuchlar ta'sir etsa, bunday kuchlar to'plamiga.

12. Juft kuchlar deb nimaga aytiladi?

- a) jismga bir nechta kuchlar ta'sir etsa, bunda kuchlar to'plamiga;
- b) kuchlar sistemasi ta'siridagi jism muvozanat holatida bo'lsa, bunday kuchlar sistemasiga;

d) bir-biriga teskari yo‘nalgan, miqdori jihatidan teng ikkita, ta’sir chiziqlari kesishmaydigan kuchlarga;

e) ta’sir chiziqlari o‘zaro parallel bo‘lgan kuchlar sistemasiga.

13. *Juft kuch jismni qanday harakatga keltiradi?*

a) ilgarilanma - qaytma;

d) ilgarilanma;

b) aylanma;

e) egri chiziqli.

14. *Juft tashkil etuvchi kuchlarning ta’sir chiziqlari orasidagi eng qisqa masofaga ... deyiladi*

a) juft kuch;

d) juft kuch yelkasi;

b) juft kuch tekisligi;

e) juft kuchning momenti.

15. *Kuchning miqdori va yo‘nalishini o‘zgartirmay, ta’sir chizig‘i bo‘ylab istalgan nuqtaga ko‘chirilsa, kuch momenti ...*

a) o‘zgaradi;

d) 0 ga teng;

b) o‘zgarmaydi;

e) 0 dan farqli.

16. *Agar kuchning ta’sir chizig‘i moment markazidan o‘tsa, uning shu nuqtaga nisbatan momenti...*

a) o‘zgaradi;

d) 0 ga teng;

b) o‘zgarmaydi;

e) 0 dan farqli.

17. *Tekislikdagi kuchlar sistemasi deb nimaga aytiladi?*

a) jismga bir nechta kuchlar ta’sir etsa, bunday kuchlar to‘plamiga;

b) ta’sir chiziqlari bir-biriga parallel bo‘lgan kuchlar sistemasiga;

d) jismga ta’sir etuvchi kuchlar bir tekislikda yotsa, unga;

e) ta’sir chiziqlari fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasiga.

18. *Kuchlar sistemasining bosh vektorini qaysi formula yordamida topish mumkin?*

a) $R_x = \sum_{k=1}^n X_k; R_y = \sum_{k=1}^n Y_k; R_z = \sum_{k=1}^n Z_k;$ d) $R' = \sqrt{(R'_x)^2 + (R'_y)^2 + (R'_z)^2};$

b) $R'_x = 0; R'_y = 0; R'_z = 0;$

e) $R_0 = \sum_{k=1}^n \bar{F}_k.$

19. *Tekislikdagi kuchlar sistemasi muvozanati shartlarining analitik ifodasi?*

a) $\sum_{k=1}^n \bar{X}_k = 0; \sum_{k=1}^n \bar{Y}_k = 0; \sum_{k=1}^n \bar{Z}_k = 0;$

b) $\sum_{k=1}^n \bar{F}_k = 0;$ d) $\sum X_k = 0; \sum Y_k = 0; \sum M_0(\bar{F}_k) = 0;$

e) $\sum X_k = 0; \sum Y_k = 0; \sum Z_k = 0; \sum M_x = 0.$

20. Fazoviy kuchlar sistemasi deb nimaga aytiladi?

- a) ta'sir chiziqlari fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasiga;
- b) bir nuqtada ta'sir chiziqlari kesishuvchi kuchlar sistemasiga;
- d) ta'sir chiziqlari bir-biriga parallel bo'lgan kuchlar sistemasiga;
- e) jismga ta'sir etuvchi kuchlar bir tekislikda yotgan kuchlar sistemasiga.

21. Fazodagi kuchlar sistemasi muvozanatining analitik sharti-ning ifodasi:

- a) $\sum X_k = 0$; $\sum Y_k = 0$; $\sum Z_k = 0$;
- b) $\sum X_k = 0$; $\sum Y_k = 0$; $\sum M_k = 0$;
- d) $\sum X_k = 0$; $\sum Y_k = 0$; $\sum Z_k = 0$; $\sum M_x = 0$; $\sum M_y = 0$;
 $\sum M_z = 0$;
- e) $\sum Z_k = 0$; $\sum M_x(\overline{F_k}) = 0$; $\sum M_y(\overline{F_k}) = 0$.

22. Statik aniq masala deb nimaga aytiladi?

- a) berilgan masalada noma'lumlar soni muvozanat tenglamalari soniga teng bo'lsa;
- b) agar masalada noma'lumlar soni muvozanat tenglamalari sonidan ortiq bo'lsa;
- d) fermalarning bironta sterjeni olib tashlanganda, uning bikirligi o'zgarsa;
- e) fermalarning bironta sterjeni olib tashlanganda, uning bikirligi o'zgarmasa.

23. Statik aniqmas masala deb nimaga aytiladi?

- a) berilgan masalada noma'lumlar soni muvozanat tenglamalari soniga teng bo'lsa;
- b) agar masalada noma'lumlar soni muvozanat tenglamalari sonidan ortiq bo'lsa;
- d) fermalarning bironta sterjeni olib tashlanganda, uning bikirligi o'zgarsa;
- e) fermalarning bironta sterjeni olib tashlanganda, uning bikirligi o'zgarmasa.

24. Biror sanoq sistemasiga nisbatan nuqtaning ma'lum vaqt ichida fazoda bir holatdan boshqa holatga ixtiyoriy ravishda o'tishi ... deyiladi.

- a) trayektoriya;
- b) ko'chish;
- d) harakat;
- e) to'g'ri chiziqli harakat.

25. Nuqta harakatining kinematik xususiyatlari nima bilan aniqlanadi?

- a) moddiy nuqta, absolut qattiq jism, kuch, sanoq sistema;
- b) trayektoriya, kuch, sanoq sistema, moddiy nuqta;
- d) trayektoriya, tezlik, vaqt, harakat;
- e) trayektoriya, tezlik, tezlanish.

26. Kinematikada nuqtaning harakati qanday usullarda beriladi?

- a) vektor, skalar, koordinata usulida;
- b) koordinata, tabiiy, skalar usulida;
- d) vektor, tabiiy, urinma usulida;
- e) vektor, koordinata, tabiiy usulda.

27. Nuqta harakati vektor usulda berilganda harakat tenglamasi qanday ko'rinishda bo'ladi?

- a) $\vec{r} = r(t)$;
- b) $x = f_1(t)$; $y = f_2(t)$; $z = f_3(t)$;
- d) $s = f(t)$;
- e) $\varphi = f(t)$.

28. Nuqta harakati tabiiy usulda berilganda harakat tenglamasi qanday ko'rinishda bo'ladi?

- a) $\vec{r} = r(t)$;
- b) $x = f(t)$; $y = f(t)$; $z = f(t)$;
- d) $s = f(t)$;
- e) $\varphi = f(t)$.

29. Nuqta harakati koordinata usulida berilganda harakat tenglamasini ko'rsating:

- a) $\vec{r} = r(t)$;
- b) $x = f(t)$; $y = f(t)$; $z = f(t)$;
- d) $s = f(t)$;
- e) $\varphi = f(t)$.

30. $\frac{d\vec{r}}{ds} = \vec{\tau}^0$ formula nimani ifodalaydi?

- a) nuqtaning harakat tenglamasi;
- b) nuqta harakatining vektor ko'rinishdagi kinematik tenglamasi;
- d) nuqtaning berilgan ondagi tezlik vektori;
- e) vektori yoy koordinatasining yo'nalishi bo'yicha yo'nalgan urinning birlik vektori.

31. $\vec{a} = a_\tau + \vec{a}_n$ formula nimani bildiradi?

- a) egri chiziqli harakatdagi nuqtaning tezlanishi urinma va normal tezlanishlarning geometrik yig'indisi;
- b) nuqtaning normal tezlanishi;
- d) nuqtaning urinma tezlanishi;
- e) nuqtaning berilgan ondagi tezlanish vektori.

32. Normal tezlanish qaysi formula bilan topiladi?

- a) $\vec{a}_n = \frac{v^2}{\rho} \cdot \vec{n}^0$;
- d) $\frac{d\vec{r}}{ds} = \frac{1}{\rho} \cdot \vec{n}^0$;

$$\text{b) } \bar{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \cdot \bar{\tau}^0; \quad \text{e) } \bar{v} = \overline{v\tau}^0.$$

33. Urinma tezlanish qaysi formula bilan topiladi?

$$\text{a) } \bar{a}_n = \frac{v^2}{\rho} \cdot \bar{n}^0; \quad \text{d) } \frac{d\bar{r}}{ds} = \frac{1}{\rho} \cdot \bar{n}^0;$$

$$\text{b) } \bar{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \cdot \bar{\tau}^0; \quad \text{e) } \bar{v} = \overline{v\tau}^0.$$

34. Harakatlanuvchi qattiq jismning ikki nuqtasi doimo qo'zg'almasdan qolsa, uning bunday harakati ... deyiladi?

- a) ilgarilanma harakat; d) egri chiziqli harakat;
b) aylanma harakat; e) sferik harakat.

35. Qo'zg'almas nuqtalardan o'tgan to'g'ri chiziq ... deyiladi.

- a) ta'sir chizig'i; d) aylanish burchagi;
b) aylanish o'qi; e) kuch yelkasi.

36. Jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakatining tenglamasini ko'rsating:

- a) $\bar{r} = r(t)$; d) $s = f(t)$;
b) $x = f_1(t)$; $y = f_2(t)$; $z = f_3(t)$; e) $\varphi = f(t)$.

MATERIALLAR QARSHILIGI

1. Deformatsiya kattaligi qanday omillarga bog'liq?

- a) kuchning kattaligi va detalning o'lchamlariga;
b) detalning materialiga, hajmiga, yuklanishiga;
d) detalning materialiga, yuklanishiga va ko'ndalang kesim yuzasiga;
e) detalning materialiga va o'lchamlariga.

2. Quyidagi holatlarda qaysi biri qoldiq deformatsiyaga misol bo'lishi mumkin.

- a) relsning poyezd og'irligidan egilishi;
b) rezina amortizatorning cho'zilishi;
d) po'lat prujinaning siqilishi;
e) prujina tayyorlashda simning o'ralishi.

3. Parmalash jarayonida parma qanday deformatsiya ta'sirida bo'ladi?

- a) buralish; d) siljish;
b) cho'zilish; e) egilish.

4. Detalning tashqi sirtini yo'nishda o'tish rezisining turtkichi qanday deformatsiya ta'sirida bo'ladi?

- a) cho'zilish; d) siqilish;
b) egilish; e) buralish.

5. Tirsakli val qanday deformatsiya ta'sirida ishlaydi?

- a) siqilish, buralish; d) egilish, buralish;
b) cho'zilish, egilish; e) siljish, cho'zilish.

6. Detalni qisadigan parallel tiskilarning vinti qanday deformatsiya ta'sirida bo'ladi?

- a) cho'zilish, egilish; d) siljish, buralish;
b) siqilish, egilish; e) buralish, cho'zilish.

7. Balni buralishida paydo bo'ladigan haqiqiy kuchlanishlarni qaysi formula yordamida topish mumkin?

a) $[\tau] = \frac{M_\tau}{W_p}$; d) $W_p = \frac{M_\tau}{[\tau]}$;

b) $W = 0,2d^3$; e) $\tau = \frac{M_\tau}{W_p}$.

8. «Materiallar qarshiligi» fani nimani o'rgatadi?

a) mashinalarni mustahkam, bikir, ustuvor bo'lishini hisoblashda zarur bo'lgan deformatsiyalarni aniqlash metodlarini;

b) mashina va inshoot qismlarining mustahkam va ustuvor bo'lishini hisoblashda zarur bo'lgan zo'riqishni aniqlash metodlarini;

d) mashina va inshoot qismlarining mustahkam, bikir va ustuvor bo'lishini hisoblashda zarur bo'lgan zo'riqish va deformatsiyalarni aniqlash metodlarini;

e) mashina va inshoot qismlarining mustahkam, bikir va ustuvor bo'lishini hisoblash metodlarini o'rgatadi.

9. Deformatsiya qanday asboblarda yordamida o'lganadi?

- a) tenzometr;
b) strelkali indikator;
d) pichagli tenzometr;
e) 1–2 qatordagi javoblar to'g'ri.

10. Qanday birikma ustma-ust birikma deyiladi?

- a) listlar bir tekislikka qo'yilib, ustqo'yima orqali biriktirilsa;
b) ikki list o'zaro biriktirilsa;
d) ikki list bir-birini ustiga qo'yilib biriktirilsa;
e) listlar o'zaro biriktirilsa.

11. Quyidagi formulalardan qaysi biri ikki ustqo'yimali uchma-uch birikkan parchinmixlar sonini hisoblash formulasi:

a) $n = \frac{2P}{[\tau] \cdot \Pi \cdot d^2}$; d) $n = \frac{P}{[\tau] \cdot \Pi \cdot d^2}$;

b) $n = \frac{4P}{[\tau] \cdot \Pi \cdot d^2}$; e) $n = \frac{P}{[\tau] \cdot \Pi \cdot d^3}$.

12. Qanday epyura burovchi moment epyurasi deyiladi?

a) val uchastkalarining kesimlarida topilgan burovchi momentlar orqali valning butun uzunligi bo'yicha moment o'zgarishini ifodalovchi grafik;

b) val uchastkalarining ichki burovchi momentlar orqali valning butun uzunligi bo'yicha o'zgarishini ifodalovchi grafik;

d) burovchi momentlar orqali valning uzunligi bo'yicha o'zgarishini ko'rsatuvchi grafik;

e) hamma javoblar to'g'ri.

13. Qanday parchinmixli birikma turlarini bilasiz?

a) uchma-uch ulangan, ustma-ust ulangan;

b) uchma-uch ulangan, payvandlangan;

d) ustma-ust ulangan;

e) payvandlangan.

14. Statikaning bir tekislikda yotgan kuchlar sistemasi uchun muvozanat tenglamasini toping:

a) $\sum X = 0$; $\sum Y = 0$; $\sum M_0 = 0$;

b) $\sum M_A = 0$; $\sum M_B = 0$; $\sum X = 0$;

d) $\sum Z = 0$; $\sum M_Z = 0$;

e) $\sum X = 0$; $\sum Y = 0$.

15. Qanday hollarda balka sof egilishga ishlaydi?

a) simmetriya tekisligida yotgan qarama-qarshi yo'nalishdagi momentlar ta'sirida;

b) simmetriya tekisligida tik yo'nalishdagi momentlar ta'sirida;

d) qarama-qarshi yo'nalishdagi ikki egiluvchi moment ta'sirida;

e) qarama-qarshi yo'nalgan kuchlar ta'sirida.

16. Cho'zilish va siqilishga ishlayotgan sterjenning to'la uzayishi qaysi formulada keltirilgan?

a) $\Delta l_p = \frac{pl}{EF} + \frac{Gl}{EF}$;

d) $\Delta l_p = \frac{(pG)l}{2EF}$;

b) $\Delta l_p = \frac{pl}{EF} + \frac{Gl}{2EF}$;

e) $\Delta l_p = \frac{pl}{2EF} + \frac{Gl}{2EF}$.

17. Absolut siljish uchun Guk qonuni formulasini toping.

a) $\Delta l_p = \frac{ph}{GF}$;

d) $\Delta l_p = \frac{pl}{EF}$;

$$b) \Delta l_G = \frac{Gl}{2EF};$$

$$e) \Delta l_P = \frac{ph}{2GF}.$$

18. Tashqi kuch nima?

- a) konstruksiya qismiga ta'sir qiluvchi yuklama yoki juft kuch tarzida yoyilgan yoki bir nuqtaga qo'yilgan;
- b) yuklama yoki juft kuch tarzida qo'yilgan;
- d) yuklama yoki yoyilgan kuch tarzida qo'yilgan;
- e) to'g'ri javob yo'q.

19. Qanday kesim xavfli kesim deyiladi?

- a) maksimal kuchlanish to'g'ri kelgan kesim;
- b) minimal kuchlanish to'g'ri kelgan kesim;
- d) kuchlanish nolga teng bo'lgan kesim;
- e) kuchlanish birdan farqli bo'lgan holdagi kesim.

20. Qanday egilish bo'ylama egilish deyiladi?

- a) sterjenning biror-bir kuch ta'sirida to'g'ri chiziqli muvozanat holatini yo'qotishi;
- b) sterjenning kritik kuch ta'sirida to'g'ri chiziqli muvozanat holatidagi ustuvorligini yo'qotishi;
- d) sterjenning biror-bir kuch ta'sirida gorizontal holatidagi ustuvorligini yo'qotishi;
- e) sterjenning biror-bir kuch ta'sirida to'g'ri chiziqli muvozanat holatini yo'qotishi.

21. Qanday jism brus deyiladi?

- a) geometrik o'qi egri bo'lgan jism;
- b) ko'ndalang kesim o'lchamlari uzunlik o'lchamlariga nisbatan juda kichik bo'lgan jism;
- d) ikki tayanchda yotgan, geometrik o'qiga tik ta'sir etganda egilishga ishlatiladigan balka;
- e) qalinligiga nisbatan qolgan ikki o'lchami katta bo'lgan yassi qattiq jism.

22. To'plangan kuch nima?

- a) ta'siri bir nuqtaga qo'yilgan kuch;
- b) jismning sirtidagi yuzaning yoki chiziqning bir qismiga ta'sir qiluvchi kuchlar;
- d) jismning o'z og'irlik kuchi;
- e) jismning barcha ichki nuqtalariga ta'sir qiluvchi kuchlar.

23. Kuchlanish deb nimaga aytiladi?

- a) kuchning yuzaga nisbatiga;
- b) kesim yuzasidagi nuqtaga to'g'ri kelgan tashqi kuchga;

- d) kesim yuzasidagi nuqtaga to'g'ri kelgan ichki va tashqi kuchga;
- e) ichki kuchning ajratilgan elementar yuzacha yuziga nisbatiga.

24. Qanday deformatsiya bo'ylama deformatsiya deyiladi?

a) sterjenning o'q bo'ylab yo'nalgan cho'zuvchi va siquvchi kuchlar ta'sirida cho'zilishi yoki siqilishi;

b) sterjenning o'q bo'ylab yo'nalgan cho'zuvchi kuch ta'sirida cho'zilishi;

d) sterjenning o'q bo'ylab yo'nalgan siquvchi kuch;

e) sterjenning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan deformatsiya.

25. Materiallarning mexanik xarakteristikasiga qanday xossalari kiradi?

a) mustahkamligi, elastikligi, plastikligi, qattiqligi, qovushqoqligi;

b) zichligi, issiqdan kengayuvchanligi, magnit xossalari, rangli, elektr o'tkazuvchanligi;

d) bog'lanuvchanligi, payvandlanuvchanligi, kesib ishlash darajasi, toblanishi;

e) issiqbardoshligi, karroziyabardoshligi.

26. Puxsat etilgan kuchlanish deb qanday kattalikka aytiladi?

a) konstruksiya elementlarining kesim yuzasidagi hosil bo'lgan va uning xavfsiz ishlashini ta'minlash uchun olingan eng katta kuchlanish;

b) kesim yuzasida hosil bo'lgan va uning xavfsiz ishlashini ta'minlash uchun olingan eng kichik kuchlanish;

d) kesim yuzasida hosil bo'lgan va uning xavfsiz ishlashini ta'minlash uchun olingan o'rtacha kuchlanish;

e) tashqi zarbiy kuchlarga qarshilik ko'rsatish xususiyatini kamaytirish.

27. Statik aniqmas masalalar qanday yechiladi?

a) muvozanat tenglamasi yordamida;

b) kuch epyurasi yordamida;

d) qo'shimcha tenglama tuzish yordamida;

e) kesish metodidan foydalanib.

28. Parchinmixlar qanday qotishmalardan tayyorlanadi?

a) po'lat, mis;

b) yumshoq po'lat, mis, aluminiy;

d) aluminiy, po'lat, cho'yan;

e) cho'yan, po'lat.

29. Qanday birikma uchma-uch birikma deyiladi?

a) agar ikki list bir-birining ustiga qo'yilib biriktirilsa;

b) list bir tekislikka qo'yilib, ustqo'yma orqali biriktirilsa;

- d) ikki list bir-biri bilan to'gridan to'g'ri biriktirilsa;
- e) ikki list bir-biri bilan uchma-uch biriktirilsa.

30. Mustahkamlik shartidan parchinmixning kesilishga hisoblash formulasini toping.

$$a) \tau_k = \frac{P}{F} \leq [\tau]_k;$$

$$d) \tau_k = \frac{P}{F} \geq [\tau]_k;$$

$$b) \tau_k = \frac{P}{ndb} \leq [\tau]_k;$$

$$e) \tau_l = \frac{P}{nd^2} \geq [\tau]_k.$$

31. Payvand birikmaning afzalliklari ...

- a) payvandlangan chok foydali yuza hisoblanib, yengil choklari zich bo'lgani uchun suv va gazlarni o'tkazmaydi, sodda tuzilgan, arzon;
- b) choklari zich, konstruksiyasi sodda, arzon, yengil;
- d) sodda tuzilgan, arzon, vazni yengil;
- e) payvandlangan chok foydali yuza hisoblanadi.

32. Tayanch deb nimaga aytiladi?

- a) egri plastinka qobiqqa;
- b) geometrik o'qi egri bo'lgan jismga;
- d) ko'tarib turish uchun xizmat qiladigan yostiqchaga;
- e) ko'ndalang kesim o'lchamlari uzunlik o'lchamlariga nisbatan kichik bo'lgan jismga.

33. Kuch momenti deb nimaga aytiladi?

- a) kuchning yuzaga ko'paytmasiga;
- b) kuchning uzunlikka ko'paytmasiga;
- d) kuchning yelkaga ko'paytmasiga;
- e) kuchning masofaga ko'paytmasiga.

34. Egilish deformatsiyasi qachon sodir bo'ladi?

- a) geometrik o'qiga perpendikular kuch ta'sir qilganda;
- b) geometrik o'qiga tik va perpendikular kuchlar ta'sir qilganda;
- d) geometrik o'qiga juft kuch ta'sir qilganda;
- e) yoyiq kuch ta'sir qilganda.

35. Konsol balka deb nimaga aytiladi?

- a) bir uchi qistirilib tiralgan, boshqa uchi erkin bo'lgan balkaga;
- b) balkaning muvozanat holatida ushlab turish uchun xizmat qiladigan yostiqchalarga;
- d) qalinligiga nisbatan qolgan ikki o'lchami katta bo'lgan yassi qattiq jismga;
- e) ko'ndalang kesim o'lchamlari uzunlik o'lchamlariga nisbatan juda kichik bo'lgan jismga.

MEXANIZM VA MASHINALAR NAZARIYASI

1. Mexanizmlar kinematikasining asosiy masalasi nimadan iborat?

- a) ish bo'g'inlarining vaziyatlarini aniqlashdan;
- b) nuqtalarining tezliklarini aniqlashdan;
- d) nuqtalarining tezlanishlarini aniqlashdan;
- e) ish bo'g'inlarining vaziyatlarini, nuqtalarining tezliklarini, tezlanishlarini va bo'g'inlarining burchak tezlik tezlanishlarini aniqlashdan.

2. Oraliq-vaqt diagrammasining masshtabi qaysi formula bilan topiladi?

- a) $K_s = S_{\max} / U_{\max}$;
- b) $K_t = 60/nmz$;
- d) $K_v = Kg/Kt$;
- e) $K_a = Kv/Kt$.

3. Grafik differensiallash usullari qaysi bandda to'g'ri ko'rsatilgan?

- a) grafo-kinematika, analitik-kinematik, eksperimental-kinematik;
- b) ordinatalar orttirmasini o'lchash, urinmalar, vatarlar;
- d) aylanma, ilgarilanma, qaytarma;
- e) grafo-kinematika, analitik-kinematik.

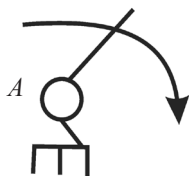
4. Pichagli mexanizm deb qanday mexanizmga aytiladi?

- a) tarkibida richag bo'lgan mexanizmga;
- b) tarkibida koromislo bo'lgan mexanizmga;
- d) tarkibida kulisa bo'lgan mexanizmga;
- e) tarkibidagi hamma bo'g'inlar richaglardan iborat bo'lgan mexanizmga.

5. Yetaklovchi bo'g'in deb qanday bo'g'inga aytiladi?

- a) harakatni uzatuvchi bo'g'inga;
- b) harakat qonuni berilgan bo'g'inga;
- d) ish bajaruvchi bo'g'inga;
- e) oraliq bo'g'inga.

6. Berilgan mexanizmning sinfi qaysi bandda to'g'ri ko'rsatilgan?



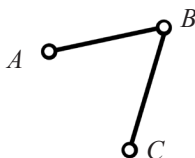
- a) 2-sinf mexanizm;
- b) 1-sinf 1-tartibli mexanizm;
- d) 3-sinf mexanizm;
- e) mexanizm emas.

7. Mexanizmning sinfi qanday aniqlanadi?

- a) mexanizm tarkibiga kiruvchi bo'g'inlar eng katta sinfi bilan;
- b) mexanizm bo'g'inlarining soni bilan;

- d) mexanizm kinematik juftlarining soni bilan;
 e) mexanizm tarkibiga kiruvchi eng katta sinf bo'lgan guruh bilan.

8. Tuzilish guruhining sinfi qaysi bandda to'g'ri ko'rsatilgan?



- a) 1-sinf 2-tartibli;
 b) 2-sinf 2-tartibli;
 d) 3-sinf 2-tartib;
 e) 2-sinf 1-tartibli.

9. Assur guruhlarining qo'zg'aluvchanlik darajasi (W) qanday songa teng?

- a) $W = 0$;
 b) $W = 2$;
 d) $W = 1$;
 e) $W = 3$.

10. Tezlik masshtabi qaysi formula yordamida topiladi?

- a) $K_v = K_s/K_t$;
 b) $K_s = S_{\max}/y_{\max}$;
 d) $K_v = V_a/P_a$;
 e) $K_a = K_v/K_t$.

11. Birikma qaysi kinematik juft sinfiga tegishli?



- a) II sinf kinematik juft;
 b) III sinf kinematik juft;
 d) IV sinf kinematik juft;
 e) V sinf kinematik juft.

12. Mexanizm deb nimaga aytiladi?

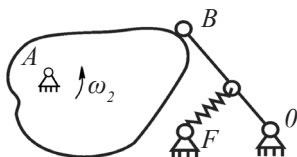
a) bir qancha mexanik qismlarning birikishidan tashkil topgan va foydali ish bajaradiganga;

b) ma'lum tartibda harakat qilish yoki harakatni uzatishga;

d) foydali ish bajaruvchi mashinasining asosiy qismi ish bajaruvchi mexanizm bo'lib, u harakatni mashina dvigatelidan yoki boshqa biror manbadan oraliq uzatish mexanizmiga;

e) qismlari ma'lum tartibda bo'lgan, tartibli harakat qiladigan va harakatni qonunlarini o'zgartirib uzatuvchi sun'iy qurilmaga.

13. Sxemada ko'rsatilgan chizma qaysi mexanizm turiga kiradi?



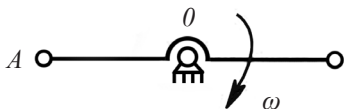
- a) richagli mexanizmga;
 b) friksion mexanizmga;
 d) kulachokli mexanizmga;
 e) egiluvchi bo'g'inli mexanizmga.

14. Krivoship deb nimaga aytiladi?

a) qo'zg'almas bo'g'in atrofida 360° ga burila oladigan qo'zg'aluvchan bo'g'inga;

- b) qo'zg'almas bo'g'in atrofida 360° ga burila olmaydigan bo'g'inga;
 d) aylanma harakat qiluvchi bo'g'inlar bilan sharnirli birikkan bo'g'inga;
 e) to'g'ri javob yo'q.

15. Ikki bo'g'indan tuzilgan richagli mexanizmning qo'zg'aluvchanlik darajasi topilsin.



- a) $W = 1$; d) $W = 2$;
 b) $W = 0$; e) $W = 3$.

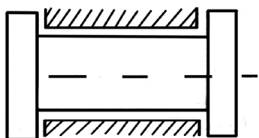
16. Bo'g'in deb nimaga aytiladi?

- a) 1 ta detal yoki bir nechta detalning mustaqil birikmasiga;
 b) ikki bo'g'inning biri ikkinchisiga nisbatan harakat qila oladigan birikmasiga;
 d) 1 ta yoki bir necha detallarning birikishidan hosil bo'lgan birikmaga;
 e) bir yoki bir necha detallarning bikir qilib birikishidan hosil bo'lgan sistemaga.

17. Kinematik zanjir deb nimaga aytiladi?

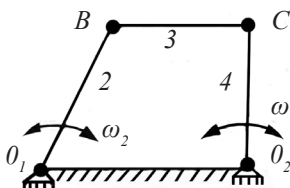
- a) kinematik juft tashkil qilib birikkan bir nechta qo'zg'aluvchan bo'g'inlar sistemasiga;
 b) 1 ta detal yoki bir nechta detalning mustahkam birikmasiga;
 d) ikki bo'g'inning biri ikkinchisiga nisbatan harakat qila oladigan birikmasiga;
 e) kinematik juft hosil qilib birikkan bo'g'inlar sistemasiga.

18. Qaysi sinf kinematik juftga tegishli?



- a) IV sinf; d) III sinf;
 b) V sinf; e) VI sinf.

19. Sxemada qaysi mexanizm tasvirlangan?



- a) to'rt bo'g'inli-sharnirli mexanizm;
- b) to'rt bo'g'inli-kulisali mexanizm;
- d) ikki koromisloli to'rt bo'g'inli sharnirli mexanizm;
- e) ikki krivoshipli to'rt bo'g'inli sharnirli mexanizm.

20. Mashina deb nimaga aytiladi?

- a) bir qancha mexanik qismlarning birikishidan tashkil topgan va foydali ish bajaradigan mexanizmlar guruhiga;
- b) ma'lum tartibda harakat qilish yoki harakatni uzatishga;
- d) foydali ish bajaruvchi mashinaning asosiy qismi ish bajaruvchi mexanizm bo'lib, u harakatni mashina dvigatelidan yoki boshqa biror manbadan oladigan oraliq uzatish mexanizmiga;
- e) tabiatni o'rganishda, undan foydalanishda insonning jismoniy, aqliy mehnatini osonlashtiruvchi ish unumdorligini oshiruvchi hamda insonning ba'zi bir fiziologik funksiyalarini bajaruvchi sun'iy qurilmaga.

21. Qo'zg'aluvchanlik darajasi deb nimaga aytiladi?

- a) mexanizm bo'g'inlarini ma'lum qonuniyat bilan harakatga keltiruvchi yetaklovchi bo'g'inlarning talab etilgan soniga;
- b) kinematik juft tashkil qilib birikkan, qo'zg'aluvchan bo'g'inlar guruhiga;
- d) ikki bo'g'in bir-biri bilan nuqta yoki chiziq bo'yicha urinib kinematik juft tashkil qilsa;
- e) to'g'ri javob yo'q.

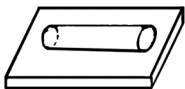
22. Chebishevning tekis mexanizm uchun formulasini ko'rsating.

- a) $W = 3n - 2p_5 - 1p_4 = 0$;
- d) $W = 6 - S$;
- b) $W = 6n - 5p, 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - 1p_1$;
- e) to'g'ri javob yo'q.

23. Koromislo dab nimaga aytiladi?

- a) qo'zg'almas bo'g'in atrofida 360° ga burila oladigan qo'zg'aluvchan bo'g'inga;
- b) qo'zg'almas bo'g'in atrofida 360° ga burila olmaydigan bo'g'inga;
- d) aylanma harakat qiluvchi bo'g'inlar bilan sharnirli birikkan bo'g'inga;
- e) tekis parallel harakat qila oladigan bo'g'inga.

24. Qaysi sinf kinematik juftga tegishli?



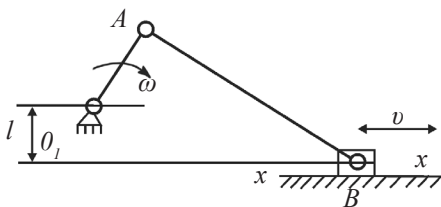
- a) IV sinf;
- b) II sinf;
- d) III sinf;
- e) V sinf.

25. Qaysi sinf kinematik juftni tashkil qiladi?



- a) IV sinf; d) III sinf;
b) II sinf; e) V sinf.

26. Kinematik sxemada ko'rsatilgan mexanizm qanday nomlanadi?



- a) to'rt bo'g'inli mexanizm;
b) to'rt bo'g'inli sharnirli mexanizm;
d) to'rt bo'g'inli krivoship-polzunli dezaksial mexanizm;
e) to'rt bo'g'inli kulachokli mexanizm.

27. Uzatmaning vazifasi nimadan iborat?

a) tishli ilashishda yetakchi va yetaklanuvchi g'ildiraklar qarama-qarshi tomonga aylanadigan mexanizmdan;

b) bitta g'ildirakning tishlari tashqi sirtida ilashib harakatlansa, yetakchi va yetaklanuvchi g'ildiraklar bir tomonga aylanadigan mexanizmdan;

d) tishli g'ildiraklardan birining o'lchamlari juda katta bo'lgani holda g'ildirak aylanasi to'g'ri chiziqqa yaqin bo'lsa, bunday birikmali mexanizmga aylanma harakat manbayidan (yetaklovchi val) qabul qiluvchiga (yetaklanuvchi val) uzatishdan;

e) energiya manbayidan energiyani qabul qilib oluvchi iste'molchiga uzatadigan oraliq qurilmadan.

28. Reykali mexanizm deb nimaga aytiladi?

a) tishli ilashishda yetakchi va yetaklanuvchi g'ildiraklar qarama-qarshi tomonga aylanadigan mexanizmga;

b) bitta g'ildirakning tishlari tashqi sirtida ilashib harakatlansa, yetakchi va yetaklanuvchi g'ildiraklar bir tomonga aylanadigan mexanizm;

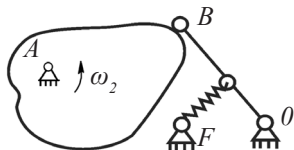
d) tishli g'ildiraklardan biri aylanma harakat qilgan holda ikkinchisi to'g'ri chiziqli harakat qilsa;

e) aylanma harakat manbayidan (yetaklovchi val) qabul qiluvchiga (yetaklanuvchi val) uzatishga.

29. Uzatish soni deb nimaga aytiladi?

- a) boshlang'ich aylana yoyida o'lchanadigan ikki qo'shni tishdagi o'xshash nuqtalari orasidagi masofaga;
- b) modulning tishlari soniga ko'paytmasiga;
- d) yetaklovchi val burchak tezligining yetaklanuvchi val burchak tezligi nisbatiga;
- e) birgalikda ishlayotgan ikki tishli g'ildirak to'g'ri tishlashishi uchun ularning qadamlari bir xil bo'lishi shartiga.

30. Sxemada qanday mexanizmning ifodasi ko'rsatilgan?



- a) turtkichi o'tkir uchli dezaksial kulachokli;
- b) turtkichi o'tkir uchli aksial kulachokli;
- d) turtkichi o'tkir uchli aksial tekis kulachokli mexanizm analizi;
- e) turtkichli rolikli tebranma harakat qiladigan tekis kulachokli mexanizm.

31. Mexanizm va mashinalar nazariyasining asosiy bo'limlari qaysi bandida ko'rsatilgan?

- a) mexanizmlar tuzilishining tahlili, mexanizmlar klassifikatsiyasi, mexanizmlar kinematikasi, mexanizm va mashinalar dinamikasi;
- b) mexanizmlarning mustahkamligi, dinamikasi, kinematikasi;
- d) mexanizmlarning sintezi va klassifikatsiyasi;
- e) mexanizmlarning kinematikasi va sintezi.

32. Tekis mexanizmlarning qo'zg'aluvchanlik darajasini aniqlash formulasini ko'rsating:

- a) $W = 3n - 2P_5 - 1P_4$;
- b) $W = 3n - 4P_4 - 3P_3$;
- d) $W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1$;
- e) $W = 3n - 2P_5$.

33. Bo'g'in tushunchasining to'g'ri tasdig'ini ko'rsating:

- a) bo'g'in doimo bitta detaldan iborat;
- b) bo'g'in bir necha erkin harakat qiluvchi bo'g'inlardan iborat;
- d) bo'g'in bir necha mahkamlangan detallardan iborat;
- e) bo'g'in doimo o'zaro harakatlanuvchan uchta detaldan iborat.

34. Quyi kinematik juftda qanday elementlar bo‘ladi?

- a) nuqtalar; d) egri chiziqlar;
- b) to‘g‘ri chiziqlar; e) yuzalar va tekisliklar.

35. Chebishevni tuzilish formulasi yordamida qanday mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi aniqlanadi?

- a) tekis mexanizmlarni; d) manipulatorlarni;
- b) fazoviy mexanizmlarni; e) to‘g‘ri javob yo‘q.

MASHINA DETALLARI

1. «Mashina detallari» kursining vazifasi nima?

- a) barcha turdagi mashinalar uchun umumiy bo‘lgan detal va uzellarini hisoblash va loyihalash asoslarini o‘rgatuvchi fan;
- b) detalni hisoblashni o‘rgatuvchi fan;
- d) uzelni hisoblashni o‘rgatuvchi fan;
- e) detalni loyihalashni o‘rgatuvchi fan;
- f) uzelni loyihalashni o‘rgatuvchi fan.

2. Mashinasozlik sanoatida eng ko‘p ishlatiladigan materiallar va ularning turlarini yozing:

- a) cho‘yan; e) metallmas materiallar;
- b) po‘lat; f) hammasi.
- d) rangli metallar;

3. Mashina va detallarning ishga layoqatliligini ko‘rsating:

- a) mustahkamlik, bikirlik;
- b) issiqbardoshlik;
- d) yeyilishga chidamlilik;
- e) titrashga chidamlilik;
- f) hammasi.

4. Mustahkamlik va bikirlik nima?

- a) mustahkamlik – detalning deformatsiyalanishi me‘yorida bo‘lgan holda ma’lum vaqt davomida benuqson ishlay olish xususiyati;
- b) $y < [y]$; e) $y < [y]$;
- d) $s_{\max} = [s]$; f) $f > [f]$.

5. Bal bilan o‘qning farqi nimada?

- a) vallar va o‘qlar – tishli g‘ildirak, shkviv va shu kabi aylanuvchi qismlarni o‘rnatish uchun ishlatiladigan asosiy detaldir;
- b) tuzilishi bir xil;
- d) bajaradigan ishiga ko‘ra farq qiladi;
- e) o‘qlarning vazifasi detallarning aylanishiga sharoit yaratib berishdir;
- f) vallarning vazifasi detallarning aylanishini ta‘minlash bilan birga, burovchi moment uzatishdan iborat.

6. To'g'ri tishli silindrsimon g'ildiraklarni eguvchi kuchlanish bo'yicha hisoblash:

a) $y_g = y_{eg} - y_s$;

b) $y_{eg} = -y_{eg} - y_g$;

d) $y_F = \frac{F_t \cdot K_F}{b \cdot m}$;

e) $y_F = \frac{F_t \cdot Y_K \cdot K_{Fd} \cdot K_{KV}}{b \cdot m} = [\sigma_F]$;

f) to'g'ri javob yo'q.

7. Chervyakli uzatma kontakt va eguvchi kuchlanish bo'yicha qanday hisoblanadi?

a) $\sigma_H = \sqrt{\frac{q \cdot E_K}{\rho_K \cdot 2\pi(1 - \mu^2)}}$;

b) $\sigma_H = \frac{480}{d_2} \sqrt{\frac{T_2 \cdot K_H}{d_1}} \leq [\sigma_H]$;

d) $\sigma_F = 0,7 \cdot \frac{F_{t2} \cdot Y_{F2} \cdot K_F}{b_2 \cdot m_n} \leq [\sigma_F]$;

e) a va b;

f) b va d.

8. Qanday hollarda val burovchi moment bo'yicha tekshiriladi?

a) taxminiyl usul;

e) a ham emas;

b) aniqlashtirilgan usul;

f) b ham emas.

d) har ikkalasi;

9. Mexanik uzatmalarning asosiy xarakteristikalari nimalardan iborat?

a) quvvat;

e) uzatmani f.i.k.;

b) burovchi moment;

f) aylanma kuch.

d) burchak tezlik;

10. Mustahkamlik nima?

a) $\sigma_{MAX} \leq [\sigma]$;

e) $\vartheta_{MAX} \leq [\vartheta]$;

b) $\tau_{MAX} \leq [\tau]$;

f) to'g'ri javob yo'q.

d) $\varphi_{MAX} \leq [\varphi]$;

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. *I. Sulaymonov*. Mashina detallari. T., «O‘qituvchi», 1981.
2. *T.P. Pashidov*. Nazariy mexanika asoslari. T., «O‘qituvchi», 1990.
3. *A. Mansurov*. Materiallar qarshiligi. T., «O‘qituvchi», 1993.
4. *S.A. Yo‘ldoshbekov*. Materiallar qarshiligi. T., «O‘qituvchi», 1995.
5. *Y. Yoqubov*. Nazariy mexanika. T., «O‘qituvchi», 1997.
6. *S.A. Yo‘ldoshbekov*. Mexanizm va mashinalar nazariyasi. T., «O‘qituvchi», 2001.
7. *G.Sh. Zokirov*. Mexanizm va mashinalar nazariyasi. T., «O‘qituvchi», 2002.
8. *N.S. Bibutov*. Materiallar qarshiligi asoslari. T., «Minhoj», 2003.
9. *A. Jo‘raev va boshq.* Mexanizm va mashinalar nazariyasi. T., «O‘qituvchi», 2004.
10. *B.K. Muhamedsaidov va boshq.* Mashina detallari. Elektron darslik. T., 2005.
11. *P.B. Daminova va boshq.* Nazariy mexanika. Elektron darslik. T., 2006.
12. *B.K. Muhamedsaidov, S.A. Yo‘ldoshbekov*. Mexanizm va mashinalar nazariyasi. T., «Boris», 2006.
13. *A.B. Pyatayev, B.K. Muhamedjonov*. Mashina detallari. T., «Moliya-iqtisodiyot», 2007.
14. *B.K. Muhamedsaidov va boshq.* Mashina detallarini mustahkamlikka hisoblash uchun misollar. T., TDPU, 2007.
15. *B.K. Muhamedsaidov va boshq.* Materiallar qarshiligi. Elektron darslik. T., 2007.
16. *A. Nabiye*. Materiallar qarshiligi. T., «O‘qituvchi», 2008.
17. *A. Shoobidov*. Nazariy mexanika asoslari. T., «Yangi avlod», 2008.
18. *I. Bibutov*. Amaliy mexanika. T., «Yangiyo‘l poligrafiya servisi», 2008.
19. *P. Ahmedjanov*. Nazariy mexanika. T., «Yangi avlod», 2008.
20. *P. Tojiboyev, A. Jo‘rayev, P. Maqsudov*. Mashina detallari. T., «O‘qituvchi», 2010.

MUNDARIJA	
Kirish.....	3
<i>1-qism. NAZARIY MEXANIKA</i>	
STATIKA	
<i>1-bob. QATTIQ JISM STATIKASI</i>	
1.1. Asosiy tushunchalar, atamalar va ta'riflar.....	5
1.2. Statikaning asosiy aksiomalari	7
1.3. Bog'lanish va bog'lanish reaksiyalari.....	8
<i>2-bob. BIR NUQTADA KESISHUVCHI KUHLAR</i>	
2.1. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi	9
2.2. Kuchning o'qqa proyeksiyasi.....	11
2.3. Nuqtaga nisbatan kuch momenti (kuchning statik momenti).....	12
<i>3-bob. JUFT KUHLAR NAZARIYASI</i>	
3.1. Juft kuch va juft kuch momenti	13
3.2. Juft kuchlarni qo'shish	15
<i>4-bob. TEKISLIKDA IXTIYORIY JOYLASHGAN</i>	
KUHLAR SISTEMASI	
4.1. Kuchni berilgan nuqtaga keltirish	15
4.2. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar ta'siridagi jismning muvozanat sharti.....	17
4.3. Statik aniq yoki aniqmas masala.....	18
<i>5-bob. FAZOVIY KUHLAR SISTEMASI</i>	
5.1. Bir nuqtada kesishuvchi fazoviy kuchlar sistemasi	19
5.2. Fazoviy kuchlar sistemasining muvozanat shartlari	21
<i>6-bob. OG'IRLIK MARKAZI. MUVOZANAT TURG'UNLIGI</i>	
6.1. Og'irlik markazi	23
6.2. Yuzalarning og'irlik markazi. Yuzalarning statik momenti	25
6.3. Muvozanat turg'unligi. Jism muvozanatining turg'unligi tushunchasi	26
6.4. Jismning turg'unlik sharti.....	26
KINEMATIKA	
<i>1-bob. NUQTA KINEMATIKASI</i>	
1.1. Asosiy tushunchalar.....	28
1.2. Nuqta kinematikasi. Nuqta harakatini berilish usullari	29
<i>2-bob. NUQTANING TEZLIGI VA TEZLANISHI</i>	
2.1. Harakati vektor usulida berilgan nuqtaning tezligi.....	32
2.2. Harakati koordinatalar usulida berilgan nuqtaning tezligi.....	33

2.3. Harakat tabiiy usulda berilgan nuqta tezligi	34
2.4. Harakat vektor usulida berilgan nuqtaning tezlanishi	35
2.5. Harakati koordinatalar usulida berilgan nuqtaning tezlanishi	36
2.6. Harakati tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezlanishi. Urinma va normal tezlanish.....	37

3-bob. QATTIQ JISM KINEMATIKASI

3.1. Qattiq jismning ilgarilanma harakati.....	41
3.2. Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakati	43
3.3. Aylanma harakatning burchak tezligi. Tekis aylanma harakat	44
3.4. Qattiq jismning tekis parallel harakati	45
3.5. Tezliklarning oniy markazi	47
3.6. Tekis shakl nuqtasining tezlanishi.....	48
3.7. Tezlanishlarning oniy markazi	50

DINAMIKA

1-bob. MODDIY NUQTA VA MEXANIK SISTEMA DINAMIKASI

1.1. Dinamikaning asosiy tushuncha va qonunlari	51
1.2. Mexanik sistema dinamikasi	53

2-bob. DINAMIKANING UMUMIY TEOREMALARI

2.1. Moddiy nuqta uchun harakat miqdori va mexanik sistemaning harakat miqdori.....	54
2.2. Moddiy nuqta harakat miqdorining o‘zgarishi haqida teorema.....	54
2.3. Sistema harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teorema	55
2.4. Kuchning ishi va quvvati	56
2.5. Nuqta va sistemaning kinetik energiyasi	57
2.6. Qattiq jismning kinetik energiyasi	58
2.7. Potensialli kuch maydoni	59
2.8. Potensial energiya.....	60
2.9. Sistema mexanik energiyasining saqlanish qonuni.....	61

2-qism. MATERIALLAR QARSHILIGI

1-bob. «MATERIALLAR QARSHILIGI» FANI NIMANI O‘RGATADI?

1.1. Umumiy ma’lumot	62
1.2. Fanning asosiy tushunchalari	63

2-bob. DEFORMATSIYALAR VA KUCHLANISHLAR

HAQIDA TUSHUNCHA

2.1. Cho‘zilish va siqilish. G‘o‘larning ko‘ndalang kesimlarida hosil bo‘ladigan zo‘riqish kuchlari.....	68
2.2. Sterjenning ko‘ndalang kesimidagi kuchlanishlar	69
2.3. Cho‘zilgan yoki siqilgan sterjenlarning mustahkamlik shartlari.....	70

2.4. Bo'ylama deformatsiya. Guk qonuni	73
2.5. Siljish	74
2.6. Buralish	76
2.7. Doiraviy kesimli sterjenning buralishi	76
2.8. Egilish	78
2.9. Inshootlarning tayanchlari va ulardagi reaksiyalar	78

3-qism. MEXANIZMLAR VA MASHINALAR NAZARIYASI

1-bob. MASHINA-MEXANIZMLARNING TURLARI VA TUZILISHLARI

1.1. Mexanizmlarning asosiy turlari	82
---	----

2-bob. MEXANIZMLARNING TUZILISHI

2.1. Bog'lanishlar to'g'risida umumiy tushuncha	85
2.2. Kinematik juftlarning klassifikatsiyasi	87
2.3. Kinematik zanjirlar va ularning turlari	91
2.4. Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlarning tuzilish formulasi (akademik P.L. Chebishev formulasi)	92
2.5. Mexanizmlarning turli vaziyatdagi rejalarini tuzish	94
2.6. Tekislikda harakatlanuvchi mexanizm zveno nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini topish	97
2.7. Kinematik diagrammalar yordami bilan mexanizmlar kinematikasini o'rganish (grafik kinematika)	98
2.8. Urinmalar metodi bilan differensiallash	102
2.9. Mexanizmlar uchun tezliklar rejasi	106
2.10. II klass mexanizmlar uchun tezlanishlar rejasini tuzish	114

4-qism. MASHINA DETALLARI

1-bob. MASHINA DETALLARINI HISOBLASH VA LOYIHALASHGA DOIR UMUMIY MA'LUMOTLAR

1.1. «Mashina detallari» fanining maqsadi	119
1.2. Mashina detallari va uzellariga qo'yiladigan asosiy talablar	119
1.3. Mashina detallarining ishlash qobiliyatini belgilovchi mezonlar	120

2-bob. MEXANIK UZATMALAR

2.1. Mexanik uzatmalar haqida ma'lumot	121
2.2. Tasmali uzatmalarning turlari va qo'llanish sohasi	122
2.3. Ponasimon tasma turlari va o'lchamlari	123
2.4. Tishli uzatmalar	125
2.5. Qiya tishli silindrsimon g'ildirakli uzatmalar	128
2.6. Konussimon tishli g'ildirakli uzatmalar	129
2.7. Chervyakli uzatma	130
2.8. Chervyakli uzatmalarning afzalliklari va kamchiliklari	130

3-bob. BIRIKMALAR

3.1. Birikmalar haqida ma'lumot	131
3.2. Pezbali birikmalar.....	133
3.3. Parchinmixli birikmalar.....	136
3.4. Parchinmixli birikmalarning turlari.....	137
3.5. Payvand birikmalar.....	140
3.6. Payvandlashning asosiy turlari.....	141
3.7. Payvand birikmalar va choklarning turlari	143
3.8. Shponkali birikmalarning tuzilishi	145
3.9. Shlisli birikmalar	149
Testlar.....	152
Foydalanilgan adabiyotlar	171

M96 **JAMOA. TEXNIK MEXANIKA.** Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. –T.: «ILM ZIYO», 2015. –176 b.

I.Muallifdosh.

UO'K: 621.1.011(075.32
KBK 30.12

ISBN 978-9943-16-237-2

B.K.MUHAMADJONOV, A.AZIMOV,
R.B. DAMINOVA, M.ESHPO'LATOVA

TEXNIK MEXANIKA

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

Toshkent – «ILM ZIYO» – 2015

Muharrir *I. Usmonov*
Badiiy muharrir *M. Burhonov*
Texnik muharrir *F. Samadov*
Musahhih *M. Ibrohimova*

Noshirlik litsenziyasi AI № 275, 15.07.2015-y.

2015-yil 2-dekabrda chop etishga ruxsat berildi. Bichimi 60x90 $\frac{1}{16}$.
«Times New Roman» harfi. Ofset usulida bosildi. Bosma tabog'i 11,0.
Nashr tabog'i 10,0. 1406 nusxa. Buyurtma № 20.

«ILM ZIYO» nashriyot uyi. Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30-uy.

«PAPER MAX» xususiy korxonasida chop etildi.
Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30-uy.