

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
MAKTABGACHA VA MAKTAB TA'LIMI
VAZIRLIGI
NAMANGAN DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI

TEXNOLOGIYA FANINI O'QITISH HUQUQINI
BERISH BO'YICHA KASBIY VA PEDAGOGIK QAYTA
TAYYORLASH KURSINING TEXNIK MEXANIKA
FANIDAN
O'QUV USLUBIY MAJMUA

NAMANGAN-2026

Ushbu o'quv uslubiy majmua Texnologik ta'lim yo'nalishi talabalari uchun "Texnik mexanika" fani davlat ta'lim standartlari asosida tuzilgan ishchi dasturga muvofiq tayyorlandi.

Amaliy ishlari sarlavxa, ishning maqsadi, iazariy qism, ish bajarish jixozlari, tartibi, tekshirish savollari, xisobot yozishdan iborat. Amaliy ishlarini bajarish talabalar nazariy bilimini amaliyotda tadbqiq qilish tarbiyalaydi va mustaxkamlaydi.

Muallif:

katta o'qituvchi M.Ibroximov

Taqrizchilar:

p.f.n., professor X.Akramov,

F-m.f.n., professor I.Uluxanov

"Texnik mexanika" fanidan o'quv uslubiy majmua NamDPI "Intellectual fanlar va axborot texnologiyalari" kafedrasining 2026 yil __ avgustdagi majlisida muxokama qilingan. Bayonnoma №1

NamDPI ilmiy uslubiy kengashda maqullangan va nashir etishga tavsiya etilgan. 2026 yil __ avgust. Bayonnoma №1

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
MAKTAB VA MAKTABGACHA TA’LIM VAZIRLIGI
NAMANGAN DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI

“TASDIQLAYMAN”

Aniq va tabiiy fanlar fakulteti

_____ **T. Abdullayev**

2026 yil “_____” _____

TEXNOLOGIYA FANINI O‘QITISH HUQUQINI
BERISH BO‘YICHA KASBIY VA PEDAGOGIK QAYTA
TAYYORLASH KURSINING TEXNIK MEXANIKA FANINING
O‘QUV DASTURI
(Ishlab chiqarishdan ajralgan va ajralmagan holda)

10011046 - Texnologiya fanini o‘qitish huquqini berish bo‘yicha
kasbiy va pedagogik qayta tayyorlash

Mazkur o‘quv uslubiy majmua Aniq va tabiiy fanlar fakulteti Kengashining 2026 yil ____ avgustdagi ____ sonli yig‘ilish bayoni bilan maqullangan

Mazkur o‘quv uslubiy majmua Namangan davlat pedagogika institutining “Intelektual fanlar va axborot texnologiyasi” kafedrası tomonidan taqdim etilgan (kafedraning 2026-yil ____-avgustdagi ____-sonli yigrilish bayoni)

Tuzuvchilar:

M.Ibroximov – p.f.f.d., (PhD) katta o‘qituvchi, Namangan davlat pedagogika institutining “Intelektual fanlar va axborot texnologiyasi” kafedrası

Taqrizchilar:

Sh.B. Tursunova – p.f.f.d., (PhD) dotsent, Namangan davlat pedagogika institutining “Intelektual fanlar va axborot texnologiyasi” kafedrası

A.B. Nabiyeu - t.f.f.d., (PhD) dotsent, Namangan davlat universiteti “San’atshunoslik” kafedrası

Fan ma'lumotlari				
Fan/modul kodi TexMex1304	O'quv yili 2026-2027	Oylar 3-4		
Fan/modul turi Umumkasbiy fanlar	Ta'lim tili O'zbek	O'quv rejadagi tartib raqami 10011046-3.2		
Fanning nomi Texnik mexanika	Jami yuklama (soat)	Auditoriya mashg'ulotlari Jami 40 soat, shundan		
	40	Ma'ruza	Amaliy	Lab-ya
		10	20	10

1. Fanning mazmuni
Fanning maqsadi – Talabalarda Texnik mexanika kursining nazariy asoslariga oid bilim, ko'nikma va malakalarni shakllantirish, ularni moddiy jismlarning bir-biriga ko'rsatadigan ta'siri va mexanik harakatining umumiy qonunlari haqidagi ilmiy asoslari bilan tanishtirish. Fanning vazifasi – Ushbu maqsadga erishish uchun fan talabalarni nazariy bilimlar, amaliy ko'nikmalalar, mexanizmlarning tuzilishini (strukturasini) shuningdek, bu mexanizmlarning kinematik hamda dinamik xossalarini o'rganish vazifalarini bajaradi.

3.	Fanni o'zlashtirish uchun zarur boshlang'ich bilimlar
1.	(MT2404) Mashinasozlik texnologiyaasi
2.	(TIK1604) Texnik ijodkorlik va konstruksiyalash
3.	(EYYe1304) Elektrotexnika, elektronika va elektryuritmalar

4.	Ta'lim natijalari (TN)
	<i>Kasbiy kompetensiyalar:</i>
TN1	“Texnik mexanika” o'quv fanini o'zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida talaba: O'z bo'lajak kasbining mohiyati va ijtimoiy ahamiyati hamda texnik mexanika asoslari haqida tushunchaga ega bo'lishi kerak sanoat robotlari asosi, roboto texnika sohasida tizimlar va modellar to'g'risida tasavvurga ega bulishi kerak;
TN2	Loyihalarni yaratish va ulardan turli xil konstruksiyalar tayyorlash, ularga isglov berish usullarini to'laqonli egallash
TN3	Ishlab chiqarishni tashkil etish, texnologik jarayonlarni boshqarish asoslarini egallagan bo'lishi
	<i>Ko'nikmalar:</i>
TN4	Texnik mexanika kursi nazariyasining nazariy asoslarida moddiy

	jismlarining bir-biriga ko'rsatadigan ta'siri va mexanik harakatining umumiy qonunlari haqidagi, loyihalangan mashinalar, ularning detallari mumkin qadar engil, etarli darajada mustahkam, ishqalanishga chidamlilik xususiyatlarini o'rganish, mexanizmlarning tuzilishini (strukturasini) shuningdek, bu mexanizmlarning kinematik hamda dinamik xossalari o'rganish, hamma turdagi mashinalar uchun umumiy bo'lgan detal va uzellarning tuzilishi hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejimli qilib hisoblash va loyihalash usullarini o'rganish masalasi yuzasidan olingan bilimlarni amalda qo'llay olish ko'nikmalariga ega bo'lish.
TN5	Texnik mexanika kursi nazariy asoslaridagi barcha masalalar yuzasidan olingan bilimlardan real sharoitda foydalana olish

5.	Fan mazmuni va mashg'ulotlar shakli:	Soat
	Ma'ruza (M)	10
MI	Statika. Bir nuqtada kesishuvchi va parallel kuchlar sistemasi. Statika. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarni qo'shish. Kuchning o'qidagi proektsiyasi. Parallel kuchlarini qo'shish. Kuchning nuqtaga va o'qqa nisbatan momenti	1
M2	Kinematikaning asosiy tushunchalar. Kinematikaning asosiy tushunchalar. Nuqta kinematikasi. Nuqta harakatlarining berilish usullari. Harakati vektor, koordinata va tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezligi, tezlanishi. Qattiq jismning ilgarilama va aylanma harakati.	1
M3	Materiallar qarshiligi. Materiallar qarshiligi. Konstruksiya elementlari haqida tushunchalar. Ichki kuchlar va ularni aniqlash metodi. Kuchlar klassifikatsiyasi. Kuchlanishlar. Deformatsiya turlari. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasi. Cho'zilish va siqilish kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ichki kuch va kuchlanish.	1
M4	Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi. Mexanizm tuzilishi va klassifikatsiyasi. Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi bo'limini o'rni va ahamiyati, rivojlanish tarixi. Mexanizmlarning elementlari. Kinematik juftlar va ularning shartli belgilanishi. Kinematik juft klassifikatsiyasi. Kinematik zanjirlar, ularning turlari va erkinlik darajasi.	1
M5	Mexanizmlarning asosiy turlari. Mexanizmlarning asosiy turlari to'g'risida ma'lumot. Mexanizm tuzuvchi guruhlar. Accur guruhi. Mexanizmlar kinematikasining asosiy masalalari va tekshirish metodlari. Mexanizmlarning turli vaziyat planlari.	1
M6	Mexanizmlar kinematikasi grafo-analitik tekshirish.	1
M7	Mashina detallari bo'limining o'rni va ahamiyati. Mashina detallari fanining o'rni va ahamiyati, rivojlanish tarixi, nazariy va	1

	metodologik asoslari va o'rganiladigan muammolari. Detallarni ishlash layoqati va uni ta'minlash. Mexanik uzatmalar haqida ma'lumot.	
M8	Tishli uzatmalar. Tishli uzatmalar. To'g'ri tishli silindrik g'ildirak tishlarni kontakt kuchlanish bo'yicha hisoblash.	1
M9	Zanjirli uzatmalarni hisoblash asoslari. Zanjir sharnirlarining yeyilishiga chidamliligini aniqlash.	1
M10	Vallar va o'qlarni mustahkamlikka hisobi	1
	Amaliy mashg'ulot (A)	20
A1	Bog'lanish va bog'lanish reaksiyasi.	2
A2	Fazodagi ixtiyoriy vaziyatda joylashgan juft kuchlarni qo'shish.	2
A3	Juft kuchlarning sistemasining muvozanati.	2
A4	Siljishga (parchin mixli birikma) doir masalalar.	2
A5	Buralish deformatsiyasi doir masalalar.	2
A6	Mexanizm zvenolarining qo'zg'aluvchanlik darajasini aniqlash.	2
A7	Mexanizm zvenolarining turli vaziyatlarini planini tuzish. Mexanizm zvenolarining tezlik planini tuzish.	2
A8	Ponasimon tasmali uzatma hisobi	2
A9	Tishli uzatma hisobi	2
A10	Zanjirli uzatma hisobi	2
	Laboratoriya mashg'uloti (L)	10
L1	Cho'zilish va siqilishdagi elastiklik moduli "E"ni aniqlash. Plastik materiallarni cho'zilishga va siqilishga tekshirish. Mo'rt materiallarni cho'zilishga va siqilishga tekshirish.	2
L2	Yog'ochni siquvchi kuchlarga bardosh bera olishini sinash.	2
L3	Silindrsimon tishli g'ildiraklar va ulardan tuzilgan uzatma konstruksiyasini o'rganish hamda ularning parametrlarini aniqlash. Konussimon tishli g'ildiraklar va ulardan tuzilgan uzatma konstruksiyasini o'rganish hamda ularning parametrlarini aniqlash.	2
L4	Chervyakli uzatma elementlari konstruksiyalarini o'rganish. Silindrsimon tishli g'ildirakli reduktorlarning tuzilishini o'rganish va ularning parametrlarini aniqlash.	2
L5	Konussimon tishli g'ildirakli reduktorlarning tuzilishini o'rganish va ularning parametrlarini aniqlash. Zanjirli uzatmalarning tuzilishini o'rganish va ularning parametrlarini aniqlash.	2

6.	Mustaqil ta'lim topshiriqlari*
1	“Texnik mexanika” fanining rivojlanish tarixi. Bir tekislikda yotuvchi juft kuchlarni qo‘shish. Juft kuchlarning sistemasining muvozanat shartlari.
2	Parallel kuchlarini qo‘shish. Kuchning nuqtaga va o‘qqa nisbatan momenti. Harakati tabiiy usulida berilgan nuqtaning tezligi.
3	Nuqta tezligi va tezlanishiga oid masalalar. Tekis shakl nuqtasining tezlik va tezlanishi.
4	Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalarini. Doiraviy kesim yuzali sterjenni buralishidan hosil bo‘lgan kuchlanish.
5	Sof egilishdagi normal kuchlanish. Egilishdagi urinma kuchlanish.
6	Ustuvorlik va kritik kuch haqida tushuncha. Murakkab qarshilik. Egilish bilan buralishning birgalikdagi ta’siri.
7	Mexanizmlar tuzilishining taxlili. Mexanizmlar klassini aniqlash.
8	Mexanizmning asosiy turlari va ularning tadbiqu. Mexanizmlarning turli vaziyatdagi planlarini qurish.
9	Mexanizmlarni tekshirishning diagrammalar usuli. Urinma, ordi-natalar va vavatarlar usuli. Tekis mexanizmlarni kinematik loyihalash (sintezlash) masalalari.
10	Kulachokli mexanizmni kinematik loyihalash. Mashinasozlikda ishlatiladigan materiallar.
11	Tishli g‘ildiraklarning yemirilish turlari. Qiya va shevron tishli silindr uzatmalarni hisoblashning o‘ziga xos xususiyatlari.
12	Konussimon g‘ildirakli tishli uzatmalarni eguvchi kuchlanish bo‘yicha. Chervyakli uzatmani eguvchi kuchlanish bo‘yicha hisoblash.
13	Zanjirli uzatmadagi kuchlar va ularni hisoblash tartibi. Vallarni mustahkamlikka hisoblashning aniqlashtirilgan va taqribiy usuli.
14	Sirpanish podshipniklar haqida umumiy ma’lumot. Dumalash podshipniklar haqida umumiy ma’lumot.
15	Muftalar haqida umumiy ma’lumot. Birikmalar haqida umumiy ma’lumot.

7.	Ta'lim texnologiyalari va metodlari
	S ma'ruzalar; S amaliy, laboratoriya ishlarni bajarish va xulosalash; S interfaol keys-stadilar; S blits-so'rov;
	S guruhlarda ishlash; S taqdimotlar qilish; S jamoa bo'lib ishlash va himoya qilish uchun loyihalar.
8.	Talabalar tomonidan kreditlarni olish uchun talablar
	Fanga oid nazariy va uslubiy tushunchalarni to'la o'zlashtirish, taNil natijalarini to'g'ri aks ettira olish, o'rganilayotgan jarayonlar haqida mustaqil mushohada yuritish va nazorat uchun berilgan vazifa va topshiriqlarni bajarish, yakuniy nazorat bo'yicha yozma ishni topshirish.

9.	Talabala bilimini baholash mezonlari
a)	5 baho olish uchun talabaning bilim darajasi quyidagilarga javob berishi lozim: S fanning mohiyati va mazmunini to'liq yoritilgan bo'lsa; S fanning mavzularni bayon qilishda ilmiylik va mantiqiylik saqlanib, ilmiy xatolik va chalkashliklarga yo'l qo'ymas; S fan bo'yicha mavzu materiallarining nazariy yoki amaliy ahamiyati haqida aniq tasavvurga ega bo'lsa; S fan doirasida mustaqil erkin fikrlash qobiliyatini namoyon etgan bo'lsa; S berilgan savollarga aniq va lo'nda javob bera bo'lsa; S konspektga puxta tayyorlangan bo'lsa; S mustaqil topshiriqlarni to'liq va aniq bajargan bo'lsa; S barcha amaliy ko'nikma va malakalarni o'zlashtirgan bo'lsa; S nazariy bilimlarni turli vaziyatda qo'llash olish;
b)	4 baho olish uchun talabaning bilim darajasi quyidagilarga javob berishi lozim: S fanning mohiyati va mazmunini tushungan, fanning mavzularni bayon qilishda ilmiy va mantiqiy chalkashliklarga yo'l qo'ymas; S fanning mazmunini amaliy ahamiyatini tushungan bo'lsa; S fan bo'yicha berilgan vazifaga topshiriqlarni o'quv dasturi doirasida bajarsa; S fan bo'yicha berilgan savollarga to'g'ri javob bera bo'lsa; S fan bo'yicha konspektini puxta shakllantirgan bo'lsa; S fan bo'yicha mustaqil topshiriqlarni to'liq bajargan bo'lsa; S barcha amaliy ko'nikma va malakalarni o'zlashtirishga harakat qilgan bo'lsa; S barcha amaliy ko'nikma va malakalarni o'zlashtirishga harakat qilgan bo'lsa.
d)	3 baho olish uchun talabaning bilim darajasi quyidagilarga javob berishi lozim:

S fan haqida umumiy tushunchaga ega bo'lsa;
 S fandagi mavzulami tor doirada yoritib, bayon qilishda
 ayrim chalkashliklarga yo'l qo'yilmasa;
 S fan bo'yicha mustaqil topshiriqlarni to'liq bajargan bo'lsa; S bayon qilish
 ravon bo'lmasa;

e) quyidagi hollarda talabani bilim darajasi qoniqarsiz 2 baho bilan baholanishi mumkin:

S fan bo'yicha mashg'ulotlarga tayyorgarlik ko'rilmagan bo'lsa;
 S fan bo'yicha mashg'ulotlarga doir hech qanday tasavvurga ega bo'lmasa; S
 fan bo'yicha mustaqil topshiriqlarni to'liq bajarmagan bo'lsa;
 S fan bo'yicha matnlarni boshqalardan ko'chirib olganligi sezilib tursa;
 S fan bo'yicha matnda jiddiy xato va chalkashliklarga yo'l qo'yilgan bo'lsa;
 S fanga doir berilgan savollarga javob olinmasa;
 fanni bilmasa.

10. Fovdalanilgan adabiyotlar
Asosiy adabiyotlar
1. B.K.Muxamedsaidov, Sh.Alimuxamedov, R.B.Daminova "Texnik mexanika" 1-qism (Nazariy mexanika). //T. Innovatsiya-Ziyo. 2022.
2. B.K.Muxamedsaidov, Sh.Alimuxamedov, R.B.Daminova "Texnik mexanika" 2-qism (Materiallar qarshiligi).//T. Innovatsiya-Ziyo. 2022.
3. B.K.Muxamedsaidov, Sh.Alimuxamedov, R.B.Daminova "Texnik mexanika" 3-qism (Mexanizm va mashinalar nazariyasi)//T. Innovatsiya-Ziyo. 2022.
4. B.K.Muxamedsaidov, Sh.Alimuxamedov, R.B.Daminova "Texnik mexanika" 4-qism (Mashina detallari).//T. Innovatsiya-Ziyo. 2022.
5. R.B.Daminova. "Texnik mexanika" fanidan amaliy mashg'ulotlar bo'yicha masalalar to'plami". O'quv qo'llanma. Ilm ziyo zakovat.//T.2023.
Qo'shimcha adabiyotlar
1. Sh.M.Mirziyoyev. Erkin va farovon, demokratik O'zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz.: Toshkent «O'zbekiston» NMIU, 2016.
2. Sh.M.Mirziyoyev. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash-yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi.: Toshkent «O'zbekiston» NMIU, 2017.
3. Sh.M.Mirziyoyev. Taraqqiyot yo'limizni qat'iyat bilan davom ettirib, yangi bosqichga ko'taramiz.: Toshkent «O'zbekiston» NMIU, 2017.
4. Shoobidov A. "Nazariy mexanika asoslari"//T. Yangi avlod. 2008.
5.Uluxanov I.T. Texnik mexanika. T. Fan ziyosi. 2024. -398 b.
Axborot manbalari
1. www.ziynet.uz
2. www.referat.uz

3	www. tdtu.uz
4.	https://voltiq.ru/arduino-and-hc-05-hc-06/
5.	http://www.robotics.utexas.edu/rrg
6.	https://www.tudelft.nl/en/ . (Delft University of Technology (TU Delft), Niderlandiya 3-o‘rin)
7.	https://www.ntu.edu.sg/ (Nanyang Technological University (NTU), Singapur 2-o‘rin)
8.	https://www.tum.de/en/ . (Technical University of Munich (TUM) — Germaniya 9-o‘rin)
9.	https://web.mit.edu/ (Massachusetts Institute of Technology (MIT), AQSh 1-o‘rin)

1-MA'RUZA

STATIKA. BIR NUQTADA KESISHUVCHI VA PARALLEL KUCHLAR SISTEMASI

Reja:

1. Statikaning asosiy tushunchalari va aksiomalari
2. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarni qo'shish (geometrik va analitik usul)
3. Kuchning o'qdagi proyeksiyasi
4. Parallel kuchlarni qo'shish
5. Kuchning nuqtaga va o'qqa nisbatan momenti

1. Statikaning asosiy tushunchalari

Statika — nazariy mexanikaning bo'limi bo'lib, unda kuchlar ta'siridagi qattiq jismlarning muvozanat shartlari va kuchlar sistemasini unga ekvivalent sodda sistemaga keltirish usullari o'rganiladi. **Kuch** deb jismlarning o'zaro mexanik ta'sirining o'lchoviga aytiladi. Kuch vektor kattalik bo'lib, uchta element bilan aniqlanadi: son qiymati (moduli), yo'nalishi va qo'yilish nuqtasi. Kuchning birligi — nyuton (N), $1 \text{ kN} = 10^3 \text{ N}$.

Qattiq jism deb har qanday sharoitda ikki nuqtasi orasidagi masofa o'zgarmaydigan jismga aytiladi. **Muvozanat** — jismning boshqa jismlarga nisbatan tinch turishi yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatlanishi. Kuchlar sistemasi ($F_1, F_2, \dots, F_n$) jismga ta'sir etganda, uni bitta kuch R bilan almashtirish mumkin bo'lsa, R shu sistemaning **teng ta'sir etuvchisi** deyiladi.

Statikaning aksiomalari: 1) ikki kuch ta'siridagi erkin qattiq jism faqat kuchlar modul bo'yicha teng, bir to'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi yo'nalgandagina muvozanatda bo'ladi; 2) jismga ta'sir etayotgan kuchlar sistemasiga muvozanatlashgan kuchlar sistemasini qo'shish yoki olib tashlash uning holatini o'zgartirmaydi; 3) bir nuqtaga qo'yilgan ikki kuchning teng ta'sir etuvchisi parallelogramm diagonal bo'yicha aniqlanadi; 4) ta'sir va aks ta'sir kuchlari modul jihatdan teng, yo'nalishi qarama-qarshi bo'ladi; 5) bog'lanishlardan bo'shatish aksiomasi.

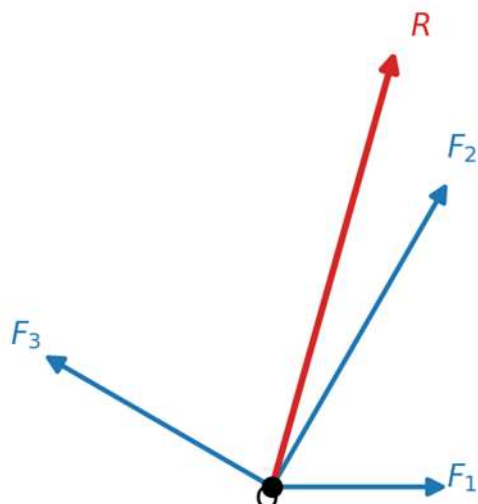
2. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarni qo'shish

Ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishadigan kuchlar sistemasi **yaqinlashuvchi kuchlar sistemasi** deyiladi. Bunday sistema bitta teng ta'sir etuvchiga keltiriladi, uning ta'sir chizig'i ham shu nuqtadan o'tadi.

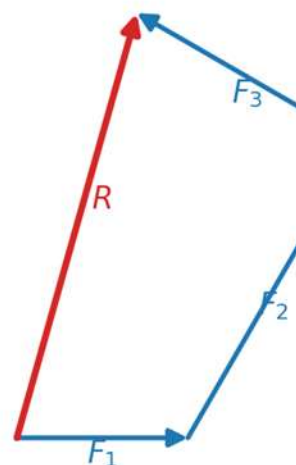
Geometrik usul. Birinchi kuch F_1 vektorining oxiriga F_2 ni, uning oxiriga F_3 ni va hokazo ketma-ket parallel ko'chiramiz. Birinchi vektorning boshini oxirgi vektorning oxiri bilan tutashtiruvchi vektor teng ta'sir etuvchi R ni beradi (1-rasm, b). Hosil bo'lgan shakl **kuch ko'pburchagi** deyiladi:

$$R = F_1 + F_2 + \dots + F_n = \sum F_i$$

a) Kuchlar sistemasi



b) Kuch ko'pburchagi



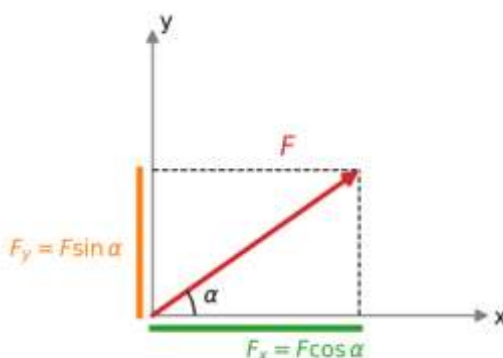
1-rasm. Yaqinlashuvchi kuchlar sistemasi va kuch ko'pburchagi

Sistema muvozanatda bo'lishi uchun kuch ko'pburchagi yopiq bo'lishi kerak, ya'ni $R = 0$.

3. Kuchning o'qdagi proyeksiyasi

Kuchning o'qdagi proyeksiyasi — kuch vektorining boshi va oxiridan shu o'qqa tushirilgan perpendikulyarlar orasidagi kesma uzunligi bo'lib, kuch yo'nalishi o'q yo'nalishi bilan o'tkir burchak hosil qilsa musbat, o'tmas burchak hosil qilsa manfiy olinadi. Kuch tekislikda α burchak ostida yo'nalgan bo'lsa (2-rasm):

$$F_x = F \cdot \cos \alpha, \quad F_y = F \cdot \sin \alpha, \quad F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}, \quad \operatorname{tg} \alpha = F_y / F_x$$



2-rasm. Kuchning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari

Analitik usul. Teng ta'sir etuvchining proyeksiyasi tashkil etuvchilar proyeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng (proyeksiyalar haqidagi teorema):

$$R_x = \sum F_{ix}, \quad R_y = \sum F_{iy}, \quad R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (1)$$

Muvozanat shartlari (tekis yaqinlashuvchi sistema uchun): $\sum F_{ix} = 0, \sum F_{iy} = 0$.

Misol. O nuqtaga $F_1 = 10 \text{ N}$ (x o'qi bo'ylab, 0°), $F_2 = 20 \text{ N}$ (60°) va $F_3 = 15 \text{ N}$ (150°) kuchlar qo'yilgan. Proyeksiyalar: $R_x = 10 + 20 \cdot \cos 60^\circ + 15 \cdot \cos 150^\circ = 7,01 \text{ N}$; $R_y = 0 + 20 \cdot \sin 60^\circ + 15 \cdot \sin 150^\circ = 24,82 \text{ N}$. Demak, $R = \sqrt{7,01^2 + 24,82^2} \approx 25,8 \text{ N}$, yo'nalishi $\operatorname{tg} \alpha = 24,82 / 7,01 \approx 3,54$, ya'ni $\alpha \approx 74,2^\circ$.

4. Parallel kuchlarni qo'shish

Bir tomonga yo'nalgan ikki parallel kuchning teng ta'sir etuvchisi ularga parallel, ular tomonga yo'nalgan, moduli yig'indiga teng bo'lib, qo'yilish nuqtasi kuchlar qo'yilgan A va B nuqtalarni tutashtiruvchi kesmani kuchlarga teskari proporsional bo'laklarga bo'ladi (3-rasm, b):

$$R = F_1 + F_2, \quad AC/CB = F_2/F_1 \quad (2)$$

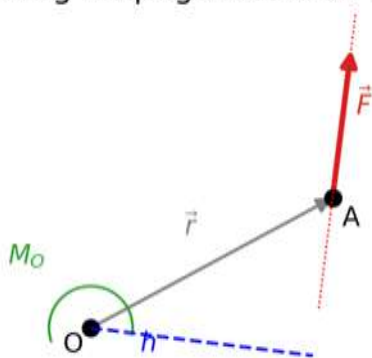
Qarama-qarshi yo'nalgan, modul jihatdan teng bo'lmagan ikki parallel kuchning teng ta'sir etuvchisi $R = |F_1 - F_2|$, u katta kuch tomoniga yo'nalgan va qo'yilish nuqtasi kuchlarning tashqarisida, katta kuchga yaqin yotadi. Modullari teng, parallel va qarama-qarshi yo'nalgan ikki kuch **juft kuch** deb ataladi; uning teng ta'sir etuvchisi yo'q, u jismni faqat aylantiradi. Juftning momenti $M = F \cdot d$, bu yerda d — juft yelkasi.

5. Kuchning nuqtaga va o'qqa nisbatan momenti

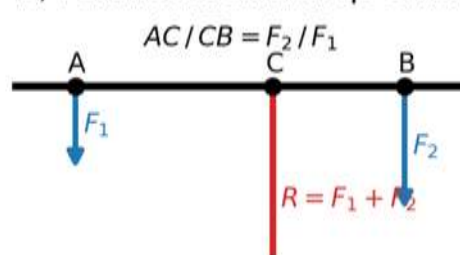
Kuchning O nuqtaga (markazga) nisbatan momenti deb kuch modulining shu nuqtadan kuchning ta'sir chizig'igacha bo'lgan eng qisqa masofa h (kuch yelkasi) ga ko'paytmasiga aytiladi. Soat strelkasiga teskari aylantirsa musbat, aksincha bo'lsa manfiy ishora olinadi:

$$M_O(F) = \pm F \cdot h = r \times F \quad (3)$$

a) Kuchning nuqtaga nisbatan momenti



b) Parallel kuchlarni qo'shish



3-rasm. Kuchning moment va parallel kuchlarni qo'shish

Kuch ta'sir chizig'i O nuqtadan o'tsa, uning momenti nolga teng ($h = 0$). **Varinyon teoremasi:** teng ta'sir etuvchining biror nuqtaga nisbatan momenti tashkil etuvchilarning shu nuqtaga nisbatan momentlari yig'indisiga teng: $M_O(R) = \sum M_O(F_i)$.

Kuchning o'qqa nisbatan momenti — kuchning o'qqa perpendikulyar tekislikdagi proyeksiyasining shu tekislik bilan o'qning kesishgan nuqtasiga nisbatan momentidir: $M_z(F) = \pm F_{xy} \cdot h$. Kuch o'qni kessa yoki unga parallel bo'lsa, uning shu o'qqa nisbatan momenti nolga teng. Fazoda $M_x = yF_z - zF_y$, $M_y = zF_x - xF_z$, $M_z = xF_y - yF_x$.

1-jadval. Statikaning asosiy kattaliklari

Kattalik	Belgilanishi	Hisoblash formulasi	O'lchov birligi
Kuchning proyeksiyasi	F_x, F_y	$F \cos \alpha, F \sin \alpha$	N, kN
Teng ta'sir etuvchi	R	$\sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2}$	N, kN
Kuchning nuqtaga nisbatan momenti	$M_O(F)$	$\pm F \cdot h$	N·m
Juft kuch momenti	M	$F \cdot d$	N·m

Kattalik	Belgilanishi	Hisoblash formulasi	O'lchov birligi
Kuchning o'qqa nisbatan momenti	$M_z(F)$	$\pm F_{xy} \cdot h$	$N \cdot m$

6. Bog'lanishlar va ularning reaksiyalari

Jismning erkin harakatiga to'sqinlik qiluvchi boshqa jismlar **bog'lanishlar** deyiladi. Bog'lanishning jismga ko'rsatadigan ta'siri **bog'lanish reaksiyasi** bilan almashtiriladi (bog'lanishlardan bo'shatish aksiomasi). Reaksiya kuchi bog'lanish to'sqinlik qilayotgan siljish tomoniga qarama-qarshi yo'naladi.

2-jadval. Asosiy bog'lanish turlari

Bog'lanish turi	Reaksiya yo'nalishi	Noma'lumlar soni
Silliq sirt yoki tayanch	Sirtga umumiy normal bo'ylab, jismga qarab	1 (modul)
Ip, zanjir, arqon	Ip bo'ylab, ipning tarang bo'lishi tomoniga	1 (modul)
Silindrik sharnir (qo'zg'aluvchan tayanch)	Tayanch yuzasiga perpendikulyar	1 (modul)
Qo'zg'almas sharnir	Yo'nalishi noma'lum, X va Y tashkil etuvchilarga ajratiladi	2 (X, Y)
Qattiq mahkamlash (zadelka)	Ikki kuch tashkil etuvchisi va reaktiv moment	3 (X, Y, M)

7. Muvozanat masalalarini yechish tartibi

- Muvozanati o'rganilayotgan jism (yoki tugun) tanlanadi;
- Bog'lanishlar tashlab yuboriladi va ularning reaksiyalari qo'yiladi, berilgan (aktiv) kuchlar ko'rsatiladi;
- Koordinata o'qlari tanlanadi (iloji boricha noma'lum kuchlardan biriga perpendikulyar);
- $\Sigma F_x = 0$ va $\Sigma F_y = 0$ tenglamalari tuziladi, noma'lumlar topiladi;
- Natija geometrik usulda (kuch ko'pburchagi) yoki boshqa tenglama bilan tekshiriladi.

Misol 2. Og'irligi $G = 200 \text{ N}$ bo'lgan yuk B nuqtada ikkita simmetrik ip bilan osilgan, iplar gorizont bilan 30° burchak hosil qiladi. Ip taranglik kuchlari $T_1 = T_2 = T$. Vertikal o'qqa proyeksiyalar: $\Sigma F_y = 2T \cdot \sin 30^\circ - G = 0$, bundan $T = G/(2 \cdot \sin 30^\circ) = 200 \text{ N}$. Gorizont o'qda proyeksiyalar simmetriya tufayli o'zaro yo'qoladi: $T \cos 30^\circ - T \cos 30^\circ = 0$.

Parallel kuchlar sistemasining muhim xususiyati — og'irlik kuchlari (parallel, bir tomonga yo'nalgan) ning teng ta'sir etuvchisi jismning **og'irlik markazidan** o'tishidir. Bir jinsli jismlar uchun og'irlik markazi koordinatalari $x_C = \Sigma(G_i x_i)/\Sigma G_i$, $y_C = \Sigma(G_i y_i)/\Sigma G_i$ formulalar bilan topiladi; shu ma'noda parallel kuchlarni qo'shish qoidasi amaliy hisoblarda keng qo'llaniladi.

Nazorat savollari

1. Kuch nima va u qanday elementlar bilan aniqlanadi?
2. Kuch ko'pburchagi qoidasini tushuntiring.
3. Kuchning o'qdagi proyeksiyasi qachon musbat, qachon manfiy bo'ladi?
4. Bir tomonga yo'nalgan parallel kuchlarning teng ta'sir etuvchisi qanday topiladi?
5. Kuchning nuqtaga nisbatan momenti qachon nolga teng bo'ladi?

Adabiyotlar: Targ S.M. Nazariy mexanika qisqa kursi; Yablonskiy A.A. Nazariy mexanika kursi; Tursunov M. Nazariy mexanika.

2-MA'RUZA

KINEMATIKANING ASOSIY TUSHUNCHALARI. NUQTA KINEMATIKASI. QATTIQ JISMNING ILGARILAMA VA AYLANMA HARAKATI

Reja:

1. Kinematikaning asosiy tushunchalari
2. Nuqta harakatining berilish usullari
3. Vektor usulda berilgan harakatda tezlik va tezlanish
4. Koordinata usulida tezlik va tezlanish
5. Tabiiy usul: urinma va normal tezlanish
6. Qattiq jismning ilgarilama va aylanma harakati

1. Kinematikaning asosiy tushunchalari

Kinematika — mexanikaning bo'limi bo'lib, unda jismlar harakati ularni vujudga keltiruvchi sabablar (kuchlar) hisobga olinmasdan, faqat geometrik nuqtai nazardan o'rganiladi. Harakat nisbiy tushuncha bo'lgani uchun u doimo biror **sanoq sistemasi** (sanoq jismi bilan bog'langan koordinata o'qlari va vaqtni o'lchash usuli) ga nisbatan qaraladi.

Harakatlanayotgan nuqtaning fazodagi izi **traektoriya** deyiladi. Traektoriya shakliga qarab harakat to'g'ri chiziqli yoki egri chiziqli bo'ladi. Kinematikaning asosiy kattaliklari: **yo'l** s , **tezlik** v (m/s) va **tezlanish** a (m/s²). Vaqt t argument hisoblanadi, boshqa barcha kattaliklar uning funksiyasi sifatida beriladi.

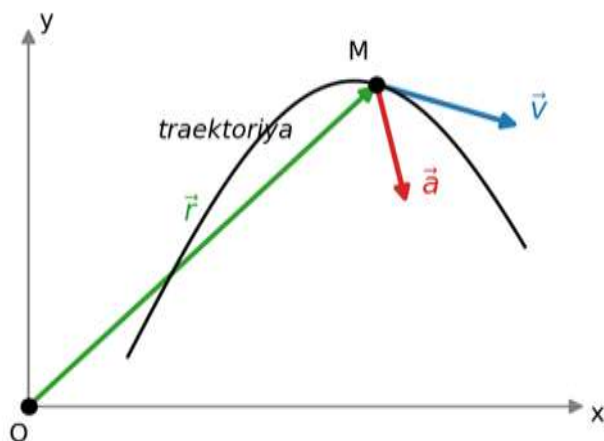
2. Nuqta harakatlarining berilish usullari

1-jadval. Nuqta harakatini berish usullari va kinematik kattaliklar

Usul	Harakat qonuni	Tezlik	Tezlanish
Vektor	$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$	$\mathbf{v} = d\mathbf{r}/dt$	$\mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt = d^2\mathbf{r}/dt^2$
Koordinata (Dekart)	$x = x(t), y = y(t), z = z(t)$	$v_x = \dot{x}, v_y = \dot{y}; v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$	$a_x = \ddot{x}, a_y = \ddot{y}; a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$
Tabiiy	$s = s(t)$ (traektoriya ma'lum)	$v = ds/dt = \dot{s}$	$a_\tau = dv/dt, a_n = v^2/\rho; a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$

3. Vektor usul

Nuqtaning holati koordinata boshi O dan M nuqtagacha o'tkazilgan **radius-vektor** $\mathbf{r}$ bilan aniqlanadi. Harakat davomida $\mathbf{r}$ vaqt o'tishi bilan o'zgaradi, uning uchi traektoriyani chizadi (1-rasm). Tezlik radius-vektordan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilaga teng, u traektoriyaga urinma bo'ylab nuqta harakati tomonga yo'naladi. Tezlanish tezlik vektoridan olingan birinchi hosilaga teng bo'lib, traektoriyaning botiq tomoniga yo'naladi.



1-rasm. Vektor usulda harakat: r , v va a vektorlari

4. Koordinata usuli

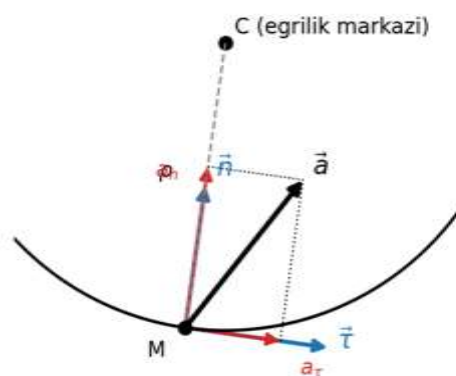
Nuqtaning koordinatalari vaqtning funksiyasi sifatida beriladi. Bu tenglamalar traektoriyaning parametrik tenglamasi hisoblanadi; ulardan t ni yo‘qotib, traektoriya tenglamasi $y = f(x)$ topiladi. Tezlik va tezlanishning proyeksiyalari koordinatalardan vaqt bo‘yicha olingan hosilalarga teng, modullari esa proyeksiyalar bo‘yicha topiladi.

Misol. Nuqta $x = 2t$, $y = t^2$ (m) qonun bo‘yicha harakatlanadi. Traektoriya: $y = x^2/4$ (parabola). $t = 2$ s da: $v_x = 2$, $v_y = 2t = 4$, $v = \sqrt{4+16} = 4,47$ m/s; $a_x = 0$, $a_y = 2$, $a = 2$ m/s². Urinma tezlanish $a_\tau = (v_x a_x + v_y a_y)/v = 8/4,47 = 1,79$ m/s²; normal tezlanish $a_n = \sqrt{a^2 - a_\tau^2} = 0,89$ m/s²; egrilik radiusi $\rho = v^2/a_n \approx 22,4$ m.

5. Tabiiy usul

Traektoriya oldindan ma‘lum bo‘lsa, nuqtaning o‘rni uning ixtiyoriy boshlang‘ich M_0 nuqtadan boshlab hisoblangan yoy koordinatasi $s = s(t)$ bilan aniqlanadi. Harakatlanuvchi tabiiy o‘qlar: urinma τ , bosh normal n (egrilik markaziga qarab). Tezlik vektori faqat urinma bo‘ylab yo‘nalgan, tezlanish esa ikki tashkil etuvchiga ajraladi (2-rasm):

$$a = a_\tau + a_n, \quad a_\tau = dv/dt, \quad a_n = v^2/\rho \quad (1)$$



2-rasm. Tabiiy o‘qlar va tezlanish tashkil etuvchilari

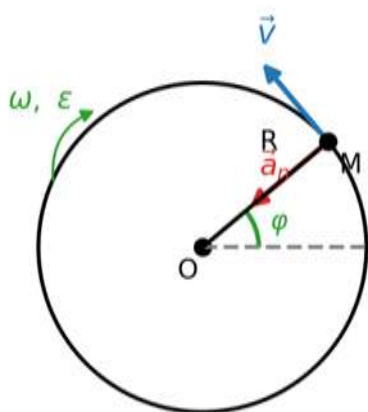
Urinma tezlanish tezlik **modulining** o‘zgarishini, normal tezlanish esa tezlik **yo‘nalishining** o‘zgarishini xarakterlaydi. To‘g‘ri chiziqli harakatda $\rho = \infty$, $a_n = 0$. Tekis harakatda $a_\tau = 0$. Tekis o‘zgaruvchan harakatda $v = v_0 + a_\tau t$, $s = s_0 + v_0 t + a_\tau t^2/2$.

6. Qattiq jismning ilgarilama va aylanma harakati

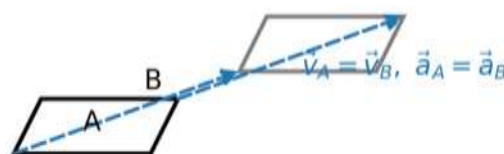
Ilgarilama harakat — jismga o'tkazilgan har qanday to'g'ri chiziq o'z-o'ziga parallel ko'chadigan harakat. Bunda jismning barcha nuqtalari bir xil traektoriya chizadi (ular parallel siljirilganda ustma-ust tushadi), ularning tezliklari va tezlanishlari har onda bir xil bo'ladi (3-rasm, b). Shuning uchun jismning ilgarilama harakati uning bitta nuqtasi harakati bilan to'liq aniqlanadi.

Aylanma harakat — jismning ikki nuqtasi qo'zg'almas bo'lib, ular orqali o'tuvchi to'g'ri chiziq (aylanish o'qi) atrofida sodir bo'ladigan harakat. Harakat qonuni — burilish burchagi $\varphi = \varphi(t)$ (rad). **Burchak tezlik** $\omega = d\varphi/dt$ (rad/s), **burchak tezlanish** $\varepsilon = d\omega/dt$ (rad/s²). Aylanish chastotasi n (ayl/min) bilan $\omega = \pi n/30$.

a) Aylanma harakat



b) Ilgarilama harakat



3-rasm. Qattiq jismning aylanma va ilgarilama harakati

Aylanish o'qidan R masofadagi M nuqtaning chiziqli kattaliklari (Eylar formulalari):

$$v = \omega \cdot R, \quad a_t = \varepsilon \cdot R, \quad a_n = \omega^2 \cdot R, \quad a = R \cdot \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \quad (2)$$

2-jadval. Ilgarilama va aylanma harakat formulalarining o'xshashligi

Kattalik	Ilgarilama harakat	Aylanma harakat
Harakat qonuni	$s = s(t)$	$\varphi = \varphi(t)$
Tezlik	$v = ds/dt$	$\omega = d\varphi/dt$
Tezlanish	$a = dv/dt$	$\varepsilon = d\omega/dt$
Tekis o'zgaruvchan harakat	$v = v_0 + at$	$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$
Bog'lanish	—	$v = \omega R, a_t = \varepsilon R, a_n = \omega^2 R$

7. Nuqta harakatining turlari

Tezlanishning tashkil etuvchilari qiymatiga qarab nuqta harakatini quyidagicha tasniflash mumkin:

3-jadval. Nuqta harakatining turlari

Harakat turi	a_t	a_n	Izoh
Tekis to'g'ri chiziqli	0	0	$v = \text{const}, a = 0$
Tekis o'zgaruvchan to'g'ri chiziqli	const	0	v o'zgaradi, yo'nalish o'zgarmaydi
Tekis egri chiziqli	0	v^2/ρ	v moduli o'zgarmaydi, yo'nalishi o'zgaradi

Harakat turi	a_τ	a_n	Izoh
Tekis aylanma ($\rho = R$)	0	$v^2/R = \omega^2 R$	Tezlanish markazga qarab yo'naladi
Egri chiziqli notekis	dv/dt	v^2/ρ	Umumiy holat

Misol. Maxovik (g'ildirak) $n = 300$ ayl/min chastota bilan aylanadi, radiusi $R = 0,5$ m. Burchak tezligi $\omega = \pi n/30 = \pi \cdot 300/30 = 31,4$ rad/s. Gardish nuqtasining tezligi $v = \omega R = 31,4 \cdot 0,5 = 15,7$ m/s, normal tezlanishi $a_n = \omega^2 R = 31,4^2 \cdot 0,5 \approx 493$ m/s². Tekis aylanishda $\varepsilon = 0$ bo'lgani uchun $a_\tau = 0$ va $a = a_n$.

8. Aylanma harakatning xususiy hollari

Tekis aylanma harakatda $\omega = \text{const}$, $\varphi = \varphi_0 + \omega t$. **Tekis o'zgaruvchan aylanma harakatda** $\varepsilon = \text{const}$ bo'lib, $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$, $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \varepsilon t^2/2$. Agar ω va ε ishoralari bir xil bo'lsa, aylanish tezlashuvchi, har xil bo'lsa sekinlashuvchi hisoblanadi. Mashinalarda aylanma harakat dasturlari — vellar, shkvlar, tishli g'ildiraklar — uzatmalar orqali birlashtiriladi; ularda tegish nuqtalarining chiziqli tezliklari teng bo'ladi: $\omega_1 R_1 = \omega_2 R_2$, bundan uzatish nisbati $u = \omega_1/\omega_2 = R_2/R_1$.

Aylanma harakatdagi jism nuqtalari tezliklari aylanish o'qidan masofaga to'g'ri proporsional bo'lib, tezlik vektori R radiusga perpendikulyar, tezlanish vektori esa tezlik bilan α burchak hosil qiladi: $\tan \alpha = a_\tau/a_n = \varepsilon/\omega^2$. Bu burchak jismning barcha nuqtalari uchun bir xil bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Kinematikada qanday kattaliklar o'rganiladi va sanoq sistemasi nima?
2. Nuqta harakatini berishning qanday usullarini bilasiz?
3. Urinma va normal tezlanish nimani xarakterlaydi?
4. Ilgarilama harakatda jism nuqtalari tezliklari qanday bo'ladi?
5. Aylanma harakatdagi jism nuqtasining tezligi va tezlanishi qanday topiladi?

Adabiyotlar: Targ S.M. Nazariy mexanika qisqa kursi; Butenin N.V. va boshq. Nazariy mexanika kursi; Yablonskiy A.A. Nazariy mexanika kursi.

3-MA'RUZA

MATERIALLAR QARSHILIGI. CHO'ZILISH VA SIQILISH DEFORMATSIYASI

Reja:

1. Materiallar qarshiligi fani va konstruksiya elementlari haqida tushunchalar
2. Kuchlar klassifikatsiyasi. Ichki kuchlar va ularni aniqlash metodi
3. Kuchlanishlar. Deformatsiya turlari
4. Cho'zilish va siqilishda ichki kuch va kuchlanish
5. Hooke qonuni. Mustahkamlik sharti

1. Fanning vazifasi va asosiy tushunchalar

Materiallar qarshiligi — konstruksiya elementlarini mustahkamlik, bikrlilik va turg'unlikka hisoblash usullarini o'rgatuvchi fan. **Mustahkamlik** — konstruksiyaning tashqi kuchlar ta'sirida

buzilmasdan ularga qarshilik ko'rsatish qobiliyati; **bikrlik** — deformatsiyalarning ruxsat etilgan miqdordan oshmasligi; **turg'unlik** — muvozanat shaklining saqlanishi.

Real konstruksiyalar elementlari geometrik shakliga ko'ra uch turga bo'linadi: **sterjen (brus)** — uzunligi ko'ndalang o'lchamlaridan ancha katta; **plastinka va qobiq** — qalinligi boshqa o'lchamlaridan kichik; **massiv jism** — uch o'lchami ham bir xil tartibda. Materiallar qarshiligida asosan sterjenlar (valni, balka, ustun) o'rganiladi. Fanda materialning uzluksizligi, bir jinsliligi, izotropligi, deformatsiyalarning kichikligi va kuchlar ta'sirining mustaqilligi (superpozitsiya) farazlari qabul qilinadi.

2. Kuchlar klassifikatsiyasi

- **Hajmiy kuchlar** — jism hajmi bo'ylab taqsimlangan (og'irlik, inersiya kuchlari), birligi N/m^3 ;
- **Sirt kuchlari** — sirt bo'ylab taqsimlangan (bosim, N/m^2) yoki chiziq bo'ylab taqsimlangan (intensivlik q , N/m);
- **Kontsentrangan kuchlar** — kichik yuzaga ta'sir etuvchi (F , N), ularni nuqtaga qo'yilgan deb olinadi;
- **Statik** (sekin o'zgaruvchi), **dinamik** (zarbiy) va **takroriy-o'zgaruvchan** kuchlar.

3. Ichki kuchlar va kesish metodi

Tashqi kuchlar ta'sirida jism zarralari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari o'zgaradi — bu qo'shimcha **ichki kuchlar** deyiladi. Ularni aniqlash uchun **kesish metodi** (RKOZ) qo'llaniladi: 1) jism fikran kesim tekisligi bilan **kesiladi**; 2) bir qismi **tashlab yuboriladi**; 3) tashlangan qismning ta'siri **ichki kuchlar** bilan **almashtiriladi**; 4) qolgan qism uchun **muvozanat tenglamalari** tuziladi.

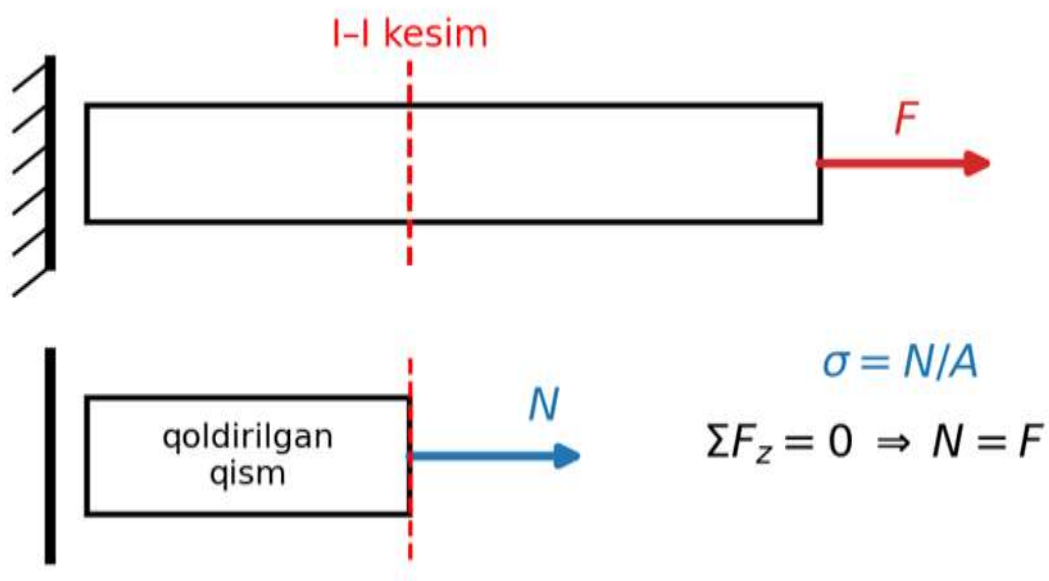
Umumiy holda kesim og'irlik markaziga keltirilgan ichki kuchlar sistemasi oltita ichki kuch faktoriga ajraladi: bo'ylama kuch N , ikkita ko'ndalang kuch Q_x , Q_y , ikkita eguvchi moment M_x , M_y va burovchi moment M_z (T).

1-jadval. Ichki kuch faktorlari va deformatsiya turlari

Ichki kuch faktori	Deformatsiya turi	Misol
Bo'ylama kuch N	Cho'zilish ($N > 0$) yoki siqilish ($N < 0$)	Arqon, ustun, shatun
Ko'ndalang kuch Q	Siljish (qir qilish)	Bolt, parchin mix, shtift
Burovchi moment T	Buralish	Transmissiya vali
Eguvchi moment M	Egilish	Balka, o'q
N , Q , M , T birgalikda	Murakkab qarshilik	Reduktor vali

4. Kuchlanishlar

Kesimning biror nuqtasi atrofidagi kichik ΔA yuzaga ta'sir etuvchi ichki kuch ΔR bo'lsa, **to'liq kuchlanish** $p = \lim \Delta R / \Delta A$ ($Pa = N/m^2$, amalda $MPa = N/mm^2$). U kesimga normal tashkil etuvchi **normal kuchlanish** σ va kesim tekisligidagi **urinma kuchlanish** τ ga ajraladi: $p^2 = \sigma^2 + \tau^2$. Normal kuchlanish zarralarning ajralishiga (uzilish), urinma kuchlanish esa siljishga sabab bo'ladi.



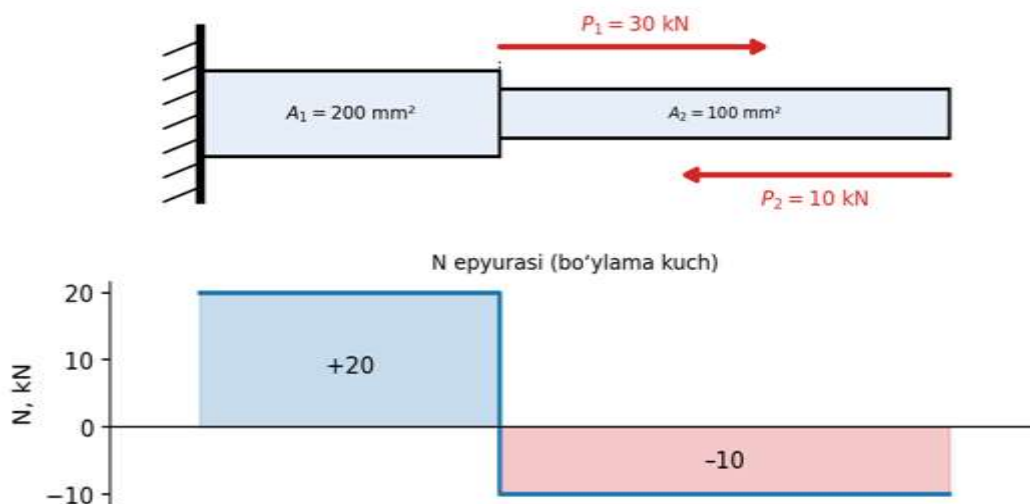
1-rasm. Kesish metodi: bo'ylama kuch N ni aniqlash

5. Cho'zilish va siqilish

Sterjenning ko'ndalang kesimida faqat bo'ylama kuch N hosil bo'ladigan deformatsiya **markaziy cho'zilish (siqilish)** deyiladi. Bo'ylama kuch N sterjen o'qi bo'ylab ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning kesimdan bir tomondagi algebraik yig'indisiga teng. Cho'zuvchi kuch musbat, siquvchi kuch manfiy hisoblanadi. N ning sterjen uzunligi bo'ylab o'zgarishini ko'rsatuvchi grafik **epyura** deyiladi.

Ko'ndalang kesimlarda (Bernulli gipotezasi: tekis kesimlar deformatsiyadan keyin ham tekis va o'qqa perpendikulyar qoladi) normal kuchlanishlar tekis taqsimlanadi:

$$\sigma = N / A \quad (1)$$



2-rasm. Pog'onali sterjen va bo'ylama kuch N epyurasi

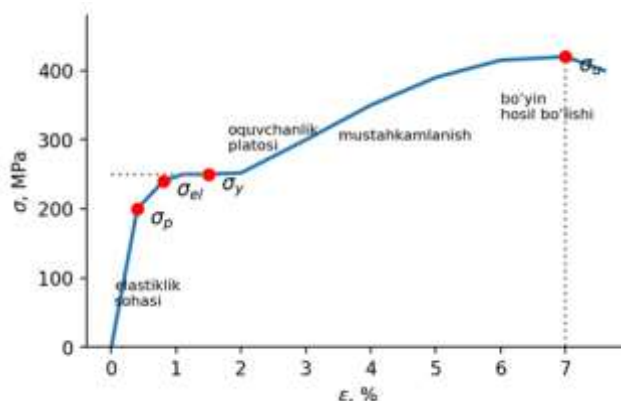
Misol. Pog'onali sterjenning 1-qismida ($A_1 = 200 \text{ mm}^2$) $N_1 = P_1 - P_2 = 30 - 10 = +20 \text{ kN}$, 2-qismida ($A_2 = 100 \text{ mm}^2$) $N_2 = -10 \text{ kN}$. Kuchlanishlar: $\sigma_1 = 20 \cdot 10^3 / 200 = 100 \text{ MPa}$ (cho'zilish), $\sigma_2 = -10 \cdot 10^3 / 100 = -100 \text{ MPa}$ (siqilish).

6. Deformatsiya. Guk qonuni

Sterjenning boshlang'ich uzunligi l bo'lsa, kuch ta'sirida u Δl ga uzayadi. **Absolyut uzayish** Δl , **nisbiy bo'ylama deformatsiya** $\varepsilon = \Delta l/l$, ko'ndalang deformatsiya $\varepsilon' = \Delta b/b$. Ular orasidagi bog'lanish — Puasson koeffitsiyenti $\nu = |\varepsilon'/\varepsilon|$ (po'lat uchun $\nu \approx 0,25-0,30$). Proporsionallik chegarasigacha **Guk qonuni** o'rinli:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad \Delta l = N \cdot l / (E \cdot A) \quad (2)$$

Bu yerda E — birinchi tur elastiklik moduli (Yung moduli), EA — cho'zilishdagi bikrlilik. Materialning mexanik xossalari cho'zilish diagrammasi ($\sigma-\varepsilon$) bo'yicha aniqlanadi (3-rasm): σ_p — proporsionallik, σ_{el} — elastiklik, σ_y — oquvchanlik, σ_u — mustahkamlik chegarasi.



3-rasm. Past uglerodli po'latning cho'zilish diagrammasi

2-jadval. Ayrim materiallarning mexanik xossalari (taxminiy)

Material	E, MPa	$\sigma_y(\sigma_{0.2})$, MPa	σ_u , MPa	ν
Po'lat St3	$2,0 \cdot 10^5$	240	380–470	0,25–0,30
Po'lat 45	$2,0 \cdot 10^5$	360	610	0,28
Alyuminiy qotishma D16	$0,7 \cdot 10^5$	330	470	0,33
Mis	$1,1 \cdot 10^5$	70	220	0,34
Cho'yan SCh20	$1,0 \cdot 10^5$	—	200 (cho'zilish)	0,25

7. Mustahkamlik sharti

Sterjenda hosil bo'ladigan eng katta kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishdan oshmasligi kerak: $\sigma_{\max} = N_{\max}/A \leq [\sigma]$, bunda $[\sigma] = \sigma_{\lim}/n$, $\sigma_{\lim}$ — plastik materiallar uchun σ_y , mo'rt materiallar uchun σ_u , n — zaxira koeffitsiyenti. Shart bo'yicha uch xil masala yechiladi: **tekshiruv** ($\sigma_{\max} \leq [\sigma]$), **loyihalash** ($A \geq N/[\sigma]$) va **ruxsat etilgan yukni aniqlash** ($[N] = A[\sigma]$).

8. Hisoblash misollari

1-masala (deformatsiya). Uzunligi $l = 2$ m, ko'ndalang kesim yuzasi $A = 200$ mm² bo'lgan po'lat sterjen $N = 20$ kN kuch bilan cho'zilmogda ($E = 2 \cdot 10^5$ MPa). Kuchlanish $\sigma = N/A = 20 \cdot 10^3/200 = 100$ MPa. Absolyut uzayish $\Delta l = Nl/(EA) = 20 \cdot 10^3 \cdot 2000/(2 \cdot 10^5 \cdot 200) = 1,0$ mm. Nisbiy deformatsiya $\varepsilon = \Delta l/l = 5 \cdot 10^{-4}$.

2-masala (loyihalash). Po'lat tortqi $N = 20$ kN kuchga ishlaydi, $[\sigma] = 160$ MPa. Talab etiladigan yuza $A \geq N/[\sigma] = 20 \cdot 10^3/160 = 125$ mm². Dumaloq kesim diametri $d \geq \sqrt{(4A/\pi)} = \sqrt{(4 \cdot 125/3,14)} \approx 12,6$ mm, standart bo'yicha $d = 13$ mm qabul qilinadi.

3-masala (ruxsat etilgan yuk). Diametri $d = 20$ mm bo'lgan sterjen uchun $A = 314 \text{ mm}^2$, $[\sigma] = 160 \text{ MPa}$ bo'lsa, $[N] = A[\sigma] = 314 \cdot 160 = 50,2 \text{ kN}$.

9. Zaxira koeffitsiyenti va xavfli kesim

Zaxira koeffitsiyenti n hisoblash usullarining aniqligi, yukning noma'lumligi, materialning bir jinsli emasligi va konstruksiyaning mas'uliyatiga bog'liq. Mashinasozlikda plastik materiallar uchun odatda $n = 1,4-2,2$, mo'rt materiallar uchun $n = 2-4$ qabul qilinadi. Pog'onali sterjenlarda **xavfli kesim** — kuchlanish eng katta bo'lgan kesim; u faqat eng katta N emas, N/A nisbat bo'yicha aniqlanadi. Yuqorida ko'rilgan misolda ikkala qismda ham $|\sigma| = 100 \text{ MPa}$ bo'lgani uchun ular teng xavfli.

Bikrlik sharti sterjenning uzayishi ruxsat etilgan qiymatdan oshmasligini talab qiladi: $\Delta l \leq [\Delta l]$. Ba'zi hollarda (uzun tortqilar, vintlar) aynan shu shart yo'nalishni belgilaydi. Siqilgan uzun sterjenlarda esa mustahkamlikdan tashqari **turg'unlik** (bo'ylama egilish) ham tekshiriladi.

Nazorat savollari

1. Mustahkamlik, bikrlik va turg'unlik nima?
2. Kesish metodining mohiyatini tushuntiring.
3. Qanday ichki kuch faktorlari mavjud va ular qanday deformatsiyani keltirib chiqaradi?
4. Guk qonuni va Puasson koeffitsiyentini ta'riflang.
5. Cho'zilish diagrammasidagi xarakterli nuqtalar nimani bildiradi?

Adabiyotlar: Feodosyev V.I. Materiallar qarshiligi; Mirzaev S. va boshq. Materiallar qarshiligi; Aleksandrov A.V. Sopromat.

4-MA'RUZA

MEXANIZMLAR VA MASHINALAR NAZARIYASI. MEXANIZM TUZILISHI VA KLASSIFIKATSIYASI

Reja:

1. Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi fanining o'rni, ahamiyati va rivojlanish tarixi
2. Mexanizmlarning elementlari: zveno, kinematik juft
3. Kinematik juftlarning klassifikatsiyasi va shartli belgilanishi
4. Kinematik zanjirlar, ularning turlari
5. Mexanizmning erkinlik darajasi (harakatchanlik) va tuzilish formulalari

1. Fanning o'rni va ahamiyati

Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi (MMN) — mexanizmlar va mashinalarning tuzilishi, kinematikasi va dinamikasini o'rganuvchi, ularni tahlil qilish va sintez qilish (loyihalash) usullarini ishlab chiquvchi fan. Fan muhandislik bilimlari tizimida nazariy mexanikani amaliy mashinasozlik fanlari — mashina detallari, texnologiya, mashina va jihozlar konstruksiyasi — bilan bog'laydi.

Mashina — energiya, materiallar va axborotni o'zgartirish maqsadida mexanik harakatni bajaradigan qurilma. Mashinalar energetik (dvigatel, generator), texnologik (stanok, press), transport va axborot (kompyuter, robot) turlarga bo'linadi. **Mexanizm** — bir yoki bir necha qattiq jismning berilgan harakatini boshqa jismlarning talab etilgan harakatiga aylantirish uchun

mo'ljallangan, o'zaro bog'langan jismlar tizimi. Mexanizm mashinaning kinematik asosini tashkil etadi.

Rivojlanish tarixi. Oddiy mexanizmlar (richag, g'ildirak, vint, qiya tekislik) qadimdan ma'lum. Mexanizmlarning ilmiy asoslarini Arximed, Leonardo da Vinchi, keyinchalik J. Vatt (parallelogram mexanizmi) yaratdi. XIX asrda P.L. Chebishev mexanizmlar sintezi nazariyasiga asos soldi, F. Reylo, F. Gryubler, L.V. Assur (1914, tuzilish nazariyasi) fanga katta hissa qo'shdi. XX asrda I.I. Artobolevskiy, N.G. Bruyevich, A.P. Malishev, V.V. Dobrovolskiy va boshqalar zamonaviy MMN ni yaratdilar. Sanoatda robotlar, manipulyatorlar va moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlarining rivojlanishi fanning ahamiyatini yanada oshirmoqda.

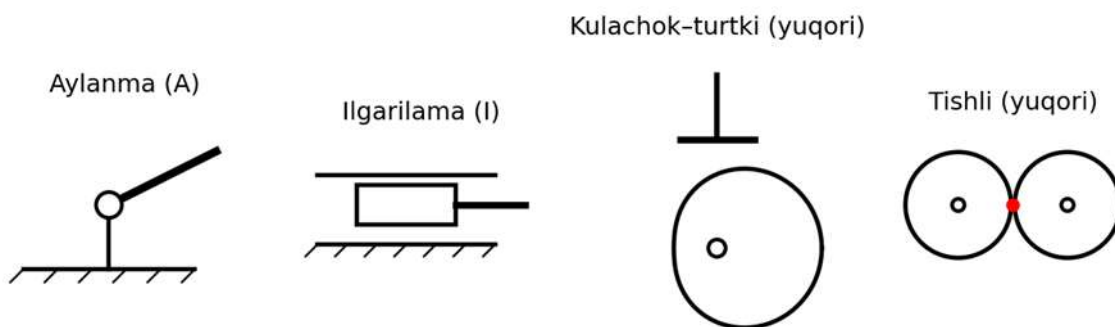
2. Mexanizmning elementlari

Zveno — mexanizmning o'zaro harakatlanuvchi qismi bo'lib, bir yoki bir necha detaldan iborat qattiq jism sifatida qaraladi (shatun, krivoship, polzun, tishli g'ildirak). Zvenolar: **qo'zg'almas zveno (stoyka, tayanch)** — sanoq sistemasi sifatida qabul qilinadi; **yetaklovchi zveno** — berilgan harakatga ega, unga tashqi kuch ta'sir etadi; **yetaklanuvchi zveno** — yetaklovchi zveno harakatini o'zgartirib, ishchi organga uzatadi. Harakat xususiyatiga ko'ra: krivoship (to'liq aylanadi), kulisa, balansir (tebranadi), polzun (ilgarilama-qaytma), shatun (tekis-parallel harakat) va h.k.

Kinematik juft — ikki zvenoning o'zaro harakatchan birikmasi. Zvenolarning birikish elementlari (sirt, chiziq, nuqta) **kinematik juft elementlari** deyiladi. Kinematik juft zvenolarning nisbiy harakatiga **bog'lanishlar** qo'yadi.

3. Kinematik juftlarning klassifikatsiyasi

Fazoda erkin jismning 6 ta erkinlik darajasi (3 ta ilgarilama, 3 ta aylanma) bor. Juft hosil bo'lganda s ta bog'lanish qo'yilsa, nisbiy harakatning erkinlik darajasi $H = 6 - s$ bo'ladi. Bog'lanishlar soniga ko'ra juftlar 1–5 **sinflarga** bo'linadi. Tekis mexanizmlarda faqat 5-sinf (pastki, sirt bo'ylab tegadigan — aylanma va ilgarilama) va 4-sinf (yuqori, chiziq yoki nuqta bo'ylab tegadigan) juftlar uchraydi.



1-rasm. Tekis mexanizmlarda kinematik juftlarning shartli belgilanishi

1-jadval. Kinematik juftlar klassifikatsiyasi

Juft nomi	Sinfi	Bog'lanishlar soni	Erkinlik darajasi	Tegish
Aylanma (sharnir)	5	5	1	Sirt (past)
Ilgarilama (polzun–yo'naltiruvchi)	5	5	1	Sirt (past)

Juft nomi	Sinfi	Bog‘lanishlar soni	Erkinlik darajasi	Tegish
Vint	5	5	1	Sirt (past)
Sferik (sharli sharnir)	3	3	3	Sirt (past)
Kulachok–turtki (tekislikda)	4	1 (tekis)	2	Chiziq (yuqori)
Tishli juft (tekislikda)	4	1 (tekis)	2	Chiziq (yuqori)

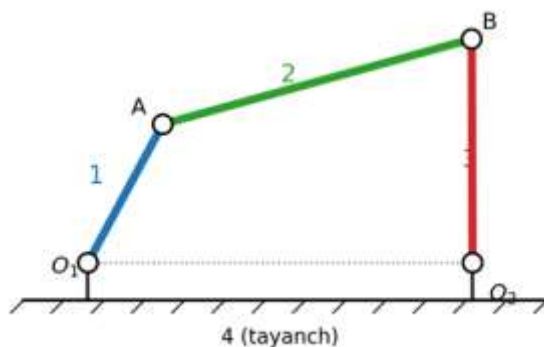
Tekis mexanizmlarda: 5-sinf juftlar soni p_5 , 4-sinf juftlar soni p_4 . Pastki juftlar yuqori juftlarga nisbatan kam yeyiladi va ko‘proq yuk ko‘taradi, yuqori juftlar esa murakkab (berilgan) harakat qonunini ta’minlashga imkon beradi.

4. Kinematik zanjirlar va ularning turlari

Kinematik zanjir — kinematik juftlar orqali o‘zaro bog‘langan zvenolar tizimi. Zanjirlar quyidagicha tasniflanadi:

- **Sodda** (har bir zveno ko‘pi bilan ikkita juft hosil qiladi) va **murakkab** (kamida bitta zveno uch va undan ortiq juft hosil qiladi);
- **Yopiq** (har bir zveno kamida ikki juft hosil qiladi) va **ochiq** (chetki zvenolar bittadan juft hosil qiladi, masalan, robot manipulyatori);
- **Tekis** (barcha nuqtalar parallel tekisliklarda harakatlanadi) va **fazoviy**.

Bitta zvenosi qo‘zg‘almas qilib olingan va qolgan zvenolarning harakati berilgan qonun bo‘yicha aniq belgilangan kinematik zanjir **mexanizm** deyiladi. 4 zvenoli sharnirli to‘rtburchak (2-rasm) mexanizmlarning eng sodda va keng tarqalgan turidir.



2-rasm. Sharnirli to‘rt zvenoli mexanizm: 1 — krivoship, 2 — shatun, 3 — balansir, 4 — tayanch

5. Mexanizmning erkinlik darajasi

Mexanizmning **erkinlik darajasi (harakatchanlik)** W — mexanizm zvenolarining qo‘zg‘almas zvenoga nisbatan o‘rnini to‘liq aniqlash uchun berilishi kerak bo‘lgan mustaqil koordinatalar (umumlashgan koordinatalar) soni. Uning qiymati yetaklovchi zvenolar soniga teng bo‘lishi kerak. **Fazoviy mexanizmlar uchun Somov–Malishev formulasi:**

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1 \quad (1)$$

Tekis mexanizmlar uchun Chebishev formulasi:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 \quad (2)$$

bunda n — qo‘zg‘aluvchan zvenolar soni (tayanchsiz), p_5 — pastki juftlar soni, p_4 — yuqori juftlar soni. Agar $W = 1$ bo‘lsa, mexanizm bitta yetaklovchi zveno yetarli.

Misol 1. Sharnirli to'rtburchak: $n = 3$ (krivoship, shatun, balansir), $p_5 = 4$ (to'rtta sharnir), $p_4 = 0$. $W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1$. **Misol 2.** Kulachokli mexanizm (kulachok, turtki): $n = 2$, $p_5 = 2$ (kulachok–tayanch aylanma, turtki–tayanch ilgarilama), $p_4 = 1$ (kulachok–turtki). $W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 = 1$.

Zanjirda ortiqcha (**passiv**) bog'lanishlar va **mahalliy** (ahamiyatsiz) erkinlik darajalari bo'lishi mumkin: masalan, kulachok–turtki orasidagi rolik o'z o'qida aylanishi mexanizmning asosiy harakatiga ta'sir qilmaydi — bunday erkinlik darajasi formulada hisobga olinmaydi (W formulasida $-q_{mahalliy}$).

6. Mexanizmlarning klassifikatsiyasi

Mexanizmlar bir necha belgi bo'yicha tasniflanadi. **Vazifasiga ko'ra:** dvigatel va uzatuvchi mexanizmlar, ijrochi mexanizmlar, boshqarish va rostlash mexanizmlari, manipulyatorlar va robotlar. **Zvenolarning harakat turiga ko'ra:** tekis, sferik va fazoviy mexanizmlar. **Zvenolar turiga ko'ra:** qattiq zvenoli, egiluvchan zvenoli (tasma, zanjir), gidravlik va pnevmatik, elektr va kombinatsiyalashgan mexanizmlar. **Tuzilish belgisiga ko'ra:** richagli, kulachokli, tishli, friksion, vintli va ularning kombinatsiyalari.

2-jadval. Mexanizmlarni harakat shakliga ko'ra tasniflash

Belgi	Mexanizm turi	Misol
Harakat shakli	Aylanma → ilgarilama-qaytma	Krivoship-polzunli (porshenli dvigatel)
Harakat shakli	Aylanma → tebranma	Sharnirli to'rtburchak, kulisali mexanizm
Harakat shakli	Aylanma → aylanma	Tishli uzatma, kardan sharniri
Harakat qonuni	Berilgan qonun bo'yicha	Kulachokli mexanizm
Harakat uzluksizligi	Davriy to'xtab turuvchi	Maltiy xochi, hrapovik

7. Ortiqcha bog'lanishlar va mahalliy harakatchanlik

Haqiqiy mexanizmlarda yig'ish va tayyorlash xatolari tufayli ba'zi bog'lanishlar boshqalarini takrorlaydi — ular **ortiqcha (passiv) bog'lanishlar** q deb ataladi. Ular mexanizm kinematikasiga ta'sir qilmaydi, lekin ishqalanish va yeyilishni oshiradi, shuning uchun konstruksiyada ularni kamaytirishga intiladilar. Umumiy formula:

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1 + q \quad (1)$$

Tekis mexanizmlar uchun Assur-Artobolevskiy tuzilish formulasi ham ishlatiladi: $W = 3n - 2p_5 - p_4 - q_m$, bu yerda q_m — mahalliy erkinlik darajalari soni (masalan, kulachok va turtki orasidagi rolikning o'z o'qida aylanishi).

Misol 3. Beshta zvenoli ($n = 4$ harakatlanuvchi zveno) mexanizmدا $p_5 = 5$ ta pastki juft bor. $W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 5 = 2$. Demak, bunday mexanizm determinlangan harakat qilishi uchun ikkita yetaklovchi zveno talab etiladi (masalan, ikki erkinlik darajali manipulyator).

Mexanizmlar tahlili uchta asosiy masalani o'z ichiga oladi: **tuzilish tahlili** (zvenolar, juftlar, W , klass), **kinematik tahlil** (vaziyat, tezlik, tezlanish) va **dinamik tahlil** (zvenolarga ta'sir qiluvchi kuchlar va harakat qonuni). Teskari masala — **sintez** — berilgan harakat sharti bo'yicha mexanizm sxemasini va o'lchamlarini loyihalash. Mexanizmning ishlash sifati uzatish burchagi (bosim burchagi), foydali ish koeffitsiyenti va tebranish xususiyatlari bilan baholanadi.

Nazorat savollari

1. Mexanizm va mashina o'rtasida qanday farq bor?
2. Zveno va kinematik juft nima? Ular qanday turlarga bo'linadi?
3. Pastki va yuqori kinematik juftlar o'rtasidagi farq nimada?
4. Kinematik zanjirlarning qanday turlari mavjud?
5. Chebishev formulasi yordamida mexanizmning erkinlik darajasi qanday aniqlanadi?

Adabiyotlar: Artobolevskiy I.I. Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi; Kozhevnikov S.N. Teoriya mexanizmov i mashin; Frolov K.V. Teoriya mexanizmov i mashin.

5-MA'RUZA

MEXANIZMLARNING ASOSIY TURLARI. ASSUR GURUHLARI. MEXANIZMLAR KINEMATIKASINING ASOSIY MASALALARI

Reja:

1. Mexanizmlarning asosiy turlari
2. Mexanizmni tuzuvchi guruhlar. Assur guruhi
3. Mexanizmlarning tuzilish formulasi va klassi
4. Mexanizmlar kinematikasining asosiy masalalari va tekshirish metodlari
5. Mexanizmning turli vaziyat planlari

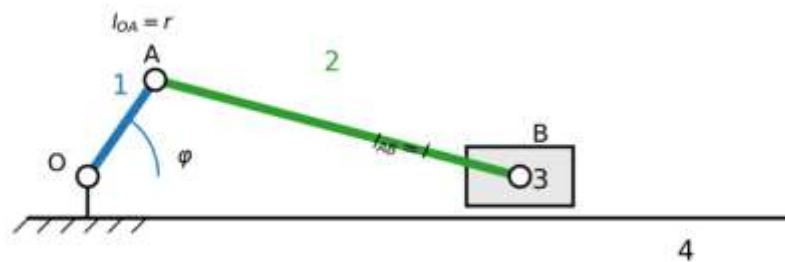
1. Mexanizmlarning asosiy turlari

Mashinalarda qo'llaniladigan mexanizmlar zvenolarining tuzilishi va vazifasiga ko'ra quyidagi asosiy turlarga bo'linadi:

1-jadval. Mexanizmlarning asosiy turlari

Mexanizm turi	Zvenolari	Vazifasi, qo'llanilishi
Richagli (sharnirli)	Krivoship, shatun, balansir, polzun, kulisa	Aylanma harakatni tebranma yoki ilgari lama-qaytma harakatga aylantirish; ichki yonuv dvigateli, press, nasos, qirquvchi mashina
Kulachokli	Kulachok, turtki (koromislo), rolik	Berilgan qonun bo'yicha harakat; gaz taqsimlash mexanizmi, avtomat stanoklar
Tishli	Tishli g'ildiraklar, reyka, chervyak	Aylanish chastotasi va momentini o'zgartirish; reduktor, qutilar
Friksion	Ishqalanish bilan tegib turuvchi g'ildiraklar	Harakatni uzatish, variatorlar
Egiluvchan bog'lanishli	Tasma, zanjir, shkiy, yulduzcha	Uzoq masofaga harakat uzatish
Maltiy xochi, chiqiruvchi (hrapovik)	Xoch, barmoq, harakatlantiruvchi tishli g'ildirak	Davriy to'xtab turuvchi (diskret) harakat
Gidravlik, pnevmatik	Porshen, silindr, suyuqlik (gaz)	Katta kuch, tekis boshqariladigan harakat

Sodda va keng qo'llaniladigan **krivoship-polzunli mexanizm** (1-rasm) aylanma harakatni ilgari lama-qaytma harakatga (yoki aksincha) aylantiradi. U 4 ta zvenodan iborat: 1 — krivoship OA, 2 — shatun AB, 3 — polzun B, 4 — tayanch. Mexanizmda uchta aylanma juft (O, A, B) va bitta ilgari lama juft (polzun–tayanch) mavjud: $n = 3$, $p_5 = 4$, $W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$.



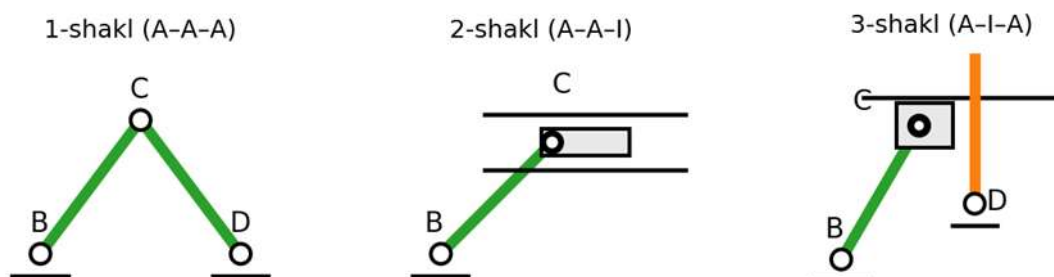
1-rasm. Krivoship-polzunli mexanizm sxemasi

2. Mexanizmni tuzuvchi guruhlar. Assur guruhi

1914-yilda rus olimi L.V. Assur har qanday tekis mexanizm yetaklovchi zveno va tayanchga ulangan **struktura guruhlari** dan hosil bo'lishini isbotladi; I.I. Artobolevskiy bu nazariyani rivojlantirdi. **Birlamchi mexanizm** — tayanch va unga aylanma yoki ilgari lama juft bilan ulangan yetaklovchi zvenodan iborat ($W = 1$). **Assur guruhi** — tayanchga ulanganida erkinlik darajasi nolga teng bo'lgan, undan ortiq bo'linmaydigan kinematik zanjir:

$$W_{guruh} = 3n - 2p_5 = 0 \Rightarrow p_5 = 3n/2 \quad (1)$$

Bu shartni faqat juft n qiymatlari qanoatlantiradi: $n = 2$, $p_5 = 3$ (**ikki zvenoli guruh, diada**); $n = 4$, $p_5 = 6$ va h.k. Guruhning **klassi** unga kiradigan yopiq konturlardagi juftlar soni bilan, **tartibi** esa tayanchga ulanadigan erkin elementlar (uchlar) soni bilan aniqlanadi. 2-sinf 2-tartibli guruh — diada eng ko'p uchraydi, u 5 ta shaklga ega (2-rasmda 3 tasi):



2-rasm. 2-sinf 2-tartibli Assur guruhlarining turlari

- **1-shakl** — uchta aylanma juft (A–A–A);
- **2-shakl** — ikki aylanma va bitta ilgari lama juft (A–A–I), masalan, shatun–polzun;
- **3-shakl** — kulisa guruhi (A–I–A); 4- va 5-shakllarda ikkita ilgari lama juft (A–I–I, I–A–I) bo'ladi.

Mexanizmni tuzish tamoyili: mexanizm = birlamchi mexanizm + Assur guruhlari (ketma-ket biriktiriladi). Mexanizm klassi uning tarkibidagi eng yuqori klassli guruh klassi bilan belgilanadi. Krivoship-polzunli mexanizm 1-sinf birlamchi mexanizm + 2-sinf (shatun–polzun) guruhdan iborat, shuning uchun u 2-sinf mexanizmdir. Mexanizmni tahlil qilishda aksincha — oxirgi guruhdan boshlab ajratib boriladi, bu usul tuzilishni aniqlashga va kinematik hisobni to'g'ri tashkil etishga yordam beradi.

3. Mexanizmlar kinematikasining asosiy masalalari

Mexanizmlar kinematikasida zvenolar geometriyasi va yetaklovchi zveno harakat qonuni ma'lum bo'lganda quyidagilar aniqlanadi: 1) **vaziyatlar** — zvenolarning va ularning

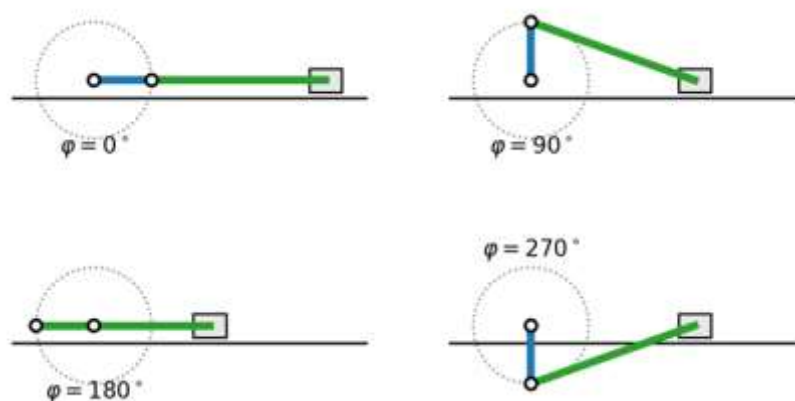
nuqtalarining holati, nuqtalar traektoriyalari; 2) **tezliklar** — zvenolarning burchak tezliklari va nuqtalarning chiziqli tezliklari; 3) **tezlanishlar** — burchak va chiziqli tezlanishlar. Bu masalalar mexanizمنى dinamik hisoblash, mustahkamlikka tekshirish va sintez qilishda boshlang'ich ma'lumot bo'ladi.

2-jadval. Kinematik tekshirish usullari

Usul	Mohiyati	Afzalligi	Kamchiligi
Grafik (chizma)	Vaziyat, tezlik va tezlanish planlari, kinematik diagrammalar	Ko'rgazmali, sodda	Aniqligi kam, har bir vaziyat uchun alohida chizma
Analitik	Vektor kontur tenglamalari, proyeksiyalar bo'yicha	Yuqori aniqlik, EHMda hisoblash	Murakkab mexanizmga tenglamalar og'ir
Grafo-analitik	Plan chizmasi + hisob	Kafolatli aniqlik, ko'rgazmali	Chizma va hisob birga ishlanadi

4. Mexanizmning vaziyat planlari

Vaziyat plani — mexanizmning ma'lum masshtabda chizilgan sxemasi bo'lib, yetaklovchi zvenoning turli burchaklaridagi holatini ko'rsatadi. Uzunlik masshtab koeffitsiyenti $\mu_l = l_{OA}/OA$ (m/mm) bilan beriladi, bu yerda l_{OA} — krivoshipning haqiqiy uzunligi, OA — chizmadagi uzunligi. Odatda yetaklovchi zveno aylanish aylanasi 8 yoki 12 teng bo'lakka bo'linadi va har bir nuqtada mexanizm vaziyati chiziladi (3-rasm). Krivoship-polzunli mexanizmga $\varphi = 0$ (**yuqori o'lik nuqta**) va $\varphi = 180^\circ$ (**quyi o'lik nuqta**) vaziyatlari alohida ahamiyatga ega: bu holatlarda polzun eng chetki o'rinlarni egallaydi, uning yo'li $s = 2r$ bo'ladi, tezligi esa nolga teng.



3-rasm. Krivoship-polzunli mexanizmning vaziyat plani ($\varphi = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$)

Polzunning o'rni analitik ravishda $x_B = r \cdot \cos\varphi + \sqrt{l^2 - r^2 \cdot \sin^2\varphi}$ formula bilan aniqlanadi, bunda $r = l_{OA}$, $l = l_{AB}$. Chizma yordamida topilgan vaziyatlar asosida B nuqtaning ko'chish-vaqt grafigi qurilib, uni grafik differensiallash orqali tezlik va tezlanish diagrammalarini olish mumkin.

5. Mexanizmning tuzilish tahlili misoli

Tuzilish tahlili mexanizمنى Assur guruhlariga ajratish orqali amalga oshiriladi. Ajratish yetaklovchi zvenodan eng uzoqda joylashgan zvenolardan boshlanadi va har safar ajratilgan guruhdan keyin qolgan mexanizmning erkinlik darajasi o'zgarmasligi ($W = 1$) tekshiriladi.

Misol. Olti zvenoli mexanizm: 1 — krivoship, 2 — shatun, 3 — balansir, 4 — shatun, 5 — polzun, 0 — tayanch. $n = 5$, $p_5 = 7$ (oltita aylanma va bitta ilgarilama juft). $W = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 = 1$. **Ajratish:** (4, 5) guruh (A–A–I, 2-shakl, 2-sinf) → (2, 3) guruh (A–A–A, 1-shakl, 2-sinf) → qolgan 1 va 0 — birlamchi mexanizm. Demak, mexanizm 2-sinfga tegishli.

3-jadval. Mexanizmlarning sinfi va hisoblash usuli

Mexanizm sinfi	Tarkibi	Kinematik hisob usuli
I sinf	Faqat birlamchi mexanizm	Aylanuvchi zveno nuqtalari: $v = \omega r$
II sinf	Birlamchi mexanizm + diadalar	Planlar va analitik usul (eng keng tarqalgan)
III sinf	Kamida bitta 3 sinf guruh (triada, 3 ta aylanma kontur uchi)	Maxsus usullar (Assur nuqtalari yoki sonli usullar)
IV va yuqori sinf	4-sinf guruhlari	EHM yordamida sonli hisob

Zamonaviy hisoblashlarda har bir Assur guruhi uchun tayyor algoritmlar (modul) mavjud: dasturda mexanizm tuzilishi guruhlar ketma-ketligi sifatida kiritiladi, shundan keyin EHM zvenolarning vaziyati, tezliklari va tezlanishlarini hisoblaydi. Shu sababli Assur tuzilish nazariyasi nafaqat qoʻlda hisoblashda, balki kompyuter tahlilida ham asosiy vosita boʻlib qolmoqda.

6. Mexanizmning kinematik xarakteristikalar

Mexanizmlarni baholashda quyidagi xarakteristikalar ishlatiladi: **uzatish funksiyasi** (yetaklovchi va yetaklanuvchi zvenolar koordinatalari orasidagi bogʻlanish, masalan, $s_B = f(\varphi)$); **birinchi tartibli uzatish funksiyasi (analog tezlik)** $v_{qB} = ds_B/d\varphi$ — polzun tezligining burchak tezlikka nisbati, bu kattalik faqat mexanizm geometriyasiga bogʻliq; **ikkinchi tartibli uzatish funksiyasi (analog tezlanish)** $a_{qB} = d^2s_B/d\varphi^2$. Real tezlik va tezlanish ular orqali topiladi: $v_B = v_{qB} \cdot \omega_1$, $a_B = a_{qB} \cdot \omega_1^2 + v_{qB} \cdot \varepsilon_1$.

Uzatish burchagi γ — yetaklanuvchi zvenoga taʼsir etuvchi kuch yoʻnalishi va shu zveno nuqtasi tezligi yoʻnalishi orasidagi burchak; u 90° ga yaqin boʻlganda mexanizm samarali ishlaydi. γ kamayganda zvenolarda yuklanish va ishqalanish keskin oshadi (**mexanizm qisilishi**). Mexanizmlarni loyihalashda $\gamma_{\min} = 30\text{--}45^\circ$ qabul qilinadi.

Nazorat savollari

1. Mexanizmlarning asosiy turlarini sanang.
2. Assur guruhi nima va uning tuzilish sharti qanday?
3. Birlamchi mexanizm nima?
4. Mexanizm klassi qanday aniqlanadi?
5. Vaziyat plani qanday quriladi va masshtab koeffitsiyenti nima?

Adabiyotlar: Artobolevskiy I.I. Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi; Kozhevnikov S.N. Teoriya mexanizmov i mashin; Frolov K.V. Teoriya mexanizmov i mashin.

6-MA'RUZA

MEXANIZMLAR KINEMATIKASINI GRAFO-ANALITIK TEKSHIRISH

Reja:

1. Grafo-analitik usulning mohiyati
2. Tezliklar planini qurish
3. Tezlanishlar planini qurish
4. Plan xossalari. O'xshashlik teoremasi
5. Krivoship-polzunli mexanizm uchun sonli misol

1. Grafo-analitik usulning mohiyati

Mexanizm kinematikasini **grafo-analitik usul** (planlar usuli) bilan tekshirishda zvenolar nuqtalarining tezlik va tezlanishlari uchun yozilgan vektor tenglamalar grafik ravishda — **tezliklar va tezlanishlar planlarini** qurish bilan yechiladi. Usul birlamchi mexanizmdan boshlab Assur guruhlarini ketma-ket ko'rib chiqishga asoslangan. Dastlab mexanizmning mos vaziyati masshtab ko'effitsiyenti μ_l bilan chiziladi.

Qattiq jism (zveno) tekis-parallel harakatida uning ixtiyoriy B nuqtasining tezligi boshqa A nuqtasi tezligi va B nuqtaning A atrofidagi aylanma harakati tezligining geometrik yig'indisiga teng. Tezlanish uchun ham shunga o'xshash tenglama yoziladi:

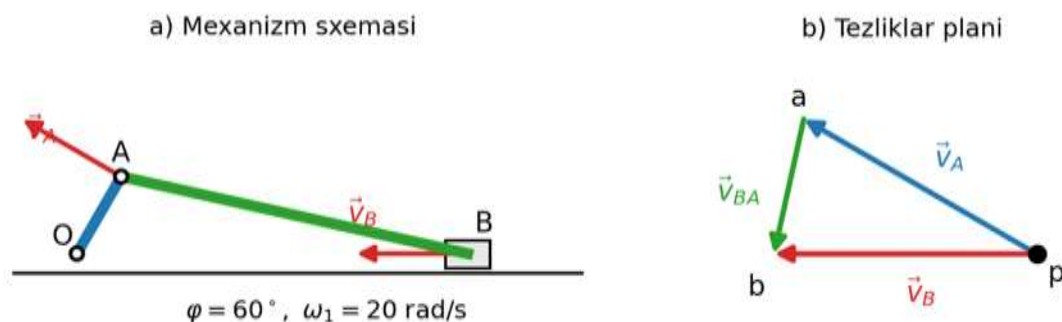
$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}, \quad v_{BA} = \omega_2 \cdot l_{AB}, \quad v_{BA} \perp AB \quad (1)$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t, \quad a_{BA}^n = \omega_2^2 \cdot l_{AB}, \quad a_{BA}^t = \varepsilon_2 \cdot l_{AB} \quad (2)$$

Bu yerda a_{BA}^n normal tezlanishi B nuqtadan A ga (BA bo'ylab) yo'nalgan, a_{BA}^t urinma tezlanishi esa AB ga perpendikulyar. Har bir vektor tenglamada ikkita noma'lum (odatda ikkita vektorning moduli) bo'lganda u grafik usulda yechiladi.

2. Tezliklar planini qurish

Tezliklar plani quyidagi tartibda quriladi (1-rasm): 1) yetaklovchi zveno OA ning ω_1 burchak tezligi bo'yicha A nuqta tezligi topiladi: $v_A = \omega_1 \cdot l_{OA}$, vektori OA ga perpendikulyar, ω_1 yo'nalishida; 2) **qutb p** (nol tezlik nuqtasi) tanlanadi va undan v_A ni ifodalovchi pa kesma tezlik masshtabi $\mu_v = v_A/pa$ (m/s)/mm bilan qo'yiladi; 3) B nuqta uchun $\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$ tenglama yechiladi: a nuqtadan AB ga perpendikulyar to'g'ri chiziq, p nuqtadan esa polzun harakat yo'nalishiga (x o'qiga) parallel to'g'ri chiziq o'tkaziladi; ularning kesishgan nuqtasi b bo'ladi.

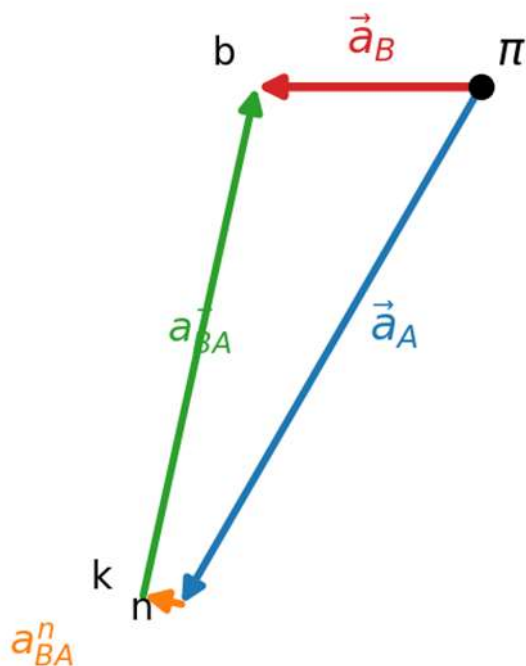


1-rasm. Krivoship-polzunli mexanizm va uning tezliklar plani ($\varphi = 60^\circ$)

Plandagi pb kesma B nuqtaning (polzunning) tezligini, ab kesma esa nisbiy tezlik v_{BA} ni ifodalaydi. Shatunning burchak tezligi: $\omega_2 = v_{BA}/l_{AB} = (ab \cdot \mu_v)/l_{AB}$. Burilish yo'nalishini aniqlash uchun v_{BA} vektorini A nuqtaga ko'chiramiz va B nuqtaning A atrofida qaysi tomonga aylanishini ko'ramiz.

3. Tezlanishlar planini qurish

Yetaklovchi zveno tekis aylansa ($\omega_1 = \text{const}$), A nuqtaning tezlanishi faqat normal tashkil etuvchidan iborat: $a_A = \omega_1^2 \cdot l_{OA}$, vektori A dan O ga qarab yo'naladi. Tezlanishlar planini qurish (2-rasm): 1) **qutb** π tanlanadi va undan a_A vektorini ifodalovchi πn kesma masshtab μ_a bilan qo'yiladi; 2) n nuqtadan BA bo'ylab (B dan A ga qarab) a_{BA}^n normal tezlanishni ifodalovchi nk kesma qo'yiladi; 3) k nuqtadan AB ga perpendikulyar to'g'ri chiziq o'tkaziladi (a_{BA}^t yo'nalishi); 4) π nuqtadan polzun harakat yo'nalishiga parallel to'g'ri chiziq o'tkaziladi. Ikkala to'g'ri chiziqning kesishgan nuqtasi b bo'ladi: πb — polzun tezlanishi, kb — urinma tezlanish, shatunning burchak tezlanishi $\varepsilon_2 = a_{BA}^t/l_{AB}$.



2-rasm. Tezlanishlar plani ($\varphi = 60^\circ$)

4. Planlarning xossalari

- Qutb p (π) — tayanchdagi nol tezlik (tezlanish) nuqtasi; qutbdan chiqqan vektorlar **absolyut** tezliklar (tezlanishlar), plan nuqtalarini tutashtiruvchi vektorlar esa **nisbiy** kattaliklarni ifodalaydi;
- Tezlik (tezlanish) plani zveno shakliga **o'xshash** va uning 90° (tezlanish uchun esa burchakka burilgan) ga burilgan nusxasi: agar zvenoda C nuqta berilgan bo'lsa, planda uning obrazi c nuqta **o'xshashlik teoremasi** bo'yicha topiladi: $ab/ac = AB/AC$ (tezlik uchun), $a-b / a-c = AB/AC$;

- Qutb orqali o'tuvchi nurlar mexanizmdagi mos nuqtalarning absolyut kattaliklarini beradi.

O'xshashlik teoremasi ko'p nuqtali zvenolarda (masalan, shatunning o'rta nuqtasi S ning tezligi uchun) qo'llaniladi: s nuqta ab kesmada AS/AB nisbatga mos holda joylashadi, ya'ni $as = ab \cdot AS/AB$.

5. Sonli misol

Krivoship-polzunli mexanizm berilgan: $l_{OA} = 0,1$ m, $l_{AB} = 0,4$ m, $\omega_1 = 20$ rad/s = const, $\varphi = 60^\circ$. Tezliklar va tezlanishlarni toping. Hisob natijalari (planlar bo'yicha va analitik tekshiruv) 1-jadvalda keltirilgan:

1-jadval. Krivoship-polzunli mexanizm kinematikasi natijalari ($\varphi = 60^\circ$)

Kattalik	Tenglama	Son qiymati
v_A	$\omega_1 \cdot l_{OA} = 20 \cdot 0,1$	2,00 m/s
v_B (polzun)	$\pi b \cdot \mu_v$	1,95 m/s (chapga)
v_{BA}	$ab \cdot \mu_v$	1,02 m/s
ω_2	v_{BA}/l_{AB}	2,56 rad/s (soat strelkasi bo'yicha)
a_A	$\omega_1^2 \cdot l_{OA} = 400 \cdot 0,1$	40,0 m/s ²
a_{BA}^n	$\omega_2^2 \cdot l_{AB}$	2,62 m/s ²
a_{BA}^r	$kb \cdot \mu_a$	34,9 m/s ²
a_B (polzun)	$\pi b \cdot \mu_a$	15,0 m/s ² (chapga)
ε_2	a_{BA}^r/l_{AB}	87,3 rad/s ²

Masshtab koeffitsiyentlari, masalan, $\mu_v = 0,04$ (m/s)/mm va $\mu_a = 0,5$ (m/s²)/mm qabul qilinsa, planda $pa = 50$ mm, $\pi n = 80$ mm bo'ladi. Planni qurgandan keyin ω_2 va ε_2 yo'nalishlarini tekshirish, hamda polzun tezligi $\varphi = 0^\circ$ va $\varphi = 180^\circ$ da nolga tengligiga ishonch hosil qilish tavsiya etiladi.

6. Analitik tekshiruv

Planlar yordamida olingan natijalar analitik formulalar bilan tekshiriladi. Krivoship-polzunli mexanizm uchun polzunning ko'chishi $x_B = r \cdot \cos \varphi + \sqrt{l^2 - r^2 \cdot \sin^2 \varphi}$. Uni vaqt bo'yicha differensiallab ($\omega_1 = \text{const}$, $\lambda = r/l$) taxminiy formulalarni olamiz:

$$v_B \approx -\omega_1 \cdot r \cdot (\sin \varphi + (\lambda/2) \cdot \sin 2\varphi) \quad (1)$$

$$a_B \approx -\omega_1^2 \cdot r \cdot (\cos \varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi) \quad (2)$$

Misolimiz uchun $\lambda = 0,1/0,4 = 0,25$. $\varphi = 60^\circ$ da $v_B = -20 \cdot 0,1 \cdot (0,866 + 0,125 \cdot 0,866) = -1,95$ m/s, $a_B = -400 \cdot 0,1 \cdot (0,5 + 0,25 \cdot (-0,5)) = -15,0$ m/s². Bu qiymatlar jadvaldagi plan bo'yicha olingan natijalar bilan mos keladi (minus ishora polzun O nuqta tomonga, ya'ni chapga yo'nalganini bildiradi).

Xulosa. Grafo-analitik usul mexanizmning bitta vaziyati uchun natijani tez va ko'rgazmali beradi. Ko'p vaziyatlar uchun (to'liq sikl) hisoblash bir xil tartibda takrorlanadi yoki EHMda analitik formulalar bo'yicha bajariladi. Hisob natijalari kinematik diagrammalar ($s-\varphi$, $v-\varphi$, $a-\varphi$) ko'rinishida beriladi, ular keyingi dinamik hisobda (inersiya kuchlari, maxovik momenti) foydalaniladi.

Planlarni qurishda tez-tez uchraydigan xatolar: 1) v_{BA} ni AB ga perpendikulyar emas, parallel olish; 2) normal tezlanish a_{BA}^n yoʻnalishini teskari qoʻyish; 3) masshtab koeffitsiyentlarini aralashtirish; 4) polzun yoʻnalishiga parallel chiziqni qutbdan emas, boshqa nuqtadan oʻtkazish. Planni qurgach, vektor koʻpburchaklari yopiqqligini va vektor tenglamalar bajarilishini tekshirish lozim.

7. Oniy tezliklar markazi usuli

Tekis-parallel harakatdagi zvenoning har onida tezligi nolga teng boʻlgan nuqtasi **oniy tezliklar markazi (OTM)** P deyiladi. Zvenoning shu onda harakati P atrofidagi sof aylanish kabi qaraladi: $v_M = \omega \cdot PM$. OTM zvenoning ikki nuqtasi tezliklariga oʻtkazilgan perpendikulyarlarning kesishgan nuqtasida yotadi. Krivoship-polzunli mexanizmda shatun AB uchun OTM — A nuqtadan OA ga perpendikulyar (yaʼni v_A ga perpendikulyar) va B nuqtadan polzun yoʻnalishiga perpendikulyar toʻgʻri chiziqlarning kesishgan nuqtasi. Bundan: $\omega_2 = v_A/PA = v_B/PB$.

Misolimizda $\varphi = 60^\circ$, $A = (0,05; 0,0866)$ m, $B = (0,440; 0)$ m. OTM P ning koordinatalari: $x_P = x_B = 0,440$ m (B ga perpendikulyar vertikal chiziqda), $PA = |v_A|/\omega_2 = 2,00/2,56 = 0,78$ m. Shu masofa boʻyicha $PB = v_B/\omega_2 = 1,95/2,56 = 0,76$ m ga yaqin boʻlib, usullar oʻzaro mos keladi.

2-jadval. Mexanizmlar kinematikasini tekshirish usullarini taqqoslash

Usul	Tezlik	Tezlanish	Qoʻllanish sohasi
Tezliklar va tezlanishlar plani	Ha	Ha	II sinf mexanizmlari, qoʻlda hisob
Oniy tezliklar markazi	Ha	Yoʻq	Tezlikni tez baholash, oʻlik nuqtalarni tekshirish
Analitik (vektor kontur)	Ha	Ha	EHMda hisoblash, sintez, optimallashtirish
Kinematik diagrammalar	Ha	Ha	Butun sikl, grafik differensiallash

Nazorat savollari

1. Tezliklar planini qurish tartibini tushuntiring.
2. Nisbiy tezlik va nisbiy tezlanishlar qanday yoʻnalgan?
3. a_{BA}^n va a_{BA}^t qanday aniqlanadi?
4. Oʻxshashlik teoremasining mohiyati nimada?
5. Masshtab koeffitsiyentlari μ_v va μ_a qanday aniqlanadi?

Adabiyotlar: Artobolevskiy I.I. Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi; Kozhevnikov S.N. Teoriya mexanizmov i mashin; Frolov K.V. Teoriya mexanizmov i mashin.

MASHINA DETALLARI FANINING O'RNI VA AHAMIYATI. MEXANIK UZATMALAR HAQIDA MA'LUMOT

Reja:

1. Mashina detallari fanining o'рни, ahamiyati va rivojlanish tarixi
2. Fanning nazariy va metodologik asoslari, o'rganiladigan muammolar
3. Detallarning ishlash layoqati va uni ta'minlash
4. Mexanik uzatmalar haqida umumiy ma'lumot, klassifikatsiyasi
5. Uzatmalarning asosiy kinematik va kuch parametrlari

1. Fanning o'рни va ahamiyati

Mashina detallari — umumiy vazifali mashinalar detallari va tugunlarini (birikmalar, uzatmalar, vallar, podshipniklar, muftalar, prujinalar) hisoblash va loyihalash asoslarini o'rgatuvchi fan. U materiallar qarshiligi, nazariy mexanika, mexanizmlar va mashinalar nazariyasi, materialshunoslik, o'zaro almashinuvchanlik va chizma geometriya fanlari bilan bevosita bog'liq bo'lib, mashinasozlik mutaxassisleri tayyorlashda **kurs loyihasini** bajarish uchun asos bo'ladi.

Detal — mashinaning yig'ish operatsiyasiz tayyorlangan, bir butun materialdan yasalgan eng kichik qismi (val, vint, tishli g'ildirak). Yig'ish birligi (**tugun**) — bir necha detaldan iborat, yig'ish operatsiyalari bilan olingan qism (reduktor, podshipnik tuguni, mufta). Mashina detallari **umumiy vazifali** (barcha mashinalarda uchraydi: bolt, val, tishli g'ildirak) va **maxsus** (faqat ma'lum mashinalarda: porshen, turbina kuraklari) turlarga bo'linadi.

Rivojlanish tarixi. Mashina detallari fani XIX asr oxirida alohida fan sifatida shakllandi. Uning rivojiga Leonardo da Vinchi, L. Eyler (evolventa ilashish nazariyasi), A. Hertz (kontakt kuchlanishlar), X. Vyoler (charchash), N.E. Jukovskiy, N.P. Petrov (moylash gidrodinamik nazariyasi), P.K. Xudyakov, M.A. Savyerin, I.A. Bolotin, D.N. Reshetov, M.N. Ivanov va boshqalar katta hissa qo'shdilar. Hozirgi vaqtda fan kompyuterli loyihalash (CAD/CAE), chekli elementlar usuli va optimallashtirish bilan boyitilgan.

2. Nazariy va metodologik asoslar. Fanda o'rganiladigan muammolar

Detallarni loyihalash — ko'p variantli masala: ayni bir vazifani turli konstruksiyalar bilan hal qilish mumkin. Shuning uchun muhandis **optimal** variantni tanlashi kerak. Fanda hisoblashlar sodda hisob sxemalariga asoslanadi: real detal idealizatsiya qilinadi (balka, plastinka, kontakt), yuklanishlar nominal va hisobiy (dinamik koeffitsiyentlar bilan) qiymatlarga ajratiladi. Konstruktor quyidagi muammolarni hal qiladi:

- detal va tugunlarning **ishlash layoqati** (mustahkamlik, bikrlilik, yeyilishbardoshlik, issiqlikbardoshlik, tebranishbardoshlik) ni ta'minlash;
- materialni, termik ishlov turini va aniqlik sinfini tanlash;
- detallarning **texnologik** (tayyorlash qulayligi), **iqtisodiy** (tannarx) va **ergonomik** talablarini ta'minlash;
- standartlashtirish, unifikatsiyalash va o'zaro almashinuvchanlikni hisobga olish;

- mashina massasi va gabarit o'lchamlarini kamaytirish.

3. Detallarning ishlash layoqati va uni ta'minlash

Ishlash layoqati — detalning o'z vazifasini berilgan xizmat muddati davomida buzilmasdan bajara olish xususiyati. Ishlash layoqatini yo'qotishning asosiy sabablari: sinish yoki plastik deformatsiya, kontakt yuzalarining yeyilishi va charchashi, qizish, korroziya, rezonans tebranishlar. Ishlash layoqatining asosiy mezonlari 1-jadvalda keltirilgan.

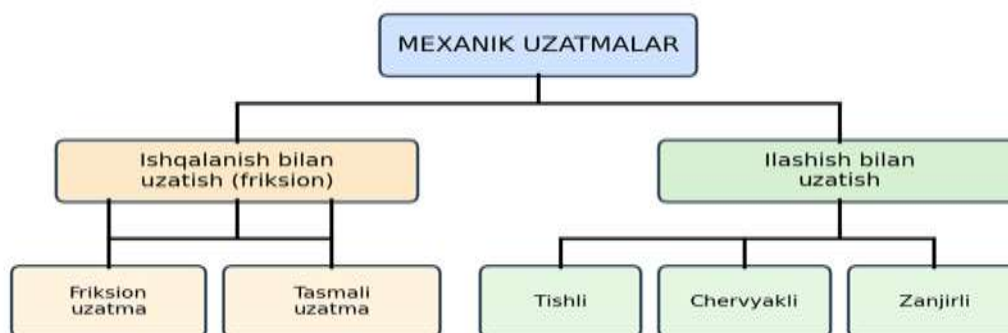
1-jadval. Detallar ishlash layoqatining asosiy mezonlari

Mezon	Mohiyati	Asosiy shart	Qaysi detallar uchun
Mustahkamlik	Sinishga, plastik deformatsiyaga va charchashga qarshilik	$\sigma \leq [\sigma], \tau \leq [\tau], S \geq [S]$	Barcha detallar, vallar, birikmalar
Bikrlik	Elastik deformatsiyalarga qarshilik	$f \leq [f], \theta \leq [\theta]$	Vallar, korpuslar, tishli g'ildirak
Yeyilishbardoshlik	Ishqalanishdan yeyilishga qarshilik	$p \leq [p], pv \leq [pv]$	Sirpanish podshipniklari, zanjir, tishli g'ildirak
Issiqlikbardoshlik	Qizishga qarshilik	$t \leq [t]$	Chervyakli uzatma, tormoz, podshipnik
Tebranishbardoshlik	Rezonansdan saqlanish	$\omega_{\text{mexan}} \neq \omega_{\text{majb}}$	Tez aylanuvchi vallar, rotor

Kontakt kuchlanish bo'yicha hisoblash tishli g'ildirak, podshipnik, kulachok kabi detallarda yeyilish va charchash (pitting) oldini oladi. Mustahkamlik zaxirasi koeffitsiyenti $S = \sigma_{\text{lim}}/\sigma_{\text{max}}$ bo'lib, odatda $[S] = 1,3-2,5$ qabul qilinadi. **Bikrlik** mustahkamlikdan ko'ra ko'pincha hal qiluvchi bo'ladi: valning kichik egilishi tishli ilashish sifatini va podshipniklar ishlashini keskin yomonlashtiradi.

4. Mexanik uzatmalar haqida ma'lumot

Mexanik uzatma — dvigatel energiyasini mexanik harakat ko'rinishida ishchi mashinaga uzatuvchi (kerak bo'lganda harakat turi, tezligi va momentini o'zgartiruvchi) mexanizm. Uzatmalar zarurligi: dvigatel chastotasi va momenti ishchi mashina talabiga mos kelmaydi, ishchi organ bir nechta bo'lishi, tezlikni rostdlash, harakat turini o'zgartirish, dvigatelni ishchi mashinadan uzoqlashtirish kabi sabablar bilan bog'liq. Harakat uzatish usuliga ko'ra uzatmalar 1-rasmda ko'rsatilgandek tasniflanadi.



1-rasm. Mexanik uzatmalarning klassifikatsiyasi

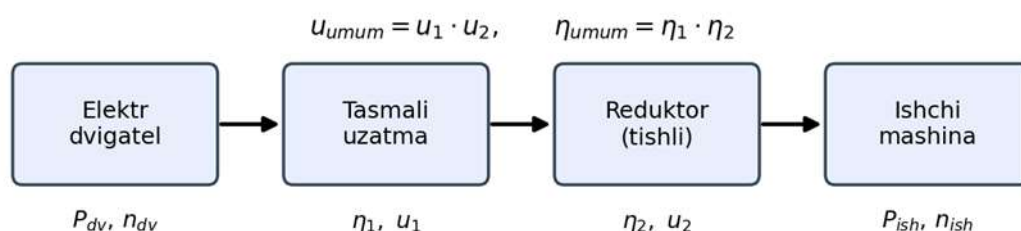
5. Uzatmalarning asosiy parametrlari

Har qanday uzatma yetaklovchi (1) va yetaklanuvchi (2) valning quvvati P , aylanish chastotasi n (burchak tezligi ω) va burovchi momenti T bilan xarakterlanadi:

$$T = P/\omega = 9550 \cdot P/n \quad (T — N \cdot m, P — kVt, n — ayl/min) \quad (1)$$

$$u = \omega_1/\omega_2 = n_1/n_2, \quad \eta = P_2/P_1, \quad T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta \quad (2)$$

Bunda **uzatish nisbati** $u > 1$ bo'lsa uzatma pasaytiruvchi (reduktor), $u < 1$ bo'lsa oshiruvchi (multiplikator) hisoblanadi, **FIK (η)** esa quvvat isrofini xarakterlaydi. Ko'p bosqichli uzatmada umumiy uzatish nisbati va FIK alohida bosqichlarning ko'paytmasiga teng (2-rasm): $u = u_1 \cdot u_2 \cdot \dots \cdot u_k$, $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_k$.



2-rasm. Ikki bosqichli uzatma sxemasi

2-jadval. Mexanik uzatmalarning o'rtacha ko'rsatkichlari

Uzatma turi	Uzatish nisbati u (bir bosqichda)	FIK η	Aylana tezlik, m/s	Afzalligi / kamchiligi
Silindrik tishli	3–6 (8 gacha)	0,96–0,98	to 15–25 (60 gacha)	Ixcham, uzoq xizmat; aniq ishlov talab etiladi
Konussimon tishli	2–4 (6 gacha)	0,95–0,97	to 8–12	Kesishuvchi vallar; murakkab
Chervyakli	8–63 (80 gacha)	0,70–0,92	to 15–30	Katta u , bexalal; FIK past, qiziydi
Tasmali (ponasimon)	2–4 (7 gacha)	0,94–0,96	to 25–30	Sodda, silliq, tebranishni so'ndiradi; sirpanish bor
Zanjirli	2–4 (7 gacha)	0,92–0,97	to 15	Uzoq o'q oralig'i; zarbli, shovqinli
Friksion	2–4 (7 gacha)	0,85–0,95	to 25	Tekis ishlaydi, rostlanadi; katta bosim kerak

Misol. Elektr dvigatel $P_1 = 5,5$ kVt, $n_1 = 1450$ ayl/min. Ponasimon tasmali ($u_1 = 2,5$; $\eta_1 = 0,95$) va silindrik tishli ($u_2 = 4$; $\eta_2 = 0,97$) uzatmalar orqali ishchi mashinaga uzatadi. Umumiy $u = 2,5 \cdot 4 = 10$; $\eta = 0,95 \cdot 0,97 = 0,92$. Ishchi val chastotasi $n_2 = 1450/10 = 145$ ayl/min; quvvati $P_2 = 5,5 \cdot 0,92 = 5,07$ kVt; momenti $T_2 = 9550 \cdot 5,07/145 \approx 334$ N·m. Dvigatel momenti $T_1 = 9550 \cdot 5,5/1450 \approx 36,2$ N·m, tekshiruv: $T_1 \cdot u \cdot \eta = 36,2 \cdot 10 \cdot 0,92 \approx 333$ N·m.

6. Mashina detallari uchun konstruksion materiallar

Material tanlash detalning ishlash sharoitiga, yuklanish xarakteriga, tayyorlash texnologiyasiga va iqtisodiy ko'rsatkichlarga bog'liq. Mashinasozlikda asosan quyidagi materiallar ishlatiladi: uglerodli va legirlangan po'latlar (vallar, tishli g'ildiraklar, bolt va gaykalar), cho'yanlar (korpuslar, shkivlar — yaxshi quyma, tebranishni so'ndirish xususiyati yuqori), rangli metallar va ularning qotishmalari (bronza chervyak g'ildiraklari va sirpanish podshipniklari uchun), plastmassalar (kam yuklangan, shovqinsiz uzatmalar uchun).

3-jadval. Mashina detallari uchun asosiy materiallar (taxminiy qiymatlar)

Material	Termik ishlov	σ_u , MPa	σ_y , MPa	HB	Qo'llanilishi
Po'lat 45	Yaxshilash	780	540	235–262	Vallar, shesternyalar
Po'lat 40X	Yaxshilash	900	750	269–302	Yuklangan vallar, g'ildiraklar
Po'lat 20X	Sementatsiya + toblash	800	650	HRC 56–63 (yuza)	Qattiq sirtli tishli g'ildiraklar
Cho'yan SCh20	—	200 (cho'zilish)	—	163–229	Korpuslar, qopqoqlar
Bronza BrO10F1	Quyma	215–260	140	90–100	Chervyak g'ildiraklari

7. Loyihalash bosqichlari va standartlashtirish

Detal va uzatmalarni loyihalash odatda quyidagi tartibda bajariladi: 1) texnik topshiriq va kinematik sxemani tuzish; 2) dvigatelni tanlash va uzatmalarning umumiy uzatish nisbatini bosqichlar bo'yicha taqsimlash; 3) har bir uzatmaning **loyihaviy** (o'lchamlarni aniqlovchi) hisobi; 4) **tekshiruv hisobi** (kuchlanishlar $[\sigma]$ bilan solishtiriladi); 5) vallar, podshipniklar, birikmalar hisobi; 6) konstruksiyani chizish (kompanovka) va ishchi chizmalar.

Standartlashtirish — detallarning o'lchamlari, materiallari va aniqligini davlat va xalqaro standartlar (O'zDSt, GOST, ISO) bilan birxillashtirish. Standart detallar (bolt, podshipnik, mufta, tasma, zanjir) ommaviy ishlab chiqariladi, arzon va almashtirishga qulay. Hisoblashda standart modullar, diametrlar, o'qlararo masofalar qatoridan foydalaniladi. Hisoblangan o'lchamlar standart qatorga yaxlitlanadi, shundan keyin yana tekshiruv bajariladi.

Nazorat savollari

1. Mashina detallari fanining maqsadi va vazifalari nimadan iborat?
2. Detal, tugun va mashina orasidagi farq nima?
3. Ishlash layoqatining asosiy mezonlarini sanang.
4. Mexanik uzatmalar qanday tasniflanadi?
5. Uzatish nisbati va FIK qanday aniqlanadi? Ko'p bosqichli uzatmada qanday hisoblanadi?

Adabiyotlar: Reshetov D.N. Mashina detallari; Ivanov M.N. Detali mashin; Chernavskiy S.A. Kursovie proektirovanie detaley mashin; Ikramov U. Mashina detallari.

8-MA'RUZA

TISHLI UZATMALAR. TO'G'RI TISHLI SILINDRIK G'ILDIRAK TISHLARINI KONTAKT KUCHLANISH BO'YICHA HISOBLASH

Reja:

1. Tishli uzatmalar haqida umumiy ma'lumot, tasnifi
2. Tishli g'ildirakning geometrik parametrlari
3. Ilashmadagi kuchlar
4. Tishlarning yemirilish turlari va hisoblash mezonlari
5. Kontakt kuchlanish bo'yicha hisoblash (Hertz formulasi)
6. Loyihaviy hisob: o'qlararo masofa va modul

1. Tishli uzatmalar haqida umumiy ma'lumot

Tishli uzatma — tishlar yordamida ilashib harakat uzatuvchi mexanizm bo'lib, mashinasozlikda eng ko'p qo'llaniladi. Katta quvvatlarni (minglab kVt gacha) uzatish, yuqori FIK (0,96–0,98), ixchamlik, uzatish nisbatining doimiyligi, uzoq xizmat muddati, ishonchlilik uning asosiy afzalliklaridir. Kamchiliklari: tayyorlash va montaj aniqligiga yuqori talablar, shovqin, katta aylana tezlikda dinamik yuklar.

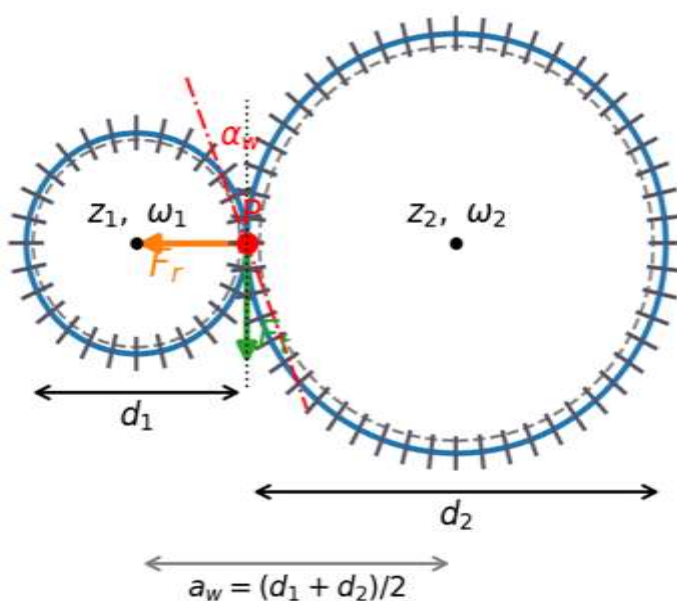
Tishli uzatmalar vallarning o'zaro joylashuviga ko'ra: **parallel vallar** (silindrik, to'g'ri, qiya va shevron tishli), **kesishuvchi vallar** (konussimon), **ayqash vallar** (gipoid, chervyakli) uzatmalarga; tishlar shakliga ko'ra evolventali, Novikov ilashishli; joylashishiga ko'ra tashqi va ichki ilashishli turlarga bo'linadi. Uzatma ochiq yoki yopiq (reduktor korpusida moy vannasi bilan) bo'lishi mumkin.

2. Geometrik parametrlar

Evolventali ilashishda tishlar profili asosiy aylanadan yoyilgan evolventa bo'yicha chiziladi, ilashish chizig'i (kuch yo'nalishi) ikkala asosiy aylanaga urinma bo'ladi va ilashish qutbi P dan o'tadi (1-rasm). Ilashish burchagi standart bo'yicha $\alpha_w = 20^\circ$. Asosiy parametrlar:

1-jadval. Silindrik tishli g'ildirakning asosiy parametrlari

Parametr	Formula	Izoh
Modul m	$m = p/\pi$ (mm), standart qatordan	Tish o'lchamini belgilaydi
Bo'luvchi diametr	$d = m \cdot z$	z — tishlar soni
Tishlar uchi diametri	$d_a = m(z + 2)$	$h_a = m$
Tishlar ildizi diametri	$d_f = m(z - 2,5)$	$h_f = 1,25 m$
O'qlararo masofa	$a_w = (d_1 + d_2)/2 = m(z_1 + z_2)/2$	—
Uzatish soni	$u = z_2/z_1 = d_2/d_1$	$u \geq 1$
G'ildirak kengligi	$b_2 = \psi_{ba} \cdot a_w$, $b_1 = b_2 + (2 \dots 5) \text{ mm}$	$\psi_{ba} = 0,25 \dots 0,4$



1-rasm. To'g'ri tishli silindrik uzatma: ilashish va kuchlar

3. Ilashmadagi kuchlar

Ilashish qutbida to'liq normal kuch F_n ilashish chizig'i bo'ylab ta'sir etadi. Uni uch o'zaro perpendikulyar tashkil etuvchiga ajratamiz (ishqalanishni hisobga olmay):

$$F_t = 2 \cdot T_l / d_l, \quad F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_w, \quad F_n = F_t / \cos \alpha_w \quad (1)$$

bunda F_t — aylana kuch (burovchi momentni uzatadi), F_r — radial kuch (vallarni egadi). To'g'ri tishli uzatmada o'q kuchi $F_a = 0$; qiya tishli uzatmada $F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta$. Yetaklanuvchi g'ildirakda kuchlar teskari yo'nalgan va modul jihatdan teng. Bu kuchlar keyinchalik vallar va podshipniklarni hisoblashda ishlatiladi (10-mavzu).

4. Tishlarning yemirilish turlari va hisoblash mezonlari

- **Tish sinishi** (ildiz qismida eguvchi kuchlanishdan) — **eguvchi kuchlanish bo'yicha** hisoblanadi ($\sigma_F \leq [\sigma]_F$);
- **Ishchi sirtlarning charchab uvalanishi (pitting)** — takroriy kontakt kuchlanishdan; moyli yopiq uzatmalarning asosiy shikasti — **kontakt kuchlanish bo'yicha** hisoblanadi ($\sigma_H \leq [\sigma]_H$);
- **Abraziv yeyilish** — ochiq uzatmalarda;
- **Yopishib qolish (zadir)** — yuqori tezlik va yuklanishda, moy pardasi buzilganda.

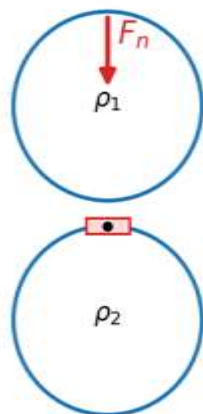
Yopiq, yaxshi moylanadigan uzatmalar uchun loyihaviy hisob **kontakt kuchlanish** bo'yicha o'tkaziladi, so'ngra eguvchi kuchlanish bo'yicha tekshiriladi.

5. Kontakt kuchlanish bo'yicha hisoblash

Tish kontaktini ikkita parallel silindr (ρ_1, ρ_2 — profil egrilik radiuslari) tegishi sifatida qarab, **G. Hertz formulasi** qo'llaniladi. Silindrlar F_n kuch bilan siqilganda tegish yuzasi $2b$ kenglikdagi yo'lakchaga aylanadi, kuchlanishlar esa yarim ellips qonuni bo'yicha taqsimlanadi (2-rasm):

$$\sigma_{H \max} = \sqrt{(q \cdot E_{red} / (2\pi \cdot \rho_{red} \cdot (1 - \nu^2)))}, \quad q = F_n / b_w, \quad 1/\rho_{red} = 1/\rho_1 \pm 1/\rho_2 \quad (1)$$

a) Silindrlar kontakti



b) Kontakt kuchlanishining taqsimoti



2-rasm. Hertz bo'yicha silindrlar kontakti va kontakt kuchlanish epyurasi

Ilashish qutbida $\rho_1 = (d_1/2) \cdot \sin \alpha_w$, $\rho_2 = (d_2/2) \cdot \sin \alpha_w$ (tashqi ilashish uchun ishora «+»). Formulani tishli g'ildirak o'lchamlari orqali ifodalab, **tekshiruv hisobi formulasini** olamiz:

$$\sigma_H = Z_E \cdot Z_H \cdot Z_\epsilon \cdot \sqrt{(F_t \cdot K_H \cdot (u + 1) / (b_w \cdot d_1 \cdot u))} \leq [\sigma]_H \quad (2)$$

Bu yerda Z_E — materiallar mexanik xossalarini hisobga oluvchi koeffitsiyent (po‘lat–po‘lat uchun $\approx 190 \sqrt{\text{MPa}}$), Z_H — tish sirti shaklini hisobga oluvchi koeffitsiyent ($\alpha = 20^\circ$ da $\approx 1,76$), Z_ϵ — ilashishning umumiy uzunligini hisobga oluvchi koeffitsiyent (to‘g‘ri tish uchun $\approx 0,9$), $K_H = K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv}$ — yuklanish koeffitsiyenti (notekis taqsimlanish, dinamik yuk), b_w — g‘ildirak kengligi.

6. Loyihaviy hisob

Dastlab o‘qlararo masofa aniqlanadi. Po‘lat to‘g‘ri tishli uzatma uchun (T_2 — yetaklanuvchi valdagi moment, $\text{N}\cdot\text{m}$):

$$a_w \geq 49,5 \cdot (u + 1) \cdot \sqrt[3]{T_2 \cdot 10^3 \cdot K_{H\beta} / (\psi_{ba} \cdot u^2 \cdot [\sigma]_H^2)} \quad (\text{mm}) \quad (3)$$

a_w standart qatordan yaxlitlanadi. So‘ngra modul $m = (0,01\text{--}0,02) \cdot a_w$ ($m \geq 1,5 \text{ mm}$), tishlar soni $z_1 = 2a_w / (m(u + 1)) \geq 17$ (tish ostidan kesilmasligi uchun), $z_2 = z_1 u$ va boshqa o‘lchamlar hisoblanadi. **Ruxsat etilgan kontakt kuchlanish** $[\sigma]_H = \sigma_{H \text{ lim}} \cdot Z_N \cdot K_{HL} / S_H$: bu yerda $\sigma_{H \text{ lim}} = 2 \cdot HB + 70$ (normallangan/yaxshilangan po‘lat uchun), $S_H = 1,1$.

Misol. Reduktor: $T_2 = 300 \text{ N}\cdot\text{m}$, $u = 4$, $[\sigma]_H = 430 \text{ MPa}$, $\psi_{ba} = 0,4$, $K_{H\beta} = 1,1$. $a_w \geq 49,5 \cdot 5 \cdot \sqrt[3]{(300 \cdot 10^3 \cdot 1,1 / (0,4 \cdot 16 \cdot 430^2))} = 247,5 \cdot \sqrt[3]{(330000 / 1\,183\,360)} = 247,5 \cdot 0,653 \approx 162 \text{ mm} \rightarrow$ standart $a_w = 160 \text{ mm}$. $m = 0,015 \cdot 160 \approx 2,5 \text{ mm}$; $z_1 = 2 \cdot 160 / (2,5 \cdot 5) \approx 25$; $z_2 = 100$; $d_1 = 62,5 \text{ mm}$, $d_2 = 250 \text{ mm}$; $b_2 = 0,4 \cdot 160 = 64 \text{ mm}$.

7. Eguvchi kuchlanish bo‘yicha tekshiruv

Kontakt kuchlanish bo‘yicha loyihalangan uzatma tish ildizidagi eguvchi kuchlanishga ham tekshiriladi. Tishni ildizi mahkamlangan konsol (balka) deb qarab, to‘g‘ri tishli uzatma uchun:

$$\sigma_F = Y_F \cdot F_t \cdot K_F / (b_w \cdot m) \leq [\sigma]_F \quad (1)$$

bu yerda Y_F — tish shakli koeffitsiyenti (tishlar soni z ga bog‘liq), K_F — eguvchi kuchlanish bo‘yicha yuklanish koeffitsiyenti, m — modul. Odatda yetaklovchi (shesternya) va yetaklanuvchi g‘ildirak uchun σ_F ning ruxsat etilganidan nisbati ($Y_F / [\sigma]_F$) solishtiriladi va pastroq mustahkamlikka ega bo‘lgan g‘ildirak tekshiriladi.

2-jadval. Tish shakli koeffitsiyenti $Y_{\{F\}}$ (taxminiy qiymatlar)

Tishlar soni z	17	20	25	30	40	60	100
Y_F (siljishsiz)	4,27	4,07	3,90	3,80	3,70	3,62	3,60

8. Qiya va konussimon tishli uzatmalar haqida

Qiya tishli g‘ildiraklarda tishlar o‘q yo‘nalishiga nisbatan $\beta = 8\text{--}20^\circ$ burchak ostida kesiladi. Bunda ilashishda bir vaqtning o‘zida bir nechta tishjuft qatnashadi, uzatma silliq va kam shovqinli ishlaydi, yuk ko‘tarish qobiliyati yuqori bo‘ladi, ammo o‘q kuchi $F_a = F_t \cdot \tan \beta$ hosil bo‘ladi (podshipniklar buni qabul qilishi kerak). **Shevron** tishlar o‘q kuchlarini o‘zaro muvozanatlaydi. **Konussimon** uzatmalar o‘qlari kesishuvchi vallar orasida (ko‘pincha 90°) harakat uzatadi; ularning yuk ko‘tarish qobiliyati silindrik uzatmalarnikidan taxminan 15–20% kam, o‘lchamlari esa bir xil hisoblanadi.

Zamonaviy reduktorlarda tishli g‘ildiraklar yuqori sifatli legirlangan po‘latdan tayyorlanib, termik ishlov (toblash, sementatsiya, azotlash) orqali qattiqligi 50–60 HRC gacha yetkaziladi. Bu

uzatmaning o'lchamlarini 2–3 marta kichiklashtirish imkonini beradi, ammo aniq jilvirlash va yuqori aniqlik sinfini (6–7 daraja) talab etadi.

Nazorat savollari

- 1. Tishli uzatmalarning afzalliklari va kamchiliklari nimada?
- 2. To'g'ri tishli uzatmada ilashmadagi kuchlar qanday aniqlanadi?
- 3. Tishlar qanday sabablarga ko'ra yemiriladi?
- 4. Hertz formulasining mohiyati nima?
- 5. Kontakt kuchlanish bo'yicha loyihaviy hisobda nima aniqlanadi?

Adabiyotlar: Reshetov D.N. Mashina detallari; Chernavskiy S.A. Kursovoe proektirovanie detaley mashin; Ivanov M.N. Detali mashin; GOST 21354-87.

9-MA'RUZA

ZANJIRLI UZATMALARNI HISOBLASH ASOSLARI. ZANJIR SHARNIRLARINING YEYILISHGA CHIDAMLILIGINI ANIQLASH

Reja:

- 1. Zanjirli uzatmalar haqida umumiy ma'lumot va ularning turlari
- 2. Zanjir va yulduzchaning tuzilishi hamda asosiy parametrlari
- 3. Zanjirli uzatmaning geometrik va kinematik hisobi
- 4. Zanjirli uzatmadagi kuchlar
- 5. Zanjir sharnirlarining yeyilishiga chidamliligini hisoblash

1. Zanjirli uzatmalar haqida umumiy ma'lumot

Zanjirli uzatma — harakatni parallel vallar orasida egiluvchan zveno (zanjir) va ikkita yulduzcha yordamida ilashish orqali uzatuvchi mexanizm. Uning tarkibida yetaklovchi va yetaklanuvchi yulduzchalar hamda ularni qamrab olgan yopiq zanjir bo'ladi, ba'zan taranglovchi va yo'naltiruvchi qurilmalar ishlatiladi. Zanjirli uzatma ilashish orqali ishlagani uchun sirpanish yo'q, uzatish nisbati o'rtacha doimiy, tasmali uzatmaga qaraganda vallarga tushadigan yuk kam, o'q oralig'ini katta olish mumkin ($a \leq 8$ m gacha), FIK yuqori ($\eta = 0,92-0,97$).

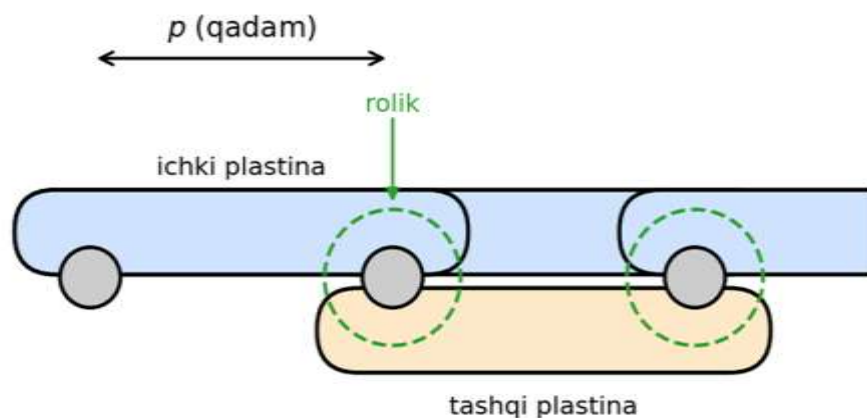
Kamchiliklari: tezlikning notekisligi (zanjir ko'pburchak effekti), zarb va shovqin, sharnirlarning yeyilishi, aniq montaj va moylash talabi, vallar parallelligini saqlash zaruriyati. Zanjirli uzatmalar velosiped, mototsikl, qishloq xo'jalik mashinalari, konveyerlar, neft qazish va ko'tarish-tashish mashinalarida qo'llaniladi.

1-jadval. Zanjirlarning asosiy turlari

Zanjir turi	Tuzilishi	Qo'llanilishi
Quvurchali rolikli (PR, PRD)	Rolik, vtulka, valik, ichki va tashqi plastinalar	Eng keng tarqalgan; $v \leq 15$ m/s
Vtulkali (PV)	Rolikli zanjirdan roliksiz, arzonroq	Kam tezlikli uzatmalar, $v \leq 1$ m/s
Tishli (PZ)	Profilli plastinalar to'plami	Yuqori tezlik ($v \leq 25-35$ m/s), shovqinsiz
Yuk zanjirlari, tortish zanjirlari	Plastinali yoki halqali	Ko'targichlar, konveyerlar

2. Zanjir va yulduzcha tuzilishi

Rolikli zanjir (1-rasm) bir-biriga sharnir orqali biriktirilgan ichki va tashqi bo‘g‘inlardan iborat. **Ichki bo‘g‘in** — vtulkalarga presslangan ikkita ichki plastina; vtulka ustida erkin aylanadigan rolik o‘rnatilgan. **Tashqi bo‘g‘in** — valiklarga presslangan ikkita tashqi plastina; valik vtulka ichida aylanadi — **sharnir** shu yerda hosil bo‘ladi. Zanjirning asosiy parametri — **qadam p** (ketma-ket ikki sharnir o‘qlari orasidagi masofa). Standart qadamlar: 12,7; 15,875; 19,05; 25,4; 31,75; 38,1 mm va h.k.; qadam qancha katta bo‘lsa, ko‘tarish qobiliyati shuncha yuqori, ammo shovqin va dinamik yuklar ham ortadi.



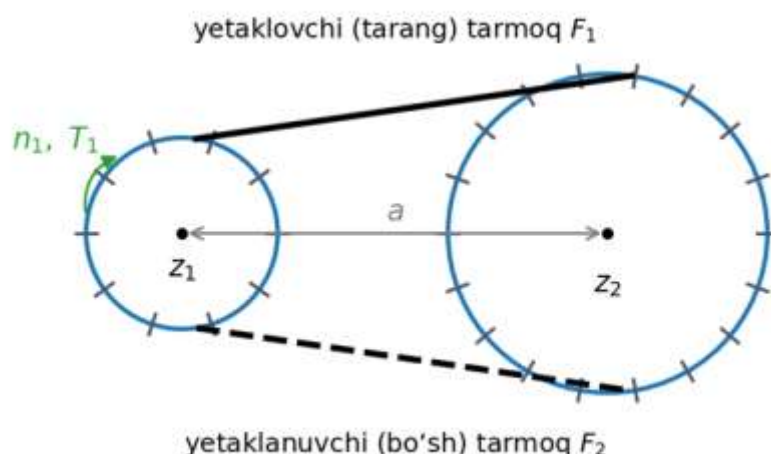
1-rasm. Rolikli zanjirning tuzilishi

Yulduzcha tishlari zanjir rolikini qamrab oluvchi maxsus profilga ega; yulduzcha materiali — po‘lat 45, 40X (toblangan HRC 40–50) yoki sementatsiyalangan 20X. Yulduzchalarning tishlar soni: kichik yulduzcha $z_1 \geq 13$ –15 (tezlik katta bo‘lsa $z_1 \geq 21$ –27), katta yulduzcha $z_2 \leq 120$. Tishlar soni toq, zanjir bo‘g‘inlari soni juft bo‘lishi tavsiya etiladi — bu bir xil tish va sharnirlarning bir-biriga tushishini kamaytirib, yeyilishni tekislaydi.

3. Geometrik va kinematik hisob

Yulduzchalarning bo‘luvchi aylana diametri $d = p/\sin(180^\circ/z)$. Uzatish nisbati $u = z_2/z_1 = n_1/n_2$ ($u \leq 6$ –7). Zanjirning o‘rtacha tezligi $v = z_1 \cdot p \cdot n_1 / (60 \cdot 10^3)$ m/s. Tavsiya etiladigan o‘q oralig‘i $a = (30$ –50) p , eng kichigi esa $a_{\min} \approx 0,5(d_{a1} + d_{a2}) + (30 \dots 50)$ mm. Zanjir bo‘g‘inlari soni ($a_p = a/p$):

$$L_p = 2 \cdot a_p + (z_1 + z_2)/2 + ((z_2 - z_1)/(2\pi))^2/a_p \quad (1)$$



2-rasm. Zanjirli uzatma sxemasi

Hisoblangan L_p butun juft songa yaxlitlanadi, so'ngra a aniqlanadi. Zanjir ma'lum yeyilgandan keyin cho'ziladi, shuning uchun uni tarang saqlash uchun o'q oralig'ini $0,002a$ ga kamaytirish ko'zda tutiladi.

4. Zanjirli uzatmadagi kuchlar

Uzatmada **aylana kuch** $F_t = 2 \cdot T_1 / d_1 = P_1 / v$ (T_1 — yetaklovchi valdagi moment, d_1 — yetaklovchi yulduzcha bo'luvchi diametri), bu kuchni zanjirning yetaklovchi tarmog'i tashiydi. Zanjirga ta'sir etuvchi kuchlar: 1) aylana kuch F_t ; 2) markazdan qochma kuch $F_v = q \cdot v^2$ (q — 1 m zanjir massasi, kg/m); 3) zanjirning o'z og'irligidan tarangligi $F_f = k_f \cdot q \cdot g \cdot a$ ($k_f = 1-6$ gorizont-al-og'ma joylashishga bog'liq). Yetaklovchi tarmoqdagi to'liq kuch $F_1 = F_t + F_v + F_f$; vallarga ta'sir etuvchi yuk $F_{v.o} \approx (1,05-1,15) \cdot F_t$.

5. Sharnirlarning yeyilishga chidamliligini hisoblash

Zanjirli uzatmaning asosiy ishdan chiqish sababi — sharnirlarning yeyilishi, natijada zanjir qadami ortadi va yulduzchadan sakrab chiqadi (**ishlash layoqatining asosiy mezon**). Yeyilish valik va vtulka orasidagi **o'rtacha bosim p** bilan belgilanadi, shuning uchun hisoblash sharnirdagi bosimni ruxsat etilganidan oshirmaslikka asoslanadi:

$$p = F_t \cdot K_e / A \leq [p], \quad A = d_v \cdot b_v \text{ (sharnirning proyeksiya yuzasi)} \quad (2)$$

bunda d_v — valik diametri, b_v — vtulka uzunligi (ichki plastinalar orasidagi masofa va rolik kengligi bilan bog'liq), $K_e = K_d \cdot K_a \cdot K_\theta \cdot K_{reg} \cdot K_m \cdot K_{rej}$ — ekspluatatsiya koeffitsiyenti (K_d — dinamiklik, K_a — o'q oralig'i, K_θ — joylashish burchagi, K_{reg} — tarang qilish usuli, K_m — moylash, K_{rej} — ishlash rejimi). Odatda $K_e = 1,0-2,5$. Ruxsat etilgan bosim $[p]$ zanjir qadami va yulduzcha aylanish chastotasiga bog'liq (jadval).

2-jadval. Rolikli zanjirlar uchun ruxsat etilgan bosim $[p]$ (taxminiy)

n_1 , ayl/min	50	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000
$[p]$, MPa ($p = 12,7-15,9$ mm)	46	34	28	24	21	19	17	15	13

Loyihaviy hisobda zanjir qadami: $p \geq 2,8 \cdot \sqrt[3]{(T_1 \cdot 10^3 \cdot K_e / (z_1 \cdot [p] \cdot m_r))}$, (T_1 — N·m, $[p]$ — MPa, p — mm), bu yerda m_r — qatorlar soni. Qadam standart qatordan olinadi, so'ngra $p \leq [p]$

sharti **tekshiriladi**; qo‘shimcha ravishda zanjirning zaxira koeffitsiyenti $S = Q/(F_t K_d + F_v + F_f) \geq [S]$ (Q — zanjirning uzilish kuchi) tekshiriladi.

Misol. $P_1 = 4 \text{ kVt}$, $n_1 = 400 \text{ ayl/min}$ ($T_1 = 9550 \cdot 4/400 = 95,5 \text{ N} \cdot \text{m}$), $z_1 = 25$, $z_2 = 50$ ($u = 2$), $K_e = 1,5$, bir qatorli zanjir. $[p] = 28 \text{ MPa}$ ($n = 400 \text{ da}$). $p \geq 2,8 \cdot \sqrt[3]{(95,5 \cdot 10^3 \cdot 1,5 / (25 \cdot 28 \cdot 1))} = 2,8 \cdot \sqrt[3]{204,6} = 2,8 \cdot 5,89 \approx 16,5 \text{ mm}$; standart qatordan PR-19,05 qadamli zanjir tanlanadi ($A \approx 106 \text{ mm}^2$). $d_1 = 19,05 / \sin(180^\circ/25) = 152 \text{ mm}$, $F_t = 2 \cdot 95,5 \cdot 10^3 / 152 = 1257 \text{ N}$. $p = 1257 \cdot 1,5 / 106 = 17,8 \text{ MPa} < [p] = 28 \text{ MPa}$ — yeyilishga chidamlilik sharti bajariladi. Zanjir tezligi $v = 25 \cdot 19,05 \cdot 400 / 60000 = 3,2 \text{ m/s}$.

6. Standart zanjirlar parametrlari

3-jadval. Bir qatorli rolikli zanjirlar (GOST 13568-97) asosiy ko‘rsatkichlari (taxminiy)

Belgilanishi	Qadam p, mm	Uzilish kuchi Q, kN	Sharnir yuzasi A, mm ²	1 m massa q, kg/m
PR-12,7-18,2	12,7	18,2	39,6	0,75
PR-19,05-31,8	19,05	31,8	105,8	1,9
PR-25,4-60	25,4	60,0	179,7	2,6
PR-31,75-89	31,75	89,0	262	3,8
PR-38,1-127	38,1	127,0	394	5,5

7. Zanjirli uzatmani ishlatish: moylash va taranglash

Zanjirli uzatmaning chidamliligi ko‘p jihatdan **moylash** sifatiga bog‘liq. Uchta usul qo‘llaniladi: 1) davriy moylash (qo‘lda, yog‘ tomizgich) — $v < 4 \text{ m/s}$; 2) moy vannasida (zanjirning pastki qismi moyga botadi) — $v = 4\text{--}8 \text{ m/s}$; 3) bosim ostida purkash — $v > 8 \text{ m/s}$. Moylash bo‘lmasa, sharnirlar tez yeyiladi va uzatma birinchi yuzlab soatda ishdan chiqishi mumkin. Moylash bilan yeyilishga chidamlilik 3–5 marta ortadi.

Zanjirning bo‘sh (yetaklanuvchi) tarmog‘i salqiligi $f = (0,01\text{--}0,02) \cdot a$ dan oshmasligi kerak. Uzatma burchagi 60° dan katta bo‘lsa, taranglovchi yulduzcha yoki rolik o‘rnatiladi. Uzatma ishlashidan oldin yulduzchalar bir tekislikda joylashishi ($\leq 0,002 \cdot a$ og‘ish), zanjir tekis va ifloslanmagan bo‘lishi lozim. Yopiq korpus (karter) zanjirni changdan saqlaydi va xavfsizlikni ta‘minlaydi.

Zanjirning ishdan chiqish mezonlari: sharnirlar yeyilishi tufayli qadamning 3% ga cho‘zilishi (yulduzchadan sakrash xavfi); plastinalarning charchashi; rolik va vtulkalarning zarbdan sinishi; sharnirning yopishib qolishi. Shu sababli hisoblashda yeyilishga chidamlilikdan tashqari statik mustahkamlik (zaxira koeffitsiyenti $S \geq 7\text{--}10$, v kichik bo‘lganda) va tebranish tekshiriladi.

Nazorat savollari

1. Zanjirli uzatma tasmali va tishli uzatmalardan nimasi bilan farq qiladi?
2. Rolikli zanjirning tuzilishini tushuntiring.
3. Zanjir sharnirlarining yeyilishiga chidamlilik sharti nimaga asoslanadi?
4. Zanjirning bo‘g‘inlar soni qanday aniqlanadi?
5. Nima uchun yulduzcha tishlari soni toq, zanjir bo‘g‘inlari soni juft olinadi?

Adabiyotlar: Reshetov D.N. Mashina detallari; Chernavskiy S.A. Kursovie proektirovanie detaley mashin; GOST 13568-97.

10-MA'RUZA

VALLAR VA O'QLARNI MUSTAHKAMLIKKA HISOBLASH

Reja:

1. Vallar va o'qlar haqida umumiy ma'lumot, tasnifi
2. Vallarga ta'sir etuvchi yuklar va ularning hisob sxemalari
3. Vallarni loyihaviy (burovchi moment bo'yicha) hisoblash
4. Vallarni tekshiruv hisobi: eguvchi va burovchi momentlar epyuralari
5. Charchashga chidamlilik bo'yicha tekshirish

1. Vallar va o'qlar haqida umumiy ma'lumot

Val — aylanuvchi detallar (tishli g'ildirak, shkiv, yulduzcha, mufta) ni ko'tarib turuvchi va **burovchi moment** uzatuvchi detal; u eguvchi va burovchi momentlar ta'sirida ishlaydi. **O'q** — faqat aylanuvchi yoki qo'zg'almas detallarni ko'taradi, burovchi moment uzatmaydi va faqat egilishga ishlaydi (vagon g'ildiraklari o'qi, blok o'qi).

Geometrik shakliga ko'ra vallar **to'g'ri** (pog'onali, silliq), **tirsakli** (porshenli mashinalarda) va **egiluvchan** vallarga; kesim shakliga ko'ra yaxlit (to'la) va kovak vallarga bo'linadi. Reduktor vallari ko'pincha **pog'onali** qilib tayyorlanadi: pog'onalar o'q kuchlarini qabul qiladi, detallarni joylashtirish va yig'ishni osonlashtiradi. Val va o'qlar material sifatida o'rta uglerodli po'latlar (45, 40X, 40XN) dan yasaladi, termik ishlov — yaxshilash (HB 240–300) yoki normallashtirish.

2. Yuklar va hisob sxemalari

Valga tishli (zanjirli, tasmali) uzatmalardan F_t , F_r , F_a kuchlar, muftadan esa qo'shimcha konsol kuch F_M ta'sir etadi. Val **ikki tayanchli balka** sifatida model lanadi: tayanch reaksiyalari podshipniklar o'rtasida (podshipnik kengligi o'rtasiga) qo'yilgan deb olinadi. Hisob quyidagi tartibda bajariladi: 1) valga ta'sir etuvchi kuchlar vertikal va gorizontal tekisliklarga ajratiladi; 2) har bir tekislikda tayanch reaksiyalari (muvozanat tenglamalari) topiladi; 3) eguvchi momentlar M_x , M_y epyuralari quriladi; 4) T burovchi moment epyurasi tuziladi; 5) xavfli kesim aniqlanadi va unda ekvivalent moment hisoblanadi.

3. Loyihaviy hisob

Dastlab val konstruksiyasi noma'lum bo'lgani uchun uning diametri **faqat burovchi moment** bo'yicha pasaytirilgan ruxsat etilgan urinma kuchlanish $[\tau] = 15\text{--}30\text{ MPa}$ (eguvchi moment ta'sirini hisobga olish uchun) yordamida topiladi:

$$\tau = T/W_p = 16 \cdot T / (\pi \cdot d^3) \leq [\tau] \Rightarrow d \geq \sqrt[3]{16 \cdot T / (\pi \cdot [\tau])} \quad (1)$$

Topilgan d standart diametrlar qatoriga yaxlitlanadi (masalan, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50 mm). Keyingi pog'onalar diametrlari konstruksiyaga qarab belgilanadi: podshipnik ostidagi diametr, g'ildirak o'rnatiladigan diametr, buyrak (yelka) diametri va h.k. — har bir pog'ona 2–5 mm ga farq qiladi.

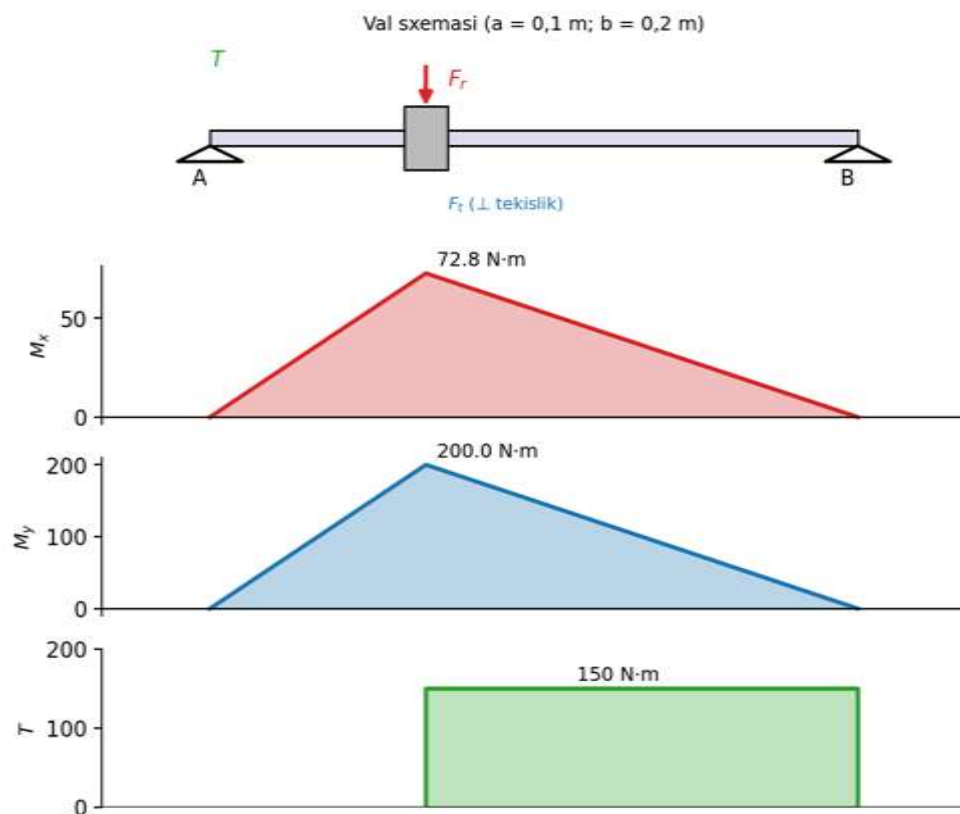
4. Tekshiruv hisobi

Val konstruksiyasi aniqlangach, **xavfli kesimlar** (eguvchi moment katta, diametr kichik, kuchlanish konsentratori — shponka ariqchasi, galtel, press birikma mavjud) uchun tekshiruv hisobi bajariladi. Eguvchi momentlar M_x (vertikal tekislik) va M_y (gorizontal tekislik) bo'lsa, yig'indi eguvchi moment $M_\Sigma = \sqrt{(M_x^2 + M_y^2)}$. Eguvchi va burovchi momentlarning birgalikdagi ta'siri **energetik (IV) mustahkamlik nazariyasi** bo'yicha ekvivalent moment bilan hisobga olinadi:

$$M_{ekv} = \sqrt{(M_\Sigma^2 + 0,75 \cdot T^2)}, \quad \sigma_{ekv} = M_{ekv}/W \leq [\sigma]_{-I}, \quad W = \pi \cdot d^3/32 \quad (2)$$

Bu yerda W — kesimning eguvchi qarshilik momenti, $[\sigma]_{-I}$ — simmetrik siklda egilishdagi ruxsat etilgan kuchlanish. Loyihaviy hisob uchun $d \geq \sqrt[3]{(32 \cdot M_{ekv}/(\pi \cdot [\sigma]_{-I}))}$ formulasidan ham foydalaniladi. Qiymatlar tanlangan material va aniqlikni hisobga olib $[\sigma]_{-I} = 50\text{--}70$ MPa oralig'ida qabul qilinadi.

Misol. Reduktor oraliq vali: gardish diametri $d_w = 100$ mm bo'lgan to'g'ri tishli g'ildirak $T = 150$ N·m moment uzatadi. $F_t = 2T/d_w = 3000$ N, $F_r = F_t \cdot \tan 20^\circ \approx 1092$ N. Val uzunligi $l = 0,3$ m, g'ildirak A tayanchdan $a = 0,1$ m masofada ($b = 0,2$ m). Vertikal tekislikda $R_{Av} = F_r \cdot b/l = 728$ N, $R_{Bv} = 364$ N; $M_x = R_{Av} \cdot a = 72,8$ N·m. Gorizontal tekislikda $R_{Ah} = F_t \cdot b/l = 2000$ N, $R_{Bh} = 1000$ N; $M_y = 200$ N·m. $M_\Sigma = \sqrt{(72,8^2 + 200^2)} = 212,8$ N·m; $M_{ekv} = \sqrt{(212,8^2 + 0,75 \cdot 150^2)} = 249,3$ N·m. $[\sigma]_{-I} = 60$ MPa bo'lsa, $d \geq \sqrt[3]{(32 \cdot 249,3 \cdot 10^3/(\pi \cdot 60))} = 34,9$ mm $\rightarrow d = 35$ mm qabul qilinadi.

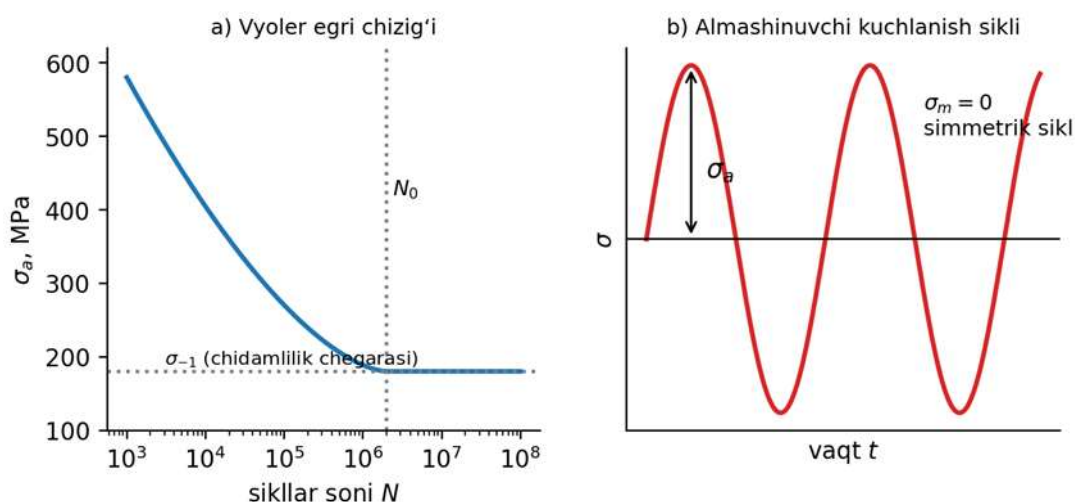


1-rasm. Val sxemasi va eguvchi (M_x , M_y) hamda burovchi (T) momentlar epyuralari

5. Charchashga chidamlilik bo'yicha tekshirish

Vallar aylanishida eguvchi kuchlanish har bir aylanishda ishorasini o'zgartiradi — **simmetrik sikl** ($\sigma_m = 0$, $\sigma_a = \sigma_{\max}$), burovchi kuchlanish esa odatda tekis (yoki pulsatsiyalanuvchi) sikl bo'yicha o'zgaradi. Shuning uchun real vallar charchash tufayli sinadi:

daslab konsentrator joyida mikroyoriq hosil bo‘ladi, u sekin o‘tib, qolgan kesim yetarli bo‘lmay qolganda keskin sinish ro‘y beradi. Materialning charchashga qarshiligi **Vyoler egri chizig‘i** bilan ifodalanadi (2-rasm); $N_0 = 10^7$ atrofidagi sikllar soni chidamlilik chegarasi σ_{-1} ga mos keladi.



2-rasm. Charchash egri chizig‘i va almashinuvchi kuchlanish sikli

Tekshiruv hisobida xavfli kesimlarning zaxira koeffitsiyenti aniqlanadi:

$$S = S_{\sigma} \cdot S_{\tau} / \sqrt{(S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2)} \geq [S] = 1,5-2,5 \quad (3)$$

$$S_{\sigma} = \sigma_{-1} / (K_{\sigma D} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m), \quad S_{\tau} = \tau_{-1} / (K_{\tau D} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m) \quad (4)$$

1-jadval. Charchash hisobi parametrlari

Kattalik	Ma‘nosi	Qanday olinadi
σ_{-1}, τ_{-1}	Simmetrik siklda chidamlilik chegarasi	$\sigma_{-1} \approx 0,43\sigma_u, \tau_{-1} \approx 0,58\sigma_{-1}$
$K_{\sigma D}, K_{\tau D}$	Detal uchun effektiv konsentratsiya koeffitsiyenti	Shponka, galtel, press birikma uchun jadvaldan; masshtab va sirt sifati hisobga olinadi
σ_a, τ_a	Siklning amplituda kuchlanishlari	$\sigma_a = M_{\Sigma}/W, \tau_a = \tau_m = T/(2W_p)$
$\psi_{\sigma}, \psi_{\tau}$	Siklning assimmetriyasini hisobga oluvchi koeffitsiyent	Po‘lat uchun 0,05–0,25
[S]	Ruxsat etilgan zaxira koeffitsiyenti	1,5–2,5; mas‘uliyatli vallarda 2,5 va undan ko‘p

Statik ortiqcha yuklanishga (qisqa muddatli pik yuklar) mustahkamlik ham tekshiriladi: $\sigma_{ekv,max} = \sqrt{(\sigma_{max}^2 + 3\tau_{max}^2)} \leq 0,8\sigma_y$. Bundan tashqari val **bikrlikka** (egilish strelkasi $f \leq (0,0002-0,0003) \cdot l$, tishli g‘ildirak o‘rnatilgan joyda burilish burchagi $\theta \leq 0,001$ rad) va kritik aylanish chastotasi bo‘yicha rezonansga tekshiriladi.

6. O‘qlarni hisoblash

Aylanmaydigan o‘q faqat egilishga ishlaydi, shuning uchun uning ko‘ndalang kesimida o‘zgarmas (statik) normal kuchlanish hosil bo‘ladi: $\sigma = M/W \leq [\sigma]_b, d \geq \sqrt[3]{(32M/(\pi[\sigma]))}$. Aylanuvchi o‘qda esa kuchlanish simmetrik sikl bo‘yicha o‘zgaradi, shuning uchun $[\sigma]$ sifatida $[\sigma]_{-1}$ (charchash bo‘yicha) qabul qilinadi va qo‘shimcha ravishda charchash tekshiriladi. O‘q hisobi val hisobidan burovchi moment T ishtirok etmasligi (ekvivalent moment o‘rniga M_{Σ} olinishi) bilan farq qiladi.

7. Valni konstruktiv shakllantirish

Valning shakli va o'lchamlari quyidagi talablarga muvofiq tanlanadi: detallarning o'qdagi harakatini cheklash, yig'ish va demontaj qulayligi, kuchlanish konsentratsiyasini kamaytirish. Pog'onalar orasida **galtel** (yumaloqlash radiusi $r \geq 0,1d$) qilinadi, o'tkir burchaklar kuchlanish konsentratsiyasini 2–3 marta oshiradi. Shponkali birikmalarda ariqcha uzunligi g'ildirak gupchagidan 5–10 mm kalta olinadi, shponka o'lchami valning diametriga ko'ra standart bo'yicha tanlanadi.

2-jadval. Prizmatik shponkalar (GOST 23360) — asosiy o'lchamlar

Val diametri d, mm	Shponka kesimi b×h, mm	Ariqcha chuqurligi t ₁ , mm	Gupchakda t ₂ , mm
22–30	8×7	4,0	3,3
30–38	10×8	5,0	3,3
38–44	12×8	5,0	3,3
44–50	14×9	5,5	3,8
50–58	16×10	6,0	4,3

Shponka qir qilishga va ezilishga tekshiriladi: $\tau = 2T/(d \cdot l \cdot b) \leq [\tau]$, $\sigma_{ez} = 4T/(d \cdot h \cdot l) \leq [\sigma]_{ez} = 100\text{--}150$ MPa. Shponka ariqchasi valning eguvchi qarshilik momentini kamaytiradi: ariqchali kesim uchun $W = \pi d^3/32 - b \cdot t_1(d - t_1)^2/(2d)$, shu sababli tekshiruv hisobida shu qiymatdan foydalanish lozim.

8. Hisoblash tartibi (xulosa)

- Uzatmalardan kuchlarni aniqlash (F_t , F_r , F_a); vallarning kinematik sxemasini tuzish;
- Loyihaviy hisob: $d \geq \sqrt[3]{(16T/(\pi[\tau]))}$, standart diametrni tanlash va pog'onalarni belgilash;
- Hisob sxemasi: tayanch reaksiyalari, M_x , M_y , T epyuralari;
- Xavfli kesim va ekvivalent moment M_{ekv} ni topish; statik mustahkamlikni tekshirish;
- Charchashga chidamlilik zaxirasi $S \geq [S]$ ni, birklik va rezonansni tekshirish; zarur bo'lsa diametrni oshirish.

Nazorat savollari

1. Val va o'qning farqi nimada?
2. Val diametri loyihaviy hisobda qanday aniqlanadi?
3. Ekvivalent moment qanday topiladi va nima uchun IV nazariya ishlatiladi?
4. Val uchun xavfli kesim qanday tanlanadi?
5. Charchashga chidamlilik zaxira koeffitsiyenti qanday hisoblanadi?

Adabiyotlar: Reshetov D.N. Mashina detallari; Chernavskiy S.A. Kursovoe proektirovanie detaley mashin; Ivanov M.N. Detali mashin; Feodosyev V.I. Materiallar qarshiligi.

AMALIY MASHG'ULOTLAR

1-amaliy mashg'ulot. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasiga oid masalalar.

I. Ctatika.

1. Ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar

a) Bir to'g'ri chiziq bo'ylab ta'sir qiluvchi kuchlar

Ta'sir chizig'i bir nuqtada kesishuvchi kuchlarning ta'sir chiziqlari orasidagi burchaklar nolga yoki 180^0 ga teng bo'lsa, bu kuchlar bir to'g'ri chiziqda yotadi.

Bir to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan kuchlarni qo'shishda quyidagi hollarni farq qilish kerak.

1. Hamma kuchlar bir tomonga bir to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan bo'lishi mumkin. Bu holda kuchlarning teng ta'sir etuvchisi ularning arifmetik yig'indisiga teng bo'ladi va o'sha kuchlar yo'nalgan tomonga yo'naladi.
2. Kuchlar to'g'ri chiziq bo'ylab ta'sir etsa, lekin hammasi bir tomonga yo'nalmagan bo'lishi mumkin. Bunday kuchlarning teng ta'sir etuvchisi shu kuchlarning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi; bunda to'g'ri chiziq bo'ylab bir tomonga yo'nalgan kuchlar musbat, qarama-qarshi tomonga yo'nalgan kuchlar esa manfiy ishora bilan belgilanadi, ya'ni

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{k=1}^n \vec{F}_k \quad (1)$$

3. Kuchlar bir to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan va muvozanatda turgan bo'lsa, ularning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'ladi, ya'ni

$$\vec{R} = \sum_{k=1}^n \vec{F}_k = 0 \quad (2)$$

b) Bir nuqtaga burchak ostida qo'yilgan ikki kuchni qo'shish.

Bir nuqtaga α burchak ostida qo'yilgan ikki $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ kuchning teng ta'sir etuvchisi $\vec{R}$ shu kuchlarning geometrik yig'indisiga teng bo'ladi, boshqacha aytganda, jism nuqtasiga turli yo'nalishda qo'yilgan ikki kuchning teng ta'sir etuvchisi shu kuchlarga moslab qurilgan parallelogramning diagonalini bo'ylab yo'naladi va kattaligi jihatidan diagonalning uzunligiga teng bo'ladi.

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (3)$$

Ta'sir etuvchining qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cdot \cos\alpha} \quad (4)$$

Teng ta'sir etuvchining yo'nalishi $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuchlar bilan teng ta'sir etuvchi $\vec{R}$ orasida hosil bo'ladigan β va γ burchaklarga bog'liq. Burchaklarni sinuslar teoremasidan topish mumkin:

$$\frac{F_1}{\sin\beta} = \frac{F_2}{\sin\gamma} = \frac{R}{\sin(180^0 - \alpha)}$$

$\sin(180^0 - \alpha) = \sin\alpha$ bo'lgani uchun

$$\frac{F_1}{\sin \beta} = \frac{F_2}{\sin \gamma} = \frac{R}{\sin \alpha} \quad (5)$$

Agar $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuchlar hamda orasidagi α burchak berilgan bo'lsa, (4) formula yordami bilan teng ta'sir etuvchisini topiladi, so'ngra topilgan qiymatni (5) formulaga qo'yib β va γ burchaklar topish mumkin.

v) Bir tekislikda yotuvchi va bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining geometrik va analitik muvozanat shartlari.

Bir tekislikda yotuvchi va bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining geometrik muvozanat sharti kuchlar ko'pburchagining yopiq bo'lishidir:

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

Analitik muvozanat sharti esa quyidagi ikki skalyar tenglama bilan ifodalanadi:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{k=1}^n X_k &= 0 \\ \sum_{k=1}^n Y_k &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

va bunday ta'riflanadi: kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lsa, har qaysi o'qdagi kuchlar proeksiyalarining yig'indisi nolga teng bo'ladi.

Statikaga oid masalalarni yechishda qattiq jismlar deyarli hamisha *erkin ko'cha oladigan jismlar* deb qaraladi. Ular erkin ko'chishga yo'l qo'ymaydigan sabablarga *bog'lanishlar* deyiladi, bog'lanishning jismga ko'rsatadigan ta'siri esa *bog'lanish reaksiyasi* deb ataladi.

Reaksiya kuchi jism ko'chishga teskari yo'nalgan bo'ladi. Reaksiya kuchining ta'sir qilayotgan kuchdan farqi shundaki, reaksiya kuchi jismni harakatga keltira olmaydi, uning kattaligi jismga ta'sir qilayotgan kuchlarga bog'liq, shuning uchun reaksiya kuchi oldindan ma'lum bo'lmaydi.

Masalani yechish tartibi

1. Masalada bayon qilinayotgan jism-muvozanat ob'ekti aniqlanadi.
2. Ta'sir qilayotgan aktiv kuchlar (nagruzkalar) vektor ko'rinishida ifodalanadi.
3. Reaksiyalar bilan almashtiriladigan muvozanat ob'ekti bog'lanishlardan ozod qilinadi.
4. Izlanayotgan kattaliklar aniqlanadi.

Hosil bo'lgan kuchlar sistemasi xarakteriga qarab, masala analitik yoki geometrik usul bilan yechiladi.

Analitik usulda koordinatalar sistemasi tanlanadi va hosil qilingan muvozanat tenglamalari yechiladi. Tekislikda kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun barcha kuchlarning o'zaro perpendikulyar ikki o'qqa proeksiyalari yig'indisi nolga teng bo'lishi zarur va yetarlidir, ya'ni

$$\sum X = 0, \sum Y = 0$$

Kuchning o'qdagi proeksiyasini amalda topishda quyidagi qoidadan foydalanish ancha qulay: kuchning biror o'qqa proeksiyasi musbat yoki manfiy ishora bilan olingan kuch moduli bilan kuch hamda o'q orasidagi o'tkir burchak kosinusi ko'paytmasiga teng, kuch vektori proeksiyalash o'qining musbat yo'nalishi bilan o'tkir burchak tashkil qilsa, musbat ishora, aks holda manfiy oshora olinadi.

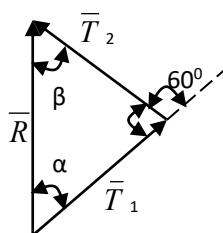
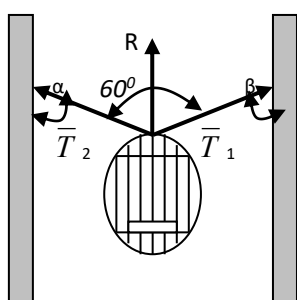
Geometrik usulda tekislikda ixtiyoriy nuqta olinadi va yopiq kupburchak yasaladi. Yasash hamma vaqt ma'lum bo'lgan kuchlardan boshlanadi.

1-masala (I.I.Meshcherskiy)

To'g'ri kanalning qirg'oqlari bo'ylab o'zgarmas tezlik bilan yuruvchi ikki traktor kanaldagi qayiqni ikki arqon bilan tortib boradi. Arqonlarning tortilish kuchlari

0,8 kN va 0,96 kN ga va ular orasidagi burchak 60° ga teng. Agar qayiq kanalning qirg'oqlariga parallel ravishda harakatlansa, qayiqning harakati vaqtida unga suvning ko'rsatadigan qarshiligi R va arqonlar bilan qirg'oqlar orasidagi hosil bo'lgan α va β burchaklar topilsin.

Yechish: Qayiq qirg'oqlarga parallel harakat qilgani uchun suvning qarshilik kuchi R ning teng ta'sir etuvchisi R , ya'ni muvozanatlashtiruvchi kuch suvning qarshilik kuchi R ga teng va qirg'oqqa paralleldir. Demak, R (suvning qarshilik kuchi) R ga teng va unga qarama-qarshi yo'nalgan. Oldin qayiqqa ta'sir qilayotgan kuchlarning sxemasini tuzamiz.



So'ngra kuch uchburchagini yasaymiz. kuch uchburchagining ikki tomoni va ular orasidagi burchak ma'lum. Bu uchburchakni (4) va (5) formulalar orqali yechamiz, u holda:

$$R = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + 2T_1 \cdot T_2 \cos(\alpha + \beta)} = \sqrt{0,8^2 + 0,96^2 + 2 \cdot 0,8 \cdot 0,96 \cdot \cos(60^\circ)}$$

$$\text{demak, } P = R = 1,53 \text{ kH}$$

$$\frac{0,96}{\sin \beta} = \frac{0,8}{\sin \alpha} = \frac{1,53}{\sin 60^\circ};$$

$$\sin \beta = \frac{0,96 \cdot \sqrt{3}}{1,53 \cdot 2} = 0,543$$

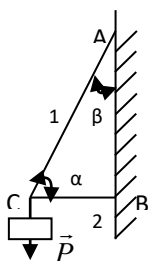
$$\sin \alpha = \frac{0,96 \cdot \sqrt{3}}{1,53 \cdot 2} = 0,543$$

bundan $\alpha=33^\circ$; $\beta=27^\circ$.

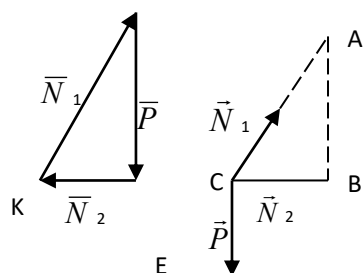
2-masala (I.I.Meshcherskiy)

AS va VS sterjenlar o'zaro va vertikal devor bilan sharnirlar vositasida biriktirilgan. S sharnirga og'irligi $R=1000$ N bo'lgan yuk osilgan. Agar sterjenlar orasidagi burchak $\alpha=60^\circ$ va AS sterjen bilan devor orasidagi burchak $\beta=30^\circ$ bo'lsa, sterjenlarning og'irligini hisobga olmay, ularda hosil bo'ladigan zo'riqlashlar aniqlansin.

Yechish: S sharnirni moddiy nuqta deb qarib, uning muvozanatini tekshiramiz. S nuqtaga $R=1000$ N bo'lgan vertikal pastga yo'nalgan og'irlik kuchi qo'yilgan. AS va VS sterjenlarning reaksiya kuchlari shu sterjenlar bo'ylab yo'nalgan bo'lib, ularni mos ravishda $\vec{N}_1$ va $\vec{N}_2$ bilan belgilaymiz. Natijada $\vec{P}$, $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$ kuchlar S nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasini tashkil etadi. $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$ ni aniqlash uchun kesishuvchi kuchlar sistemi muvozanatining geometrik shartidan foydalanamiz.



D



(2) formulaga ko'ra $(\vec{P}, \vec{N}_1, \vec{N}_2)$ kesishuvchi kuchlar sistemasi ta'siridagi S nuqta muvozanatda bo'lishi uchun ularning geometrik yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak :

$$\vec{P} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 = 0$$

ya'ni $\vec{P}, \vec{N}_1, \vec{N}_2$ kuchlarga qurilgan kuch uchburchagi yopiq bo'lishi kerak. Kuch uchbur-

chagini chizish uchun biror masshtabda ixtiyoriy D nuqtada $\vec{P}$ kuchni o'ziga parallel ravishda o'tkazamiz (b) $\vec{P}$ kuchning boshi D va uchidagi Ye nuqtalardan AS va VS sterjenlarga parallel chiziq o'tkazamiz. Bu chiziqlarning kesishgan nuqtasi K bilan belgilaymiz. Hosil bo'lgan uchburchak DEK izlanayotgan yopiq kuch uchburchagini ifodalaydi. Bunda KD va KE vektorlar mos ravishda $\vec{N}_1$ va $\vec{N}_2$ reaksiya kuchlarini ifodalaydi. DEK uchburchakning KD va YeK vektorlar mos ravishda $\vec{N}_1$ va $\vec{N}_2$ reaksiya kuchlarini ifodalaydi. DEK uchburchakning KD va YeK tomlari berilgan masshtab birligida o'lchab, $\vec{N}_1$ va $\vec{N}_2$ kuchlarning modullarini aniqlaymiz.

$\vec{N}_1$ va $\vec{N}_2$ larni DEK uchburchakdan trigonometrik yo'l bilan ham aniqlash mumkin. Haqiqatan ham, yasashga ko'ra $AV \parallel DE$, $AS \parallel DK$ va $VS \parallel EK$ bo'lgani uchun.

$K\hat{D}E = \beta = 30^\circ$ va $E\hat{K}D = \alpha = 60^\circ$, binobarin, $\triangle DEK$ to'g'ri burchakli uchburchakdan

$$\vec{N}_1 = \frac{P}{\sin \alpha} = \frac{1000}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = 1154H$$

$$\vec{N}_2 = P \operatorname{ctg} \alpha = 1000 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 577H$$

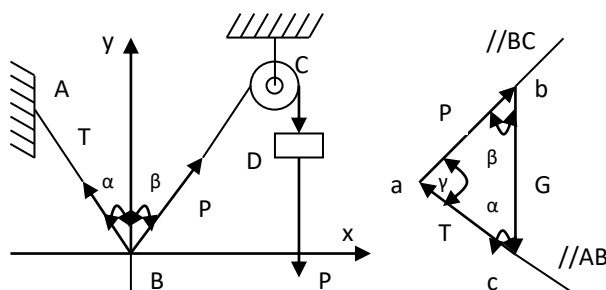
munosabatlarni olamiz.

$\vec{N}_1$ va $\vec{N}_2$ lar AS va VS sterjenlarning S sharnirga ta'sir kuchini, ya'ni mazkur sterjenlarning reaksiya kuchlarini ifodalaydi. Sterjenlardagi zo'riqishni topish uchun sterjenlarning siqilish yoki cho'zilishini aniqlaymiz. Agar reaksiya kuchi S sharnirdan sterjen bo'ylab yo'nalsa, sterjen cho'ziladi, reaksiya kuchi S sharnirga yo'nalsa, sterjen siqiladi. Buni nazarda tutib, topilgan kuchlarni S sharnirga qo'ysak, AS sterjen cho'zilishi va SV sterjen siqilishini ko'ramiz. Shu sababli $S_1 = N_1 = 1154H$; $S_2 = -N_2 = 577H$.

3-masala (I.I.Meshcherskiy)

Bir uchi A nuqtaga mahkamlangan AV arqonning V nuqtasiga G yuk va osilgan arqonning BCD qismi blok orqali o'tkazilib, D uchiga og'irligi $R=100N$ tosh osilgan.

Ishqalanish kuchini hisobga olmasdan AV arqonning tarangligini T va G yukning og'irligi aniqlansin, bunda kuchlar muvozanati holatida arqonning vertikal bilan hosil qilgan burchaklari $\alpha=45^\circ$ va $\beta=60^\circ$ ekanligi ma'lum.



Berilgan: $R=100N$; $\alpha=45^\circ$; $\beta=60^\circ$

Topilsin: G va T

Analitik yechish usuli

1. V tugunning muvozanatini tekshiramiz (a).
2. a-rasmda tugunga ta'sir qiluvchi aktiv G va R kuchlarni tasvirlaymiz.
3. V tugunni bog'lanishlardan ozod qilamiz. Uning uchun bog'lanish AV

arqondan iborat. Bog'lanishni T reaksiya bilan almashtiramiz.

4. Koordinatalar boshini V nuqtada olib, x va u o'qlarini chizmada tasvirlangandek yo'naltiramiz.
5. Muvozanat tenglamalarini tuzamiz.

$$\sum X = P \sin \beta - T \sin \alpha = 0$$

$$\sum Y = P \cos \beta + T \cos \alpha - G = 0$$

6. Birinchi tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$T = \frac{P \cdot \sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{100 \sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = 122H$$

Ikkinchi tenglamadan:

$$G = P \cos \beta + T \cos \alpha = 100 \cdot \cos 60^\circ + 122 \cdot \cos 45^\circ = 137H$$

Arqonning yo'nalishi T reaksiyaga teng ekan, lekin unga qarama-qarshi yo'nalgan.

Geometrik yechish usuli. Ixtiyoriy a nuqladan (b-rasm) kuch kupburchagini quramiz, tugun muvozanatda bo'lganligidan bu ko'pburchak yopiq bo'lishi lozim. Qurishda masshtabga rioya qilmasa ham bo'ladi. R kuchning kattaligi va yo'nalishi ma'lum bo'lganligidan ko'pburchak qurishni o'shandan boshlash kerak. Bu kuch vektorinnig v uchidan G kuchning ta'sir chizig'iga parallel qilib to'g'ri chiziq o'tkazamiz. R kuch vektorining a uchidan esa T kuchning ta'sir chizig'iga parallel qilib, to'g'ri chiziq o'tkazamiz. Bu chiziqlar s nuqtada kesishadi.

Hosil bo'lgan kuch ko'pburchagining burchaklarini a-rasmdagi burchaklar bilan taqqoslab, $\angle abc = \angle yBC = \beta$ va $\angle bca = \angle AB\gamma = \alpha$ ekanligiga ishonch hosil qilish mumkin, chunki bu burchaklar o'zaro parallel tomonlar burchaklaridir. Demak, kuch uchburchagining uchinchi burchagi $\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta) = 180^\circ - (45^\circ + 60^\circ) = 75^\circ$ bo'ladi. Shunday qilib, kuch uchburchagida quyidagilar ma'lum: tomoni av=R=100 N va uchala burchagi, vs=G va as=T noma'lum tomonlarni sinuslar teoremasidan topamiz:

$$\frac{P}{\sin \alpha} = \frac{G}{\sin \gamma} = \frac{T}{\sin \beta};$$

Demak,

$$T = \frac{P \sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{100 \cdot \sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = 122H$$

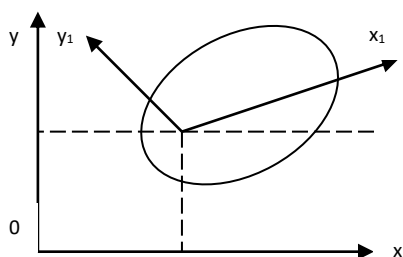
$$G = \frac{P \sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{100 \cdot \sin 75^\circ}{\sin 45^\circ} = 137H$$

2-amaliy mashg'ulot. Parallel kuchlar sistemasiga oid masalalar.

Qattiq jismning tekis parallel harakati

Barcha nuqtalari berilgan qo'zg'almas tekislikka parallel tekisliklarda harakatlanuvchi jismning harakatiga **tekis parallel harakat** deyiladi.

Agar $O(x_0, u_0)$ nuqtaning koordinatalari va Ox qo'zg'aluvchi o'q bilan O_1 ch qo'zg'almas o'q orasidagi φ burchak ma'lum bo'lsa, u holda qo'zg'aluvchi Ox_1u_1 ning holati, binobarin, tekis shaklning harakat tekisligidagi holati ma'lum bo'ladi. Shu sababli tekis shaklning harakat tenglamasini quyidagicha yozish mumkin.



$$\left. \begin{aligned} x_0 &= f_1(t) \\ y_0 &= f_2(t) \\ z_0 &= f_3(t) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(1) tenglamalar *tekis shakl harakatining kinematik tenglamalari* yoki *jism tekis parallel harakatining tenglamalari* deyiladi.

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

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \omega \times AB$$

yoki

(2)

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$$

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

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

$$\vec{a}_{BA} = \vec{a}_{BA}^{\tau} + \vec{a}_{BA}^n;$$

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

$\vec{a}_B$ - V nuqtaning tezlanish vektori;

$\vec{a}_A$ - A nuqtaning tezlanishi.

$\vec{a}_{BA}$ - V nuqtaning A nuqta atrofida aylanishidagi tezlanishi.

$\vec{a}_{BA}^{\tau}$ - V nuqtaning nisbiy urinma tezlanish vektori $\vec{a}_{BA}^{\tau} = AB \cdot \varepsilon$

$\vec{a}_{BA}^n$ - V nuqtaning nisbiy normal tezlanish vektori $\vec{a}_{BA}^n = AB \cdot \omega^2$

$\vec{a}_{BA}$ ning moduli quyidagicha aniqlanadi:

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

$\vec{a}_{BA}$ ning yo'nalishi quyidagicha aniqlanadi: $tg\mu = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2}$;

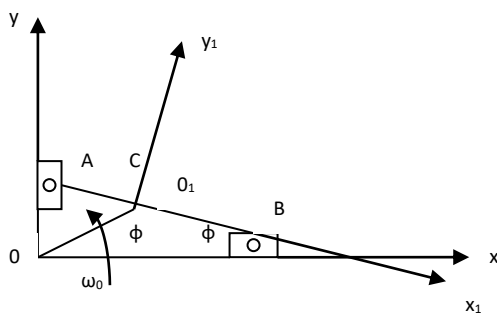
Masalalar yechishga oid metodik ko'rsatmalar

Tekis parallel harakatga taalluqli masalalarni quyidagi tiplarga bo'lish mumkin:

1. Tekis parallel harakat qilayotgan jismning harakat tenglamasini tuzish talab etiladigan masalalar. Bu shakldagi masalalarga I.V.Meshcherskiyning "Nazariy mexanikadan masalalar to'plami" kitobidagi 15.1, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6, 15.10 masalalar kiradi.
2. Tekis parallel harakat qilayotgan jism nuqtasining tezligini topish talab etiladigan masalalar. I.V.Meshcherskiyning "Nazariy mexanikadan masalalar to'plami" kitobidagi 16.8, 16.9, 16.10, 16.11, 16.12, 16.13, 16.14, 16.15, 16.16, 16.19, 16.20, 16.21, 16.23, 16.27, 16.28, 16.29 masalalar kiradi.
3. Tekis parallel harakat qilayotgan jism nuqtasining tezlanishini topish talab etiladigan masalalar. Bunday shakldagi masalalar I.V.Meshcherskiyning "Nazariy mexanikadan masalalar to'plami" kitobidagi 18.22, 18.23, 18.24, 18.5, 18.25, 18.27, 18.34, 18.35, 18.7, 18.9, 18.12, 18.13 masalalar kiradi.

Masalalar. Tekis jismning harakat tenglamalarini tuzish

1. Masala. Ellipsograf chizg'ichi O o'q atrofida ω_0 qo'zg'almas burchak tezligi bilan aylanuvchi OS krivoship yordamida harakatga keltiriladi. V polzunni qutb deb qabul qilib, ellipsograf chizg'ichi tekis harakatining tenglamasi topilsin. OS=VS=AS=r.



Echish: V nuqta OX o'q bo'ylab harakat qiladigan bo'lgani uchun $u_V=0$ dir.

X o'q bilan AV qutbdan hosil bo'ladigan burchakni φ desak, ya'ni $\angle COB = \angle CBO = \varphi$ bo'lsa, teng yonli VOS uchburchakdan

$OB = 2OC \cdot \cos \varphi$ yoki $x_B = 2r \cos \varphi$ kelib chiqadi. Krivoship o'zgarmas burchak tezlik bilan aylanadigan bo'lgani uchun, t vaqtdagi VOS aylanish burchagi $\omega_0 t$ ga teng, ya'ni $\varphi = \omega_0 t$ dir. Shunday qilib, AV chizg'ichning harakat tenglamasi:

$$x_B = 2r \cos \omega_0 t; \quad y_B = 0; \quad \varphi = \omega t \text{ bo'ladi.}$$

Masala 2.

Radiusli qo'zg'almas shesternyaning ichida aylanuvchi r radiusli shesternya OA krivoship qo'zg'almas shesternyaning O o'qi atrofida o'zgarmas ω_0 burchak tezlik bilan aylanadi. $t=0$ bo'lganda $\varphi_0=0$.

Qo'zg'aluvchi shesternyaning harakat tenglamasi tuzilsin; uning A markazi qutb deb qabul qilinsin.

Yechish: A qutbning x_0 , y_0 koordinatalarini topamiz. OAV uchburchakdan

$$x_0 = OB = OA \cos \varphi$$

$$y_0 = AB = OA \sin \varphi \text{ bo'ladi.}$$

Biroq $OA = OC - AC = R - r$ krivoship bir tekis harakat bilan aylanadigan bo'lganidan:

$$\varphi = \omega t \text{ dir.}$$

$$\text{Demak: } x_0 = (R - r) \cos \omega t$$

$$y_0 = (R - r) \sin \omega t$$

Endi, qo'zg'aluvchan shesternyaning A nuqta atrofida qanday burchakka aylanishini topamiz. Buning uchun boshlang'ich paytda A_0M_0 holatda turadigan MA radiusni ko'zdan kechiramiz.

Bundan aylanish burchagi $\angle SAE = \varphi$ dir. Qo'zg'aluvchi shesternya qo'zg'almas shesternya ustida sirg'anmay yumalanadigan bo'lgani uchun $\tilde{CM}_0 = \tilde{CM}$ dir, ammo:

$$\tilde{CM}_0 = R\varphi \text{ va } \tilde{CM} = r(\varphi_1 + \varphi) \text{ shunga ko'ra}$$

$$-r(\varphi_1 + \varphi) = R\varphi \text{ bo'ladi, bundan } \varphi_1 = -\varphi\left(\frac{R}{r} - 1\right) = \left(\frac{R}{r} - 1\right)\omega t \text{ kelib chiqadi.}$$

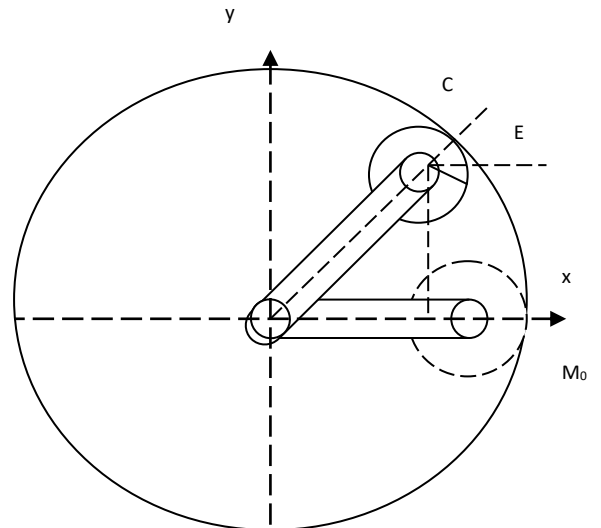
Shunday qilib, izlanayotgan tenglamalar:

$$x_0 = (R - r) \cos \omega t$$

$$y_0 = (R - r) \sin \omega t$$

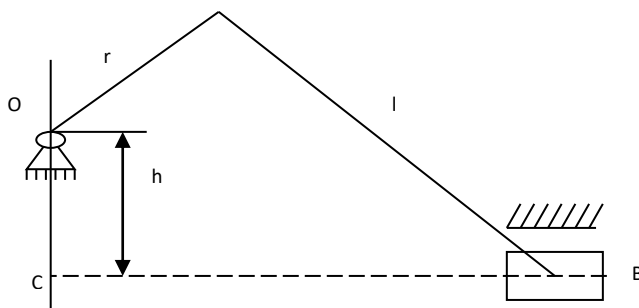
$$\varphi_1 = -\left(\frac{R}{r} - 1\right)\omega t$$

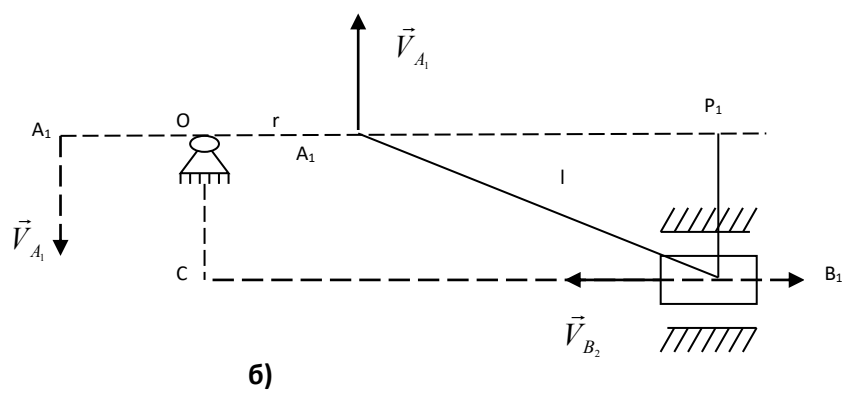
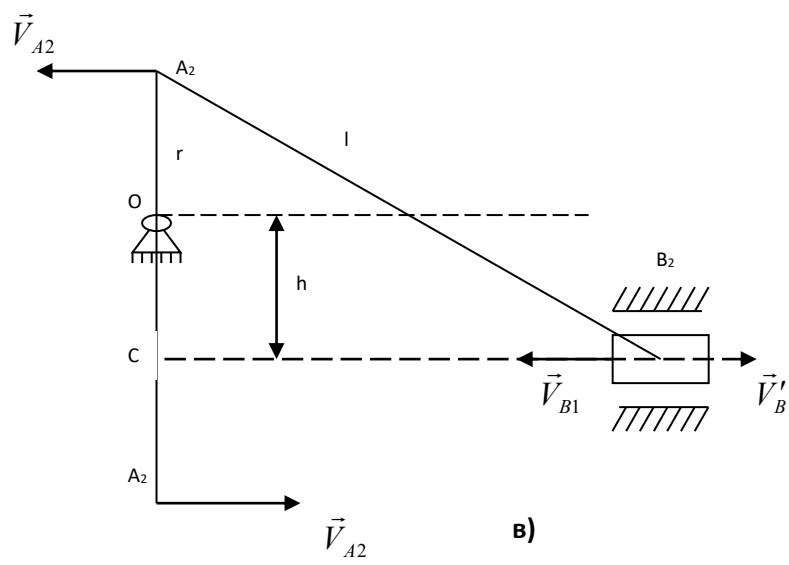
bo'ladi. Bunda φ_1 – qo'zg'aluvchi shesternyaning aylanish burchagi; minus ishorasi esa shesternyaning krivoship aylanishiga nisbatan teskari tomonga aylanishini bildiradi.



Jismning tekis parallel harakatdagi nuqtasi tezligini topish

Masala 3. O val atrofida $\omega = 1,5 \text{ sek}^{-1}$ burchak tezlik bilan aylanuvchi krivoshipning ikkita gorizontaal va ikkita vertikal vaziyatda markazlashtirilmagan krivoship mexanizmi polzun V ning tezligi topilsin. $OA = 40 \text{ sm}$, $AV = 200 \text{ sm}$, $OS = 20 \text{ sm}$.





Yechish: Bu masalani yechishda tezlik oniy markazidan foydalanamiz. Krivoship gorizontal vaziyatda turganda A nuqtaning tezligi vertikal bo'ylab yuqoriga yoki pastga yo'nalgan va

$$v_{A_1} = v_A = \omega r = 1,5 \cdot 40 = 60 \frac{cm}{c}$$

bo'ladi.

Shu vaqtda V polzunning tezligi uning yo'naltiruvchisi bo'ylab gorizontal ravishda chapga yoki o'ngga yo'nalgan. Oniy tezlik markazini shu vaqt oralig'ida qanday holatda bo'lishini aniqlaymiz.

A va V nuqtalardan $\vec{v}_A$ va $\vec{v}_B$ tezlik vektorlariga chiqarilgan tik chiziqlarning kesishuvchi R_1 nuqtasi oniy markaz bo'ladi. R_1 nuqtaning vaziyati A_1, R, V_1 to'g'ri burchakli uchburchakdan topiladi, bu (b) rasmda ko'rinib turibdi. Masofa:

$$P_1 B_1 = h = 20 cm$$

$$P_1 A_1 = \sqrt{l^2 - h^2} = \sqrt{200^2 - 20^2} = \sqrt{39600} = 10\sqrt{396}$$

Shatunning tezligi undan oniy markazgacha bo'lgan masofaga to'g'ri proporsional, shuning uchun,

$$v_B = v_A \cdot \frac{P_1 B_1}{P_1 A_1} = 60 \cdot \frac{20}{199} = 6,03 \frac{cm}{cek} \text{ bo'ladi.}$$

Krivoshipning vertikal vaziyatida (v) rasmda polzun V_2 ning tezligi krivoshipdagi A_2 nuqtaning tezligiga parallel, demak, oniy tezlik markazi cheksizlikda, ya'ni hamma nuqtalarning tezliklari shu vaqt oralig'ida bir xil bo'ladi:

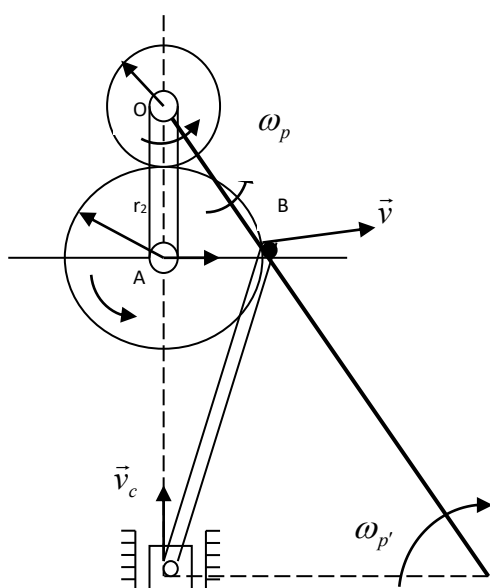
$$v_B = v_A = 60 \frac{cm}{cek};$$

Masala 4. $OA=30$ sm li krivoship O o'q atrofida $\omega_0=0,5\text{sek}^{-1}$ burchak tezligi bilan aylanadi. Radiusi $r_2=20$ sm bo'lgan tishli g'ildirak radiusi $r_1=10$ sm bo'lgan qo'zg'almas g'ildirak bo'ylab sirg'anmay g'ildiraydi va unga biriktirilgan $BC=20\sqrt{26}$ sm li shatunni harakatga keltiradi. AV radius OA krivoshipga tik bo'lgan paytda shatun burchak tezligi hamda V va S nuqtalarning tezliklari qancha bo'lishi aniqlansin.

Yechish: G'ildirak A nuqtasining chiziqli tezligi quyidagicha bo'ladi:

$$v_A = \omega_0 \cdot OA = 0,5 \cdot 30 = 15 \frac{cm}{cek}$$

Radiusi r_2 bo'lgan g'ildirak tekis parallel harakat qiladi: uning oniy markazi radiusi r_1 bo'lgan g'ildirakka R nuqtada turadi. Demak, harakatdagi g'ildirakning ω_R oniy aylanish burchak tezligi:



$$\omega_p = \frac{v_A}{AP} = \frac{v_A}{r_2} = \frac{15}{20} = 0,5 \frac{1}{\text{сек}}$$

V nuqtaning tezligi esa

$$v_B = \omega_p \cdot BP = \omega_p \cdot r_2 \sqrt{2} = 0,75 \cdot 20 \cdot 1,41 = 21,15 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$$

bo'ladi.

SV shatun ham tekis parallel harakat qiladi; V nuqtaning tezligi hamda S nuqta tezligining AS chiziqli bo'ylab yo'nalganligi ma'lum bo'lgani uchun, tezlik vektorlariga V va S nuqtalardan chiqarilgan tiklarning kesishuvchi P' nuqtasi shatunning oniy markazi bo'ladi. VS shatunning $\omega_{p'}$ burchak tezligini topamiz:

$$\omega_{p'_{uam}} = \frac{v_B}{BP'} = \frac{v_B}{PP' - BP} = \frac{\omega_p \cdot r_2 \sqrt{2}}{(PC - r_2) \sqrt{2}} = \frac{15}{20 \cdot 5} = 0,15 \frac{1}{\text{сек}}$$

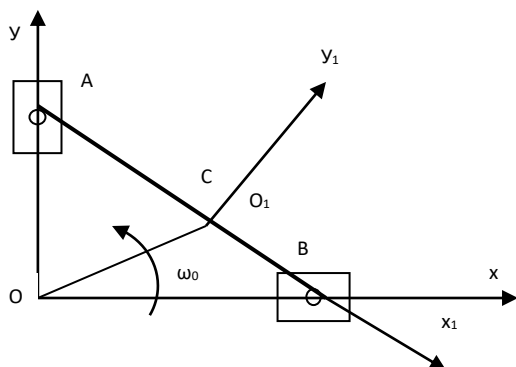
Endi shatunning S nuqtasi tezligini aniqlaymiz:

$$v_c = \omega_{p'} \cdot P'C = \omega_{p'} \cdot (r_2 + AC) = \omega_{p'} (r_2 + \sqrt{BC^2 - r^2}) = 0,15(20 - \sqrt{20^2 \cdot 26 - 20^2}) = 0,15 \cdot 120 = 18 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$$

Tekis parallel harakatdagi jism nuqtasi tezlanishini topish

Masala 5. Uzunligi $2l=20$ sm bo'lgan AV ellipsograf chizg'ichi $\omega_0 = 2 \frac{1}{\text{сек}}$ o'zgarmas burchak tezlik

bilan aylanuvchi OS krivoship bilan harakatga keltiriladi: $AS=VS=l$; $\angle AVO=30^\circ$ bo'lgan paytda chizg'ich oniy tezlanishining markazi, uning A va V uchlarning tezlanishi va oniy tezliklar markazini tezlanishi aniqlansin.



Echish: Oniy tezlanish markazining vaziyatini analitik usul bilan aniqlaymiz. Qo'zg'almas koordinatalar sistemasi uchun xOy ni, qo'zg'aluvchan koordinatalar sistemasi uchun $x_1O_1y_1$ ni olamiz.

Oniy tezlanish markazini koordinatalarini formuladan topamiz:

$$x_k = x_{0_1} + \frac{\omega_{0_1x} \cdot \omega^2 - \omega_{0_1y} \cdot \varepsilon}{\varepsilon^2 + \omega^4}; \quad (1)$$

$$y_k = y_{0_1} + \frac{\omega_{0_1x} \cdot \omega^2 + \omega_{0_1y} \cdot \varepsilon}{\varepsilon^2 + \omega^4}; \quad (2)$$

Qo'zg'aluvchi koordinatalar sistemasining boshi (O_1 nuqta)ning koordinatalari x_{o_1}, y_{o_1} ning qiymatlari quyidagicha:

$$x_{o_1} = l \cos \varphi$$

$$y_{o_1} = l \sin \varphi$$

O_1 nuqtaning tezlanishi:

$$\omega_{o_1} = \omega^2 \cdot 2l = 2^2 \cdot 20 = 80 \frac{cm}{cek^2} \text{ bo'ladi.}$$

Bu tezlanishning O_x va O_y proeksiyalari quyidagicha bo'ladi:

$$\omega_{o_1x} = -\omega_{o_1} \cdot \cos \varphi,$$

$$\omega_{o_1y} = -\omega_{o_1} \cdot \sin \varphi$$

Masala shartiga ko'ra, burchak tezlanishi nolga teng: $\varepsilon=0$

Topilgan qiymatlarni koordinatalar tenglamasi (1) va (2) ga qo'yamiz:

$$x_k = l \cos \varphi - \frac{\omega^2 l \omega^2}{\omega^4} \cos \varphi = 0$$

$$y_k = l \sin \varphi - \frac{\omega^2 l \omega^2}{\omega^4} \sin \varphi = 0$$

Demak, tezlanish oniy markazi O nuqtada bo'ladi. A va V nuqtalarning tezlanishini quyidagi formuladan topamiz:

$$\omega = \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4};$$

Demak,

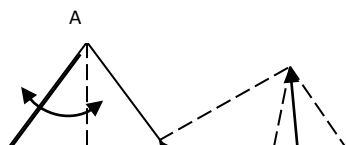
$$\omega_A = 2l \sin 30^\circ \cdot \sqrt{0 + \omega^4} = l \omega^2 = 10 \cdot 2^2 = 40 \frac{cm}{cek^2};$$

$$\omega_B = 2l \cos 30^\circ \cdot \sqrt{0 + \omega^4} = l \sqrt{3} \omega^2 = 10 \cdot 1,73 \cdot 2^2 = 69,3 \frac{cm}{cek^2}.$$

Masala 6. Teng tomonli AVS uchburchak shakl tekisligida harakat qiladi. Uchburchak A va V uchlarining tezlanishlari shu paytda $16 \text{sm}/\text{sek}^2$ ga teng bo'lib, uchburchak tomonlari bo'ylab yo'nalgan. Uchburchakning uchinchi S uchining tezlanishi aniqlansin.

Yechish: $\overline{\omega}_B = \overline{\omega}_A + \overline{\omega}_{BA}$ bundan $\overline{\omega}_{BA} = \overline{\omega}_A + (-\overline{\omega}_A)$ kelib chiqadi. Bu tenglamadan ko'ramizki, $\overline{\omega}_{BA}$ vektorni topish uchun V nuqtaga $\overline{\omega}_{BA}$ vektorga teng va unga qarama-qarshi yo'nalgan $(-\overline{\omega}_{BA})$ vektorni tushiramiz,

keyin $\overline{\omega}_B$ va $(-\overline{\omega}_{BA})$ vektorlarni geometrik yo'l bilan



qo'shamiz.

$\overline{\omega}_{BA}$ vektorni AV yo'nalishga va unga tik o'tgan yo'nalishga proektsiyalasak, $\overline{\omega}_{BA}^{(n)}$ va $\overline{\omega}_{BA}^{(\tau)}$ kelib chiqadi.

$$\overline{\omega}_{BA}^{(n)} = \omega_B + \omega_A \cdot \cos 60^\circ = 16 + 16 \cdot 0,5 = 24 \frac{cm}{cek^2}$$

$$\overline{\omega}_{BA}^{(\tau)} = \omega_A \cdot \cos 30^\circ = 16 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 13,85 \frac{cm}{cek^2}$$

$$tg \mu = \frac{|\overline{\omega}_{BA}^{(\tau)}|}{\overline{\omega}_{BA}^{(n)}} = \frac{8\sqrt{3}}{24} = \frac{\sqrt{3}}{3};$$

bundan $\mu = 30^\circ$.

$\overline{\omega}_B$ va $\overline{\omega}_A$ vektorlaridan soat strelkasi yo'nalishiga teskari $\mu = 30^\circ$ burchak ostida to'g'ri chiziqlar o'tkazsak, ularning kesishgan R nuqtasi niy tezlanish markazi bo'ladi. R nuqtani S nuqta bilan tutashtirib, hosil bo'lgan RS ga soat strelkasi yuradigan tomonga $\mu = 30^\circ$ burchak ostida to'g'ri chiziq o'tkazsak, S nuqta tezlanishi $\overline{\omega}_C$ ning yo'nalishini hosil qilamiz. Uchburchakning burchak tezligini va burchak tezlanishini topamiz:

$$\overline{\omega}_{BA}^{(n)} = \omega^2 \cdot AB \text{ va } \overline{\omega}_{BA}^{(\tau)} = \varepsilon \cdot AB \text{ bundan}$$

$$\omega^2 = \frac{\overline{\omega}_{BA}^{(n)}}{AB} = \frac{24}{6} = 4 \frac{1}{cek^2} \text{ yoki } \omega = 2 \frac{1}{cek^2};$$

$$\omega = \frac{\overline{\omega}_{BA}^{(\tau)}}{AB} = \frac{8\sqrt{3}}{6} = \frac{4\sqrt{3}}{3} \frac{1}{cek^2}$$

S nuqtaning tezlanishi:

$$\omega_c = PC \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2} = \frac{6}{2 \cos 30^\circ} \cdot \sqrt{2^4 + \left(\frac{4\sqrt{3}}{3}\right)^2} = 16 \frac{cm}{cek^2}$$

bu tezlanish SV bo'ylab, S va V ga tomon yo'nalgan.

3-amaliy mashg'ulot. Nuqta tezligi va tezlanishini hisoblashga oid masalalar.

K I N E M A T I K A

Nazariy mexanikaning kinematika bo'limida jismlarning harakati mazkur jismlarning massasi va ularga ta'sir etuvchi kuchlarga bog'lamay, faqat geometrik nuqtai nazardan tekshiriladi.

Fazoda harakatlanayotgan nuqtaning biror sanoq sistemasiga nisbatan holati bilan vaqt orasidagi bog'lanishni ifodalovchi tenglama *nuqtaning harakat qonunini* aniqlaydi. Agar nuqtaning biror sanoq sistemasiga nisbatan harakat qonuni berilgan bo'lsa, *nuqta harakatining kinematik xususiyatlari*: traektoriyasi, tezligi va tezlanishlarini aniqlash mumkin bo'ladi.

Kinematikada nuqtaning harakati berilish usullari, asosan, *vektor, koordinatalar va tabiiy usulda* beriladi.

1. **Vektor usuli** $\vec{r} = \vec{r}(t)$
2. **Koordinata usuli** $x = f_1(t); y = f_2(t); z = f_3(t)$
3. **Tabiiy usul** $s = f(t)$

Nuqtaning har bir ma'lum paytdagi harakat jadalligi va yo'nalishini bildiruvchi vektor nuqtaning **tezligi** deyiladi.

1. Harakati vektor usulida berilgan nuqtaning tezligi:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt};$$

Nuqtaning berilgan paytdagi tezlik vektori nuqtaning radius-vektoridan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng bo'ladi.

2. Harakati koordinatalar usulida berilgan nuqtaning tezligi:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt} \cdot \vec{i} + \frac{dy}{dt} \cdot \vec{j} + \frac{dz}{dt} \cdot \vec{k};$$

$$\vec{v}_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}; \vec{v}_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}; \vec{v}_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z};$$

Nuqtaning tezligi biror qo'zg'almas Dekart koordinata o'qidagi proektsiyasi harakatlanuvchi nuqtaning shu o'qqa mos koordinatasidan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilaga teng. Nuqta tezligining koordinata o'qlaridagi proektsiyalari ma'lum bo'lsa, uning moduli:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2};$$

yo'nalishi:

$$\cos(\vec{v}, \hat{x}) = \frac{v_x}{v}; \cos(\vec{v}, \hat{y}) = \frac{v_y}{v}; \cos(\vec{v}, \hat{z}) = \frac{v_z}{v}.$$

3. Harakati tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezligi:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{ds} \cdot \frac{ds}{dt}; \quad \vec{v} = \frac{ds}{dt} \cdot \tau^0;$$

$\frac{ds}{dt} = \tau^0$ - yoy koordinatasining musbat yo'nalishi bo'yicha yo'nalgan urinmaning birlik vektorini ifodalaydi.

$\frac{ds}{dt}$ hosila $\vec{v}$ tezlikning urinmadagi proeksiyasi v_τ ni ifodalaydi va tezlikning algebraik qiymati deyiladi.

v_τ ning absolyut qiymati tezlikning moduliga teng bo'ladi:

$$v = |v_\tau| = \left| \frac{ds}{dt} \right|$$

Nuqtaning tezlik moduli yoy koordinatasidan vaqt bo'yicha olingan hosilaning absolyut qiymatiga teng.

$$\vec{v} = v_\tau \cdot \vec{\tau}^0;$$

Vaqt o'tishi bilan nuqta tezligining miqdor va yo'nalish jihatdan o'zgarishini ifodalovchi kattalik tezlanish deyiladi.

1. Harakati vektor usulida berilgan nuqtaning tezlanishi:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2};$$

Nuqtaning berilgan paytdagi tezlanishi nuqta tezlik vektorining vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilasiga yoki radius-vektorning vaqt bo'yicha olingan ikinchi tartibli hosilasiga teng.

2. Harakati koordinatalar usulida berilgan nuqtaning tezlanishi:

$$\vec{a} = \frac{dv_x}{dt} \cdot \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \cdot \vec{j} + \frac{dv_z}{dt} \cdot \vec{k};$$

$$\vec{a}_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}; \vec{a}_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{y}; \vec{a}_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2} = \ddot{z};$$

Tezlanish vektorining biror qo'zg'almas Dekart koordinata o'qidagi proeksiyasi nuqtaning mos koordinatalaridan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi hosilaga yoki tezlik vektorining mos koordinata o'qlaridagi proeksiyasidan olingan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilaga teng bo'ladi. Nuqta tezlanishining moduli va yo'nalishini quyidagi formulalardan topiladi:

$$\vec{a} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2 + \ddot{z}^2};$$

$$\cos(\vec{a}, \vec{i}) = \frac{\ddot{x}}{a}; \cos(\vec{a}, \vec{j}) = \frac{\ddot{y}}{a}; \cos(\vec{a}, \vec{k}) = \frac{\ddot{z}}{a}.$$

3. Harakati tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezlanishi:

$$\vec{a} = \frac{dv}{ds} \cdot \tau^0 + v \frac{d\tau^0}{dt} = \frac{dv}{dt} \cdot \tau^0 + v \frac{d\tau^0}{ds} \cdot \frac{ds}{dt};$$

$\frac{d\tau^0}{ds} = \frac{1}{\rho}$ bo'lib, ρ – egrilik radiusi. $\frac{d\tau^0}{ds}$ vektor miqdor jihatdan $\frac{1}{\rho}$ ga teng, yo'nalishi bosh normal

bo'ylab traektoriyaning egrilik markazi tomon, ya'ni $\frac{d\tau^0}{ds} = \frac{1}{\rho} \cdot \vec{n}^0$

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \cdot \tau^0 + \frac{v^2}{\rho} \cdot \vec{n}^0;$$

$\frac{dv}{dt} \cdot \tau^0 = \vec{a}_\tau$ - urinma tezlanish; $\frac{v^2}{\rho} \cdot \vec{n}^0 = \vec{a}_n$ - normal tezlanish.

Nuqtaning tezlanish vektori $\vec{a}$ urinma tezlanish $\vec{a}_\tau$ va normal tezlanish $\vec{a}_n$ larning geometrik yig'indisiga teng. $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$;

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

$$\vec{a} = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{\rho}\right)^2}; \text{ yo'nalishi } \operatorname{tg} \mu = \frac{|a_\tau|}{a_n} \text{ ga teng.}$$

Nuqtaning egri chiziqli tekis harakat tenglamasi:

$$S = S_0 + v_0 t$$

Egri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakati tenglamasi:

$$S = S_0 + v_0 t + a_\tau \frac{t^2}{2}$$

Masalalar yechish yuzasidan uslubiy ko'rsatmalar

Nuqta kinematikasiga doir masalalarni quyidagi turlarga ajratish mumkin:

- 1) berilgan shartlarga ko'ra, nuqtaning harakat tenglamalari tuziladigan masalalar. (I.V.Meshcherskiyning "Nazariy mexanikadan masalalar to'plami" kitobidagi 10.12, 10.13, 14.13, 14.14, 11.2, 11.11-masalalar shunday masalalardir).

Nuqta harakatiga taalluqli masalalarni yechishda nuqtaning boshlang'ich va oxirgi vaziyatini tekshirmasdan, balki vaqtga nisbatan umumiy vaziyatini tekshirish va o'zgaruvchan koordinatalarini vaqt funksiyasi tariqasida ifodalash kerak.

- 2) Harakati Dekart koordinatasida berilgan va nuqtaning traektoriyasi, tezligi hamda tezlanishini topish talab qilinadi. (I.V.Meshcherskiyning "Nazariy mexanikadan masalalar to'plami" kitobidagi 10.4, 10.5, 10.6, 10.10, 10.11, 11.3, 11.4, 12.1, 12.2, 12.3, 12.12, 12.15 -masalalar shunday masalalar jumlasiga kiradi).

Nuqtaning traektoriyasini topish uchun harakat tenglamalaridan t vaqtini chiqarib tashlasak kifoya. Tezlik va tezlanishlarning tegishli o'qlardagi proektsiyalari kattaligini harakat tenglamalaridagi birinchi tartibli hosila olib, yo'nalishi topiladi.

- 3) Harakati tabiiy usulda berilgan, ya'ni harakat qonuni bilan ifoda qilingan va nuqtaning tezligi bilan tezlanishini topish talab etiladigan masalalar. (I.V.Meshcherskiyning "Nazariy mexanikadan masalalar to'plami" kitobidagi 12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5, 12.6, 12.7, 12.8, 12.10, 12.11, 12.12, 12.13, 12.21-masalalar shunday masalalardir).

Ular nuqta harakat qonunidan hosila olish yo'li bilan topiladi. Nuqtaning traektoriyasi bo'ylab harakatlanish honuni uning berilgan tezligini yoki tezlanishini integrallash yo'li bilan topiladi.

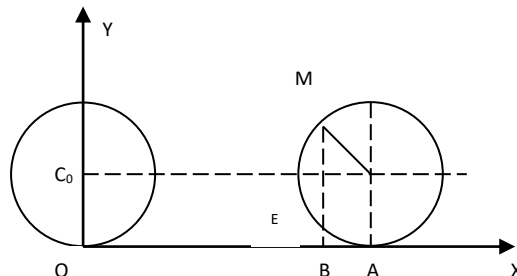
2.1. Nuqta harakatining berilish usullari. Tezlik va tezlanish.

Masala 1.

Agar teplovoz to'g'ri chiziqli yo'lda sekunda 20 m o'zgarmas tezlik bilan harakat qilsa, shu teplovozning radiusi $R=1$ m bo'lgan g'ildiragi to'g'ini nuqtasining harakat tenglamalari va traektoriyasi aniqlansin. G'ildirak sirg'anmasdan yumalaydi, deb hisoblansin, nuqtaning OX o'q deb qabul qilingan yo'ldagi boshlang'ich vaziyati koordinata boshi deb qaraladi.

Echish: Boshlang'ich vaziyatda g'ildirak bilan rels tegishgan nuqtani O bilan belgilab, uni koordinata boshi, deb qabul qilamiz. Och o'qni rels bo'ylab o'ng tomonga, O₀ o'qni esa vertikal bo'ylab yuqoriga yo'naltiramiz.

G'ildirakning ikki vaqt oralig'idagi vaziyati tekshiriladi ($t=0$; t) t vaqtda hildirak markazini S bilan to'g'indagi nuqtani M nuqta bilan belgilaymiz.



G'ildirak markazidan relsgacha bo'lgan masofa hamma vaqt R ga teng bo'lgani uchun S nuqta x o'qqa parallel holda to'g'ri chiziqli va masala shartiga ko'ra bir tekis harakat qiladi. Shuning uchun koordinata o'qining boshidan shu nuqtagacha bo'lgan masofa $C_0C = v \cdot t$ ga teng bo'ladi.

SA // S₀D bo'lgani uchun, t vaqt ichida g'ildirakning o'z o'qi atrofida aylanishidan hosil bo'ladigan burchak $\angle MSA$ dir, uni φ bilan belgilaymiz. M nuqtaning harakat tenglamasini tuzish uchun bu nuqtaning koordinatalarini tushiramiz:

$$X_M = v \cdot t - R \cdot \sin \varphi; \quad U_M = R \cdot \cos \varphi$$

$$\text{bo'ladi, biroq, } OV_{QA} - SE = S_0S - SE;$$

$$MV = ME + EV$$

$$\text{yoki } X_M = v \cdot t - R \cdot \sin \varphi; \quad U_M = R \cdot \cos \varphi;$$

MES uchburchakdan

$$ME = R \sin(\varphi - 90^\circ) = -R \cos \varphi$$

$$EC = R \cos(\varphi - 90^\circ) = R \sin \varphi$$

kelib chiqadi, demak:

$$X_M = v \cdot t - R \cdot \sin \varphi$$

$$Y_M = R - R \cdot \cos \varphi$$

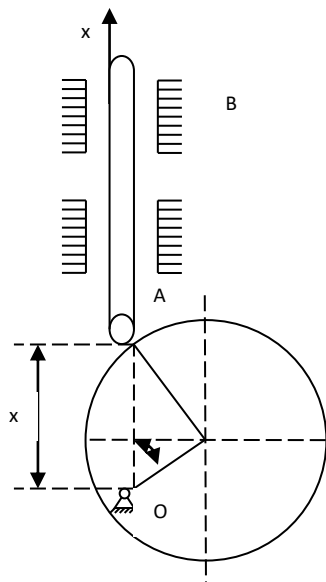
Endi burchak φ ni t vaqt bilan qanday munosabatda bo'lishini topamiz. G'ildirak yo'lda sirg'anmay yumalagani uchun $\vec{MA} = \vec{OA}$. Biroq, $OA = S_0S = vt$; $\vec{MA} = R\varphi$ bo'lgani uchun $v \cdot t = R\varphi$ yoki

$\varphi = \frac{vt}{R}$ dir; masala shartiga ko'ra $v=20$ m/sek va $R=1$ m bo'lgani uchun $\varphi=20t$ bo'ladi. Demak, nuqtaning harakat tenglamasi quyidagi holga keladi.

$$X_M = 20t - \sin 20t; \quad Y_M = 1 - \cos 20t;$$

Masala 2. Ekssentrik diametri $d=2r$, aylanish o'qi O esa disk S o'qidan $OS=a$ masofada turadi, sterjenning harakat qonuni topilsin; Ox o'q sterjen bo'ylab yo'nalgan, hisob aylanish o'qidan boshlanadi,

$$\frac{a}{r} = \lambda$$



Echish: O nuqtani koordinatalar boshi deb qabul qilib, Ox o'qni AV sterjen bo'ylab yo'naltiramiz.

AV sterjen yo'naltiruvchi bo'ylab hamma vaqt vertikal harakat qiladi, demak, sterjenning A nuqtasi o'q bo'ylab to'g'ri chiziqli harakat qiladi. Bundan $U_A=0$ bo'ladi. Endi A nuqtaning X_A qoA abssissasi vaqt funksiyasi sifatida ifoda etilsa kifoya. Buning uchun OA kesmani φ burchak bilan ifodalaymiz. S nuqtadan tik chiziq SE ni tushirsak, AOS uchburchakdan

OA qoE+EA, ammo
 $OE = a \cdot \sin \varphi$; $EC = a \cdot \sin \varphi$ bo'ladi, shuning
 uchun $EA = \sqrt{AC^2 - EC^2} = \sqrt{r^2 - a^2 \cdot \sin^2 \varphi}$
 dir.

$X_A = OA = a \cdot \cos \varphi + \sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \varphi}$; bu tenglamaga $\frac{a}{r} = \lambda$ ni qo'ysak, sterjenning harakat qonuni kelib chiqadi:

$$X = a \cdot \cos \varphi + r \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi};$$

Masala 3.

Berilgan nuqta harakatining tenglamalaridan nuqta traektoriyasining tenglamalari topilsin.

$$x=5+3\cos t; y=4\sin t;$$

Yechish: Nuqta traektoriyasining tenglamasini topish uchun harakat tenglamalaridan t vaqtni chiqarib tashlaymiz. Buning uchun birinchi tenglamadan $\cos t$ ni, ikkinchisidan esa $\sin t$ ni topamiz.

$$\frac{x-5}{3} = \cos t; \frac{y}{4} = \sin t;$$

Bu tenglamalarning ikkala tomonini kvadratga oshirib, so'ngra qo'shamiz:

$$\frac{(x-5)^2}{9} + \frac{y^2}{16} = \cos^2 t + \sin^2 t$$

$$\text{yoki } \frac{(x-5)^2}{9} + \frac{y^2}{16} = 1 \text{ bo'ladi.}$$

Demak, izlanayotgan nuqta traektoriyasi ellips ekan.

Masala 4.

Ellipsograf chizg'ichining uzunligi $AV=40\text{sm}$, krivoshipning uzunligi $OS=20\text{sm}$, $AS=SV$. Krivoship O o'q atrofida ω burchak tezligi bilan bir tekis aylanadi. Chizg'ichning A uchidan $MA=10\text{ sm}$ masofada yotuvchi M nuqta traektoriyasining va tezlik godografining tenglamalari topilsin.

Yechish: Koordinatalar sistemasini qabul qilib, M nuqtaning harakat tenglamasini tuzamiz. M nuqtaning koordinatalari:

$$x = 30\cos\varphi$$

$$y = 30\sin\varphi$$

bo'ladi.

Krivoship bir tekis ω burchak tezlik bilan aylanadigan bo'lgani uchun krivoship bilan X o'qdan hosil bo'lgan φ burchak t vaqtga proporsional va ωt ga teng bo'ladi:

$$\varphi = \omega t$$

Demak, nuqtaning harakat tenglamasini quyidagicha:

$$\left. \begin{aligned} x &= 30\cos\omega t \\ y &= 30\sin\omega t \end{aligned} \right\}$$

Traektoriya tenglamasini topish uchun tenglamadan vaqtni chiqarib tashlaymiz. Buning uchun $\cos\omega t$, $\sin\omega t$ larni topamiz:

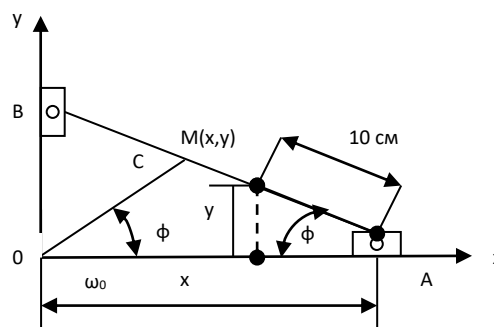
$$\frac{x}{30} = \cos\omega t; \quad \frac{y}{30} = \sin\omega t;$$

Bu tenglamalarning ikkala tomonini kvadratga oshirib, so'ngra qo'shamiz:

$$\frac{x^2}{900} + \frac{y^2}{900} = 1$$

Demak, bu tenglama yarim o'qlari 30 sm va 10sm ga teng bo'lgan ellipsning tenglamasidir. M nuqtaning tezlik godografini topish uchun M nuqta tezligining x , y o'qlardagi proeksiyalarini aniqlaymiz.

$$\frac{dx}{dt} = \dot{x} = -30\omega\sin\omega t; \quad \frac{dy}{dt} = \dot{y} = 10\omega\cos\omega t;$$



Godograf tenglamasini $\dot{X}\dot{O}\dot{Y}$ koordinatalarda ifodalaymiz, $\dot{x}$ va $\dot{y}$ lar tezlikdan shu o'qlarga tushadigan proeksiyalardir. Buning uchun tenglamalardan t vaqtni chiqarib tashlaymiz.

$$-\frac{\dot{x}}{30\omega} = \sin\omega t; \quad \frac{\dot{y}}{10\omega} = \cos\omega t$$

Bu tenglamalarning ikkala tomonini kvadratga oshirib, so'ngra qo'shsak, tezlik godografi tenglamasi kelib chiqadi:

$$\frac{\dot{x}^2}{900\omega^2} + \frac{\dot{y}^2}{100\omega^2} = 1$$

Bu tenglama yarim o'qlari $30 \cdot \omega; 10 \cdot \omega$ sm ga teng bo'ladigan ellips tenglamasidir.

4-amaliy mashg'ulot. Cho'zilishga va siqilishga oid masalalar (sterjen o'z og'irligini hisobga olmagan holda).

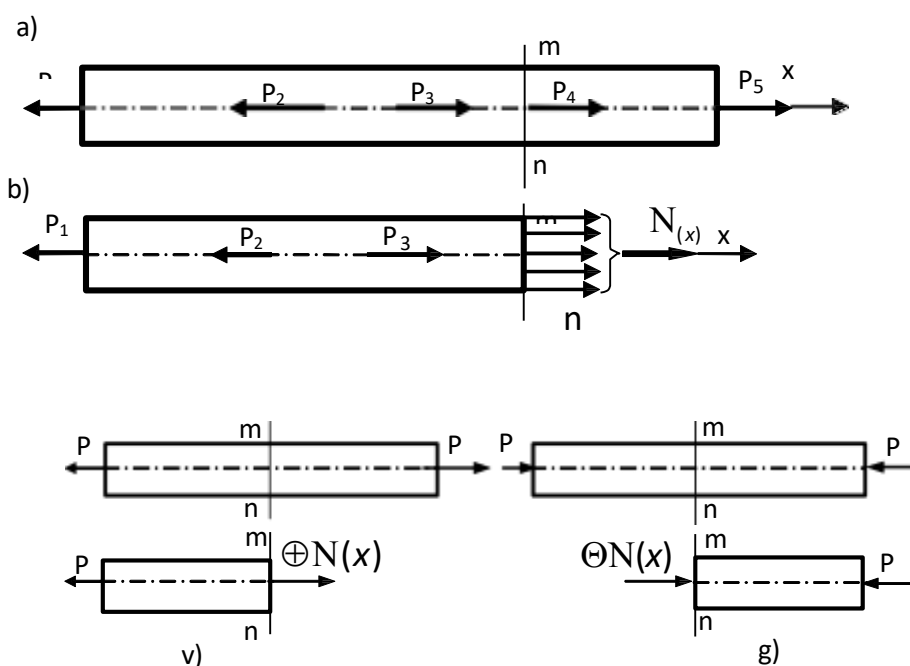
Cho'zilish va siqilish deformatsiyasi

Agar tashqi kuchlar ta'sirida sterjen ko'ndalang kesim yuzasida faqat ichki bo'ylama kuch N hosil bo'lsa, cho'zilish va siqilish deformatsiyasi paydo bo'ladi.

Cho'zilish va siqilish deformatsiyasi ramali konstruksiyalar elementlarida, kolonnalarda, fundamentlarda va fermalar elementlarida yuz berishi mumkin. Faqat cho'zilishga ishlaydigan, ya'ni cho'zuvchi kuchlarni qabul qiluvchi o'ziga xos konstruksiyalarga troslar, zanjirlar, elektr uzatish simlari va boshqalar kiradi. Ular umumiy holda egiluvchi iplar deb ataladi.

Cho'zilishda sterjenning bo'ylama o'lchamlari uzayib, siqilishda esa u qisqaradi. Bu hodisani kuzatish uchun oson deformatsiyalanuvchi materialdan tayyorlangan sterjenga uni o'qi bo'ylab qo'yilgan cho'zuvchi P kuch ta'sir etgan holatni ko'ramiz. Buning uchun (kuch ta'sir etguncha) sterjen sirtiga o'zaro tik chiziqlardan to'r yasaymiz (2.17-shakl).

Sterjenning deformatsiyalanishgacha bo'lgan holati 2.17a-shaklda, deformatsiyadan keyingi holati 2.17 b-shaklda ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, o'tkazilgan ko'ndalang chiziqlar deformatsiyadan keyin ham to'g'riligi va sterjen o'qiga tikligini saqlab qolgan. Sterjenning mahkamlangan joyiga yaqin qismi va tashqi P kuch qo'yilgan nuqta atroflari bundan mustasno (2.17 b-shakldagi 1- va 2-qismlar).



2.17-shakl.

Ushbu qismlarning o'lchamlari sterjen uzunligiga nisbatan juda kichik bo'lganligi sababli, ularni sterjen ko'ndalang kesimi o'lchamlariga yaqin deb qarash mumkin. Qism o'lchamlarini aniqlab beruvchi ushbu qoida Sen-Venan prinsipi deb ataladi. Sterjenga chizilgan to'rdagi keskin o'zgarishlar asosan sterjendagi teshiklar atrofida, sterjen ko'ndalang kesimlarining o'zgargan joylarida hosil bo'lishi mumkin. Hisoblash ishlarida bu qismlar e'tiborga olinmaydi.

Sterjenning bo'ylama o'qiga tik o'tkazilgan to'g'ri chiziqlar, ko'ndalang kesimning ko'chish izlari hisoblanib (2.17 a-shakl) ular deformatsiyadan keyin ham (2.17 b-shakldagi kabi) to'g'ri chiziqli holatini saqlab qoladi.

Sterjenning deformatsiyagacha tekis bo'lgan ko'ndalang kesimlari deformatsiyadan keyin ham tekisligini saqlab qolishi shakldan ko'rinib turibdi. Bu holat Bernulli tomonidan qabul qilingan gipotezani o'zida aks ettiradi. Ushbu gipotezaning qo'llanilishi ko'ndalang kesimda hosil bo'ladigan kuchlanishlarning taqsimlanishini tekshirishni osonlashtiradi. Ya'ni, sterjenning ko'ndalang kesimida hosil bo'luvchi normal kuchlanishlar ko'ndalang kesim yuzasi bo'ylab tekis taqsimlangan, ya'ni $\sigma = \text{const}$ deb olinishiga imkoniyat yaratadi (2.17 v,g-shakl).

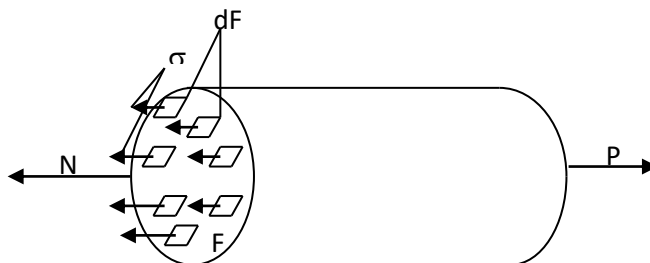
Shunga asoslanib yozishimiz mumkin:

$$P = N = \int_F \sigma dF = \sigma F$$

Bundan:

$$\sigma = \frac{N}{F} \quad (2.7)$$

bo'lib, bu formula cho'zilish va siqilishda sterjen ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan normal kuchlanish σ ni aniqlash formulasi deyiladi.



2.18-shakl.

Cho'zilish va siqilishda ichki kuch omili vazifasini bo'ylama kuch N , ko'ndalang kesimning geometrik xarakteristikasini esa – kesim yuzasi F bajaradi.

Cho'zilish va siqilishga ishlayotgan sterjenlarning mustahkamligini ta'minlash uchun sterjen ko'ndalang kesimlarida paydo bo'ladigan normal kuchlanish σ ruxsat etilgan normal kuchlanish $[\sigma]$ ga teng yoki undan kichik bo'lishi kerak, ya'ni:

$$\sigma = \frac{N}{F} \leq [\sigma] \quad (2.8)$$

Ushbu shart (2.8) cho'zilish va siqilishda mustahkamlik sharti deb ataladi.

Kuchlanishlarning eng katta qiymati paydo bo'ladigan ko'ndalang kesim xavfli kesim deyiladi. Ko'ndalang kesimlari o'zgarmas bo'lgan sterjenlardagi xavfli kesimni ichki kuchlar, ya'ni N ning epyurasidan aniqlash mumkin. Chunki bu holda ichki kuchlarning eng katta qiymatiga erishgan kesim xavfli kesim bilan ustma-ust tushadi. O'zgaruvchan kesimli, masalan pog'onasimon sterjenlarda ichki kuchlar N epyurasidan xavfli kesimni topib bo'lmaydi. Buning uchun sterjen uzunligi bo'yiga normal kuchlanish σ ning epyurasini qurish kerak.

Cho'zilish va siqilishda sterjen uzunligi bo'yicha normal kuchlanishlar o'zgarishini ko'rsatuvchi grafikka normal kuchlanishning epyurasi deyiladi. Kuchlanishlar epyurasining ordinatalari bo'ylama kuch N ordinatalarini sterjenning mos ko'ndalang kesim yuzalariga bo'lish yoki (2.7) orqali topiladi.

Cho'zilish va siqilishda mustahkamlikka hisoblash

Mustahkamlik sharti (2.8) asosida konstruksiyalar elementlarining mustahkamligiga tegishli bo'lgan 3 xil masala yechiladi, ya'ni:

I. Berilgan material va tashqi yuklanishlar asosida sterjen ko'ndalang kesim o'lchamlarini aniqlash masalasi.

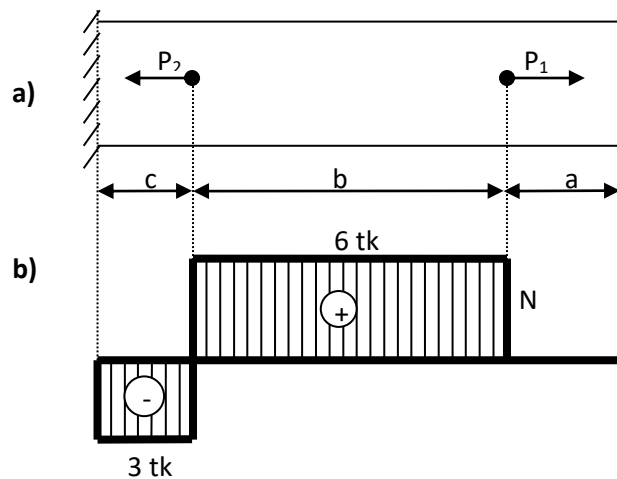
Bu holda sterjenga ta'sir qilayotgan tashqi kuch asosida N ning epyurasi quriladi va berilgan material uchun ruxsat etilgan normal kuchlanish $[\sigma]$ ning qiymati mavjud ma'lumotlar asosida olinib, sterjenning ko'ndalang kesim yuzasi aniqlanadi:

$$F \geq \frac{N}{[\sigma]} \quad (2.9)$$

1-misol. Ko'ndalang kesimi doira shaklida bo'lgan cho'yan sterjenning diametri aniqlansin (4.3-shakl).

$$P_1 = 6 \text{ tk}, P_2 = 9 \text{ tk}, a = 0,3 \text{ m}, b = 0,7 \text{ m}, \tilde{n} = 0,2 \text{ m}$$

Avvalo 2.1-jadvaldan cho'yan uchun ruxsat etilgan normal kuchlanishlarning qiymatlarini aniqlaymiz. $[\sigma_s] = 1200 \text{ kgk/sm}^2$, $[\sigma_{ch}] = 500 \text{ kgk/sm}^2$.



2.19-shakl.

Bo‘ylama kuch N ning epyurasini quramiz (2.19 b-shakl).
 N ning epyurasidan

$$N_s^{\max} = 6tk, \quad N_{ch}^{\max} = 3tk$$

ekanligini aniqlanadi.

Siqilishdagi mustahkamlik shartidan

$$F_s = \frac{N_s^{\max}}{[\sigma_s]} = \frac{6000}{1200} = 5\text{ sm}^2.$$

Cho‘zilishdagi mustahkamlik shartidan

$$F_{ch} = \frac{N_{ch}^{\max}}{[\sigma_{ch}]} = \frac{3000}{500} = 6\text{ sm}^2.$$

Aniqlangan F_s , F_{ch} yuzalardan kattasini, ya’ni $F_{ch}=6\text{ sm}^2$ ni olamiz. Doira uchun

$$F = \frac{\pi d^2}{4} \text{ dan,} \quad d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6}{3,14}} = 2,72\text{ sm} \text{ bo‘ladi.}$$

Demak, sterjenni yuzasini $F_{ch}=6\text{ cm}^2$ deb olsak, u holda sterjenning siqilgan qismi uchun ham mustahkamlik ta’minlangan bo‘lib,

$$\sigma = \frac{N}{F} = \frac{6000}{6} = 1000\text{ kgk/sm}^2 \leq [\sigma_s]$$

bu qism to‘la yuklanmagan bo‘ladi.

II. Berilgan material va ko‘ndalang kesim o‘lchamlar asosida sterjenning yuk ko‘tarish qobiliyatini aniqlash masalasi. Bu holda ko‘ndalang kesim yuzasi F va $[\sigma]$ dan foydalanib quyidagi aniqlanadi.

$$P^{\text{ruxs}} = N^{\text{ruxs}} \leq [\sigma] \cdot F \quad (2.10)$$

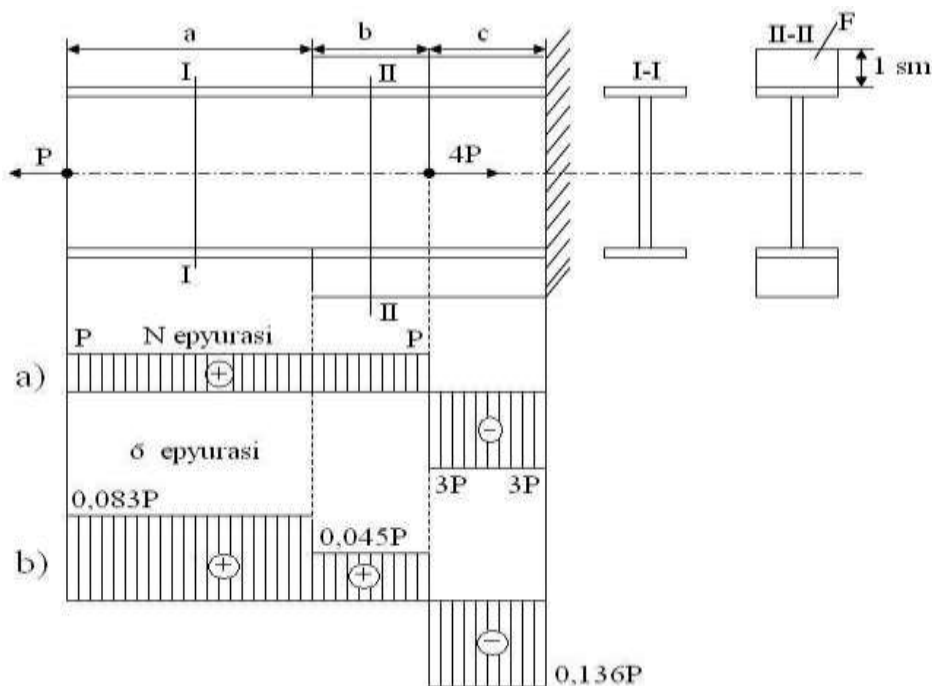
Buning uchun o‘zgaruvchan kesimli sterjenlarda avvalo sterjen uzunligi bo‘yicha normal kuchlanish aniqlanib, uning epyurasi quriladi. Keyin N^{ruxs} qiymatlari asosida ruxsat etilgan tashqi kuch aniqlanadi.

2-misol. Pog'onali po'lat sterjen uchun P^{ruxs} miqdori topilsin (2.20-shakl). Bu pog'onali sterjen qo'shtavr va eni qo'shtavr polkasining eniga teng, balandligi esa $h=1\text{ sm}$ bo'lgan to'g'ri to'rtburchakli 2 ta sterjendan iborat. $a=60\text{ sm}$, $b=20\text{ sm}$, $c=30\text{ sm}$ P^{ruxs} topish uchun oldin P masshtabda N ning epyurasini quriladi (2.20 a-shakl).

Sortamentda qo'shtavrning ko'ndalang kesim yuzasi $F_q=12\text{ sm}^2$, polkasining kengligi $b=5\text{ sm}$.

Demak, I-I kesimning yuzasi $F_I=12\text{ sm}^2$

II-II kesimniki esa $F_{II} = F_I + 2F = F_I + 2 \cdot b \cdot h = 12 + 2 \cdot 5 \cdot 1 = 22\text{ sm}^2$.



2.20 -shakl.

Sterjen uzunligi bo'yicha normal kuchlanish σ ning epyurasini quriladi.

Buning uchun sterjenning har bir uchustkasidagi normal kuchlanishni quyidagicha topiladi.

$$\sigma_1 = \frac{N}{F_I} = \frac{P}{12} = 0,083P, \quad \sigma_2 = \frac{N}{F_{II}} = \frac{P}{22} = 0,045P,$$

$$\sigma_3 = \frac{N}{F_{II}} = \frac{-3P}{22} = -0,136P$$

Ushbu kattaliklar asosida qurilgan normal kuchlanishlarning epyurasi 2.20- b shaklda ko'rsatilgan. Po'lat uchun $[\sigma]=1600\text{ kgk/sm}^2$ deb olinadi.

Absolyut qiymati bo'yicha eng katta kuchlanish $\sigma_{max}=\sigma_3=-0,136P$ ga teng. Uni ruxsat etilgan kuchlanishga tenglab, ya'ni $\sigma_{max}=[\sigma]$, $0,136P^{ruxs}=1600$ topiladi.

$$P^{ruxs} = \frac{1600}{0,136} = 11800 \text{ kgk} = 11,8 \text{ tk}$$

III. Berilgan ko'ndalang kesim o'lchamlari va tashqi yuklanishlar qiymatlari asosida berilgan sterjen materialini tanlash masalasi.

Ushbu masalani yechish uchun oldin N ning epyurasi quriladi, keyin quyidagi tenglamadan kuchlanishlarning eng katta qiymati topiladi.

$$\sigma_{\max} = N_{\max} / F$$

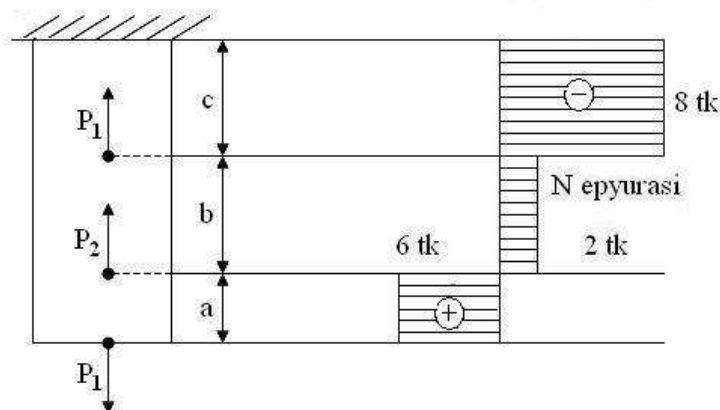
3-misol. Po'lat sterjen uchun (4.5-shakl) po'latning markasi aniqlansin.

$$P_1 = 6 \text{ tk}, \quad P_2 = 8 \text{ tk}, \quad a = 2 \text{ m}, \quad b = 3 \text{ m}, \quad s = 3 \text{ m}$$

Sterjenning ko'ndalang kesim yuzasi o'zgarmas va $F = 3 \text{ sm}^2$. Bu sterjen uchun bo'ylama kuch N ning epyurasini quriladi (2.21-shakl). Qurilgan epyuradan eng katta bo'ylama kuch N ning qiymatini topiladi $N_{\max} = 8 \text{ tk}$. Shunday qilib sterjenda hosil bo'ladigan eng katta kuchlanish $\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{F} = \frac{8000}{3} = 2650 \text{ kg/sm}^2$. Bu kuchlanishga oddiy po'lat St.3 chidamaydi, chunki u uchun ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma] = 1600 \text{ kgk/sm}^2$ (2.1-jadvaldan).

Sterjen mustahkamligini ta'minlash uchun uni tayyorlashda yuqori sifatli po'latdan, masalan legirlangan konstruksion po'latdan $[\sigma] > 2650 \text{ kgk/sm}^2$ dan foydalanish kerak (2.1-jadval).

Odatda, masalaning bu tarzda qo'yilishi kamdan kam uchraydigan hol, chunki konstruksiyani loyihalashda material qator talablar asosida tanlanib, ularning ichiga mustahkamlik sharti ham kirib ketadi. Aslida ushbu masala amaliyotda boshqacha ko'rinishda qo'yiladi: sterjenning berilgan ko'ndalang kesim o'lchamlari va unga ta'sir qilayotgan tashqi kuchlar asosida mavjud konstruksiyaning mustahkamligini tekshirish talab qilinadi. Bu holda kuchlanishning eng katta qiymati aniqlanib, u ruxsat etilgan kuchlanish bilan solishtiriladi va konstruksiyaning mustahkamligi haqida xulosa chiqariladi.



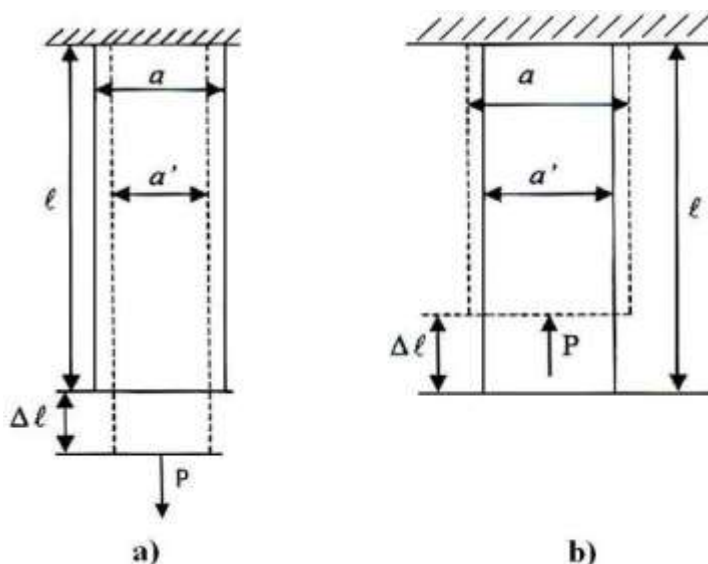
2.21 -shakl.

5-amaliy mashg'ulot. Cho'zilishga va siqilishga oid masalalar (sterjen o'z og'irligini hisobga olmagan holda)

Cho'zilish va siqilishda deformatsiyalar

Sterjenning P kuch ta'siridagi deformatsiyanishini sxematik ravishda (2.22 -shakl) ko'rilgan edi. Uzunligi ℓ ga teng bo'lgan markaziy P kuch ta'siridagi sterjenning deformatsiyasini tekshiradigan bo'lsak (2.22 -shakl), cho'zilishda uning uzunligi uzayadi (2.22 - a shakl), ko'ndalang kesim o'lchamlari esa kichrayadi, siqilishda buning aksi bo'lib, uzunligi qisqaradi, ko'ndalang kesim o'lchamlari esa kattalashadi (2.22 - b shakl).

Bu holda $\Delta \ell$ sterjenning absolyut bo'ylama deformatsiyasi $a-a'$ esa sterjenning absolyut ko'ndalang deformatsiyasi deyiladi.



2.22 -shakl.

Absolyut deformatsiya uzunlik o'lchov birligida o'lchanadi. Sterjenning deformatsiyalari uning o'lchamlariga nisbatan juda kichik deb qabul qilinadi. Bu qoida boshlang'ich parametr prinsipi deb atalib, tashqi kuchlarni sterjen deformatsiyalangandan keyin ham o'zaro joylashishini o'zgarmas deb hisoblashga asos yaratadi. Cho'zilish va siqilishda hosil bo'ladigan, ko'ndalang va bo'ylama absolyut deformatsiyalarni qurollanmagan ko'z bilan kuzatish qiyin, shuning uchun ularni o'lchash uchun tenzometr deb ataluvchi maxsus asboblari ishlatiladi. Absolyut deformatsiyalar ro'y berayotgan hodisani sifatli baholash uchun yetarli emas, shuning uchun deformatsiyalarni baholash, nisbiy kattaliklar orqali amalga oshiriladi, ya'ni nisbiy bo'ylama (ε) va nisbiy ko'ndalang (ε^1) deformatsiyalar orqali.

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell}, \quad \varepsilon^1 = \frac{a - a^1}{a} \quad (2.11)$$

Tajribalardan har bir material uchun nisbiy ko'ndalang deformatsiyaning nisbiy bo'ylama deformatsiyaga nisbati o'zgarmas ekanligi aniqlangan:

$$\left| \frac{\varepsilon^1}{\varepsilon} \right| = \nu = \text{const} \quad (2.12)$$

Ushbu kattalik ν ko'ndalang deformatsiya koeffitsienti yoki Puasson koeffitsienti deyilib, uning qiymati $0 \leq \nu \leq 0,5$ bo'lishi mumkin.

Har xil materiallar uchun Puasson koeffitsientining qiymatlari ma'lumotnoma jadvallarda keltirilgan bo'lib, yog'och probka uchun $\nu=0$, po'lat uchun $\nu=0,25-0,30$, suv uchun $\nu=0,5$ teng bo'ladi.

Tashqi kuchlar ta'sirida qattiq jismlarda hosil bo'ladigan deformatsiya va kuchlanishning o'zaro bog'liqlik masalasi ko'plab tadqiqotchilar tomonidan o'rganilgan. 1676 yilda R.Guk tomonidan birincha marotaba – “kuch qanday bo'lsa, cho'zilish ham shunday” bo'ladi degan faraz o'rta tashlanadi.

Keyingi davrlarda olib borilgan ko'plab tadqiqotlar yuklanish va deformatsiya orasida, ya'ni kuchlanish va deformatsiya o'rtasida chiziqlikka yaqin bog'lanish mavjudligini tasdiqladi.

Hozirgi davrda bu qoida – normal kuchlanish σ nisbiy bo'ylama deformatsiya ε ga to'g'ri proporsional bo'ladi deb aytilib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma = E\varepsilon \quad (2.13)$$

Bu qonun (2.11) cho'zilish va siqilishda Guk qonuni deyiladi. Bu yerda E – har bir material uchun o'zgarmas kattalik bo'lib, materialning deformatsiyaga moyilligini xarakterlaydi va u birinchi tartibli elastiklik moduli yoki Yung moduli deyiladi.

Elastiklik modulining o'lchov birligi kuchlanish o'lchov birligida bo'lishi (2.13) ifodadan ko'rinib turibdi, chunki ε o'lchovsiz kattalikdir. Masalan, po'lat uchun $E=2 \cdot 10^6 \text{ kg/sm}^2$ ga teng. Turli xil materiallar uchun elastiklik modulining qiymatlari 2.2-jadvalda keltirilgan.

Turli materiallarning elastiklik modullari

2.2- jadval

Materiallar	Elastiklik moduli E [kgk/sm²]
Uglerodli po'lat	$(2,0 \div 2,1) \cdot 10^6$
Legirlangan po'lat	$(2,1 \div 2,2) \cdot 10^6$
Alyumin prokat	$6,9 \cdot 10^5$
Dyuralyumin	$7,1 \cdot 10^5$
Shisha	$5,6 \cdot 10^5$
Granit	$4,9 \cdot 10^5$
Ohak	$4,2 \cdot 10^5$
Marmar	$5,6 \cdot 10^5$

Qum	$1,8 \cdot 10^5$
Terilgan devor:	
Granitli	$(0,9 \div 1,0) \cdot 10^5$
Ohakli	$0,6 \cdot 10^5$
G'ishtli	$(0,27 \div 0,3) \cdot 10^5$
Beton – mustahkamlik chegarasi bo'lganda	
100	$(1,46 \div 1,96) \cdot 10^5$
150	$(1,64 \div 2,14) \cdot 10^5$
200	$(1,82 \div 2,32) \cdot 10^5$
Yog'och (sosna, yel)	
tola bo'ylab	$(1,0 \div 1,2) \cdot 10^5$
tolaga tik bo'lganda	$(5,0 \div 10) \cdot 10^3$

Agarda elastiklik moduli ma'lum bo'lsa u holda o'zgarmas bo'ylama kuch N ta'siridagi sterjen bo'laklarining absolyut cho'zilishini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\begin{cases} \sigma = E \cdot \varepsilon \\ \sigma = \frac{N}{F} \end{cases} \quad \text{va} \quad \varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell} \quad \text{bo'lganligidan}$$

$$\frac{N}{F} = E \frac{\Delta \ell}{\ell} \quad \text{bundan,} \quad \Delta \ell = \frac{N \ell}{EF} \quad (2.14)$$

EF – sterjen ko'ndalang kesimining cho'zilish va siqilishdagi bikrligi deyiladi.

Misol. Sterjenning (2.22 -shakl) absolyut deformatsiyasini toping.

Bu holda N kuchining epyurasi 3 ta bo'lakdan iborat. Sterjenning ko'ndalang kesimi yuzasi $F = 6 \text{ sm}^2$ ga teng va o'zgarmas. Bu sterjenning absolyut deformatsiyasi quyidagich bo'ladi:

$$\Delta \ell = \frac{N_1 a}{EF} + \frac{N_2 b}{EF} + \frac{N_3 c}{EF} = \frac{0 \cdot 30}{EF} + \frac{6000 \cdot 70}{EF} + \frac{(-3000) \cdot 20}{EF} = \frac{360000}{2 \cdot 10^6 \cdot 6} = 0,03 \text{ sm}$$

Epyuradan (4.3-shakl) ko'rinib turibdiki Nl ko'paytma bo'ylama kuch N epyurasining yuzini ifodalaydi. Demak, ko'ndalang kesim yuzasi F o'zgarmas bo'lgan holda sterjenning absolyut deformatsiyasini N epyurasi yuzasini sterjen bikrligi EF ga bo'lib topish mumkin ekan. Shu bilan birga N epyurasi yuzasini, sterjen ko'ndalang kesim yuzasi F ga bo'lsak kuchlanish epyurasining yuzasi $\sigma \ell$ kelib chiqadi.

Demak, ko'ndalang kesimlar yuzasi o'zgarmas va pog'onali bo'lgan sterjenlar uchun absolyut deformatsiya $\Delta \ell$ miqdor jihatidan σ epyurasi yuzasining elastiklik moduli E ga bo'linganiga teng, ya'ni:

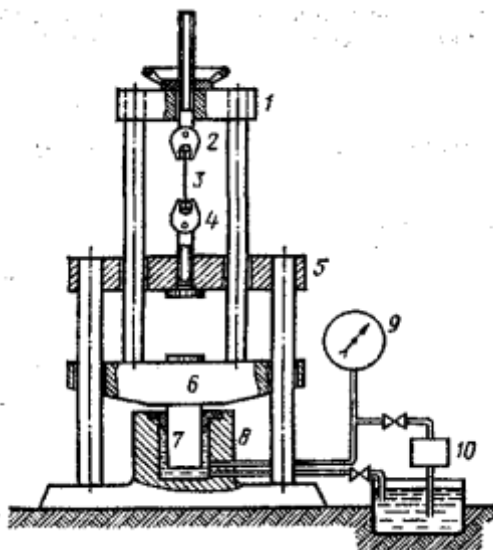
$$\Delta \ell = \frac{\sum N \cdot \ell}{EF} = \frac{\sum \sigma \cdot \ell}{E} = \frac{\omega_0}{E} \quad \text{bo'ladi.}$$

Cho'zilish va siqilish diagrammalari

Cho'zilishga sinash GOST 1497-73 talablariga muvofiq mexanik yoki gidravlik yuritmal sinash mashinalarida bajariladi.

Gidravlik usulda ishlaydigan sinov mashinasi quyidagicha tuzilgan (2.23 -shakl): qo'zg'aluvchan traversalar 1 va 6, qisqichlar 2 va 4, qo'zg'aluvchan traversa 5, porshen 7, tsilindr 8, manometr 9, nasos 10. Suyuqlik tsilindrga ma'lum bosim ostida haydalgach, porshenni yuqoriga ko'tarib, namuna 3 ni cho'zadi.

Cho'zuvchi kuchning qiymati manometr yordamida o'lchanadigan bosim orqali aniqlanadi. Ko'pgina zamonaviy sinov mashinalarida namunaga ta'sir etuvchi kuch R va shu kuch tufayli vujudga kelgan boruvchi avtomatik yozuv qurilmasi o'rnatilgan.

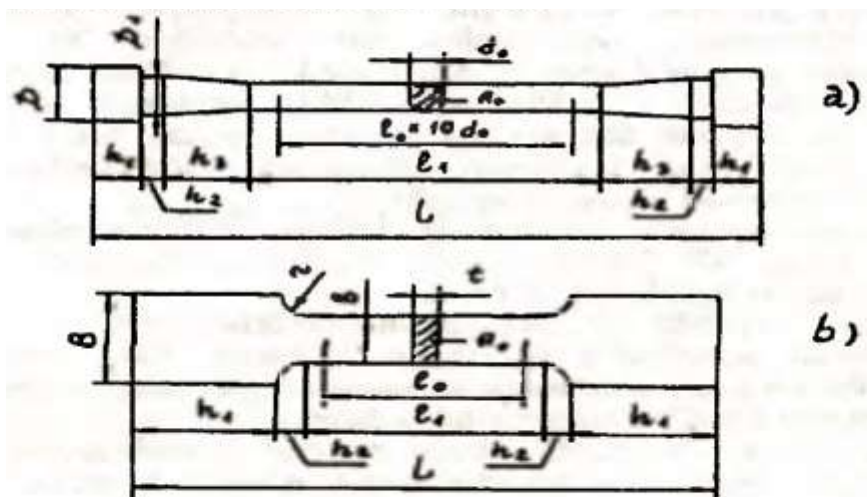


2.23 -shakl.

Sinash uchun silindrik yoki yassi namunalar qo'llaniladi (2.24 -shakl, a va b). Namunada ish qismi va mashina qisqichlariga mahkamlash uchun kallak bo'ladi. Namunaning uzayishi aniqlanadigan ish qismining uzunligi hisoblash uzunligi va l_0 deb ataladi. Uzun va kalta namunalar bo'ladi. Uzun silindrik namunalarning hisoblash uzunligi $l_0 = 10d_0$ kaltalarining $l_0 = 5d_0$ bunda d_0 namuna ish qismining

diametri. Uzun yassi namunalar uchun hisoblash uzunligi $l_0 = 11,3\sqrt{A_0}$, kaltalari uchun $l_0 = 5,65\sqrt{A_0}$; bunda ko'ndalang kesimi yuzasi. A_0 - namuna ish qismining Diametri $d_0 = 10$ mm va hisoblash uzunligi

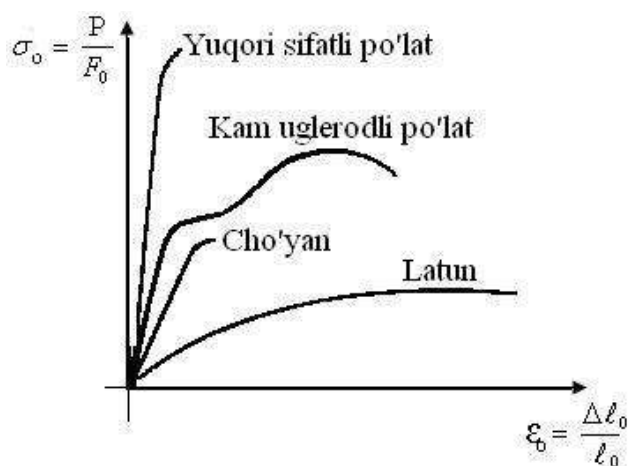
$l_0 = 10d_0 = 100$ mm bo'lgan silindrik namuna asosiy namuna deb ataladi.



2.24 -shakl.

Zo'riqishga mos keluvchi absolyut deformatsiyalar esa namunaga (sterjenlarga) o'rnatilgan tenzometrlar yordamida aniqlanadi. Hozirgi zamon sinov mashinalari zo'riqishga mos keluvchi deformatsiyani aniqlash bilan birga avtomatik ravishda $P = f(\Delta l)$ yoki $\sigma = f(\varepsilon)$ grafiklarini ham chizib boradi. Bu funksiya grafiklari $\sigma \sim \varepsilon$ ning shartli diagrammalari deyilib, materialning mexanik xarakteristiklari shu diagrammalardan aniqlanadi.

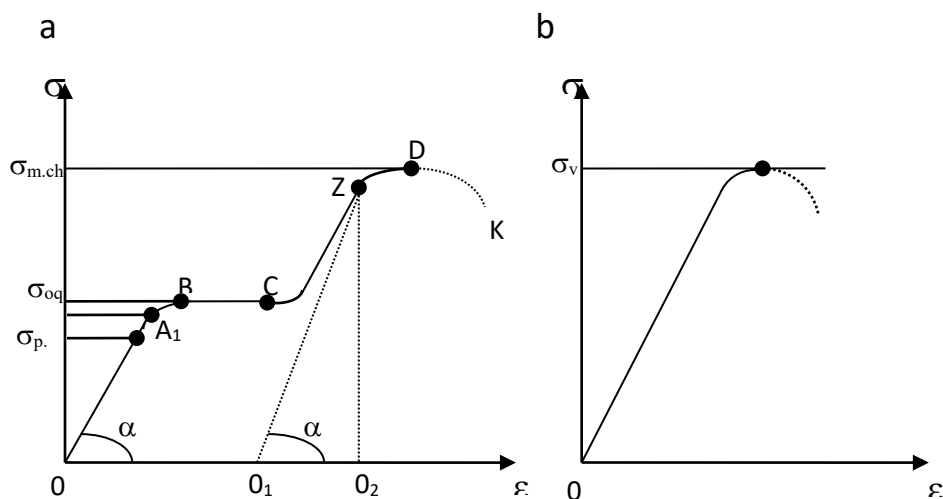
Turli xil materiallar uchun σ va ε diagrammalari 2.25 -shaklda keltirilgan.



2.25 -shakl.

Bu yerda l namunaning (sterjenning) boshlang'ich uzunligi, F -sterjenning boshlang'ich ko'ndalang kesim yuzasi. 2.25 -shaklda tasvirlangan diagrammalar turli xil masshtablarda keltirilgan.

Diagrammalarning xilma-xilligi materiallarning xossalarini aniqlashda asosiy ma'lumot beruvchi manba bo'lib, ularni sinflarga ajratishda va ko'rgazmali namoyish etishda kerakli ma'lumot hisoblanadi. Odatda diagrammalar shartli ravishda plastik materiallar diagrammasi va mo'rt materiallar diagrammasiga ajratiladi. 2.26 a,b -shakllarda plastik va mo'rt materiallar uchun har xil masshtablarda qurilgan va shartli soddalashtirilgan diagrammalar keltirilgan.



2.26 -shakl. Deformatsiyalanish diagrammasi:
a) plastik material; b) mo'rt material.

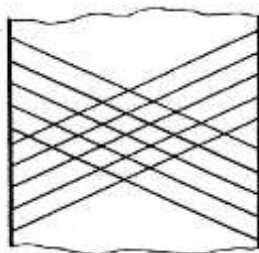
Plastik materiallar uchun $\sigma \sim \varepsilon$ diagrammasini ko'raylik (2.26 a-shakl). Diagramma bir qator o'ziga xos bo'laklardan iborat. OA bo'lakda diagramma to'g'ri chiziqdan iborat. A nuqtada proporsionallik chegarasiga mos keluvchi kuchlanish $\sigma_{p.ch.}$ ning eng katta qiymati hosil bo'lib, agar kuchlanish undan ortib k etsa Guk qonuni bajarilmaydi. Kam uglerodli po'latlar uchun $\sigma_{p.ch.}$ ning qiymati taxminan 2000 kgf/cm^2 ga teng bo'ladi.

Bu holda elastiklik moduli $E = \tan \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ bo'ladi. σ_e – elastiklik chegarasidagi eng katta kuchlanishni ifodalaydi. Kuchlanishning qiymati $\sigma_{p.ch.}$ dan ortishi bilan deformatsiya yuklanishdan tezroq o'sadi va diagramma A_1 nuqttagacha yuqoriga qavargan egri chiziq ko'rinishini oladi. So'ngra material xarakterida keskin o'zgarish yuz beradi va cho'zuvchi kuchning ma'lum bir qiymatida material “oqadi”, bu holda deformatsiyaning ortishi uchun cho'zuvchi kuchni oshirmasa ham bo'ladi. Diagrammada gorizontall (yoki deyarli gorizontall) qism ($B-C$) hosil bo'ladi.

Yuklanish o'zgarmas (deyarli o'zgarmas) bo'lganda deformatsiyaning o'sishi materialning oquvchanligini ifodalaydi va bu holatga to'g'ri keluvchi kuchlanish oquvchanlik chegarasidagi kuchlanish deyilib, u σ_{oq} deb belgilanadi. Kam uglerodli po'lat uchun $\sigma_{oq} \approx 2400 \text{ kgf/cm}^2$ ga teng bo'lishi mumkin.

Namuna materiali oqayotganda uning sirtida ko'proq yoki kamroq keskin ko'zga tashlanadigan darajadagi to'g'ri chiziqlar paydo bo'ladi. Bu chiziqlar

“Chernov chiziqlari” yoki ba’zi hollarda «Lyuders chiziqlari» deb ataladi (2.27 - shakl). Bu chiziqlar material yetarli darajada deformatsiyalanganida material zarralarining o‘zaro harakatlanishi natijasida hosil bo‘ladi.

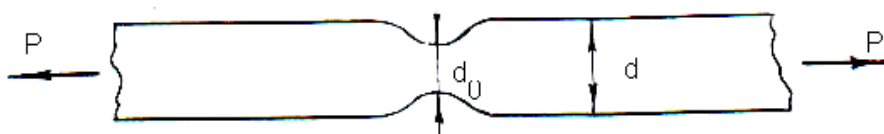


2.27 -shakl.

Oquvchanlikdan so‘ng (C nuqtadan keyin) material yana cho‘zilishga qarshilik ko‘rsata boshlaydi va $\Delta\ell$ ni uzaytirish uchun kuchni oshirishga to‘g‘ri keladi. Diagrammaning D nuqtasida kuchlanish eng katta qiymatga erishib, bu material ko‘tara oladigan eng katta yukning qiymatiga to‘g‘ri keladi. Bu kuchlanish $\sigma_{m.ch.}$ deb belgilanib, mustahkamlik chegarasidagi kuchlanishni ifodalaydi.

Bu vaqtdan boshlab namuna o‘zini boshqacha tuta boshlaydi. Shu davrgacha cho‘zilishda butun sterjen qatnashib, uni uzunligining har bir bo‘lagi taxminan bir xil uzayib, ko‘ndalang o‘lchamlari ham bir xil qisqargan edi.

Yuklanishning qiymati D nuqtadagi qiymatga yetgan vaqtdan boshlab, deformatsiya asosan namunaning bir joyiga yig‘iladi, ya’ni shu joy atrofidagi kichkina bo‘lakka katta kuchlanish ta’sir qiladi. Bu holat o‘sha joydagi ko‘ndalang kesimning torayishiga olib kelib, “bo‘yin” deb ataluvchi qism paydo bo‘ladi (2.28 - shakl).



$$d_0 \approx 0,3 \div 0,4d$$

2.28 -shakl.

Bu holda namuna deformatsiyalanuvchi qismining kichrayishi hisobiga sterjenni cho‘zish uchun tobora kamroq kuch talab etiladi va nihoyat namuna K nuqtada uziladi.

Agar tajribani kuchlanish $\sigma_{p.ch.}$ ga yetmasdan to‘xtatib namunadan kuchni olib tashlasak, (ya’ni yuksizlantirsak) u holda yuksizlanish ham diagramma ham shu AO chizig‘i bo‘yicha orqaga qaytadi. Bu holda namunadan yuk olinganidan keyin deformatsiya batamom yo‘q bo‘lib ketib, sterjen o‘zining oldingi holatiga qaytadi. Bu sterjenning faqat elastik deformatsiyalanganligini bildiradi.

Agar namuna diagrammaning C va D nuqtalar oralig‘ida yotuvchi Z nuqtasida yuksizlantirilsa, u holda yuksizlantirish natijasida diagramma OA to‘g‘ri chiziqqa deyarli parallel bo‘lgan ZO_1 to‘g‘ri chiziq bo‘yicha orqaga qaytadi. Bu holda namuna boshlang‘ich o‘lchamlariga qaytmaydi, O_1O_2 kesma elastik

deformatsiyani, OO_1 kesma qoldiq deformatsiyani, OO_2 to'liq deformatsiyani ifodalaydi. Shunday OA_1 yuklanishni topish mumkinki, bunda namuna faqat elastik deformatsiyalanib, odatda diagrammaning A_1 nuqtasi A nuqtadan sal yuqoriroqda yotadi. Elastiklik chegarasida, ya'ni σ_e da deformatsiya $\varepsilon \approx 0,001-0,03\%$ ni tashkil qilishi mumkin.

Odatda A va A_1 nuqtalar shu darajada bir-biriga yaqin bo'ladiki, elastiklik chegarasi σ_e bilan proporsionallik chegarasi $\sigma_{p.ch.}$ ko'p hollarda ustma-ust tushishi ham mumkin. Shuning uchun material elastiklik chegarasigacha Guk qonuniga bo'ysunadi deb hisoblanadi. Haqiqatda esa proporsionallik chegarasigacha material Guk qonuniga $\sigma=E \cdot \varepsilon$ bo'ysunadi deyish to'g'riroq bo'ladi.

Namuna uchun cho'zuvchi kuchning eng katta qiymati OD ordinataga to'g'ri keladi, shuning uchun ko'p hollarda bu kuch buzuvchi yuklanish ham deb ataladi, chunki u buzilishning boshlanishiga sababchi bo'ladi, to'la buzilish esa diagrammadagi yuklanish K nuqtaga yetganda hosil bo'ladi. Eng katta yuklanish hosil qilgan D nuqtadagi kuchlanish mustahkamlik chegarasidagi kuchlanish ($\sigma_{m.ch.}$) yoki vaqtinchalik qarshilik ko'rsatuvchi kuchlanish σ_v deb ataladi. Kam uglerodli po'lat uchun $\sigma_{m.ch.} \approx 4000 \text{ kg/sm}^2$ ga teng bo'lishi mumkin.

2.3-jadvalda ba'zi-bir materiallar uchun oqish chegarasidagi σ_{oq} va mustahkamlik chegarasidagi $\sigma_{m.ch.}$ kuchlanishlarning eng katta qiymatlari keltirilgan.

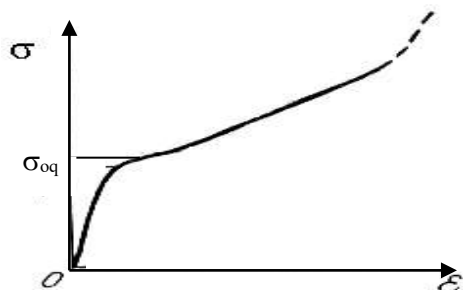
Turli materiallar uchun oquvchanlik va mustahkamlik chegaralari

2.3- jadval

Materialning nomi	Markasi	Kuchlanishlar	
		σ_{oq} kgk/sm ²	$\sigma_{m.ch.}$ kgk/sm ²
Uglerodli po'lat	St.3	2400	3800–4700
	St.6	3100	6000–7200
Xromli po'lat	20X	6500	8000
Xrom-kremniy marganesli po'lat	35XGSA	14000	16500
Dyuralyuminiy	D16	3300	4500–5000
Titan qotishmasi	VT4	7000–8000	8000–9000

Plastik materiallar uchun siqilish diagrammasi $\sigma \sim \varepsilon$ ning cho'zilishdagi diagrammadan (2.25 -shakl) farqi vaqtinchalik qarshilik ko'rsatish nuqtasining bo'lmasligidadir. 2.29 -shaklda plastik materiallar uchun siqilish diagrammasi $\sigma \sim \varepsilon$

keltirilgan. Bu holda namunaning siqilishdagi deformatsiyasi 2.30 -shaklda ko'rsatilgan.



2.29 -shakl.



2.30 -shakl.

Ko'ndalang kesim yuzasining kattalashib borishi evaziga plastik materiallarda namunani deyarli buzib bo'lmaydi. Ammo kuchlanishning noldan σ_{0q} gacha bo'lgan qiymatlarida plastik materiallarning siqilish va cho'zilish diagrammalari bir xil bo'ladi.

Bunday materiallar uchun ruxsat etilgan kuchlanishning qiymati quyidagi munosabat yordamida aniqlanadi:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{0q}}{n_1} \quad (2.15)$$

(n_1 – ehtiyotlik koeffitsienti).

Mo'rt materiallar uchun $\sigma \sim \varepsilon$ diagrammasi D nuqtada tugovchi to'g'ri chiziqdan iborat (4.9- b shakl) bo'lib, bu nuqtadagi kuchlanishning qiymati σ_v deb belgilanib, u vaqtinchalik qarshilik ko'rsatuvchi kuchlanish deb ataladi. Mo'rt materiallarning siqilish va cho'zilishdagi diagrammalarining xarakteri bir xil bo'ladi, lekin σ_v ning qiymati siqilishda cho'zilishga nisbatan ancha katta bo'ladi (2.4-jadval).

Mo'rt materiallarning haqiqiy $\sigma \sim \varepsilon$ diagrammasida kuchlanish va deformatsiya o'rtasida to'g'ri proporsionallik bog'lanish mavjud bo'lmasdan, u egri chiziqqa yaqin chiziqdan tashkil topgan bo'ladi.

Shunday qilib, ushbu materiallar uchun elastiklik moduli E siqilish va cho'zilishda bir-biridan farq qiluvchi o'zgaruvchan kattalik bo'ladi. Lekin amaldagi kuchlanishning o'zgarish chegarasida bu holat hisobga olinmay elastiklik modulini o'zgarmas deb, kuchlanish bilan deformatsiya o'rtasidagi bog'lanishni chiziqli deb olish mumkin.

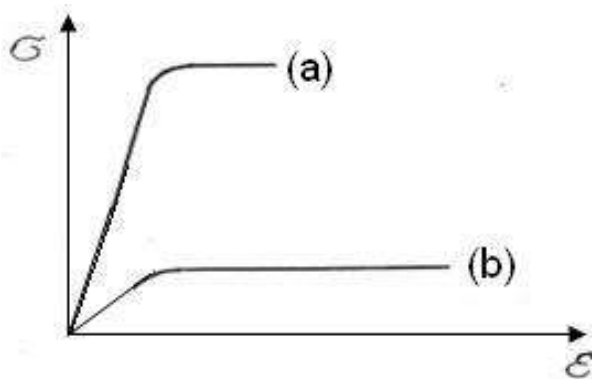
“Stekloplastik” materiallar mo'rt materiallar bo'lsa ham ular tolalari bo'yicha tekshirilganda haqiqiy $\sigma \sim \varepsilon$ diagrammasi ideallashtirilgan diagrammalar bilan ustma-ust tushadi.

Turli materiallarning cho‘zilish va siqilishda mustahkamlik chegaralari
(kgk/sm^2) da

2.4-jadval

Materialning nomi	Cho‘zilishda $\sigma_{m.ch.}$	Siqilishda σ_v
Oddiy kulrang cho‘yan	1400 ... 1800	6000... 10000
Mayda zarrali kulrang cho‘yan	2100 ... 2500	14000 gacha
Oq cho‘yan	–	17500 gacha
Bakelit	200 ... 300	800 ... 1000
Tekstolit	500 ... 1000	1500 ... 2500
Getinaks	800 ... 1000	2400 ... 3400
Qattiq polivinilxlorid (PVX, viniplast)	400 ... 500	800 ... 1000
Fenoplast FKPM–15	200 ... 250	1200 ... 1500
Granit, diabaz gneys, kvarsit	30 ... 50	1200 ... 2600
Qum tosh	20	400 ... 1500
G‘isht	–	75 ... 300
Beton	–	50 ... 350
Muz 0 dan -30° va undan past: chuchuk suv	–	4.5 ... 15
1 – 2% tuzli suv	–	4 ... 13,5
3 – 6% tuzli suv	–	3 ... 10,5

Xvoyli daraxt uchun 2.31 -shaklda keltirilgan diagrammada materialning anizotroplik xususiyati yaqqol ko‘zga tashlanadi: *a* – tola bo‘yicha siqilganda, *b* – ko‘ndalang siqilganda.



2.31 -shakl.

Quruq qarag'ay yog'ochi uchun tola bo'ylab siqilishdagi proporsionallik chegarasi o'rtacha $\sigma_{p.ch.} = 350 \dots 400 \text{ kgk/sm}^2$, elastiklik moduli $E = 1,1 \cdot 10^5 \text{ kg/sm}^2$ ni tashkil etadi. Tolalarga ko'ndalang siqishda proporsionallik chegarasi taxminan $\sigma_{p.ch.} = 50 \text{ kgk/sm}^2$ ni, elastiklik moduli $E = 5000 \text{ kgk/sm}^2$ ni tashkil etadi. Bu materialni tolalari bo'ylab cho'zilishdagi proporsionallik chegarasi, siqilishdagiga nisbatan taxminan ikki marta katta. Cho'zilishdagi elastiklik moduli siqilishga nisbatan ancha katta, ammo hisoblash ishlarida qarag'ay yog'ochining siqilishdagi xarakteristikolari olinadi.

2.31 -shakldan ko'rinib turibdiki, tolalari bo'ylab siqilish diagrammasi $\sigma \sim \varepsilon$ mo'rt materiallarga xos, tolalarga ko'ndalang siqilish diagrammasi $\sigma \sim \varepsilon$ esa plastik materiallarga xosdir. Tolasimon tuzilishga ega qurilish materiali bo'lgan daraxtlarda cho'zilishdagi mustahkamlik siqilishdagiga qaraganda ancha kattaroq bo'ladi.

6-amaliy mashg'ulot. Siljishga (parchin mixli birikma) doir masalalar

Siljishdagi ruxsat etilgan kuchlanish

Konstruktsiya qismlarini siljish, kesilish va yorilishga hisoblashda ularni shu xildagi yemirilishdan saqlash yoki uning oldini olish masalasi turadi. Konstruktsiya qismlarining mustahkamligi quyidagi tengsizlikni qanoatlantirganda qoniqarli deb hisoblanadi:

$$\tau_{\max} \frac{P}{F} \leq [\tau]. \quad (2.33)$$

Bunda $[\tau]$ - kesilishdagi ruxsat etilgan kuchlanish. Kesilishdagi ruxsat etilgan kuchlanish ham cho'zilish va siqilishdagi singari tajriba yo'li bilan aniqlanishi mumkin. Lekin siljish, kesilish deformatsiyalarining sof holda uchramasligi bu imkoniyatlarni bermaydi. Ko'pincha siljish boshqa xil deformatsiyalar (egilish va boshqa) bilan birga uchraydi.

Demak, siljish deformatsiyasidagi qismlar tekis murakkab kuchlanish holatida bo'ladi.

Siljish deformatsiyasining tekis murakkab kuchlanish holatida bo'lishini e'tiborga olib, ruxsat etilgan kuchlanishni mustahkamlik nazariyalariga asoslanib cho'zilish va siqilish deformatsiyasidagi ruxsat etilgan kuchlanish orqali topiladi:

1. Birinchi mustahkamlik nazariyasiga asosan:

$$\sigma_1 = \tau \leq [\sigma] \quad [\tau] \leq [\sigma],$$

$$\text{yoki} \quad (2.34)$$

ya'ni siljishdagi ruxsat etilgan kuchlanish cho'zilishdagi ruxsat etilgan kuchlanishdan katta bo'lmasligi kerak.

2. Ikkinchi mustahkamlik nazariyasiga asosan:

$$\sigma_1 - \mu \sigma_3 = (\tau + \mu \tau) \leq [\sigma].$$

Po'lat uchun $\mu = 0,3$ ekanini e'tiborga olsak, urinma ruxsat etilgan kuchlanish $1,3 t$ [0] yoki $[t] < 0,77 [o]$ ekani kelib chiqadi.

3. Uchinchi mustahkamlik nazariyasiga asosan:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \tau - (-\tau) = 2\tau \leq [\sigma].$$

Ezilish

Ezilish deformatsiyasi siqilish deformatsiyasining bir ko'rinishi bo'lib, u siljish deformatsiyasi bilan birga uchraydi. Kesimlarning siljishi kuchlarning kichik bir yuzaga kontsentratsiyalanishiga olib keladi. Natijada ezilish sodir bo'ladi. Ezilishni hisobga olmaslik mashina qismlari ish rejimining buzilishiga olib keladi. Masalan, paxta terish mashinasi shpindeli pastki tirak podshipnikning (palets) ezilishi natijasida yemirilishi shpindelning notekis aylanishiga olib keladi, bu esa o'z navbatida paxtaning chala terilishiga va to'kilishiga sabab bo'ladi. Mashina qismlarining ezilishga mustahkamligi yumshoq material uchun quyidagicha aniqlanadi.

$$\sigma_{33} = \frac{P}{nF_{33}} \leq [\sigma_{33}] \quad (2.35)$$

bunda $[\sigma]$ Materiallarning ezilishga ruxsat etilgan kuchlanishi. Ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]$, siqilishdagi ruxsat etilgan kuchlanish orqali quyidagicha bog'langan:

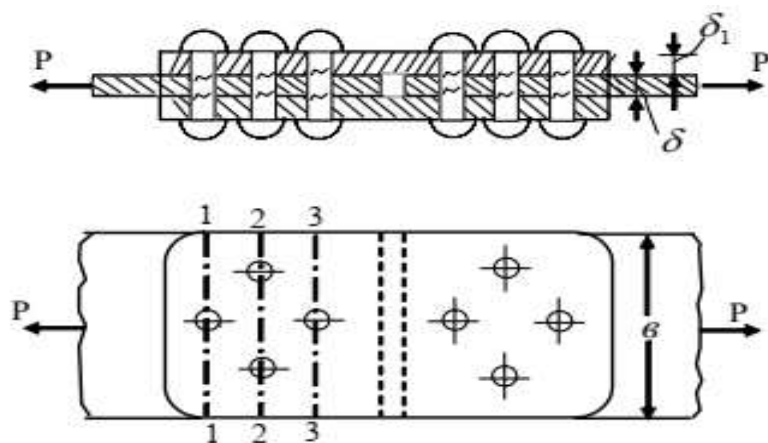
$$[\sigma_{33}] = (2,0 \div 2,5)[\sigma] \quad (2.36)$$

(2 - 2,5) — koeffitsient ezilishni cuqilisha nisbatan hajmiy ekanini ko'rsatadi.

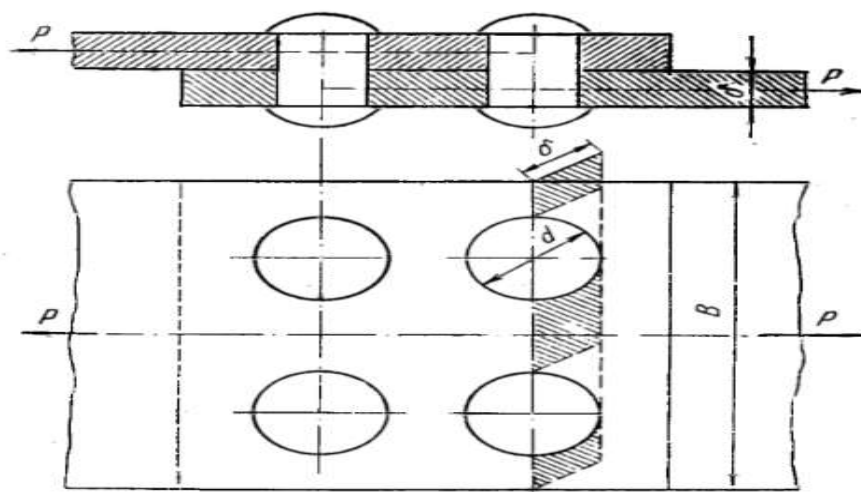
Parchin mixli birikmalarni hisoblash

Parchin mixli birikmalar ikki xil bo'ladi:

1. Uchma-uch ulangan birikmalar (2.40 - shakl).
2. Ustma-ust ulangan birikmalar (4.24 - shakl).



2.40 – shakl.



2.41 – shakl.

Agar listlar bir tekislikka qo'yilib, ustquyma orqali biriktirilsa, bunday birikma uchma-uch birikma deyiladi. Agar ikki list bir-birining ustiga qo'yilib biriktirilsa, bunday birikma ustma-ust birikma deyiladi.

Bir ustquymali uchma-uch birikmada va ustma-ust birikmada parchin mix o'qiga tik yo'nalishda, birikmaga chuzuvchi yoki siquvchi kuchlar ta'sir etishi mumkin. Bu kuchlarning bir listdan ikkinchi listga o'tish sxemasi punktirli chiziqlar bilan ko'rsatilgan. Kuch ta'sir chiziqlaridan ko'rinib turibdiki, parchin mix bir-biriga juda yaqin qarama-qarshi kuchlar ta'sirida bo'lar ekan. Bu kuchlar ta'sirida parchin mix listlar oralig'ida kesilib, list teshigining tegishgan devorida eziladi. Parchin mixning kesilishga hisobi uning mustahkamlik shartidan topiladi.

$$\tau_k = \frac{P}{F} \leq [\tau], \quad (2.37)$$

bunda $F = n F_k$ - umumiy kesilish yuzasi. $F_k = l a^2/4$ - bitta parchin mixning ko'ndalang kesim yuzasi. Bularni o'rniga qo'ysak

$$\tau_k = \frac{P}{n \frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau]_k. \quad (2.38)$$

Parchin mixlar soni:

$$n = \frac{4 P}{[\tau]_k \cdot \pi d^2}. \quad (2.39)$$

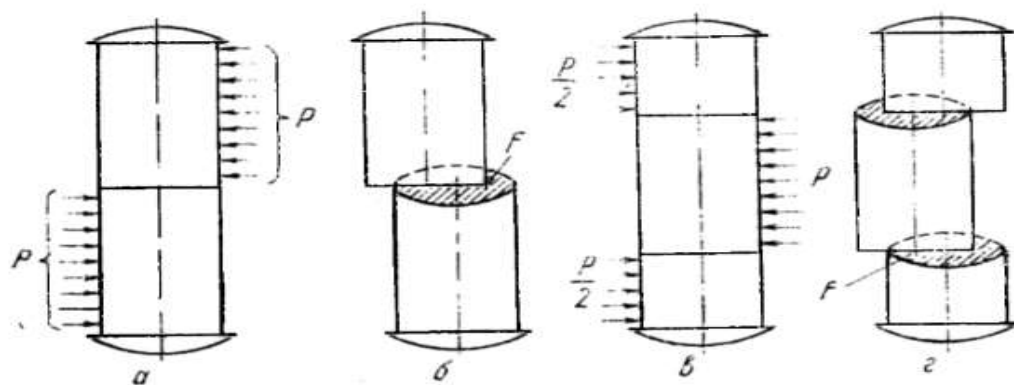
Parchin mixning diametri:

$$d = \sqrt{\frac{4 P}{\pi n \cdot [\tau]_k}}. \quad (2.40)$$

Yuqorida ko'rilgan misolda parchin mix bir tekislikda kesiladi, u bir kesimli parchin mixli birikma deyiladi (2.40 – shakl., 2.41 – shakl.). Ikki ustquymali uchma-uch birikmada parchin mix ikki tekislikda kesiladi. Bunday holda umumiy kesilish yuzasi

$$F = 2 n F_k = 2 n \frac{\pi d^2}{4}. \quad (2.41)$$

Bu qiymatni mustahkamlik sharti formulasiga qo'ysak:



2.42 – shakl.

2.3. Cho‘zilish va siqilishda statik noaniq masalalar

Inshoot va konstruksiya elementlarida (sterjenlarida) noma'lum reaksiya kuchlari soni yoki ichki zo'riqish kuchlarining soni statik muvozanat tenglamalar sonidan ortiq bo'lsa, bunday sistemalarga statik aniqmas masalalar deyiladi.

Cho‘zilish va siqilishda statik aniqmas masalalarni hisoblash quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

1. Konstruksiya dagi tashqi, ichki zo‘riqish kuchlari va reaksiya kuchlarining yo‘nalishlari belgilanadi;
2. Statikaning ma'lum bo'lgan tenglamalari tuziladi;
3. Masalaning statik noaniqlik darajasi aniqlanadi: $n = S - m$;

bunda, n - masalaning noaniqlik darajasi;

S - noma'lum kuchlar soni;

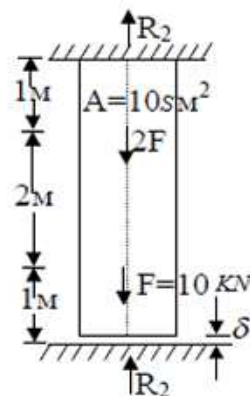
m - tuzish mumkin bo'lgan statik muvozanat tenglamalar soni.

8-amaliy mashg'ulot. Buralish deformatsiyasi doir masalalar.

$$\delta_{DE}(x) = \delta_D(3,5) + \frac{N_1(x-3,5)}{EA}; \quad \delta_D(1,5) = -0,00825 \text{ sm.}$$

$$\delta_E(5,0) = \delta_D(3,5) + \frac{N_1 \cdot 1,5}{EA} = -0,00825 + \frac{11 \cdot 10^2 \cdot 150}{2 \cdot 10^6 \cdot 10} = 0.$$

Topilgan qiymatlardan foydalanib, bo'ylama kuch va ko'chish epyurasini quramiz.



2.3.5-masala. 2.3.5-shaklda ko'rsatilgandek

yuklangan sterjenning pastki uchi tayanchga $\delta = 0,01 \text{ sm}$ yetmaydi. Tayanchlarda hosil bo'ladigan reaksiya kuchlari topilsin.

Yechish: F va 2F kuchlar sterjenga qo'yilgandan so'ng, uning pastki uchi tayanchga tegib, unda R_2 reaksiya kuchi hosil bo'ladi.

Muvozanat tenglamasini tuzamiz:

$$\sum Z = R_1 - 2F - F + R_2 = 0; \quad R_1 + R_2 = 3F \quad (\text{a})$$

2.3.5-shakl

Bu tenglamada R_1 va R_2 reaksiya kuchlari noma'lum bo'lib, masala bir marta statik aniqmasdir. Bu masalani yechish uchun statikaning muvozanat tenglamasiga qo'shimcha deformatsiya tenglamasi deb ataluvchi bitta tenglama tuzamiz. Pastki tayanchni tashlab, uning ta'sirini tayanch reaksiyasi (R_2) bilan almashtirsak bo'ylama $N=3F$ hosil bo'ladi va sterjenni cho'zadi, natijada pastki uchi ko'chadi va u quyidagicha topiladi:

$$\Delta l_F = \frac{2F \cdot 100}{EA} + \frac{F \cdot 200}{EA} + \frac{2F \cdot 100}{EA} + \frac{F \cdot 200}{EA} - \delta = \frac{R_2 \cdot 400}{EA} \quad (\text{b})$$

bunda,

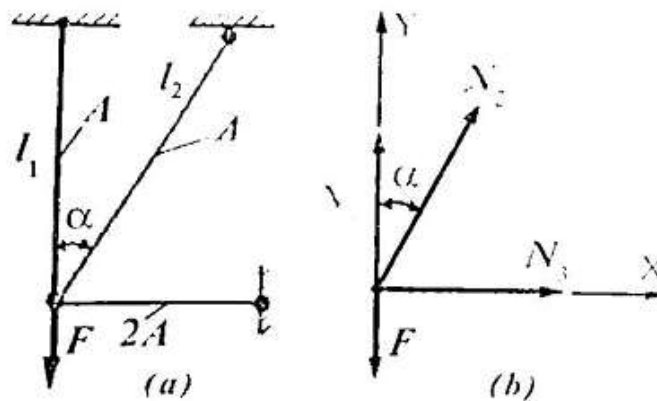
$$400F - EA\delta = R_2$$

$$R_2 = \frac{1}{400} (400 \cdot 10 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 0,01) = 500 \text{ kg} = 5 \text{ kN dan}$$

$$R_1 = 3F = R_2 = 3 \cdot 10 \cdot 10^2 - 500 = 2500 \text{ kg} = 25 \text{ kN.}$$

2.3.6-masala. Energetik usul yordamida 2.3.6-shakl (a) da tasvirlangan sterjenlar tizimidagi ichki zo‘riqlashlar aniqlansin. Sterjenlar bir xil materialdan yasalgan bo‘lib, quyidagi ma’lumotlar ma’lum:

$$F; l; A; \alpha = 30^\circ; l_1 = l; l_2 = 1,548 \cdot l; l_3 = 0,5774 \cdot l.$$



2.3.6-shakl

Yechish: C tugunni fikran ajratib (2.3.6-shakl, b), uchta noma’lum bo‘ylama kuchlar mavjudligiga ishonch hosil qilish mumkin. Ma’lumki, bir nuqta (tugun) da kesuvchi kuchlar tizimi ikkita muvozanat tenglamasini tuzishga imkon beradi:

$$\sum X_1 = N_3 + N_2 \cdot \sin \alpha = 0; \sum Y = N_1 + N_2 \cos \alpha - F = 1$$

Demak, masala bir marta statik noaniq ekan.

Deformatsiyaning potensial energiyasini aniqlash ifodasini yozamiz:

$$U = \sum_{i=1}^3 \frac{N_i^2 l_i}{2EA_i} = \frac{N_1^2 l_1}{2EA} + \frac{N_2^2 l_2}{2EA} + \frac{N_3^2 l_3}{2EA}.$$

Endi deformatsiyaning potentsial energiyasini funksiya $U=U(N_2)$ shaklida yozib olamiz:

$$U(N_2) = \frac{(F - N_2 \cos)^2 l}{2EA} + \frac{N_2^2 \cdot 1,1547 l}{2EA} + \frac{(-N_2 \cdot \sin \alpha)^2 \cdot 0,}{4EA}$$

yoki:

$$U(N_2) = \frac{l}{2EA} [(F - N_2 \cos \alpha)^2 + 1,1547 \cdot N_2^2 + 0,0723 \cdot N_2^2]$$

Deformatsiya potentsial energiyasining minimallik shartiga ko'ra:

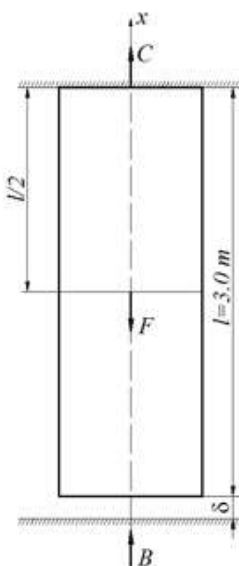
$$\frac{dU}{dN_2} = 0 \text{ yoki}$$

$$\frac{l}{EA} [2(F - N_2 \cos \alpha) \cdot (-\cos \alpha) + 2,3094 \cdot N_2 + 0,1446 \cdot N_2] = 0;$$

bundan, $N_2=0,439 F$. Shu sababli, $N_2=0,6198 F$, $N_3 = -0,2195 F$.

Demak, 1- va 2-sterjenlar cho'zilishga, 3-sterjen esa siqilishga qarshilik ko'rsatar ekan.

2.3.7-masala. Prizmatik po'lat sterjenning yuqori uchi mahkamlangan, pastki uchi esa tayanchga $\delta = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ yetmaydi (2.3.7-shakl). Sterjenning o'rtasiga $F = 20 \cdot 10^4 \text{ N}$ kuch qo'yilgan. A va B tayanchlardagi reaksiya kuchlar aniqlansin. Elastiklik moduli $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}$, ko'ndalang kesim yuzi $F = 16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, sterjenning uzunligi $l=3,0 \text{ m}$.



2.3.7-shakl

Yechish: F kuch brusga qo'yilgandan keyin, brusning pastki uchi bilan orasi yopilib, unda B reaksiya kuchi hosil bo'ladi. Muvozanat tenglamasini yozamiz:

$$\sum X = C + B - F = 0, \quad C + B = F. \quad (a)$$

Bu tenglamada ikkita noma'lum bo'lib, masala bir marta statik aniqmasdir. Bu masalani yechish uchun yana bitta qo'shimcha statik muvozanat tenglamasi tuzish kerak. Pastki tayanchni tashlab, uning ta'sirini tayanch reaksiyasi B bilan almashtiramiz.

Bunda, bo'ylama $N=P$ kuch hosil bo'ladi, u brusni cho'zadi. Buning oqibatida uning pastki uchi ko'chadi, bu ko'chish quyidagi ifodadan topiladi:

$$\Delta l_F = \frac{F \cdot \frac{1}{2}}{EA} \quad (a_1)$$

bu ko'chish $\delta = 0,3$ mm oraliqni yopib, butun sterjenda bo'ylama kuch ta'siridan siqilish hosil qiladi:

$$\Delta l_F - \delta = \frac{Bl}{EA}$$

$$\Delta l_F = \frac{Bl}{EA} + \delta, \quad \frac{Fl}{2EA} = \frac{Bl}{EA} + \delta. \quad (b)$$

Yuqorida hosil bo'lgan (a) va (b) tenglamalarni birgalikda yechsak:

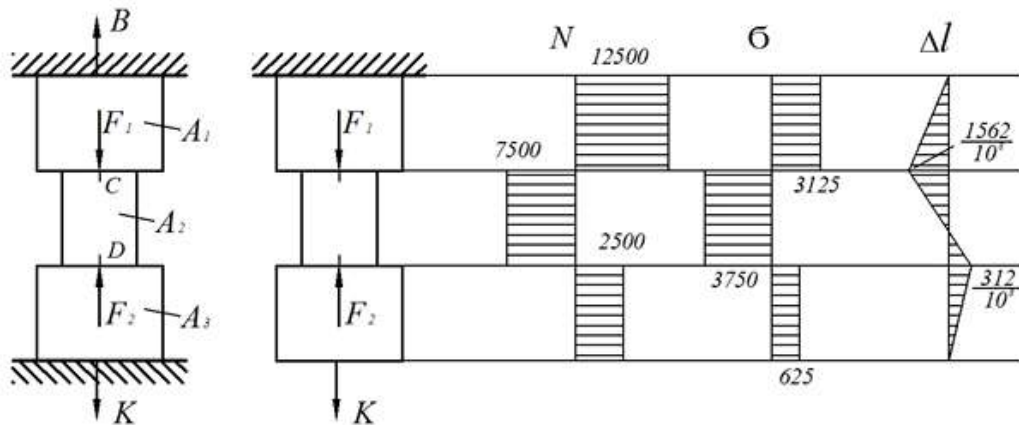
$$B = 0,8 \cdot 10^4 \text{ N} \quad \text{va} \quad C = 13,2 \cdot 10^4 \text{ N},$$

hosil bo'ladi. Brusning yuqori qismidagi bo'ylama kuch $N_1 = C$, va pastki qismidagi bo'ylama kuch $N_2 = C - F$ bo'ladi.

Endi kuchlanishlarni aniqlaymiz:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A} = \frac{132000}{16 \cdot 10^{-4}} = 825 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2.$$

2.3.8-masala. Ikki uchi qistirib mahkamlangan brusning uzunligi bo'ylab N , σ va Δl epyuralarini quring. Ko'ndalang kesimlari $A_1 = A_3 = 2A_2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ bo'lgan brus $F_1 = 20$ va $F_2 = 10 \text{ kN}$ tashqi kuchlar bilan yuklangan.



2.3.8-shakl. Statik noaniq pog'onali brus uchun bo'ylama kuch, normal kuchlanish va absolyut uzayish epyurasi.

Yechish. Tashqi kuchlar ta'sirida brus uzayishiga va siqilishiga qarshilik ko'rsatadi K va B tayanchlar qarshilik ko'rsatadi. Tayanch nuqtalaridan brusga reaksiya kuchlari ta'sir qiladi. Reaksiya kuchlarini yo'nalishini va qiymatini aniqlash uchun tuzilgan muvozanat sharti ikkita noma'lum K va B ni beradi. Ya'ni:

$$\sum X = K + B - F_1 + F_2 = 0$$

Sistemadagi noma'lumlar soni statik muvozanat tenglamalaridan ortiqcha, shuning uchun konstruksiya statik aniqmas masalalarga kiradi. Bunday masalalarni qo'shimcha deformatsiya (deformatsiyani taqqoslash) tenglamalarini tuzish usuli bilan yechiladi. Deformatsiyani taqqoslash tenglamasini tuzish tashqi kuchlar ta'sirida tayanchlar oraliq'ini masofasi o'zgarishidan (brusni to'liq deformatsiyasi nolga teng bo'ladi), faqat brusni pog'onalar uzunligi o'zgarishi, ya'ni sistemani tashqi kuchlar ta'siridagi to'liq uzayishining absolyut qiymati K reaksiya kuchi ta'siridagi to'liq qisqarishini absolyut miqdoriga tengligiga asoslangan:

$$\Delta l_E = \Delta l_{F_1} - \Delta l_{F_2} \text{ bu yerda}$$

$$\Delta l_1 = \frac{F_1 \cdot l}{EA}; \Delta l_2 = \frac{F_2 \cdot l}{EA_2} + \frac{F_2 \cdot l}{EA_1}; \text{ va } \Delta l_K = K \left[\frac{1}{EA_1} + \frac{1}{EA_2} + \frac{1}{EA_3} \right] = \frac{2A}{EA_2}$$

$$\text{Demak } \frac{2K}{EA_2} = \frac{F_1 \cdot l}{EA} - F_2 \left(\frac{1+l}{EA_2} \right) \text{ yoki } K = -\frac{F_2}{4} = -2500 \text{ N}$$

Minus ishorasi, K reaksiya kuchini yo'nalishini noto'g'ri qabul qilinganligini bildiradi. Demak, K reaksiya kuchini yo'nalishini teskariga yo'naltiramiz va keying tenglamalarda minus ishorasini hisobga olmaymiz. K tayanch kuchining qiymatini sistemaning muvozanat tenglamasiga keltirib qo'ysak, ya'ni

$$\frac{F_2}{4} + B - F_1 + F_2 = 0 \text{ bu yerda } B = 12,5 \text{ k}$$

Statik aniqmaslik yo'qotilgandan keyin brusni oraliq pog'onalarida N , σ va Δl larni o'zgarishini topamiz va epyurasini quramiz. Buning uchun

brusni oraliqlarga bo'lamiz. Qirqimlarni chegaralari tashqi kuchlar qo'yilgan nuqtadan va brusni kesim yuzasi o'zgarishi oraliqlaridan o'tgan.

1-1 qirqim. Ajratilgan brusni muvozanat tenglamasini tuzamiz:

$$\sum Y = N_1 - K = 0 \text{ bu yerdan } N_1 - K = 2500 \text{ N (cho'zilish)}$$

Normal kuchlanish $\sigma_1 = \frac{N_1}{A_2} = \frac{2500}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 625 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$

2-2-qirqim. Sxemadan $N_2 - K - F_2 = 2500 - 10000 = -7500 \text{ N}$,

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{7500}{2 \cdot 10^{-2}} = -3750 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2.$$

3-3-qirqim. Brusning ajratilgan qismi F_1 , F_2 K va N_3 kuchlari ta'sirida. Muvozanat tenglamasi quyidagicha yoziladi.

$$\sum Y = N_3 - F_1 + F_2 - K = 0 \text{ bu yerdan } N_3 = 12500 \text{ N}$$

Normal kuchlanish $\sigma_3 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{12500}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 3125 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$

Brusning to'liq uzayishini topish uchun oraliqlarni chegaralaridagi N o'zgarmas bo'lganligi uchun Δl bilan bo'ylama kuch orasidagi bog'lanish to'g'ri chiziqli qonuniyat bilan o'zgaradi. K kesim qo'zg'almas demak, $\Delta l_K = 0$ D nuqtani KD oraliqning uzayishiga teng ya'ni

$$\Delta l_D = \frac{N_1 y_1}{EA_3}, y_1 = 0, \Delta l_D = \Delta l_K = 0, \text{ va } y_1 = 1 \text{ m,}$$

$$\Delta l_D = 312,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}, \delta = 0,3$$

C nuqtaning to'liq ko'chishi KD va DC masofalarni uzayishini yig'indisiga teng, ya'ni

$$\Delta l_C = 312,5 \cdot 10^{-8} + \frac{N_2 y_2}{EA_2}$$

$$y_2 = 0 \quad \Delta l_C = \Delta l_D = 312,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

$$y_2 = 1 \text{ m}; \quad \Delta l_C = -1562,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

B nuqtaning ko'chishi brusning AB oralig'ini to'liq uzayishiga tengdir,

$$\text{ya'ni } \Delta l_B = -1562,5 \cdot 10^{-8} + \frac{N_3 y_3}{EA_1},$$

$$y_3 = 0; \quad \Delta l_B = -1562,5 \text{ m},$$

$$y_3 = 1 \text{ m}; \quad \Delta l_B = -1562,5 + \frac{12500}{2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 0$$

B nuqta joylashgan kesimining ko'chishi nolga teng, chunki bu kesim biki mahkamlangan.

2.3.9-masala. Brus tashqi kuchlar bilan yuklanganligiga qadar pastki kesimi A tayanch nuqtasi bilan $\Delta = 0,002 \text{ m}$ masofa hosil qilgan. Brusning DC oraliq uzunligi $\Delta t = 20^\circ$ ga qizdirilgan (2.3.9-shakl). Agar brusning tashqi kuchlar va harorat ta'siridagi to'liq uzayishi natijasida Δ masofa yopilib brus bilan tayanch orasida o'zaro ta'sir kuchlari hosil bo'lsa sistema statik aniqmas sistemaga aylanadi. Δ masofa yopilmasa yoki yopilib brus bilan tayanch orasida o'zaro ta'sir kuchlari hosil bo'lmasa, sistema statik aniq bo'lib qoladi. Berilgan sistema qaysi holatga to'g'ri kelishini aniqlash uchun "N" kesimni to'liq uzayishini topamiz:

$$\Delta_K = \Delta_{F_1} - \Delta_{F_2} + \Delta_t = \frac{F_1 \cdot 1}{EA_1} - \frac{F_2 \cdot 1}{EA_2} - \frac{F_2 \cdot 1}{EA_1} + \alpha \cdot \Delta t \cdot l = 0,002375 \text{ m}$$

Demak $\Delta_H > \Delta$ yoki $0,002375 > 0,002 \text{ m}$, natijada N va A kesimlar tutashadi va A tayanchda reaktiv kuch hosil bo'lib, sistema statik noaniq bo'ladi.

Masalani yechish uchun sistemani muvozanat tenglamasini tuzamiz:

$$\sum Y = K + B + F_2 - F_1 = 0 \text{ yoki } K + B = F_1 - F_2$$

Sistemaning aniqmaslik darajasini ochish uchun qo'shimcha deformatsiya tenglamasini tuzamiz: $\Delta_H - \Delta = \Delta_K$

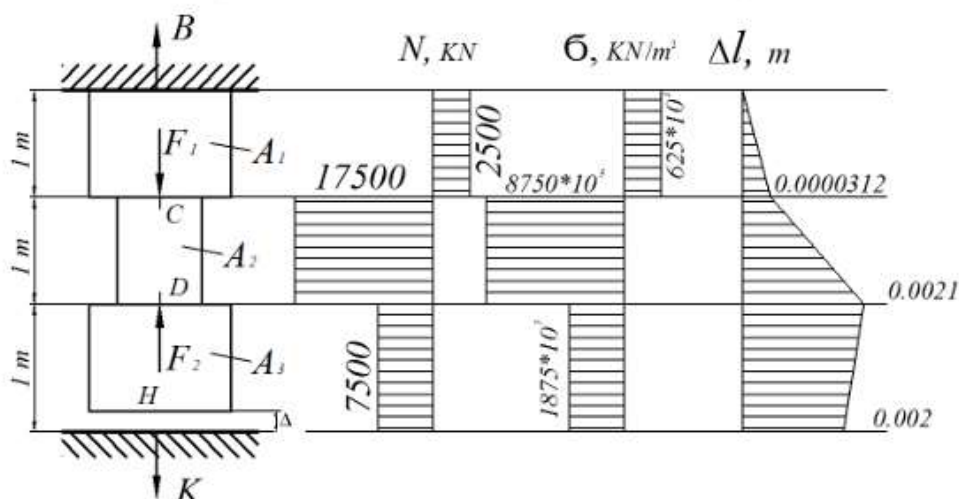
bu yerda, $\Delta_K = \frac{K_1}{EA_1} + \frac{K_1}{EA_2} + \frac{K_1}{EA_3}$ brusni K reaksiya kuchi ta'siridan uzayishi

$$0,002375 = K \left(\frac{1}{EA_1} + \frac{1}{EA_2} + \frac{1}{EA_3} \right) + \Delta \text{ yoki}$$

$$K = \frac{(0,002375 - 0,002) \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{2} = 7500 \text{ N}$$

$$B = F_1 - F_2 - K = 20000 - 10000 - 7500 = 2500 \text{ N}$$

Brusni oraliqlarga bo'lib N; σ va Δl larni hisoblaymiz:



2.3.9-shakl

1-1-qirg'im.

$$N_1 = B - 2500 \text{ N} \text{ va } \sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{2500}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 625 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$$

B kesimning ko'chishi nolga teng, ya'ni $\Delta l_B = 0$, C kesimning ko'chishini BC masofani to'liq uzayishiga teng, ya'ni

$$\Delta l_B = \frac{N_1 \cdot 1}{EA_1} = \frac{2500 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 10^{-8} \text{ m}$$

2-2-qirgim.

Bo'ylama kuch $N_2 = B - F_1 = 2500 - 20000 = -17500 \text{ N}$ normal kuchlanish

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{17500}{2 \cdot 10^5} = 8750 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$$

BD oraliq masofasini to'liq uzayishi quyidagicha topiladi:

$$\Delta l_D = 312,5 \cdot 10^{-8} + \frac{N_2 \cdot 1}{EA_2} + \alpha \cdot \Delta t \cdot l = 312,5 \cdot 10^{-8} - \frac{17500 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 10^{-3}} + 125 \cdot 10^{-7} \cdot 20 \cdot 1 = 0,00209375 \text{ m}$$

3-3-qirgim

$$N_3 = B - F_1 + F_2 = 2500 - 20000 + 10000 = -7500 \text{ N}$$

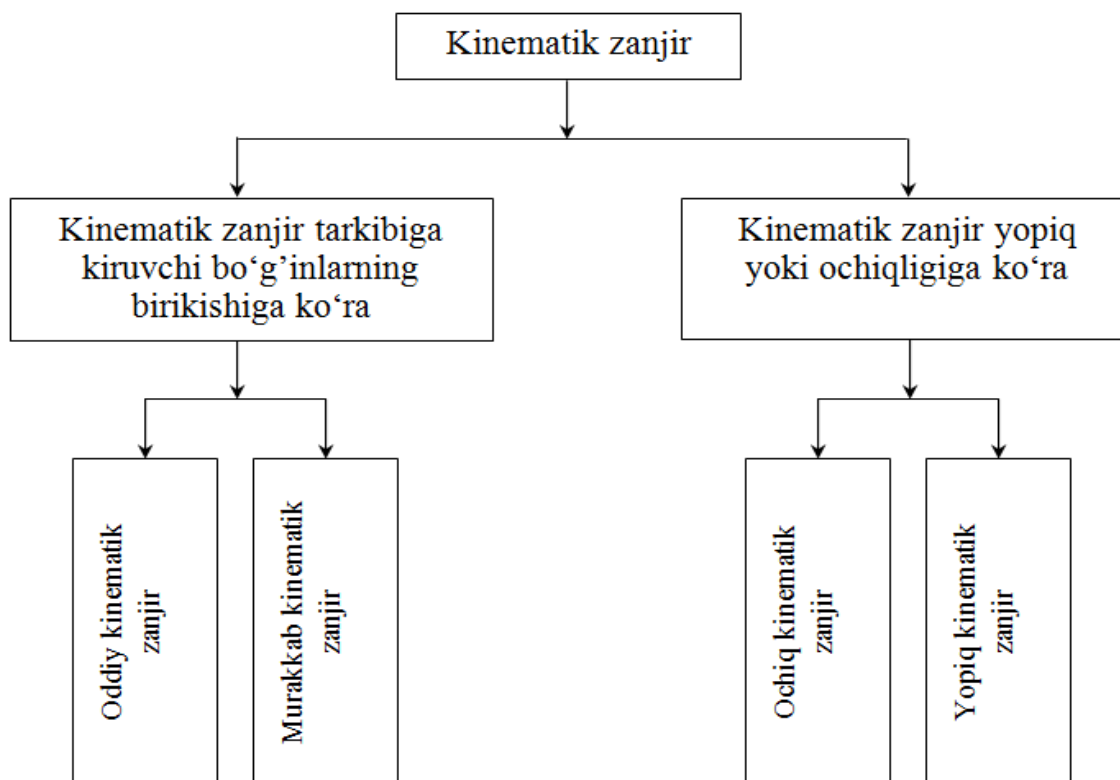
$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{7500}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = -1875 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$$

N kesimning ko'chishi yoki brusning to'liq uzayishi

$$\Delta l_t = 0,00209375 + \frac{N_3}{EA_3} = 0,00208375 - \frac{17500 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 0,002 \text{ m}$$

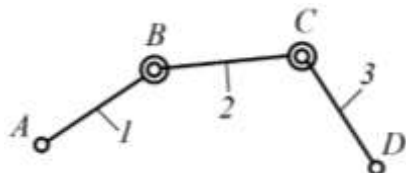
9-amaliy mashg'ulot. Mexanizm zvenolarining qo'zg'aluvchanlik darajasini aniqlash.

Bir nechta bo'g'inlarning kinematik juftliklar vositasida birikishidan kinematik zanjir hosil bo'lishini yuqorida aytib o'tilgan edi. Kinematik zanjirlarni tuzilishi va bo'g'inlarni kinematik juftliklarga birikishiga ko'ra 3.17-shaklda keltirilgan klasifikatsiyani tuzish mumkin.

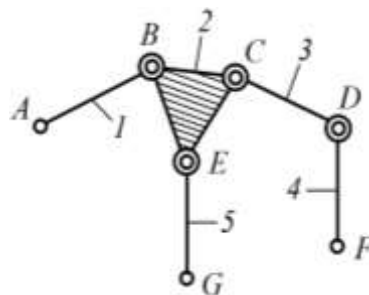


3.17 -shakl.

Agar kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi bo‘g‘inlarning biri faqat ikkitadan kinematik juftga kirs, bunday zanjir oddiy deb (3.18-shakl), kinematik zanjir tarkibidagi bo‘g‘inlarning biri ikkitadan ortiq kinematik juftga qo‘shilsa, bunday zanjir murakkab zanjir deb ataladi (3.19-shakl).



3.18 -shakl.

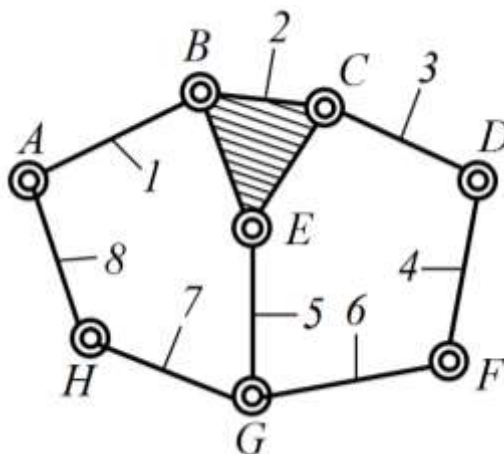


3.19 -shakl.

3.18-shaklda oddiy kinematik zanjir ko‘rsatilgan bo‘lib, uning 1 va 3-bo‘g‘inlarning A va D elementlari erkin elementlardir. 3.19-shaklda esa murakkab kinematik zanjir ko‘rsatilgan bo‘lib, uning 1, 4 va 5-bo‘g‘inlarning A, F va G elementlari erkin elementlardir. Sxemadan ko‘rinadiki, murakkab kinematik zanjir tarkibida bazisli bo‘g‘in bo‘ladi hamda u uchta yeridan kinematik juftlikka birikishi mumkin.

3.17-shakldagi klassifikatsiyadan ko‘rinadiki, kinematik zanjirlar ochiq va yopiq kinematik zanjirlarga bo‘linadi. 3.18 va 3.19-shaklda oddiy va murakkab

ochiq kinematik zanjirlar keltirilgan. Agar kinematik zanjir tarkibiga kiradigan har bir bo‘g‘in eng kamida ikkitadan kinematik juftga biriksa, bunday zanjir yopiq kinematik zanjir bo‘ladi (3.20-shakl).



3.20 -shakl.

Yopiq kinematik zanjirda bo‘g‘inlar bir-biriga nisbatan harakatlanadigan o‘zgaruvchan yopiq kontur hosil bo‘ladi. Ochiq kinematik zanjirda esa bunday kontur bo‘lmaydi.

Kinematik zanjirlarning strukturaviy nazariyasiga rus olimi professor P.I.Somov asos solgan. Uning fikricha, kinematik zanjirning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi N va kinematik zanjir tarkibidagi bo‘g‘inlar soni K deb qabul qilib hamda turli sinfdagi kinematik juftlari orasidagi bog‘lanishlarni aniqlash mumkin. Ma’lumki, kinematik zanjir tarkibiga kirishi lozim bo‘lgan bo‘g‘inlar erkin bo‘lganda ularning har birining erkinlik darajasi oltiga teng bo‘ladi. Demak, K ta bo‘g‘in kinematik juftliklarga birikishidan avval umumiy erkinlik darajasi $6K$ ga teng bo‘ladi. Agar K ta bo‘g‘indan tuzilgan kinematik zanjir tarkibida I, II, III, IV va V sinf kinematik juftlar bo‘lsa va ularning sonini mos ravishda P_1, P_2, P_3, P_4 va P_5 belgilab olsak, u holda, kinematik zanjirning umumiy erkinlik darajasi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

$$H=6K-5P_5-4P_4-3P_3-2P_2-P_1, \quad (3.7)$$

bunda K -kinematik zanjir tarkibidagi bo‘g‘inlarning umumiy soni; P_5 -kinematik zanjirdagi V -sinf kinematik juftliklar soni (ularning har biri bittadan erkinlik darajasiga ega); P_4 -kinematik zanjirdagi IV sinf kinematik juftliklar soni (ularning har biri ikkitadan erkinlik darajasiga ega); P_3 -kinematik zanjirdagi III sinf kinematik juftliklar soni (ularning har biri uchtdan erkinlik darajasiga ega); P_2 -kinematik zanjirdagi II sinf kinematik juftliklar soni (ularning har biri to‘rttdan

erkinlik darajasiga ega); P_1 -kinematik zanjirdagi I -sinf kinematik juftliklar soni (ularning har biri beshtadan erkinlik darajasiga ega).

Kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi biror-bir qo'zg'almas bo'g'inga nisbatan bir yoki bir necha bo'g'in muayyan tartibda harakatlangan vaqtda zanjirning qolgan bo'g'inlari ham ma'lum tartibda harakat qilsa, bunday kinematik zanjir *mexanizm* deyiladi. Bu ta'rifdan kelib chiqib, kinematik zanjir tarkibidagi bo'g'inlarning birini qo'zg'almas deb qaralsa, u holda qo'zg'aluvchan bo'g'inlar umumiy sonini $K-1$ deb qarab, (3.2) ifodani quyidagicha yoziladi.

$$W=6(K-1)-5P_5-4P_4-3P_3-2P_2-P_1, \quad (3.8)$$

bunda W -bitta bo'g'ini qo'zg'almas bo'lgan kinematik zanjirning erkinlik darajasi va u $W=N-6$ ga teng.

Agar $K-1=n$ deb qabul qilinsa, u holda (3.8) ifoda quyidagicha bo'ladi.

$$W=6n-5P_5-4P_4-3P_3-2P_2-P_1, \quad (3.9)$$

Bu erda n -bitta bo'g'ini qo'zg'almas bo'lgan kinematik zanjirdagi qo'zg'aluvchan bo'g'inlar soni.

(3.9) ifoda bitta bo'g'ini qo'zg'almas bo'lgan kinematik zanjirning umumiy holdagi strukturaviy formulasi bo'lib, Somov-Malishev formulasi deyiladi.

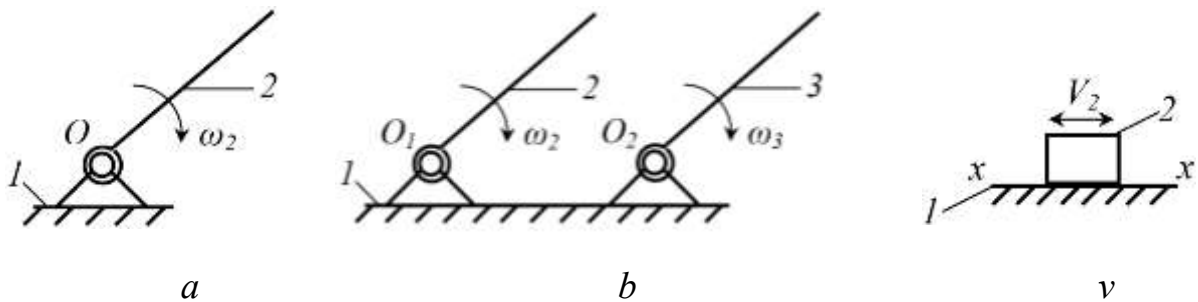
Kinematik zanjirlardan mexanizmlar hosil qilishni birinchi marta L.V.Assur quyidagicha ta'riflagan.

“Har qanday mexanizm yetakchi bo'g'in yoki bo'g'inlar bilan qo'zg'almas bo'g'inga qo'zg'aluvchanlik darajasi nolga teng bo'lgan kinematik zanjirlarni ketma-ket qo'shilishi orqali hosil qilish mumkin”.

Agar mexanizmning qo'zg'aluvchanlik darajasi birga teng ($W=1$) bo'lsa, u holda uning yetakchi bo'g'ini ham bitta bo'ladi, agar ikkita ($W=2$) bo'lsa, uning yetakchi bo'g'inlari ham ikkita bo'ladi va hakoza.

L.V.Assur o'zining ta'limotida kinematik zanjirlarni sinf va guruhlariga bo'lib chiqdi.

Agar yetakchi bo'g'in bilan qo'zg'almas bo'g'in birikib, V -sinf kinematik juftlik hosil qilgan bo'lsa, u buni shartli ravishda I -sinf I -tartibli mexanizm deb ataladi (3.21-shakl, a, b, v).



3.21 -shakl.

3.21-shakl, *a* da 2-boʻgʻin qoʻzgʻalmas boʻgʻin *I*-bilan *V*-sinf aylanma kinematik juftlik hosil qilgan. Bu yerda qoʻzgʻaluvchi 2-boʻgʻin qoʻzgʻalmas *I*-boʻgʻinga nisbatan ω_2 burchak tezlik bilan aylanma harakatni amalga oshiradi. (1.4) ifodaga asosan, bu kinematik juftlikning strukturasi tekshirib chiqamiz. U holda, bu kinematik juftlikda *I*, *II*, *III* va *IV*-sinf kinematik juftliklar mavjud emas, shu sababli $P_1=0$, $P_2=0$, $P_3=0$ va $P_4=0$ boʻladi. Kinematik juftlikda faqatgina bitta *V*-sinf aylanma kinematik juftlik mavjud boʻlib, $P_5=1$ boʻladi. Shu bilan birga ikkita boʻgʻin mavjud boʻlib, ulardan biri qoʻzgʻalmasdir. Demak, qoʻzgʻaluvchi boʻgʻinlar soni $n=1$. Yuqoridagilarni inobatga olganda:

$$W=6-1-5-1-4-0-3-0-2-0-0=6-5=1.$$

Demak, bu kinematik juftlikning erkinlik darajasi 1 ga teng va u bitta yetakchi boʻgʻinga ega.

3.21-shakl, *b* da 2 va 3-boʻgʻinlar qoʻzgʻalmas boʻgʻin *I*-bilan *V*-sinf aylanma kinematik juftliklar hosil qilgan. Bu yerda qoʻzgʻaluvchi 2 va 3-boʻgʻinlar qoʻzgʻalmas *I*-boʻgʻinga nisbatan mos ravishda ω_2 va ω_3 burchak tezliklar bilan aylanma harakatni amalga oshiradi. Bu kinematik juftlikning strukturasi tekshirib chiqamiz. U holda, bu kinematik juftlikda ham *I*, *II*, *III* va *IV*-sinf kinematik juftliklar mavjud emas, shu sababli $P_1=0$, $P_2=0$, $P_3=0$ va $P_4=0$ boʻladi. Kinematik juftlikda ikkita *V*-sinf aylanma kinematik juftlik mavjud boʻlib, $P_5=2$ hamda uchta boʻgʻin mavjud boʻlib, ulardan biri qoʻzgʻalmasdir. Demak, qoʻzgʻaluvchi boʻgʻinlar soni $n=2$. Yuqoridagilarni inobatga olinsa:

$$W=6-2-5-2-4-0-3-0-2-0-0=6-5=2.$$

Demak, bu kinematik juftlikning erkinlik darajasi 2 ga teng va u ikkita yetakchi boʻgʻinga ega.

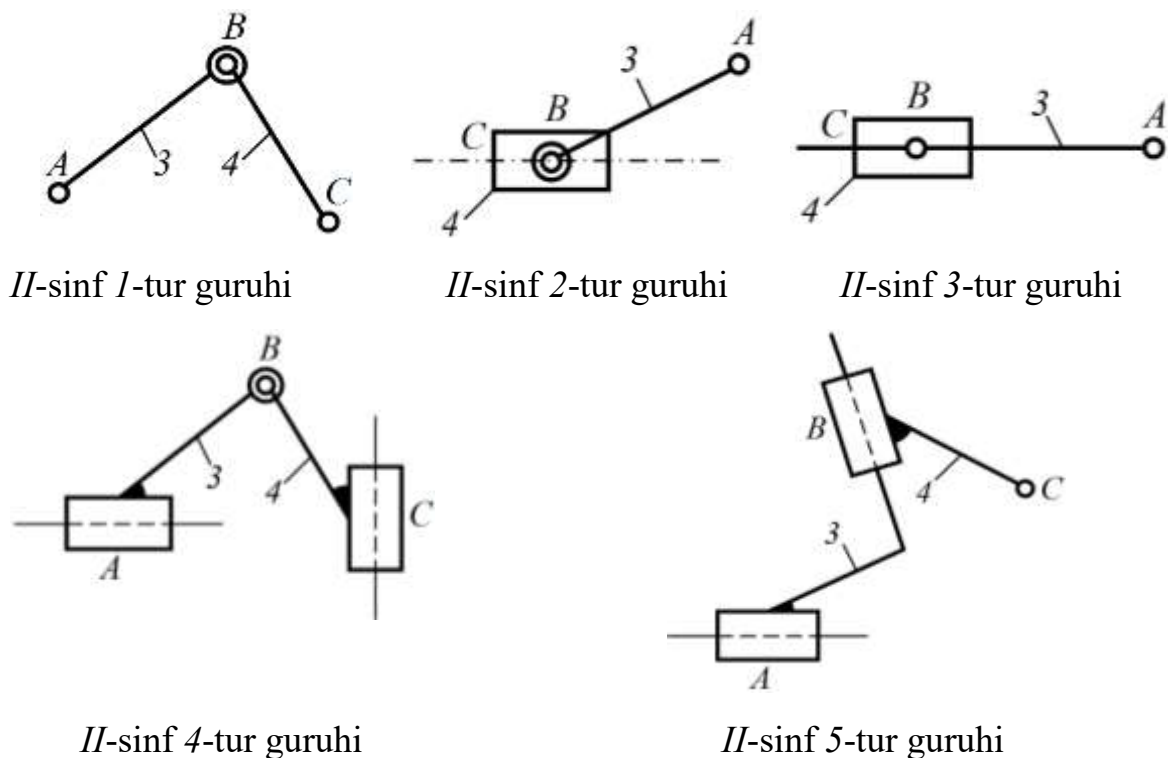
3.21-shakl, *v* da esa *K*-boʻgʻin qoʻzgʻalmas boʻgʻin *I*-boʻgʻin bilan *V*-sinf ilgarilanma kinematik juftlik hosil qilgan. Bu yerda qoʻzgʻaluvchi 2-boʻgʻin qoʻzgʻalmas *I*-boʻgʻinga nisbatan V_2 chiziqli tezlik bilan ilgarilanma-qaytma

harakatni amalga oshiradi. Kinematik juftlikning strukturasi tekshirib chiqamiz. Ushbu kinematik juftlikda V -sinf ilgarilanma kinematik juftlikdan boshqa kinematik juftliklar mavjud emas, shu sababli $P_5=1$ bo'ladi. Shu bilan birga ikkita bo'g'in mavjud bo'lib, ulardan biri qo'zg'almasdir. Demak, qo'zg'aluvchi bo'g'inlar soni $n=1$. Yuqoridagilarni inobatga olganda:

$$W=6 \cdot 1 - 5 \cdot 1 - 4 \cdot 0 - 3 \cdot 0 - 2 \cdot 0 - 0 = 6 - 5 = 1.$$

Demak, bu kinematik juftlikning erkinlik darajasi 1 ga teng va u bitta yetakchi bo'g'inga ega. L.V.Assurning mexanizmlarni hosil qilish ta'rifiga ko'ra, 3.22-shaklda keltirilgan guruhlar qo'zg'aluvchanlik darajasi nolga teng bo'lgan kinematik zanjirlarni ketma-ket qo'shish orqali mexanizm hosil qilish mumkin ekan.

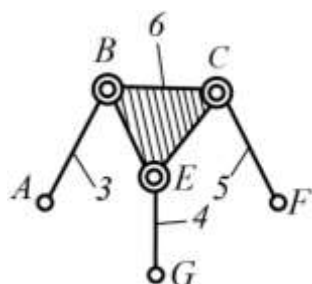
3.22-shaklda keltirilgan II -sinf Assur guruhlarining A va C elementlari bo'sh sanalib, shu elementlarni boshqa elementlarga biriktirish orqali mexanizmlar hosil qilish mumkin. Bu kinematik zanjirlar ikki povodokli Assur guruhlar deb ham ataladi.



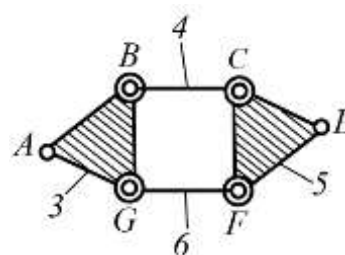
3.22 -shakl.

1.17-shakldagi bo'sh elementlari uchta, ya'ni A , F va G bo'lgan kinematik zanjir III -sinf Assur guruhidir. Bu kinematik zanjir uch povodokli Assur guruhi deb ham ataladi.

To'rtta bo'g'ini va V -sinf kinematik juftliklari bo'lgan yopiq konturli kinematik zanjir Assur ta'limoti bo'yicha IV -sinf guruhi hisoblanadi. Bu kinematik zanjirda A va E lar bo'sh elementlar sanaladi (3.24-shakl).



3.23 -shakl.



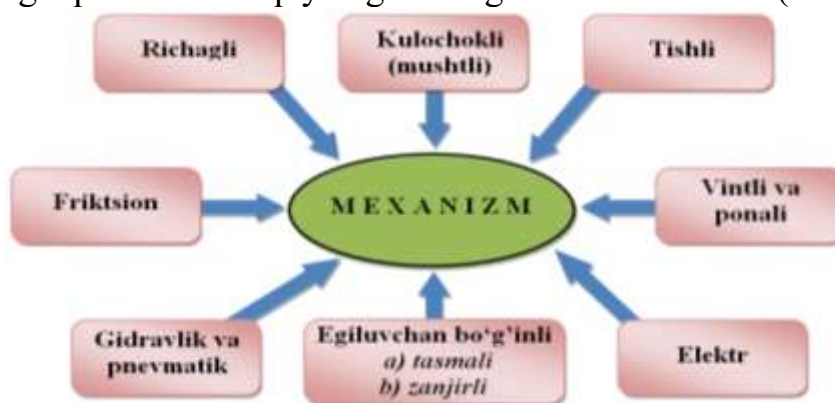
3.24 -shakl.

Shunday qilib, Assur guruhlarini bir-biriga biriktirish yo‘li bilan turli sinfdagi guruhlarini hosil qilish mumkin ekan. Bu guruhlarini boshlang‘ich mexanizmlarga biriktirish yo‘li bilan turli sinfdagi mexanizmlarni hosil qilinadi. Agar hosil qilingan mexanizm tarkibida *I*, *II*, *III* va *IV*-sinf guruhlarini bo‘lsa, bu mexanizm sinfi tarkibidagi eng yuqori sinfli guruh soni bilan nomlanadi.

10-amaliy mashg‘ulot. Mexanizm zvenolarining turli vaziyatlarini planini tuzish

Mashinalarni ishlash jarayonlarida asosiy vazifalarni, ularning ishchi qismlari bajaradi. Masalan, generator yordamida mexanik energiya elektr energiyasiga aylantiriladi va bu energiya ishchi qismlarga uzatish mexanizmlar orqali uzatiladi. Ishchi qismlarga masalan, tikuv mashinasi ignasi, paxta terish mashinasi shpindeli, yer qazish mashinasini kovushi (kuragi) va boshqalardir.

Ma‘lumki, mexanizmlarni hosil qilishda birinchi sinf birinchi tartibli mexanizmga qo‘zg‘aluvchanlik darajasi nolga teng bo‘lgan Assur guruhlarini qo‘shiladi. Mashinasozlikda ishlatilayotgan barcha mexanizmlarning konstruksiyasiga qarab asosan quyidagi turlarga bo‘lish mumkin (3.24-shakl).



3.25 -shakl.

Mexanizmlarning bo‘g‘inlarini turli tekisliklarda harakatlanishiga ko‘ra, ikki turga tekis va fazoviy mexanizmlarga bo‘linadi.

Mexanizm tarkibidagi barcha bo‘g‘inlar bir tekislikda yoki bir-biriga parallel tekisliklarda harakat qilsa, bunday mexanizm tekislikda harakatlanuvchi tekis mexanizm deyiladi. Agar mexanizm tarkibidagi bo‘g‘inlarning nuqtalari tekis

bo'lmagan trayektoriyalar chizib yoki o'zaro parallel bo'lmagan kesishuvchi tekisliklarda joylashuvchi trayektoriyalar chizib harakatlansa, bunday mexanizm fazoviy mexanizm deyiladi.

Barcha mexanizmlar ma'lum tarkibdagi qismlardan ya'ni, bo'g'inlardan tuzilgan bo'ladi. Bo'g'inlarni quyidagilarga bo'lish mumkin:

1) tuzilishiga ko'ra:

- qattiq bo'g'in – mexanizm ishlash davrida har qanday elastik deformatsiya inobatga olinmaydi;

- qayishqoq bo'g'in– mexanizm ishlash davrida elastik deformatsiya inobatga olinadi, ya'ni prujina yoki resor;

- egiluvchan bo'g'in – mexanizm o'z vazifasini bajarishida bo'g'inlar -shakl va o'lchamini o'zgartira oladi, ya'ni tasma va zanjir;

- suyuq bo'g'in – oquvchanlik xususiyatiga ega, suv yoki moylar;

- gaz ko'rishidagi bo'g'in – uchuvchanlik xususiyatiga ega, gaz yoki havo.

2) konstruksiyasiga ko'ra:

- oddiy bo'g'in (3.26 a, b, v-shakl);

- murakkab bo'g'in (3.26 g, d-shakl).

3) bajaradigan vazifasiga ko'ra:

- bosh (yetakchi) bo'g'in (3.26 a, b-shakl);

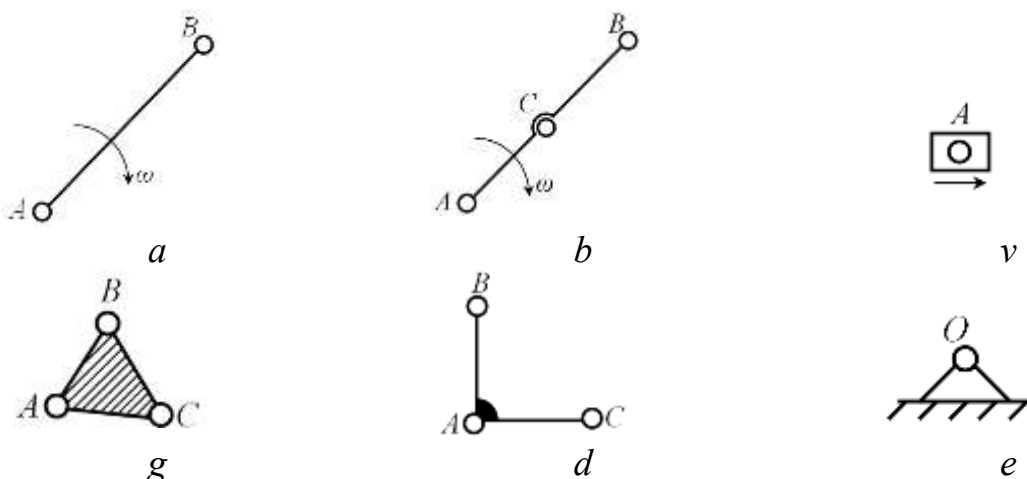
- yetaklanuvchi bo'g'in (3.26 v, g, d-shakl).

4) kinematik holatiga ko'ra:

- qo'zg'aluvchi bo'g'in (3.26 a, b, v, g, d-shakl);

- qo'zg'almas bo'g'in (3.26 ye-shakl).

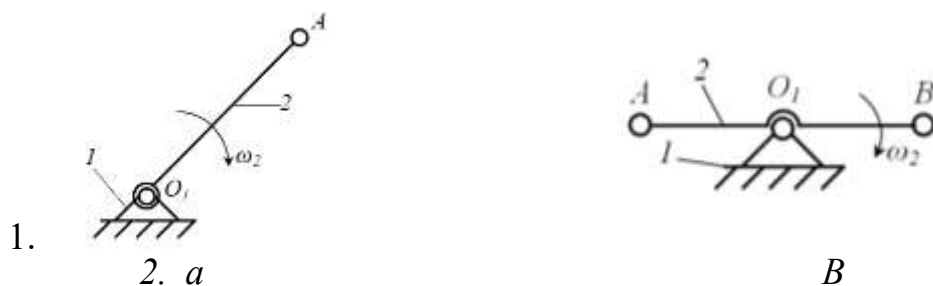
Richagli mexanizmlar hozirgi zamon mashina va mexanizmlarida juda ko'p ishlatiladi. Masalan, to'quv stanoklarida, suv nasoslarida, hamir qorish mashinasi tarkibida va ikkita krivoshipi bo'lgan mexanizmlar suv nasoslarida ishlatiladi.



-shakl.

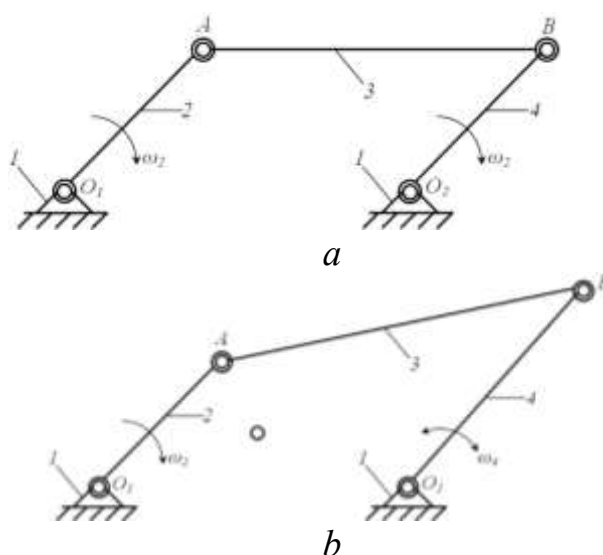
Richagli mexanizmlarning eng oddiy ko'rinishlari 3.26-shaklda keltirilgan. Bu mexanizm ikkita bo'g'indan iboratdir. 3.26 a-shakldagi mexanizm qo'zg'almas bo'g'in 1 va bir yelkali richag 2 dan iborat bo'lsa, 3.26 b-shakldagi mexanizm esa qo'zg'almas bo'g'in 1 va ikki yelkali richag 2 dan iboratdir. Bu mexanizmlarning ikkalasi ham o'q atrofida ma'lum burchak tezlik bilan aylanma harakat qiladi.

Bu xildagi mexanizmlar hozirgi zamon mashinalarida, ayniqsa, rotatsion mashinalarda ya'ni elektr motorlari, turbinalar, har xil ventilyator, shamol dvigatellari va boshqa shunga o'xshagan mashinalarda qo'llaniladi.



3.27 -shakl.

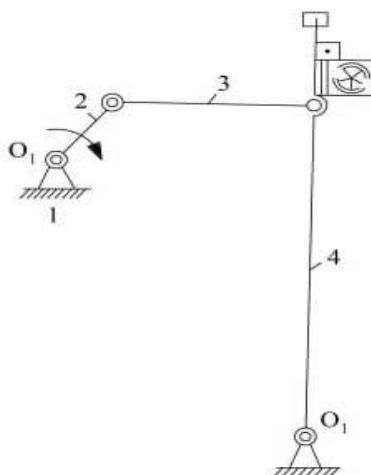
Richagli mexanizmlarning bundan ham murakkabroq ayrim turlari bilan tanishib chiqamiz. Bu mexanizmlar bo'g'inlari bir-biri bilan beshinchi sinf aylanma kinematik juftlik (sharnir)lar yordamida bog'langan. Mexanizmning sharnirlari harflar bilan, bo'g'inlar esa raqamlar bilan belgilangan. 3.28 a-shaklda to'rt bo'g'inli ikki krivoshipli richagli (parallelogramm) mexanizm keltirilgan. Bu mexanizmda 1-bo'g'in qo'zg'almas bo'g'in, 2 va 4-bo'g'inlar krivoship (360° ga to'liq aylana oladigan bo'g'in), 3-bo'g'in esa shatun (murakkab harakat qiladigan bo'g'in) deb nomlanadi. 3.28 b-shaklda keltirilgan to'rt bo'g'inli mexanizm krivoship koromisloli mexanizm deb nomlanadi. Chunki, mexanizm tarkibida bitta krivoship va bitta koromislo mavjud. Bu mexanizmda 1-bo'g'in qo'zg'almas bo'g'in, 2-bo'g'in krivoship, 3-bo'g'in esa shatun va 4-bo'g'in koromislo (ma'lum burchak ostida tebranma harakat qiladigan bo'g'in)dir.



3.28 -shakl.

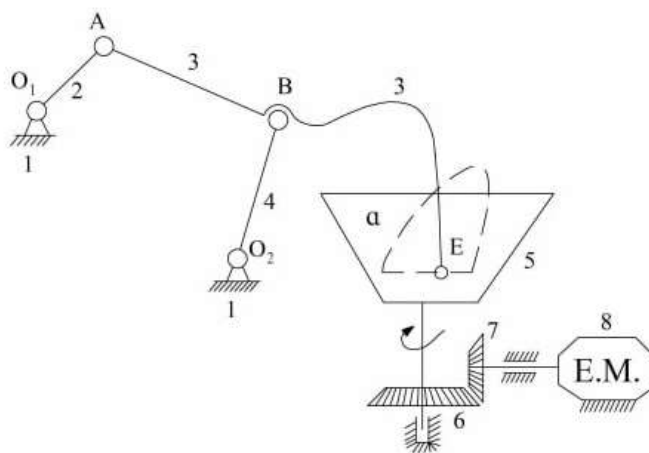
Koromisloli mexanizmlar pichan ag'darish mashinasida, mato to'qish mashinalarida, ko'tarish kranlarida va boshqa sohalaridagi mashinalarda ishlatiladi.

Bunday mexanizmlar ip, gazlama, shoyi, yung va kanop to‘qimalar to‘qiydigan avtomat stanoklarning asosini tashkil etadi (3.29-shakl).



3.29-shakl

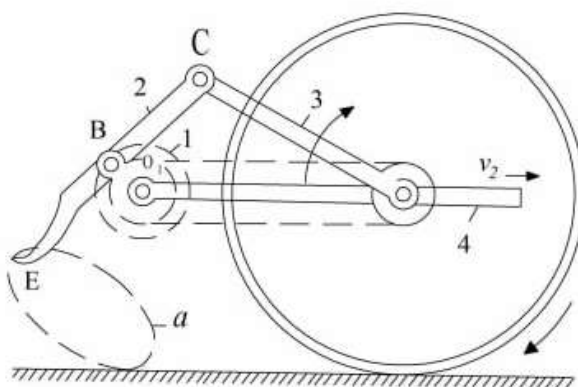
To‘quv stanogi batan mexanizmning umumiy kinematik sxemasi ko‘rsatilgan. Bunday mexanizmlar hamir qorish mashinalarida ham ishlatiladi (3.30-shakl).



3.30-shakl

Mexanizmning hamir qoruvchi panjasi (3) shatun bilan bir butun bo‘lib, uning uchi (E) hamir qozonida ma‘lum bir trayektoriya bo‘ylab harakatlanadi. Hamir qozoni ham, o‘z navbatida, vertikal o‘q atrofida aylanadi. Shunday qilib, qozonda hamir qoriladi. Qishloq xo‘jaligi mashinalarida ham richakli mexanizmlar ko‘p qo‘llaniladi. Masalan, pichan ag‘darish mexanizmini olamiz (3.31-shakl).

Mexanizmni 1- bo‘g‘ini krivoship, 2- bo‘g‘ini pichan ag‘daruvchi shatun va 3- bo‘g‘ini koromislo, g‘ildirak o‘qiga o‘rnatilgan 4- qo‘zg‘almas bo‘g‘indir.



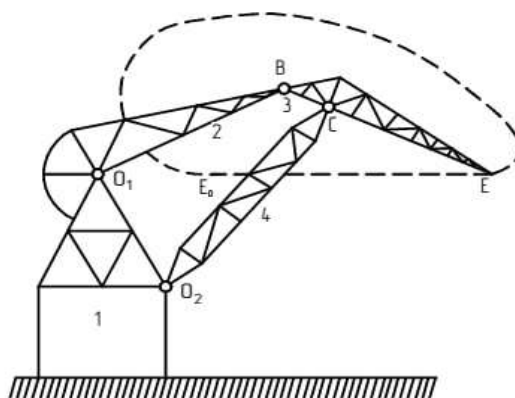
3.31-shakl

To'rt bo'g'inli mexanizm tarkibida bitta krivoship va bitta koromislo bo'lmay, ularning ikkilasi ham krivoship bo'lsa, ya'ni ular 360° ga aylana olsa, (3.31 a-shakl) u holda to'rt bo'g'inli bunday mexanizm ikki krivoshipli mexanizm deb ataladi. Bu mexanizmlar suv nasoslarida ishlatiladi.

To'rt bo'g'inli mexanizm tarkibiga kiruvchi yetaklovchi bo'g'in krivoship o'rniga koromislo bo'lsa, u holda, bu mexanizm sharnirli ikki koromisloli mexanizm deb ataladi.

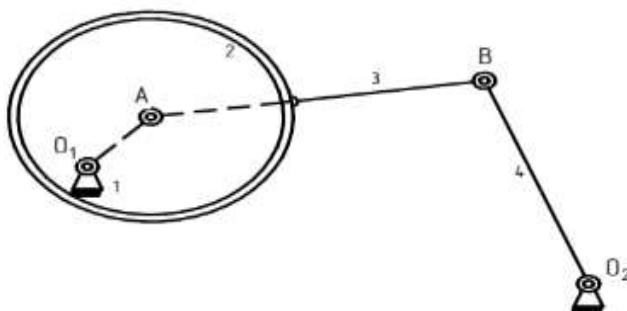
Ikki koromisloli mexanizmlardagi bo'g'inlarning uzunliklari turlicha kombinatsiyada olingan yangi mexanizmlar texnikaning ko'pgina sohalarida harakatlar uzatishda ishlatiladi.

Bunday mexanizmdagi O_1B va O_2C koromislolar faqat O_1 va O_2 o'qlar atrofida tebranma harakat qiladi, xalos. Bu mexanizmlar yuk ko'tarish kranlarida ishlatiladi. (3.32 -shakl)



3.32 -shakl

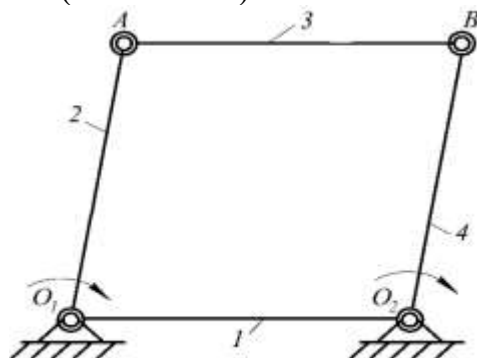
To'rt bo'g'inli mexanizmlarning xili juda ko'p. Bulardan biriga misol qilib, sharnirli to'rt bo'g'inli mexanizmnı olaylik (3.33-shakl).



3.33 -shakl

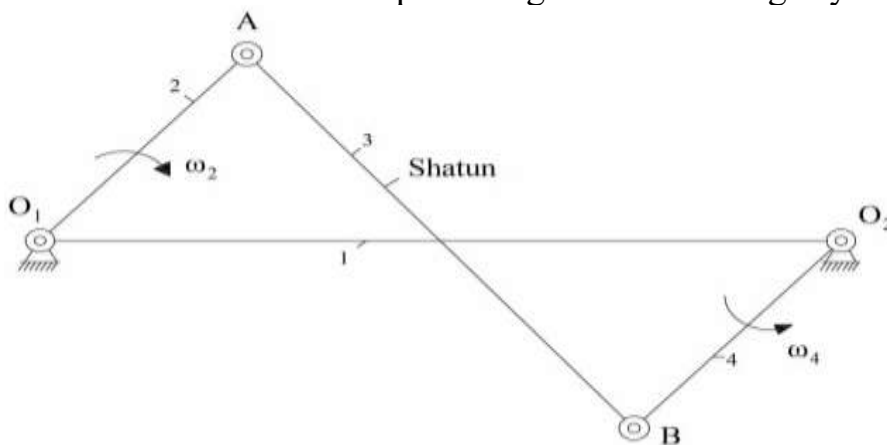
Bu mexanizm yuqorida bayon qilingan to'rt bo'g'inli mexanizmga quyidagicha o'zgartirish kiritish yo'li bilan hosil qilingan. O_1ABO_2 -to'rt bo'g'inli mexanizmning A sharniridagi sapfani (aylanadigan qism) kattalashtirib, uning radiusi O_1A krivoshipdan katta qilinsa, u vaqt sapfa eksstentrikka aylanadi. Shunday qilib, yangi olingan eksstentrikli mexanizmning harakati O_1ABO_2 to'rt bo'g'inli mexanizm harakatiga o'xshash bo'ladi.

Sharnirli to'rt bo'g'inli mexanizmning xususiy ko'rinishi sharnirli parallelogram mexanizmdir. (3.34 -shakl).



3.34 -shakl

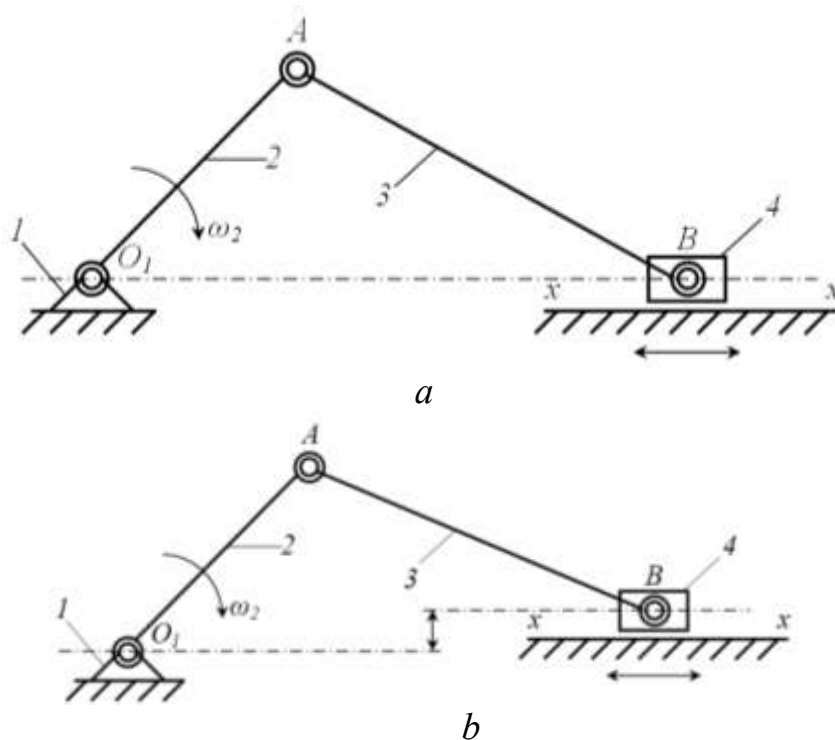
Bu mexanizmning O_1A va O_2B krivoshiplari bir hildagi burchak tezlik bilan aylanadi. AB shatuni esa to'g'ri chiziqli ilgarilanma harakatda bo'ladi. AB shatundagi istalgan nuqtaning trayektoriyasi radiusi $O_1A=O_2B$ bo'lgan aylanadir. Bu mexanizm tarkibiga kiruvchi bo'g'inlarning o'qlari bir to'g'ri chiziqda yotsa, u holda, harakatida noaniqlik paydo bo'ladi. Krivoshiplardan biri shu vaziyatdan o'tib, o'z yo'nalishida aylangach, harakat yana eskicha davom eta boshlaydi. Krivoshiplardan biri o'zining oldingi yo'nalishiga teskari aylansa, u holda sharnirli parallelogram mexanizm sharnirli antiparallelogram mexanizmga aylanadi.



3.35 -shakl

Ma'lumki, mexanizm tarkibidagi bo'g'inlar uchta harakatni amalga oshirishi mumkin, ya'ni aylanma, ilgarilanma-qaytma va murakkab (bir vaqtning o'zida aylanma va ilgarilanma-qaytma) harakatlardir. Yuqorida bo'g'inlari aylanma va murakkab harakat qiladigan mexanizmlarni ko'rib chiqildi. 3.35 -shakldagi 4-bo'g'in (krivoship (a) yoki koromislo (b)) ni qo'zg'almas bo'g'in bo'ylab harakatlana oladigan polzun bilan almashtirsak, u holda krivoship polzunli mexanizm hosil bo'ladi (3.36 -shakl).

Krivoship polzunli mexanizmlar hozirgi kundagi mashinalarda juda ko'p uchraydigan mexanizmlar sanaladi. Masalan, ichki yonuv dvigatellari, kompressorlar, presslar, nasoslar va boshqa mashinalarda.

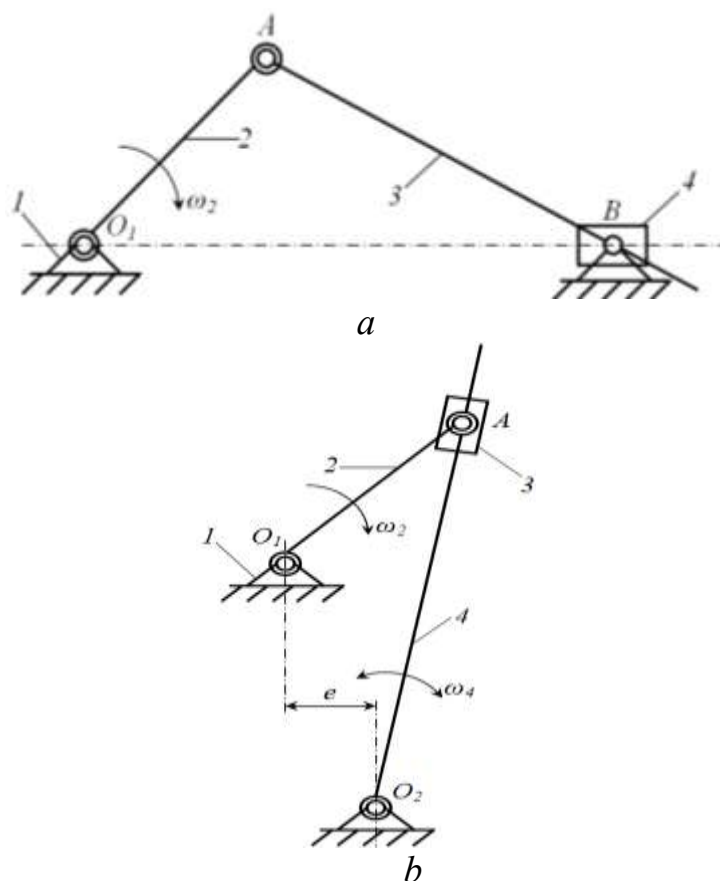


3.36 -shakl.

3.36 -shaklda krivoship polzunli mexanizmning ikki ko'rinishi keltirilgan bo'lib, ular aksial (*a*) va dezaksial (*b*) mexanizmlardir. Mexanizm tarkibidagi polzun yo'naltiruvchisining xx chizig'i krivoshipning aylanish o'qi O_1 dan o'tsa, u holda bunday mexanizm aksial krivoship polzunli mexanizm deyiladi (3.36 *a*-shakl). Agar mexanizm tarkibidagi polzun yo'naltiruvchisining xx chizig'i krivoshipning aylanish o'qi O_1 dan o'tmasa, u holda bunday mexanizm dezaksial krivoship polzunli mexanizm deyiladi (3.36 *b*-shakl).

Agar mexanizm tarkibidagi shatun yo'naltiruvchi vazifasini bajarsa, u holda bunday mexanizm kulisali mexanizm deyiladi (1.36 *a, b*-shakl). 2,3,4 bo'g'inlar O_1 va O_2 o'qlari atrofida aylanma harakat qiladi. 3-bo'g'in murakkab harakat qiladi, uning harakati O_1 atrofida bo'ladigan aylanma harakat bilan 4-bo'g'in bo'ylab ilgarilanma harakatdan iborat bo'ladi. Qo'zg'aluvchan bo'g'in (4) da harakat qiluvchi 3-bo'g'in tosh deb, qo'zg'aluvchi yo'naltiruvchi bo'g'in 4 esa kulisa deb ataladi. Kulisali mexanizmlar rotor nasoslarida, tikuv mashinalarida, poligraf mashinalarida, randalash mashinalarida va boshqa sohalarda ko'p qo'llaniladi.

Kulachokli (mushtli) mexanizmlar tarkibida o'zgaruvchan egri chiziqli yuza (tekislik) ko'rinishidagi oliy kinematik juftlik elementlari bo'lgan mexanizmlardir. Kulachokli mexanizmlar odatda kulachok va turtkichdan iborat bo'ladi. 3.37 *a*-shaklda tekis kulachokli mexanizm sxemasi keltirilgan.

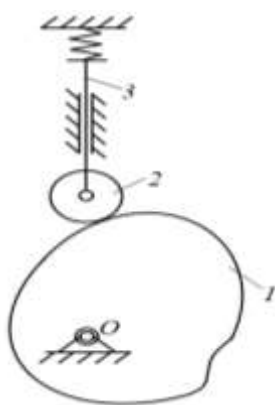


3.37-shakl.

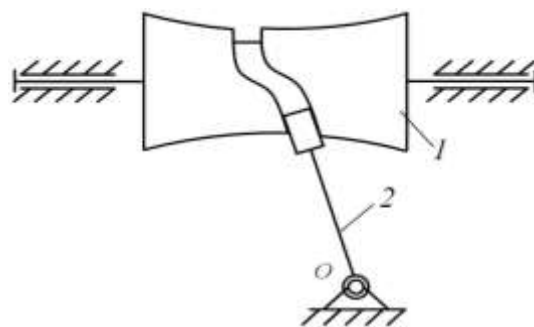
Bu kulachokli mexanizm tarkibiga o'zgaruvchan egri yuzali kulachok 1 hamda u bilan oliy kinematik juftlik hosil qilgan rolik 2 kiradi. Shu bilan birga, oliy kinematik juftlik elementlarini doimo bog'lanishda bo'lishi uchun turtkich 3 bilan qo'zg'almas bo'g'in orasiga prujina o'rnatilgan. Bu prujina kuch yordamida kulachok 1 bilan rolik 2 ni doimiy bog'lanishini ta'minlaydi. Kulachokli mexanizmlar tekis emas, balki fazoviy ham bo'lishi mumkin. 3.37 b-shaklda fazoviy kulachokli mexanizmning sxemasi keltirilgan.

Bu turdagi mexanizmlar yordamida yetaklanuvchi bo'g'inning istalgan harakat qonunini olish mumkin. Shuning uchun bu mexanizmlar metall kesish stanoklarida, avtomat mashinalarda, nusxa olish qurilmalarida, avtomobillarning gaz taqsimlash mexanizmlarida, turli elektrik apparatlarda, tikuvchilik va to'qimachilik mashinalarida hamda asbobsozlik sanoatining turli mashina va mexanizmlarida keng qo'llaniladi.

Kulachokli mexanizmlar hozirda rivojlanayotgan avtomat va yarim avtomatlashgan mashinalarda turli funksiyalarni boshqarish, ishchi qismlarni ishga tushirish, to'xtatish, oldindan belgilab qo'yilgan vazifalarni inson ishtirokisiz bajarish imkonini beradi. Kulachokli mexanizm, asosan, yetaklanuvchi bo'g'inlarining siljish masofasi kichik bo'lgan harakatlarni amalga oshirishda qo'llaniladi.



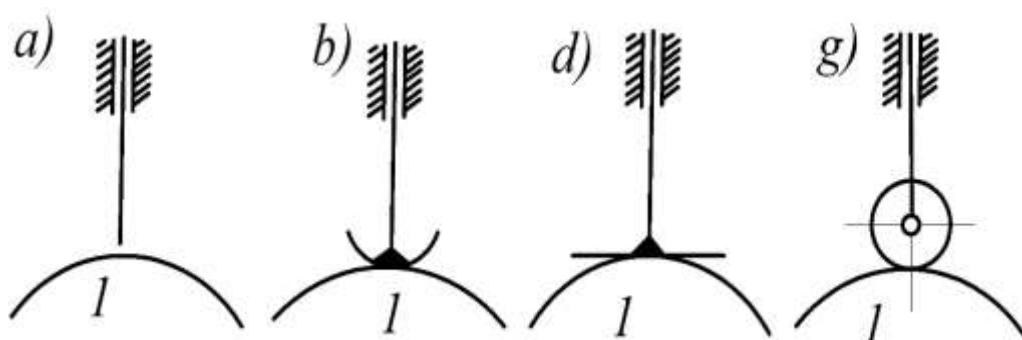
a



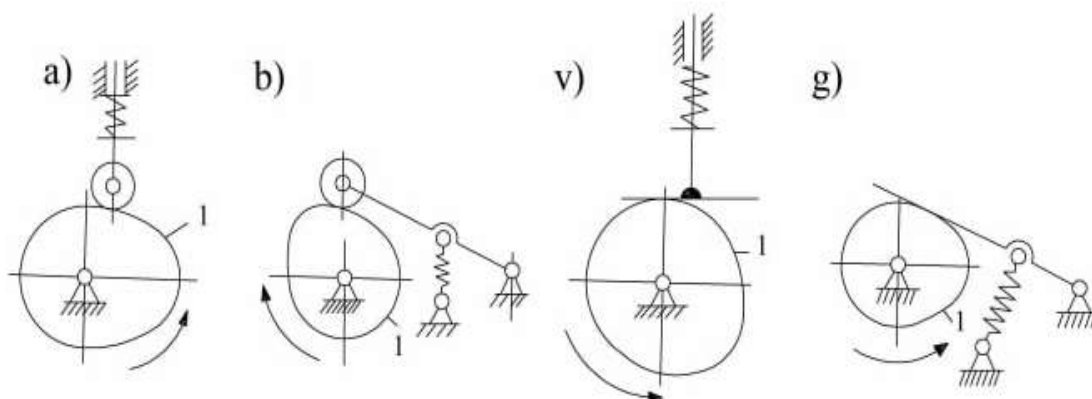
b

3.38-shakl.

Kulachokli mexanizmlardagi oliy kinematik juftlarni geometrik formasi 3.39-shaklda keltirilgan. Bular a) uchli oliy kinematik juft; b) egri yoysimon; v) tarelkali va g) rolikli bo'lishi mumkin. Ularni tekis kulachokli mexanizmlarda qo'llanishi 3.40-shaklda keltirilgan. Oliy kinematik juft elementlarini doimiy bog'lanishini ta'minlash uchun prujinaning kuchidan foydalaniladi.

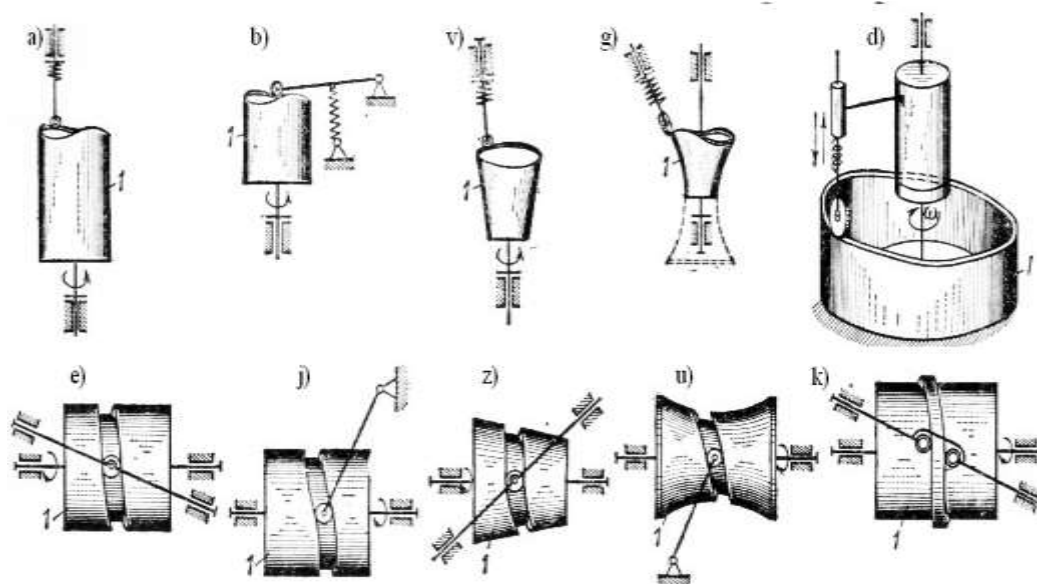


3.39-shakl



3.40-shakl

Bundan tashqari oliy kinematik juftlardagi elementlarning o'zaro urinishi ariqchalar hisobiga (3.41-shakl a,b,e,j,z,u,k), qamrovchi roliklar hisobiga (3.41 - shakl v,g), geometrik tarzda tutashish orqali yoki og'irlik kuchi, prujinaning elastiklik kuchi (3.41-shakl a,b,d, e), suyuqlik yoki havo bosimi ta'sirida kuch bilan tutashish orqali ta'minlanishi mumkin.

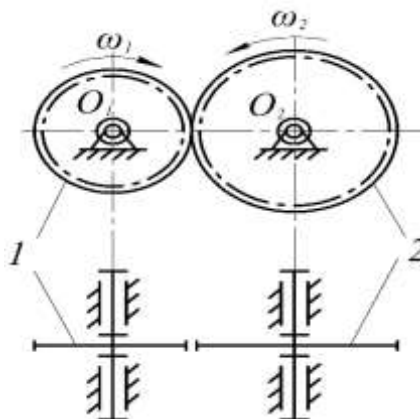


3.41-shakl

Tishli mexanizmlar harakatni yetakchi bo'g'indan yetaklanuvchi bo'g'inga ilashish hisobiga uzatadi (3.42-shakl). Tishli mexanizmlardagi ilashuvchi bo'g'inlar tishli g'ildiraklar deyiladi. Tishli mexanizmlar tarkibidagi tishli g'ildiraklar bir-biri bilan oliy kinematik juftliklar hosil qilsa, qo'zg'almas bo'g'in (tayanch) bilan esa asosan ko'yi aylanma yoki ilgariylanma kinematik juftliklarni hosil qiladi. Tishli mexanizmlar tishli g'ildiraklarni ilashish turiga ko'ra tashqi ilashmali yoki ichki ilashmali bo'ladi.

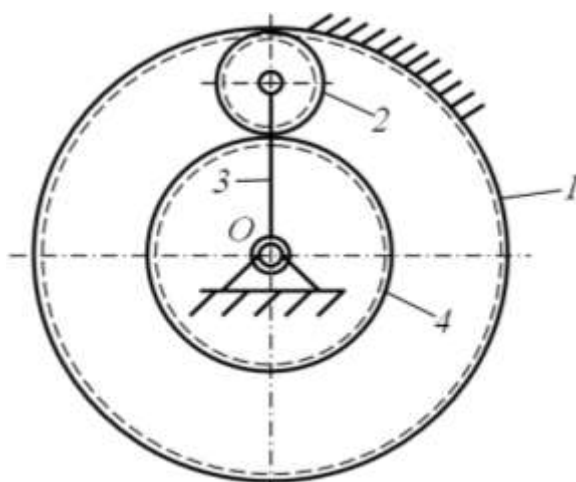
3.42-shaklda tishli mexanizmlarning eng sodda ko'rinishlari keltirilgan bo'lib, ikkita 1 va 2 tishli g'ildiraklar hamda qo'zg'almas bo'g'indan iborat.

Tishli mexanizmlar hozirgi mashina va mexanizmlarda keng ko'lamda qo'llaniladigan mexanizm sanaladi. Bu mexanizmlar asosan mashina agregatlarida uzatish mexanizmlari sifatida qo'llaniladi. Mexanizmning asosiy bo'g'ini hisoblangan tishli g'ildiraklar bo'rtib chiqqan tishlar va ular orasidagi chuqurchalardan iborat bo'ladi. Ikkita tishli g'ildirak ilashma hosil qiladi. Bunda bitta tishli g'ildirakning tishi ikkinchi tishli g'ildirakning ikkita tishining orasiga kirib, yon tomonlari bilan ta'sirlashadi va harakatga keltiradi. Agar ilashmadagi tishli g'ildiraklardan birining radiusi cheksizlikka intilsa, u holda bunday mexanizm reykali tishli mexanizm deyiladi.



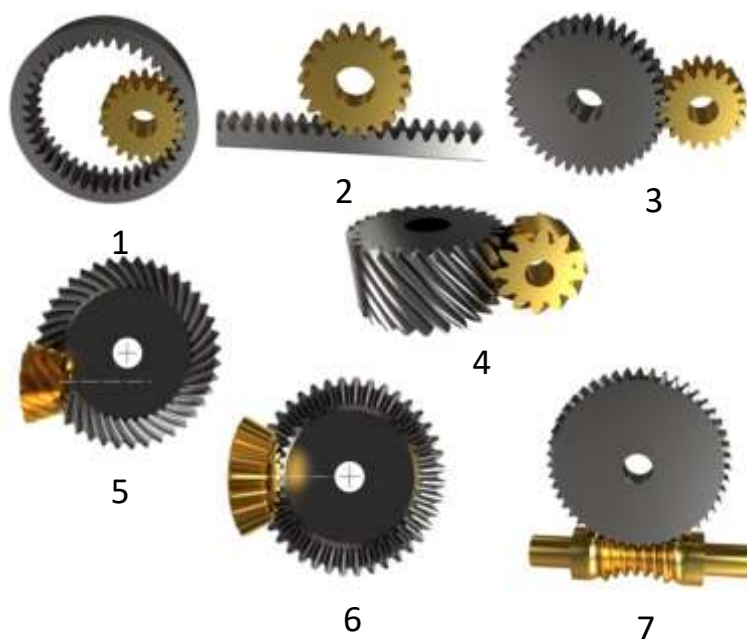
3.42-shakl.

Tishli mexanizmlarda bir paytning oʻzida ichki va tashqi ilashmalar ham boʻlishi mumkin (3.43-shakl).



3.43-shakl.

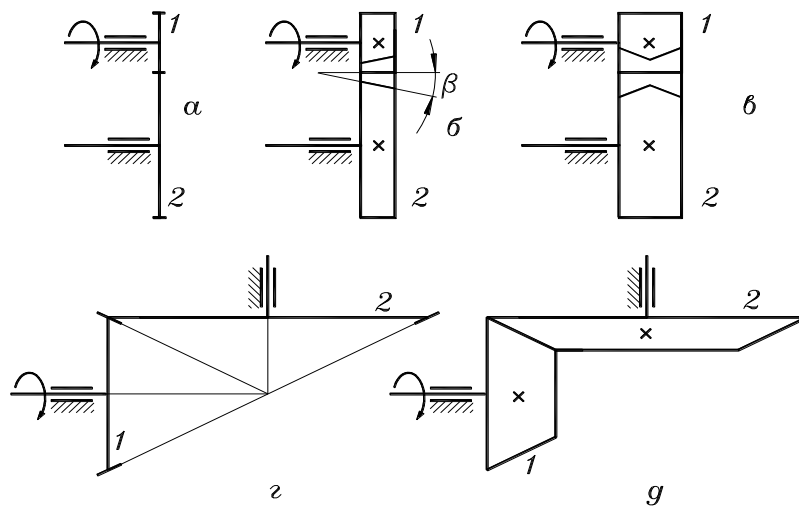
Har xil turdagi tishli mexanizmlarni asosiy koʻrinishlari 3.44-shaklda keltirilgan.



3.44-shakl.

Tekislikda harakatlanuvchi tishli mexanizmni tarkibiga kiradigan gʻildiraklarining oʻqlari bir-biriga parallel edi. Fazoviy tishli mexanizmlar tarkibiga kiradigan gʻildiraklarning oʻqlari bir-biriga parallel boʻlmaydi. Bunday mexanizmlarda, asosan, uch hol boʻlishi mumkin.

Birinchi holda, tishli gʻildiraklarning oʻqlari bir-biri bilan kesishadi hamda tishlar toʻgʻri tishli va qiya tishli boʻlishi mumkin. (3.45-shakl)

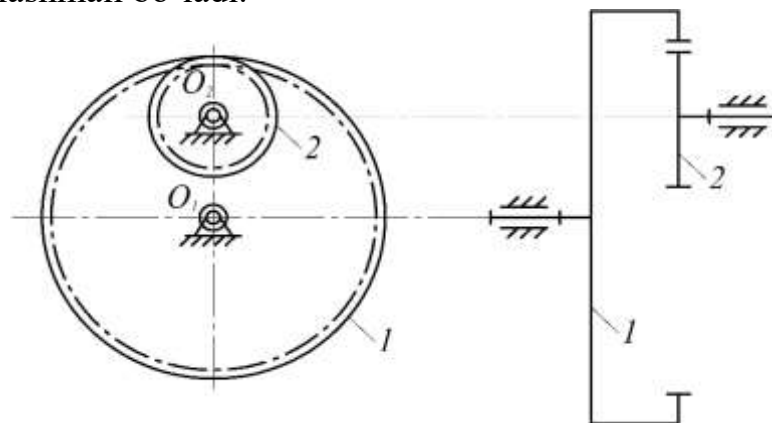


3.45-shakl.

Ikkinchi holda, o'qlar kesishmaydi, ammo bir-biriga tik bo'lib, bir-biri ustidan o'tadi;

Uchinchi holda, o'qlar bir-biri bilan kesishmaydi va bir-biriga tik bo'lmaydi.

Konussimon tishli mexanizmlar xuddi silindrsimon tishli mexanizmlar kabi ichki va sirtqi ilashmali bo'ladi.



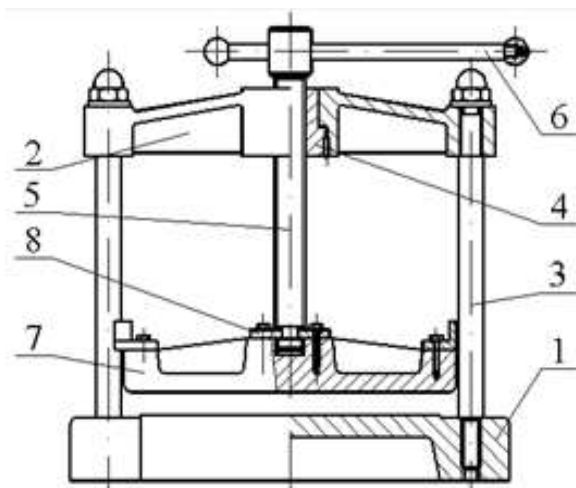
3.46-shakl.

Tishli mexanizmlarni o'qlari qo'zg'aluvchan bo'lsa, masalan (3.46-shakl) ko'rsatilgan. Mexanizm tarkibidagi 2 va 3 tishli g'ildiraklar qo'zg'aluvchan bo'lsa, bunday mexanizmlar differensial mexanizmlar deyiladi. Agarda 2-g'ildirak qo'zg'almas bo'lsa unda planetar mexanizmga aylanadi.

Differensial va planetar mexanizmlar hozirgi zamon mashinalarida harakatlarni qo'shish va ayirishda ishlatiladi. Differensial mexanizmlarning gabariti ixcham bo'lishi bilan birga, yetaklanuvchi bo'g'in istalgan tezlik hosil qilishi ham mumkin.

Texnikaning taraqqiy etishi turli mashina va mexanizmlarni qo'llanilishiga olib keladi. Shu qatori vintli va ponali mexanizmlarni ham ko'p uchratish mumkin.

Texnikada vintli va ponali mexanizmlar ham ko'p uchraydi. Vintli mexanizmlar, asosan, tokorlik dastgohlarida suportni siljitishda ishlatiladi.



1-asos, 2-yuqori qapqoq, 3-shtanga, 4-rezba, 5-vint, 6-dastak, 7-pastgi qapqoq, 8-bolt
3.47-shakl

Vintli mexanizmdagi kichik g'ildirakning tishlari vint kesimini hosil qiladi. Bu esa vint g'ildirakli mexanizmning xususiy holiga aylanadi va chervyakli mexanizm deb ataladi (3.47-shakl). Chervyakning tishlari chervyakning kirimi deb ataladi. Chervyaklar ulardagi yo'llar soniga qarab, bir kirimli, ikki, uch va hakoza kirimli bo'lishi mumkin.

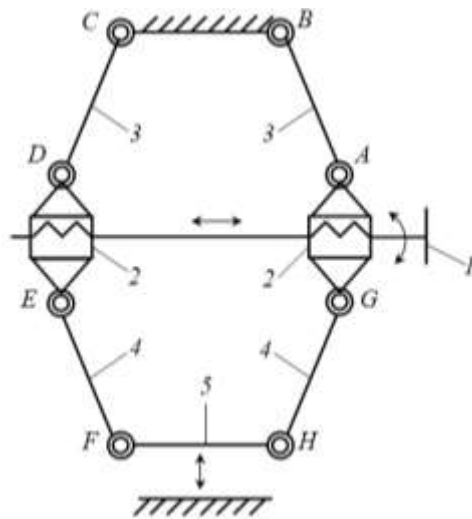
Bundan tashqari chervyaklar pastda, yuqorida va yonida joylashgan bo'lishi mumkin.

Hozirgi zamon mashina va mexanizmlaridagi harakatlarni uzatishda giperboloidli va gipoidli uzatmalardan ham foydalaniladi (3.48-shakl). Gipoidli mexanizmlar, ko'pincha, dvigatellardagi uzatmalarda ishlatiladi.



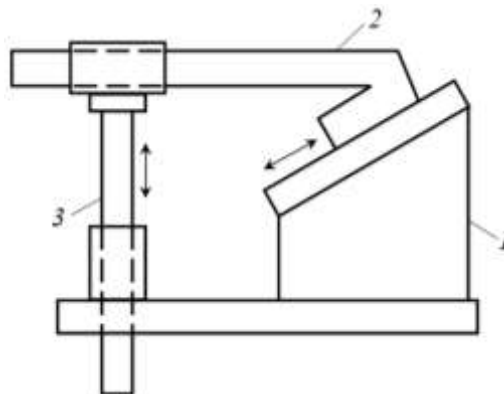
3.48-shakl.

Mexanizm tarkibiga kiruvchi ayrim bo'g'inlari vintsimon harakat qilsa, bunday mexanizmlar vintli mexanizm deyiladi. Vintli mexanizm tarkibiga kiruvchi bo'g'inlar vintli kinematik juftliklar yordamida bog'lanadi. 3.49-shaklda vintli presslash qurilmasining sxemasi keltirilgan. Bu qurilmadagi vintlarning biri chap, ikkinchisi esa o'ng rezbalidir. Agar 1-bo'g'in aylanma harakatni amalga oshirsa, vint 2 lar o'zaro bir-biriga nisbatan ilgarilanma harakatni amalga oshiradi. Bunda 2-bo'g'inlar bir-biriga yaqinlashsa, 5-bo'g'in qo'zg'almas bo'g'inga yaqinlashib presslash jarayonini amalga oshiradi.



3.49-shakl.

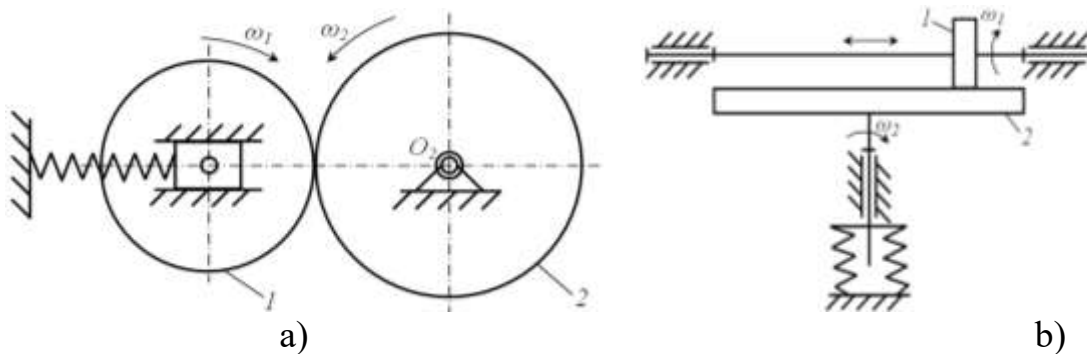
Bo'g'inlari faqat ilgarilanma (to'g'ri chiziqli) harakat qiluvchi mexanizmlar *ponali mexanizm* deyiladi. 3.50-shaklda ponali mexanizm keltirilgan bo'lib, bunda qiya tekislik 1 bo'ylab qo'zg'aluvchan bo'g'in 2 ilgarilanma-qaytma harakat qilsa, keyingi qo'zg'aluvchan bo'g'in 3 ham vertikal o'q bo'ylab ilgarilanma-qaytma harakatni amalga oshiradi.



3.50-shakl.

Ishqalanish kuchining yordami bilan har qanday bo'g'inning harakati to'xtatilishi yoki to'xtab turgan bo'g'inni harakatga keltirilishi mumkin.

Friksion mexanizmlar variatorlarda ham harakatni uzatishda qo'llaniladi (3.51 -shakl).



3.51-shakl.

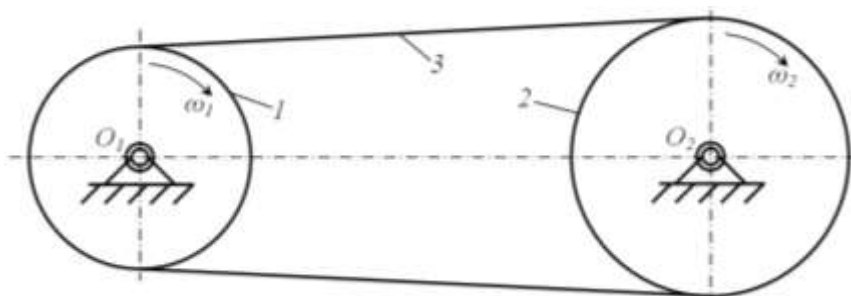
Friksion mexanizmlar texnikaning turli tarmoqlarida mexanizm bo'g'inlarining burchak tezliklarini bir me'yorda o'zgartirish uchun har xil konus uzatmalarda, muftalarda, tormoz moslamalarida va presslarda ko'p ishlatiladi.

Mashinalarda shunday mexanizmlar borki, ular ishqalanish hisobiga ish bajaradi. Ishqalanish kuchlari yordami bilan harakatga keluvchi yoki to'xtatiluvchi mexanizmlar friksion mexanizmlar deyiladi (3.51-shakl). Masalan, 3.51 *a*-shakldagi ikkita siliq yuzali silindrsimon g'ildirak 1 va 2 lar bir-biriga o'zgarmas burchak tezlikdagi aylanma harakatni tegib turgan (o'zaro ta'sirdagi) yuzalarida hosil bo'ladigan ishqalanish kuchi hisobiga uzatadi.

Friksion mexanizmlar yordamida yetaklanuvchi bo'g'inning burchak tezligini pog'onasiz sozlash mumkin, bunday mexanizmlar tezlik variatorlari deyiladi. Masalan, 3.51 *b*-shaklda keltirilgan friksion mexanizmدا yetaklanuvchi bo'g'in 1 ning burchak tezligini o'zgarmas deb qabul qilib, uni aylanish o'qi bo'ylab siljitsa yetaklanuvchi bo'g'in 2 ning burchak tezligini pog'onasiz sozlash yoki o'zgartirishga erishish mumkin.

Tarkibida ikki yoki undan ko'p bo'g'inlarni o'zaro harakatlarini ta'minlaydigan egiluvchan bo'g'in (arqonlar, tasmalar, zanjirlar, troslar va boshqa)lar bo'lgan mexanizmlar egiluvchan bo'g'inli mexanizmlar deyiladi. Hozirgi zamon texnikasida egiluvchan bo'g'inli mexanizmlar keng ko'lamda ishlatiladi.

3.52-shaklda egiluvchan bo'g'inli mexanizmning eng sodda ko'rinishi keltirilgan. Bu mexanizm tishli va friksion mexanizmlardan farqli o'laroq, 1-bo'g'indan 2-bo'g'inga aylanma harakatni O_1 va O_2 lar orasidagi masofa, ya'ni o'qlararo masofa katta bo'lgan holda uzatish imkoniga ega. Bunday mexanizmlar egiluvchan bo'g'in 3 ning turiga ko'ra tasmali yoki zanjirli uzatmalarga bo'linadi.

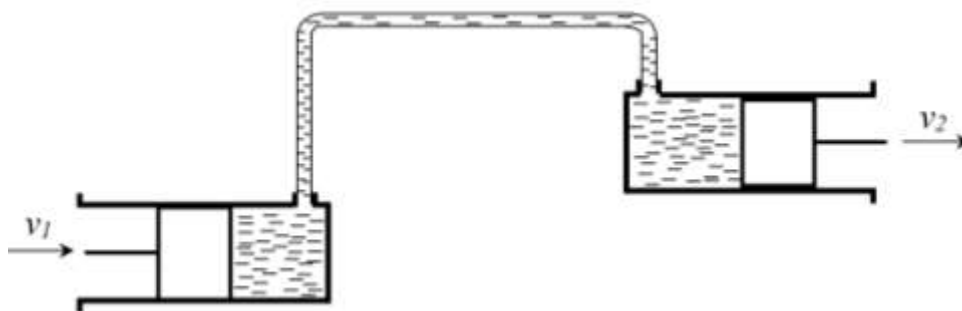


3.52-shakl.

Egiluvchan bo'g'inli mexanizmlar avtomobil, to'qimachilik, qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi, og'ir industrial sanoati mashinalarining uzatish mexanizmlarida qo'llaniladi.

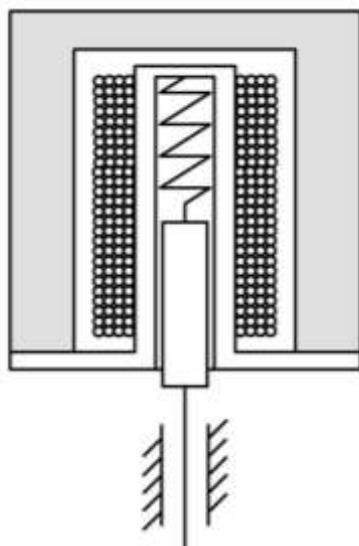
Agar mexanizmدا harakat uzatish qattiq jism va suyuq yoki gazsimon vositalarning o'zaro ta'siri natijasida amalga oshirilsa, bunda mexanizmlar gidravlik yoki pnevmatik mexanizmlar deyiladi.

Gidravlik yoki pnevmatik mexanizmlar avtomobillarda, traktorlarda, bug' qozonlarida va boshqalarda qo'llaniladi.



3.53-shakl.

Avtomatlashgan tizimlarning rivojlanishi bilan mashinalarni elektrik qurilmalar yordamida boshqarilmoqda yoki sozlanmoqda. Elektrik qurilmalarning ishchi qismlarini qattiq, suyuq va egiluvchan muhitlar tashkil etadi. Harakatni magnit yoki elektr maydoni yordamida uzatadigan mexanizmlar elektrik mexanizmlar deyiladi. Elektrik mexanizmlari orqali jarayonlarni tez to'xtatib yoki tez yurgizish mumkin. Elektrik mexanizmlari nazorot ishlarida va turli jarayonlarni yozib olish ishlarida samarali natijalar beradi.



3.54-shakl.

Kinematik zanjirning strukturaviy formulasi bo'lgan quyidagi Somov-Malishev formulasi bilan tanishgan edi.

$$W=6n-5P_5-4P_4-3P_3-2P_2-P_1. \quad (3.11)$$

Fazoviy va tekis mexanizmlarni tuzilishi formulasining mexanizmlarda ishlatilishi.

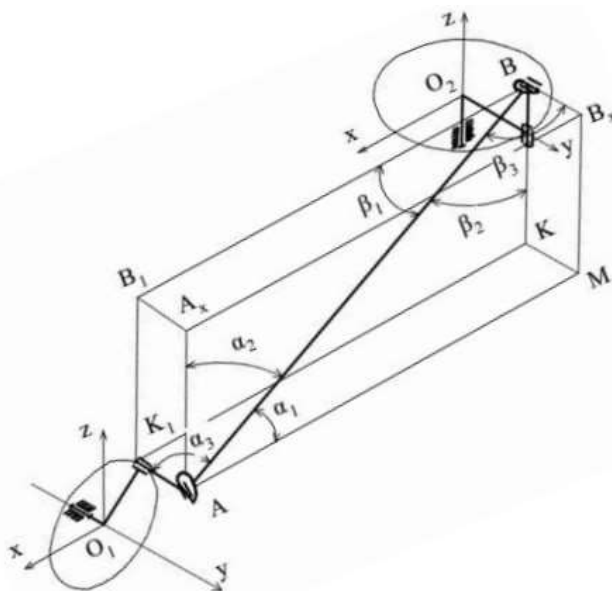
Agar kinematik zanjir faqat V-klass juftlardan tashkil topsa, u holda tuzilish formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$W = 6n - 5P_5 \quad (3.12)$$

U holda mexanizmga turli talablar, masalan, ularni o'qlari bir-biriga parallel bo'lsin, yoki ularning o'qlari bir nuqtada kesishsin va hokazo talablarni qo'yish bilan turli ko'rinishidagi mexanizmlar hosil qilinadi. Mexanizmga qo'yilgan bunday umumiy cheklanishlar mexanizmning harakat xarakterini butunlay o'zgartirib yuboradi.

Masalan, olti bo'g'inli fazoviy mexanizm tarkibidagi kinematik juftlar V-klass bo'lib, ularning o'qlari bir-biriga parallel bo'lsin degan umumiy cheklanish kiritaylik (1.49-shakl). Bu holda, Malishev-Somov formulasidan foydalanib erkinlik darajasini topsak, $W=0$ bo'lishini ko'rishimiz mumkin, lekin bunday mexanizm ishlaydi va defolyatsiya qiluvchi mashina OVX-14, OVX-28 larda ishchi organ uzatmasi sifatida qo'llanilgan.

Agarda shatunga qo'shimcha bitta V-klass kinematik juft qo'yilsa, u holda mexanizmni erkinlik darajasi $W=1$ teng bo'ladi. Lekin quyidagi shartlar, ya'ni 1-2 va 4-5 kinematik juftlar bir-biriga perpendikulyar bo'lgan taqdirda qo'shimcha kinematik juft kerak bo'lmaydi.



3.55-shakl.

Chunki krivoshipni to'la aylanishida (3.55-shakl) AA_x BB_x KMB_1K_1 parallelepipedni qarama-qarshi burchaklar o'zgarmaydi.

($\angle \alpha_1 = \beta_1; \angle \alpha_2 = \beta_2; \angle \alpha_3 = \beta_3;$) va bu tomonlar bir-biriga perpendikulyar bo'lib qoladi. Bu holatda diagonal shatun rolini bajaradi va hamma holatlarda bir xil o'zgarishsiz qoladi. Bu holatda krivoship va koromislarni harakat qilish tekisliklarini perpendikulyarligi mexanizmga bitta qo'shimcha bog'lanish hosil qiladi va bunday fazoviy mexanizm harakatlana oladi. Agarda konstruksiyani o'rnatishda AK yoki BK bo'g'inlarni bir-biriga va krivoship hamda koromislo harakat tekisliklariga parallelligi buzilsa, u holda burchaklar ($\alpha_1 \neq \beta_1; \alpha_2 \neq \beta_2; \alpha_3 \neq \beta_3$) bir-biriga tengligi buziladi, hamda mexanizm ishlamaydi. Shuning uchun yig'ish va tayyorlashdagi xatoliklarni oldini olish maqsadida

qo‘shimcha erkinlik darajasini yoki V-klass quyi kinematik juftlarni yuqori klassdagi kinematik juftlar bilan almashtirish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

11-Amaliy :Mexanizm zvenolarining tezlik planini tuzish

Mexanizm zvenolarining **tezlik planini tuzish** — bu mexanik tizimdagi harakatlanuvchi zvenolarning **tezliklarini grafik usulda aniqlash** jarayonidir. U mexanizmning kinematik tahlilida juda muhim bosqich hisoblanadi, chunki tezlik plani yordamida har bir zvenoning harakat yo‘nalishi, miqdori va burchak tezligi aniqlanadi.

1. Ma’lumotlarni tayyorlash

Avvalo mexanizmning quyidagi ma’lumotlari bo‘lishi kerak:

- **Mexanizm sxemasi** (masalan, krank-tayanch-tayanchli turtma mexanizmi);
- **Zvenolarning uzunliklari**;
- **Krankning burchak tezligi** (ω_1);
- Harakat yo‘nalishlari va aylanish markazlari.

2. Absolyut tezlikni aniqlash

Harakat qiluvchi birinchi zveno (odatda **krank**) uchun nuqtaning chiziqli tezligi:

$$v_A = \omega_1 \cdot r_1 \quad v_A = \omega_1 \cdot r_1$$

bu yerda

- v_A — krank uchining tezligi,
- r_1 — krank uzunligi,
- ω_1 — krankning burchak tezligi.

3. Tezlik planini masshtabda tuzish

1. Masshtab tanlanadi:

$$\mu = \frac{v_{\text{real}}}{v_{\text{chizilgan}}} \quad \mu = \frac{v_{\text{real}}}{v_{\text{chizilgan}}}$$

ya’ni, 1 mm chizmada qancha m/s ga teng bo‘lishi belgilanadi.

2. Tezlik vektorlari **yo‘nalishiga mos ravishda** chiziladi:
 - Har bir zvenoning harakat yo‘nalishiga perpendikulyar chiziqlar o‘tkaziladi;
 - Bu chiziqlarning kesishgan nuqtalari tezliklar uchini beradi.

4. Qo‘zg‘aluvchi zvenolar uchun tezliklarni topish

Agar mexanizm **krank-tayanch-tayanchli turtma** bo‘lsa:

- A nuqta — krank uchi;
- B nuqta — turtma bilan bog'lovchi bo'g'in uchi;
- C nuqta — siltanma uchi bo'lishi mumkin.

Tezlik plani uchun:

1. v_{Av_AvA} yo'nalishida chiziq chiziladi;
2. B nuqtaning tezligi A nuqtaning tezligiga nisbatan (ya'ni $v_B/v_{B/A}$) yo'nalishda qo'shiladi;
3. Chizmada hosil bo'lgan vektorlar uchburchagi **tezlik uchburchagi** deyiladi.

Natijada:

- v_{Bv_BvB} va v_{Cv_CvC} — masshtabdan o'qiladi;
- Burchak tezliklar:

$$\omega_2 = v_{B2}/r_2, \omega_3 = v_{C3}/r_3, \quad \omega_2 = \frac{v_B}{r_2}, \quad \omega_3 = \frac{v_C}{r_3}$$

5. Natijalarni tahlil qilish

Tezlik plani yordamida quyidagilarni aniqlash mumkin:

- Har bir zvenoning **chiziqli tezligi**;
- Har bir zvenoning **burchak tezligi**;
- Harakat yo'nalishlari (soat strelkasiga qarshi yoki bo'yicha);
- Harakatdagi nuqtalarning nisbiy tezliklari.

Msol:

Krank-turtma-siltanma mexanizmi uchun:

- $r_1 = 50 \text{ mm}$, $r_1 = 50 \text{ mm}$,
- $\omega_1 = 20 \text{ rad/s}$, $\omega_1 = 20 \text{ rad/s}$,
- demak $v_A = 20 \times 0.05 = 1 \text{ m/s}$, $v_A = 20 \times 0.05 = 1 \text{ m/s}$.
A nuqtaning tezligi 1 m/s bo'ladi — endi shu tezlikni masshtabda (masalan, 1 m/s = 50 mm) chizamiz.

12 Amaliy : Mexanizm zvenolarining tezlanish planini tuzish

- **Mexanizm sxemasi** (masalan, krank-tayanch-tayanchli turtma mexanizmi);
- **Zvenolarning uzunliklari**;
- **Krankning burchak tezligi** (ω_1);
- Harakat yo'nalishlari va aylanish markazlari.

2. Absolyut tezlikni aniqlash

Harakat qiluvchi birinchi zveno (odatda **krank**) uchun nuqtaning chiziqli tezligi:

$$v_A = \omega_1 \cdot r_1 \quad v_A = \omega_1 \cdot r_1$$

bu yerda

- v_A — krank uchining tezligi,
- r_1 — krank uzunligi,
- ω_1 — krankning burchak tezligi.

3. Tezlik planini masshtabda tuzish

1. Masshtab tanlanadi:

$$m = \frac{v_{\text{real}}}{v_{\text{chizilgan}}} \quad m = \frac{v_{\text{real}}}{v_{\text{chizilgan}}}$$

ya'ni, 1 mm chizmada qancha m/s ga teng bo'lishi belgilanadi.

2. Tezlik vektorlari **yo'nalishiga mos ravishda** chiziladi:
 - Har bir zvenoning harakat yo'nalishiga perpendikulyar chiziqlar o'tkaziladi;
 - Bu chiziqlarning kesishgan nuqtalari tezliklar uchini beradi.

4. Qo'zg'aluvchi zvenolar uchun tezliklarni topish

Agar mexanizm **krank-tayanch-tayanchli turtma** bo'lsa:

- A nuqta — krank uchi;
- B nuqta — turtma bilan bog'lovchi bo'g'in uchi;
- C nuqta — siltanma uchi bo'lishi mumkin.

Tezlik plani uchun:

1. v_A yo'nalishida chiziq chiziladi;
2. B nuqtaning tezligi A nuqtaning tezligiga nisbatan (ya'ni v_B/v_A) yo'nalishda qo'shiladi;
3. Chizmada hosil bo'lgan vektorlar uchburchagi **tezlik uchburchagi** deyiladi.

Natijada:

- v_B va v_C — masshtabdan o'qiladi;
- Burchak tezliklar:

$$\omega_2 = \frac{v_B}{r_2}, \quad \omega_3 = \frac{v_C}{r_3}$$

5. Natijalarni tahlil qilish

Tezlik plani yordamida quyidagilarni aniqlash mumkin:

- Har bir zvenoning **chiziqli tezligi**;
- Har bir zvenoning **burchak tezligi**;
- Harakat yo'nalishlari (soat strelkasiga qarshi yoki bo'yicha);
- Harakatdagi nuqtalarning nisbiy tezliklari.

Misol:

Krank-turtma-siltanma mexanizmi uchun:

- $r_1 = 50 \text{ mm}$, $r_1 = 50 \text{ mm}$,
- $\omega_1 = 20 \text{ rad/s}$, $\omega_1 = 20 \text{ rad/s}$,
- demak $v_A = 20 \times 0.05 = 1 \text{ m/s}$, $v_A = 20 \times 0.05 = 1 \text{ m/s}$.
A nuqtaning tezligi 1 m/s bo'ladi — endi shu tezlikni masshtabda (masalan, $1 \text{ m/s} = 50 \text{ mm}$) chizamiz.

Agar xohlasangiz, men sizga **aniq bir mexanizm (masalan, krank-turtma-siltanma)** uchun **bosqichma-bosqich chizma bilan tezlik planini** ko'rsatib bera olaman. Shunday qilaymi?

You said:

Mexanizm zvenolarining tezlanish planini tuzish

ChatGPT said:

Juda yaxshi savol — mexanizm zvenolarining **tezlanish plani** (ya'ni, **tezlikdan keyingi bosqich**) mexanizmning **dinamik tahliliga tayyorlov** sifatida juda muhimdir. Keling, buni **oddiy va aniq bosqichlarda** tushuntiray.

Mexanizm zvenolarining tezlanish plani (grafik usulda)

Maqsad:

Har bir zveno (bo'g'in)dagi nuqtalarning **absolyut tezlanishlari** va **burchak tezlanishlarini** grafik usulda aniqlash.

1. Dastlabki ma'lumotlar

Tezlanish planini tuzishdan oldin sizda quyidagilar **aniq** bo'lishi kerak:

- Mexanizmning geometrik sxemasi (zvenolar uzunliklari, bog'lanishlari);
- Krankning burchak tezligi (ω_1) va burchak tezlanishi (ϵ_1);
- Tezlik plani (avvalgi bosqichda tuzilgan bo'lishi kerak).

2. Harakat turlari bo'yicha tezlanish turlari

Har bir aylanayotgan zvenoda **ikki xil tezlanish** mavjud:

1. Markazga yo'nalgan (normal) tezlanish:

$$a_n = \omega^2 \cdot r_n = \omega^2 \cdot r$$

— radiusga yo'nalgan, markaz tomon.

2. Tangensial tezlanish:

$$a_t = \epsilon \cdot r_t = \epsilon \cdot r$$

— aylanish yoʻnalishiga tangensial yoʻnalgan.

3. Tezlanish planini tuzish tartibi

1. **Boshlangʻich nuqtani tanlang.**

— Masalan, krank uchi A nuqta uchun.

2. **Krank uchining tezlanish vektorlarini chizing:**

- a_{A_n} — markazga yoʻnalgan (O markazga qarab),
- a_{A_t} — unga perpendikulyar, aylanish yoʻnalishida.

Bu ikki vektorning geometrik yigʻindisi:

$$a_A = a_{A_n} + a_{A_t}$$

boʻladi.

3. **Bogʻlangan nuqtalarning tezlanishini aniqlang.**

Masalan, A nuqta krankda, B nuqta turtmada joylashgan boʻlsa:

$$a_B = a_A + a_{B/A}$$

Bu yerda $a_{B/A}$ — B nuqtaning A ga nisbatan tezlanishi.

4. **Tezlanish uchburchagi (plani) tuzish:**

- a_A vektori maʼlum;
- $a_{B/A}$ yoʻnalishlari turtmaning yoʻnalishiga mos tarzda perpendikulyar chiziladi;
- Ularning kesishgan nuqtasi a_B ni beradi.

5. Shu tarzda, siltanma va boshqa zvenolar uchun ham tezlanish plani tuziladi.

4. Natijalarni masshtabda aniqlash

- Tezlanish masshtabi tanlanadi:

$$m = \frac{a_{\text{real}}}{a_{\text{chizilgan}}}$$

- Har bir vektor uzunligi chizmada oʻlchanadi;
- Shundan soʻng haqiqiy tezlanish qiymatlari hisoblanadi:

$$a = l \cdot m$$

5. Burchak tezlanishlarni aniqlash

Zveno uchun:

$$\varepsilon = \frac{a_t}{r}$$

- Agar yoʻnalishlar teskari boʻlsa → manfiy belgilanadi,
- Bir xil yoʻnalishda boʻlsa → musbat.

Misol (krank-turtma-siltanma mexanizmi)

1. Ma'lum:

$$r_1 = 0.05 \text{ m}, \quad r_1 = 0.05 \text{ m},$$

$$\omega_1 = 20 \text{ rad/s}, \quad \omega_1 = 20 \text{ rad/s},$$

$$\varepsilon_1 = 100 \text{ rad/s}^2, \quad \varepsilon_1 = 100 \text{ rad/s}^2.$$

2. Krank uchining tezlanishlari:

$$a_{An} = \omega_1^2 r_1 = 20^2 \times 0.05 = 20 \text{ m/s}^2, \quad a_{An} = \omega_1^2 r_1 = 20^2 \times 0.05 = 20 \text{ m/s}^2$$

$$a_{At} = \varepsilon_1 r_1 = 100 \times 0.05 = 5 \text{ m/s}^2, \quad a_{At} = \varepsilon_1 r_1 = 100 \times 0.05 = 5 \text{ m/s}^2$$

$$a_A = a_{An}^2 + a_{At}^2 = 20^2 + 5^2 = 20.6 \text{ m/s}^2, \quad a_A = a_{An}^2 + a_{At}^2 = 20^2 + 5^2 = 20.6 \text{ m/s}^2$$

$$a_A = \sqrt{a_{An}^2 + a_{At}^2} = \sqrt{20^2 + 5^2} = 20.6 \text{ m/s}^2$$

3. Shu qiymatlar asosida tezlanish plani chiziladi:

- a_{An} – markazga,
- a_{At} – tangensial yo'nalishda,
- B nuqtaning tezlanishi – turtma yo'nalishida perpendikulyar qilib qo'shiladi.

6. Tezlanish planidan aniqlanadiganlar:

- Har bir nuqtaning **absolyut tezlanishi**;
- Zvenoning **burchak tezlanishi** (ε);
- Harakat yo'nalishlari;
- Harakatdagi nuqtalarning **nisbiy tezlanishlari**.

LABORATORIYA ISHI 1

CHO'ZILISH VA SIQILISHDAGI ELASTIKLIK MODULI "E" NI ANIQLASH. PLASTIK MATERIALLARNI CHO'ZILISHGA VA SIQILISHGA TEKSHIRISH. MO'RT MATERIALLARNI CHO'ZILISHGA VA SIQILISHGA TEKSHIRISH.

Ishning maqsadi: Elastik va plastik to'qnashishlarni o'rganish. Elastik va plastik to'qnashishlarda impulsni saqlanish qonunini o'rganish. Impulsni saqlanish qonunini elastik to'qnashishlar uchun tekshirish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarini shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrlarni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Qurilma, sharlar to'plami, lineyka.

Nazariy qism

Bizga mexanikadan ma'lumki, bir jismga boshqa biror jism ta'sir qilsa va bu ta'sir kuchi bizga ma'lum bo'lsa, jismlarning harakat qonunlarini Nyuton qonunlaridan foydalanib aniqlash mumkin. Chunki, biz ikki jismning to'qnashishini ko'rganimizda ularning bir-biriga elastiklik kuchlari bilan o'zaro

ta'sir qilishni bilamiz. Lekin jismga ta'sir etuvchi kuchning qiymatini aniqlash ko'p hollarda ancha qiyin bo'lib, ko'pincha aniqlab ham bo'lmaydi.

Bundan tashkari, ko'p hollarda, bir jismni harakatini emas, balki bir necha jismning harakatini o'rganishga to'g'ri keladi. YA'ni jismlar sistemasi harakatini o'rganiladi. Bunday hollarda masalani echish uchun boshqa fizik kattalik va boshqa qonunlardan foydalanishga to'g'ri keladi. Bunday qonuniyatlar jumlasiga jismlarning impuls va energiyalarini saqlanish qonuni kiradi. Bu fizik kattaliklar faqat mexanika uchun muhim bo'lib qolmasdan, balki fizikaning boshqa hamma bo'limlari uchun zarurdir.

Ikkita sharning elastik urilishiga impulsning va energiyaning saqlanish qonunini tadbiiq etamiz. Faraz qilaylik, massalari m_1 va m_2 bo'lgan sharlarning to'qnashuvdan oldingi tezliklari mos ravishda v_1 va v_2 , to'qnashuvdan keyingi tezliklari u_1 va u_2 bo'lsin.

Bu sharlarning absolyut elastik to'qnashuvigacha bo'lgan impulslarini mos ravishda K_1 va K_2 to'qnashuvdan keyingi impulslarini K'_1 va K'_2 deb belgilaylik. Unda impulsning saqlanish qonuniga binoan quyidagi tenglamani yozamiz:

$$K_1 + K_2 = K'_1 + K'_2 \quad (1)$$

Energiyaning saqlanish qonuniga asosan esa quyidagi tenglamani yozamiz:

$$\frac{K_1^2}{2m_1} + \frac{K_2^2}{2m_2} = \frac{K_1'^2}{2m_1} + \frac{K_2'^2}{2m_2} \quad (2)$$

Faraz qilaylik, ikkinchi shar to'qnashuvga qadar tinch turgan bo'lsin, ya'ni $K_2=0$ bo'lsin. U holda (1) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$K_1 = K'_1 + K'_2 \quad (3)$$

Energiyaning saqlanish qonuni $K_2=0$ bo'lgan hol uchun quyidagicha yoziladi:

$$\frac{K_1^2}{2m_1} = \frac{K_1'^2}{2m_1} + \frac{K_2'^2}{2m_2} \quad (4)$$

(3) formulani ma'lum balandlikdan gorizontol otilgan jism harakatini kuzatish usuli bilan tekshiramiz. H balandlikdan g_1 tezlik bilan otilgan jism harakat tenglamalarini yozamiz: g

$$H = gt^2/2 \quad (5)$$

$$l = g_1 t \quad (6)$$

Bu yerda l -jismning uchish uzoqligi, t uchish vaqti, (5) va (6) dan

$$g_1 = l(g/2H)^{1/2} \quad (7)$$

Endi bizga jism (shar) massasi ma'lum bo'lsa, K_1 ni hisoblab topamiz va u orqali aylana radiusi r - ni aniqlashimiz mumkin. Buning uchun quyidagi tajriba qurilmasidan foydalanamiz.

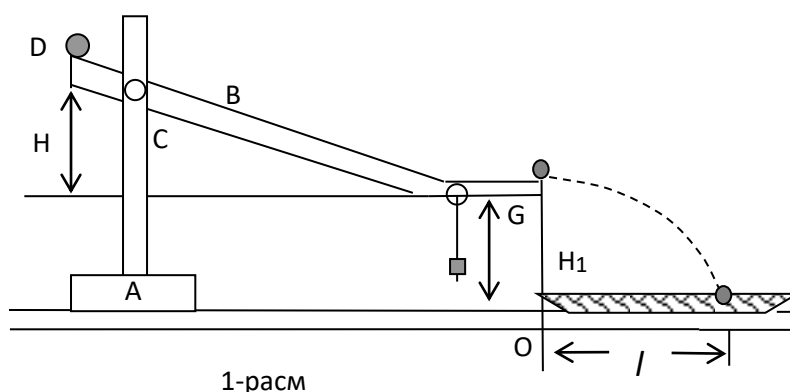
Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Shtativ A va C vint yordamida ma'lum H balandlikda B qiya novni mahkamlaymiz. C vint yordamida qiya novning qiyaligini o'zgartirish mumkin. Qiya nov oxirida joylashgan G stolchaning ostiga shovun osamiz va u bilan pastda turgan K qumli yashikda koordinata boshi O nuqtani belgilaymiz. Endi qiya nov bo'ylab birinchi sharni qo'yib yuboramiz va uni uchi shu zoqligi

– l ni aniqlaymiz va bizga H_1 balandlik ma'lum bo'lsa (7) ga asosan v_1 ni hisoblab K_1 ni topamiz. Keyin G stolchaga ikkinchi sharni qo'yib birinchi sharni qiya nov tepasidan qo'yib yuboramiz va sharlart o'qnashib qumli yashikka tushgan joylarini belgilab ularni o'lchab olamiz. l_1 va H_1 lar hamda l_2 larni bilgan holda v_1 va v_2 larni so'ngra K'_1 va K'_2 larni hisoblagan holda rasmda ko'rsatilgan chizmalarni chizamiz.

Ishni bajarish tartibi

1. Qumli yashikdan koordinata boshi O nuqtani belgilaymiz.
2. Qiya nov oxirida joylashgan G stolchada turgan sharning H_1 balandligi o'lchanadi.
3. Qiya nov bo'ylab D nuqtadan birinchi sharni qo'yib yuborib sharni uchi shu uzoqligini aniqlaymiz. H_1 va l ni bilgan holda g_1 ni hisoblaymiz va jadvalga yozamiz.
4. SHarlar massalari m_1 va m_2 larni tarozida tortish usuli bilan aniqlaymiz.
5. SHarlardan ikkinchisini G stolchaning ustiga joylashtirib, birinchi sharni D balandligidek qo'yib yuboramiz va ularning uchi shu uzoqliklari l_1 va l_2 aniqlanadi. So'ngra v_1 va v_2 lar hamda K'_1 va K'_2 lar hisoblanadi. Impuls saqlanish qonunining bajarilish sharti (3) formula orqali tekshirilishi mumkin. Bu holda v_1 , u_1 va u_2 larni l , l_1 va l_2 orqali ifodalab amalga oshirish mumkin.



1-jadval

Tajri ba tarti bi.	l	H	H_1	v_1	l_1	u_1	l_2	u_2	K_1	K'_1	K'_2
1											
2											
3											

Nazorat savollari.

1. Jismning impulse nima?
2. Impulsning saqlanish qonunini ta'riflang?
3. Elastik va noelastik to'qnashuv nima?
4. Elastik va noelastik to'qnashishlar uchun energiya saqlanish tenglamalarini yozing va izohlang.
5. Gorizontaal biror balandlikdan otilgan jismning harakat tenglamalarini keltirib chikaring.

Laboratoriya ishi 2

Mavzu Yogʻochni siquvchi kuchlarga bardosh bera olishini sinash.

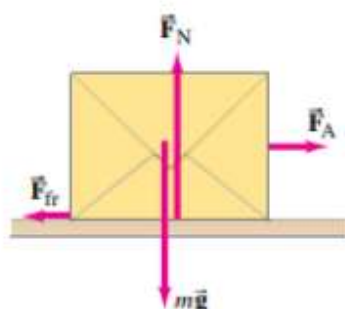
Ishning maqsadi:

Qiya tekislikdagi jism harakati hamda yumalab ishqalanish koeffitsienti va shar toʻsiqqa urilgandagi kuch impulsini tajriba yoʻli bilan aniqlash.

Kerakli asbob va materiallar:

1. Galiley tarnovi
2. Chizgʻich
3. Sharcha
4. Sekundomer
5. Tarozi va toshlari

NAZARIY MUQADDIMA

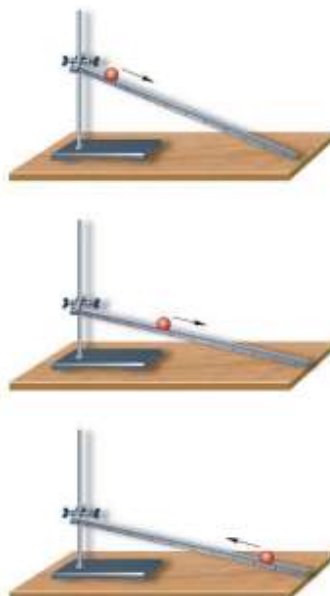


1-rasm.

F_{fr} – ishqalanish kuchi,
 F_A – tortishish kuchi,
 F_N – reaksiya kuchi,
 mg – ogʻirlik kuchi [1].

Mexanikaga oid masalalarni hal etishda ishqalanish kuchlari bilan ish koʻrishga toʻgʻri keladi. Bir-biriga tegib turgan jismlar yoki bir jismning oʻzaro tegib turgan boʻlaklari bir-biriga nisbatan koʻchganda hosil boʻladigan **kuchlar ishqalanish kuchlari deb ataladi.**

Tarnovdan yumalab tushayotgan sharga bir necha kuch taʼsir etadi: ogʻirlik kuchi, ishqalanish va havoning qarshilik kuchi.



2-rasm.

Ogʻirlik kuchi $P=mg$

(1)

Ogʻirlik kuchini ikkita tashkil etuvchilarga ajratish mumkin: R_n – sharni qiya tekislikka siquvchi

kuch

va qiya tekislik bo'ylab harakatlantiruvchi kuch

$$F = P \sin \alpha \quad (3)$$

Qiya tekislik bo'ylab harakatlanayotgan shar harakat yo'nalishiga qarshi ishqalanish kuchi ta'sir etadi. Bu ishqalanish kuchi normal bosim kuchiga (ushbu holda P_n), ishqalanish koeffitsienti va shar radiusiga (r) bog'liqdir.

$$F_{\text{ishk}} = \frac{k}{r} \cdot P_n = \frac{k}{r} P \cos \alpha \quad (4)$$

k - dumalanish ishqalanish koeffitsienti bo'lib, shar hamda qiya tekislik materialiga bog'liq va uzunlik birligiga ega.

Quyidagi mulohazalar asosida ham (4) formulaga ega bo'lish mumkin. Dumalayotgan sharga bir necha kuch ta'sir etadi.

P - og'irlik kuchi

F_{ishq} - ishqalanish kuchi

F - ta'sir etuvchi kuch

Sharga ta'sir etuvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi $\vec{N} = \vec{F}_{\text{max}} + \vec{P} + \vec{F}$ orqa tomonga ortgan bo'ladi, chunki shar manfiy chiziqli tezlanishga ega. N kuch chizig'i shar markazidan yuqoriroqda o'tishi kerak, aks holda kuch musbat tezlanish beradi. Kuchlarning teng ta'sir etuvchisining qo'yilish nuqtasi " k " masofaga siljigan $k \ll r$ bo'lganligi uchun qiya tekislik burchagi ham juda kichik bo'ladi, shu sababli $\sin \alpha \approx \alpha$. Shuning uchun 3- rasmdan og'irlik kuchi reaksiya kuchiga taxminan teng bo'ladi, ya'ni $N \approx P$ yoki $N = P \cos \alpha$. Sharga ta'sir etuvchi kuch va ishqalanish

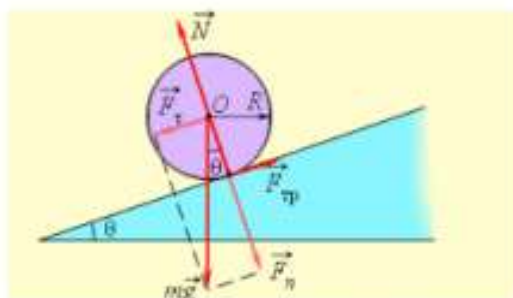
kuchi orasida quyidagi bog'lanish mavjud: $F = N \sin \alpha \approx F_{\text{ishq}}$ yoki $F = N \alpha \approx F_{\text{ishq}}$. Rasmdan $\sin \alpha = \frac{k}{r}$

bo'lganligi uchun $F_{\text{ishq}} = N \alpha = N \frac{k}{r}$ yoki $F_{\text{ishq}} = P \frac{k}{r} \cos \alpha$ yoki $F_{\text{ishq}} = P \frac{k}{r} \cos \alpha$.

Bundan $F_{\text{ishq}} \cdot r = P \cdot k$

Bu tengliklardan ko'rinadiki " k " kuch yelkasi vazifasini bajarar ekan. Shu sababli uzunlik birligida o'lchanadi.

Ishqalanish kuchi momenti normal bosim kuchini " k " ga ko'paytmasiga teng. " k " kattalikni dumalanish kuchlari momentining koeffitsienti deyiladi.



3-rasm. Galiley tarnovi

$$F_{\text{ishq}} = \frac{k}{r} \cdot P_n$$

Qarshilik kuchi (F_{qar}) esa jism shakli va uni muhitdagi harakat tezligiga bog'liq. Ushbu ishda kuchni qiymati kichik bo'lganligi sababli unga ta'sir etuvchi qarshilik kuchini hisobga olmasa ham bo'ladi.

Dumalayotgan shar ishqalanish (F_{ishq}) va kuchlarning teng ta'sir etuvchisi tufayli tezlanish olib tekis tezlanuvchan harakatlanadi, ya'ni

$$ma = F - F_{\text{ishq}} \quad (5)$$

(1) dan " m " ni, (3) dan F ni va (4) dan F_{ishq} qiymatlarini hisobga olinsa:

$$\frac{P}{g}a = P \sin \alpha - \frac{k}{r} P \cos \alpha \quad (6) \quad \text{dan}$$

$$a = g \left(\sin \alpha - \frac{k}{r} \cos \alpha \right) \quad (7)$$

Dumalayotgan sharni tezlanishi qiya tekislikni og'ish burchagi (α), ishqalanish koeffitsienti va shar radiusiga bog'liq. Agar $F = F_{\text{ishq}}$ va $\alpha = 0$ bo'lsa, shar tekis dumalaydi, ya'ni

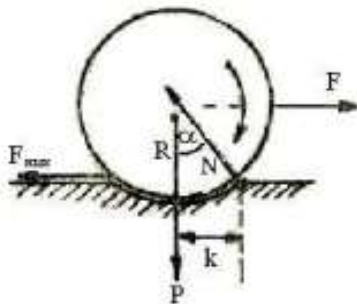
$$P \sin \alpha = \frac{k}{r} P \cos \alpha \quad \frac{k}{r} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$F > F_{\text{ishq}} \text{ da esa} \quad P \sin \alpha > \frac{k}{r} P \cos \alpha$$

$$\frac{k}{r} > \operatorname{tg} \alpha \text{ da harakat sekinlanuvchan,}$$

$$\frac{k}{r} < \operatorname{tg} \alpha \text{ da harakat tezlanuvchan bo'ladi,}$$

(7) formuladan ishqalanish koeffitsientini aniqlash mumkin:



4-rasm. Dumalayotgan shar

$$k = \frac{r}{\cos \alpha} \left(\sin \alpha - \frac{a}{g} \right) \text{ da } l = \frac{at^2}{2} \text{ va } a = \frac{2l}{t^2}$$

bu yerda l - sharni bosib o'tgan yo'li, t - uni harakatlanish vaqti, " a " ni qiymatini hisobga olsak:

$$k = \frac{r}{\cos \alpha} \left(\sin \alpha - \frac{2l}{gt^2} \right)$$

yoki

$$k = r \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{2l}{gt^2 \cos \alpha} \right) \quad (8)$$

Bu " k " ni hisoblash formulasidir. Unga shar radiusi (r), masofaga (l) harakatlanish vaqti (t) va qiya tekislik burchagi (α) o'lchab qo'yiladi. Sharni to'siqqa urilgandagi kuch impulsini o'lchash uchun Nyutonning ikkinchi qonunidan foydalanamiz.

$$\vec{F} \Delta t = m \vec{\vartheta}_1 + m \vartheta_1 \quad (9)$$

Jism impulsining o'zgarishi **kuch impulsiga** teng.

Jism massasini uning tezligiga ko'paytmasi bilan o'lchanadigan kattalikka jism **impulsi deyiladi** ($m\vartheta$). Moduli bo'yicha

$$\Delta(F \cdot t) = m(\vartheta_1^1 - \vartheta_1) \quad (6)$$

ga teng, chunki shar to'siqqa urilib qaytganida tezligi yo'nalishi o'zgaradi.

ϑ_1 - sharni urilguncha bo'lgan tezligi

ϑ_1^1 - sharni to'siqqa urilib qaytish vaqtidagi tezligi.

Sharni urilguncha bo'lgan tezligi $\vartheta_1 = a t = \frac{2l}{t^2} t = \frac{2l}{t^2}$

urilgandan keyingi tezligi

$$\vartheta_1' = \frac{2l_1}{t_1}$$

l - qaytish masofasi, t_1 - o'sha masofani bosib o'tish uchun ketgan vaqt, t_1 ni tajribada o'lchash qiyin bo'lganligi uchun ϑ_1' aniqlashda sharni to'siqqa urilguncha va urilgandan keyingi kinetik energiyalarining nisbatlaridan foydalanamiz. E_k -sharni urilguncha to'liq kinetik energiyasi bo'lib, h_3 balandlikda potensial energiya bilan ishqalanish kuchi bajargan ishi ayirmasiga teng:

$$E_k = E_{pot} - A$$

$$E_k = mgh_3 - \frac{k}{r} Pl \cos \alpha$$

$h_3 = l \sin \alpha$ ga teng (4-rasm).

Urilgandan keyingi shar kinetik energiyasi l_1 masofadagi ishqalanish kuchini yengish vaqtdagi bajarilgan ishga, h_3 - balandlikka ko'tarilishdagi berilgan potensial energiyalarga sarf bo'ladi (4-rasm), ya'ni

$$h_4 = l_1 \sin \alpha$$

$$E_k' = mgh_4 + \frac{k}{r} mgl_1 \cos \alpha$$

$$E_k = mgl_1 \sin \alpha + \frac{k}{r} mgl_1 \cos \alpha$$

Sharni urilguncha to'liq kinetik energiyasi:

$$E_k = \frac{m\vartheta_1'^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$$

Bu yerda J - sharni inersiya momenti bo'lib

$$J = \frac{5}{2} mr^2 \quad \text{ga teng.}$$

$\vartheta = \omega r$ bog'lanishni hisobga olsak

$$E_k = \frac{m\vartheta_1'^2}{2} + \frac{2m\vartheta_1'^2}{10} = \frac{7m\vartheta_1'^2}{10}$$

Shunga o'xshash shar urilgandan keyingi kinetik energiyasi

$$E_k' = \frac{m\vartheta_1'^2}{2} + \frac{J\omega'^2}{2} = \frac{7m\vartheta_1'^2}{10}$$

nisbat

$$\frac{E_k'}{E_k} = \frac{mgl_1 \sin \alpha + \frac{k}{r} mgl_1 \cos \alpha}{mgl \sin \alpha - \frac{k}{r} mgl \cos \alpha} \quad \text{dan}$$

$$\frac{\vartheta_1'^2}{\vartheta_1^2} = \frac{mgl_1 \sin \alpha + \frac{k}{r} mgl_1 \cos \alpha}{mgl \sin \alpha - \frac{k}{r} mgl \cos \alpha} = \frac{l_1 \left(\sin \alpha + \frac{k}{r} \cos \alpha \right)}{l \left(\sin \alpha - \frac{k}{r} \cos \alpha \right)}$$

$$\vartheta_1' = \vartheta_1 \sqrt{\frac{l_1 \left(\sin \alpha + \frac{k}{r} \cos \alpha \right)}{l \left(\sin \alpha - \frac{k}{r} \cos \alpha \right)}} = \vartheta_1 \sqrt{\frac{l_1}{l} \left(1 + \frac{2k}{r \operatorname{tg} \alpha} \right)}$$

Shunday qilib,

$$F\Delta t = m(\vartheta_1' + \vartheta_1) = m\vartheta_1 \left[1 + \sqrt{\frac{l_1}{l} \left(1 + \frac{2k}{r \operatorname{tg} \alpha} \right)} \right]$$

yoki

$$F\Delta t = m \frac{2l}{t} \left[1 + \sqrt{\frac{l_1}{l} \left(1 + \frac{2k}{r \operatorname{tg} \alpha} \right)} \right] \quad (10)$$

(10) formula bo'yicha kuch impulsini hisoblanadi.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

- Galiley tamovini o'qituvchi tomonidan berilgan uzunlikka (l) qo'ying. h_1 va h_2 balandliklarni o'lchang va $h_2 - h_1$ qiymatini jadvalga yozing.
- Shar radiusini (r) o'lchang.
- Sharni tortib, uni massasini (m) aniqlang.
- To'siq qo'yib shar dumalanishi vaqtida bosib o'tgan masofani o'lchang (l).
- Sekundomer ishlashini tekshiring va shar dumalanishi uchun ketgan vaqt (t) ni o'lchang.
- Sharning to'siqqa urilib qaytish masofasi (l_1) ni o'lchang.
- Hamma o'lchashlarni kamida 5 marta takrorlang va ularni qiymatini jadvalga yozing.
- $\frac{h_2 - h_1}{l} = \sin \alpha$, α qiymati bo'yicha $\cos \alpha$ va $\operatorname{tg} \alpha$ lar topiladi.
- (8) formula bo'yicha dumalanish ishqalanish koeffitsientini, (10) formula bo'yicha kuch impulsini hisoblang.

KUZATISH JADVALI

Nº	m	$h_2 - h_1$	l	l_1	T	r	K	Δk	E_k	$F\Delta t$
1										
2										
3										
4										
5										
o'rt										

NAZORAT SAVOLLARI

- Ishqalanish kuchlari nimalarga bog'liq? Dumalanish ishqalanishchi?
- Tarnovdan dumalayotgan shar tezlanishi nimalarga bog'liq?

LABORATORIYA ISHI -3

SILINDRSIMON TISHLI G'ILDIRAKLAR VA ULARDAN TUZILGAN UZATMA KONSTRUKSIYASINI O'RGANISH HAMDA ULARNING PARAMETRLARINI ANIQLASH. KONUSSIMON TISHLI G'ILDIRAKLAR VA ULARDAN TUZILGAN UZATMA KONSTRUKSIYASINI O'RGANISH HAMDA ULARNING PARAMETRLARINI ANIQLASH.

Ishning maqsadi: Elastik va plastik to'qnashishlarni o'rganish. Elastik va plastik to'qnashishlarda impulsni saqlanish qonunini o'rganish. Impulsni saqlanish qonunini elastik to'qnashishlar uchun tekshirish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarini shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrlarni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Qurilma, sharlar to'plami, lineyka.

Nazariy qism

Bizga mexanikadan ma'lumki, bir jismga boshqa biror jism ta'sir qilsa va bu ta'sir kuchi bizga ma'lum bo'lsa, jismlarning harakat qonunlarini Nyuton qonunlaridan foydalanib aniqlash mumkin. Chunki, biz ikki jismning to'qnashishini ko'rganimizda ularning bir-biriga elastiklik kuchlari bilan o'zaro ta'sir qilishni bilamiz. Lekin jismga ta'sir etuvchi kuchning qiymatini aniqlash ko'p hollarda ancha qiyin bo'lib, ko'pincha aniqlab ham bo'lmaydi.

Bundan tashkari, ko'p hollarda, bir jismni harakatini emas, balki bir necha jismning harakatini o'rganishga to'g'ri keladi. YA'ni jismlar sistemasi harakatini o'rganiladi. Bunday hollarda masalani echish uchun boshqa fizik kattalik va boshqa qonunlardan foydalanishga to'g'ri keladi. Bunday qonuniyatlar jumlasiga jismlarning impuls va energiyalarini saqlanish qonuni kiradi. Bu fizik kattaliklar faqat mexanika uchun muhim bo'lib qolmasdan, balki fizikaning boshqa hamma bo'limlari uchun zarurdir.

Ikkita sharning elastik urilishiga impulsning va energiyaning saqlanish qonunini tadbiiq etamiz. Faraz qilaylik, massalari m_1 va m_2 bo'lgan sharlarning to'qnashuvidan oldingi tezliklari mos ravishda v_1 va v_2 , to'qnashuvdan keyingi tezliklari u_1 va u_2 bo'lsin.

Bu sharlarning absolyut elastik to'qnashuvigacha bo'lgan impulslarini mos ravishda K_1 va K_2 to'qnashuvdan keyingi impulslarini K'_1 va K'_2 deb belgilaylik. Unda impulsning saqlanish qonuniga binoan quyidagi tenglamani yozamiz:

$$K_1 + K_2 = K'_1 + K'_2 \quad (1)$$

Energiyaning saqlanish qonuniga asosan esa quyidagi tenglamani yozamiz:

$$\frac{K_1^2}{2m_1} + \frac{K_2^2}{2m_2} = \frac{K'^2_1}{2m_1} + \frac{K'^2_2}{2m_2} \quad (2)$$

Faraz qilaylik, ikkinchi shar to'qnashuvga qadar tinch turgan bo'lsin, ya'ni $K_2 = 0$ bo'lsin. U holda (1) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$K_1 = K'_1 + K'_2 \quad (3)$$

Energiyaning saqlanish qonuni $K_2=0$ bo'lgan hol uchun quyidagicha yoziladi:

$$\frac{K_1^2}{2m_1} = \frac{K_1'^2}{2m_1} + \frac{K_2'^2}{2m_2} \quad (4)$$

(3) formulani ma'lum balandlikdan gorizontal otilgan jism harakatini kuzatish usuli bilan tekshiramiz. H balandlikdan g tezlik bilan otilgan jism harakat tenglamalarini yozamiz: g

$$H = gt^2/2 \quad (5)$$

$$l = g_1 t \quad (6)$$

Bu yerda l -jismning uchi shuzoqligi, t uchish vaqti, (5) va (6) dan

$$g_1 = l(g/2H)^{1/2} \quad (7)$$

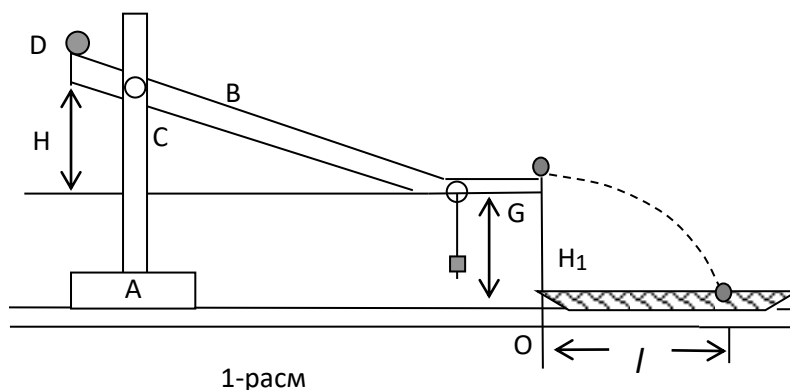
Endi bizga jism (shar) massasi ma'lum bo'lsa, K_1 ni hisoblab topamiz va u orqali aylana radiusi r -ni aniqlashimiz mumkin. Buning uchun quyidagi tajriba qurilmasidan foydalanamiz.

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Shtativ A va C vint yordamida ma'lum H balandlikda B qiya novni mahkamlaymiz. C vint yordamida qiya novning qiyaligini o'zgartirish mumkin. Qiya nov oxirida joylashgan G stolchaning ostiga shovun osamiz va u bilan pastda turgan K qumli yashikda koordinata boshi O nuqtani belgilaymiz. Endi qiya nov bo'ylab birinchi sharni qo'yib yuboramiz va uni uchish uzoqligi l ni aniqlaymiz va bizga H_1 balandlik ma'lum bo'lsa (7) ga asosan v_1 ni hisoblab K_1 ni topamiz. Keyin G stolchaga ikkinchi sharni qo'yib birinchi sharni qiya nov tepasidan qo'yib yuboramiz va sharlar to'qnashib qumli yashikka tushgan joylarini belgilab ularni o'lchab olamiz. l_1 va H_1 lar hamda l_2 larni bilgan holda v_1 va v_2 larni so'ngra K'_1 va K'_2 larni hisoblagan holda rasmda ko'rsatilgan chizmalarni chizamiz.

Ishni bajarish tartibi

1. Qumli yashikdan koordinata boshi O nuqtani belgilaymiz.
2. Qiya nov oxirida joylashgan G stolchada turgan sharning H_1 balandligi o'lchanadi.
3. Qiya nov bo'ylab D nuqtadan birinchi sharni qo'yib yuborib sharni uchish uzoqligini aniqlaymiz. H_1 va l ni bilgan holda g_1 ni hisoblaymiz va jadvalga yozamiz.
4. SHarlar massalari m_1 va m_2 larni tarozida tortish usuli bilan aniqlaymiz.
5. SHarlardan ikkinchisini G stolchaning ustiga joylashtirib, birinchi sharni D balandligidek qo'yib yuboramiz va ularning uchish uzoqliklari l_1 va l_2



aniqlanadi. So'ngra v_1 va v_2 lar hamda K'_1 va K'_2 lar hisoblanadi. Impuls saqlanish qonunining bajarilish sharti (3) formula orqali tekshirilishi mumkin. Bu holda v_1 , u_1 va u_2 larni l , l_1 va l_2 orqali ifodalab amalga oshirish mumkin.

1-jadval

Tajriba tarti- bi.	l	H	H_1	v_1	l_1	u_1	l_2	u_2	K_1	K'_1	K'_2
1											
2											
3											

Nazorat savollari.

1. Jismning impulse nima?
2. Impulsning saqlanish qonunini ta'riflang?
3. Elastik va noelastik to'qnashuv nima?
4. Elastik va noelastik to'qnashishlar uchun energiya saqlanish tenglamalarini yozing va izohlang.
5. Gorizontaal biror balandlikdan otilgan jismning harakat tenglamalarini keltirib chikaring.

Laboratoriya ishi – 4

CHERVYAKLI UZATMA ELEMENTLARI KONSTRUKSIYALARINI O'RGANISH. SILINDRSIMON TISHLI G'ILDIRAKLI REDUKTORLARNING TUZILISHINI O'RGANISH VA ULARNING PARAMETRLARINI ANIQLASH.

Ishning maqsadi: Jismlarni inertsia momenti haqidagi tasavurlarni kengaytirish. Diskning (g'ildirak) inertsia momentini nazaray usulda va tajribadan aniqlashni o'rganish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarini shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrlarni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Gorizontaal o'qqa o'rnatilgan g'ildirak (disk), o'q gardishiga ip yordamida osiladigan yuklar to'plami, sekundomer, shtangtsirkul, millimetrli va santimetrli lineyka.

Nazariy qism

Qattiq jismni aylanma harakatga keltirish uchun, uning biror nuqtasiga F tashqi kuchni shunday ko'yish kerakki, uning ta'sir chizig'i aylanish o'qiga parallel bo'lmasligi va shu o'qdan o'tmagan bo'lishi kerak. Faraz qilaylik tashqi ta'sir etuvchi F kuch aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lgan tekislikda, aylanish o'qidan r_i masofada qo'yilgan bo'lsin (1-rasm). Bu holda qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan kuch momenti M shu kuchni kuch elkasi ko'paytmasiga teng bo'lib, ushbu ifoda orqali aniqlanadi:

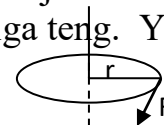
$$M_i = [r_i F_i] \quad (1)$$

Yoki uning moduli $M = rF \sin \alpha$, bundagi $r \sin \alpha = d$ – kuch elkasi deyiladi. Yohud $M = rF_l$, bu erda $F_l = F \sin \alpha$. Ko'yilgan kuch ta'sirida qattiq jism aylanma harakat qilib, β burchak tezlanish oladi. Ma'lumki, burchak tezlanishining qiymati qattiq jismning shakli, hususiyati bilan aniqlanadigan va aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti deb ataluvchi fizik kattalikka ham bog'liq bo'ladi. Agar qattiq jismning fikran aylanish o'qidan r_i masofada joylashgan massasi dm_i bo'lgan juda ko'pmayda bo'laklarga, ya'ni moddiy nuqtalarga ajratib ko'rsak, ajratib olingan ixtiyoriy nuqtaning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti son qiymati jihatidan nuqta massasi dm_i ning aylanish o'qidan nuqtagacha bo'lgan masofaning kvadrati r_i^2 ko'paytmasiga teng. YA'ni:

$$\Delta I_i = \Delta m_i r_i^2 \quad (2)$$

qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti esa, shu jismni tashkil etuvchi barcha moddiy nuqtalarning inertsia momentlar yig'indisiga teng. YA'ni:

$$I = \Delta m_1 r_1^2 + \Delta m_2 r_2^2 + \Delta m_i r_i^2 = \sum_{i=1}^n m_n r_n^2 \quad (3)$$



Shunday qilib, jismning inertsia momenti uning faqat massasigagina bog'liq bo'lmasdan, balki massaning aylanish o'qiga nisbatan taqsimlanishiga (demak nuqtaning aylanish o'qiga nisbatan joylashishiga) ham bog'liqdir. Qattiq jismning aylanma harakati uchun dinamikaning asosiy qonuniga asosan kuch momenti bilan inertsia momenti o'zaro quyidagicha munosabat orqali bog'langan:

$$M = Id\omega/dt = I\beta \quad (4)$$

Bu erda ω – jismning burchak tezligi, $\beta = d\omega/dt$ – uning burchak tezlanishi.

Demak, jismga ta'sir etuvchi kuchning momenti, uning inertsia momenti bilan burchak tezlanish ko'paytmasiga teng ekan. Ikkinchi tomondan kuch momenti harakat miqdori momentidan (impul's momentidan) vaqt bo'yicha olingan hosilasiga teng.

$$M = dN/dt \quad (5)$$

Bu erda $dN = Id\omega$ impul's momentining dt vaqt ichida o'zgarishi. Bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi: agar inertsia momenti o'zgarmas bo'lgan jismda doimiy tashqi kuch yoki kuch momenti qo'yilgan bo'lsa, uning aylanish o'qiga nisbatan harakat miqdori momenti vaqt bo'yicha o'zgarib, jism o'zgarmas burchak tezlanish bilan harakatlanadi.

Jismning og'irlik markazidan o'tgan aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti I_0 – aniq bo'lsa, shu o'qqa parallel bo'lgan ixtiyoriy o'q uchun jismning inertsia momenti Shteyner teoremasiga asosan

$$I = I_0 + md^2 \quad (6)$$

Ifoda bilan aniqlanadi. Bu erda m -jismning massasi, d -jismning og'irlik markazidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa. Bundan tashqari jismning inertsia momentini, unga qo'shimcha m_0 yukni, aylanish o'qidan d masofaga ko'yib ham o'zgartirish mumkin. Bu holda jismning inertsia momenti

$$I = I_0 + I_1 + m_0 d^2 \quad (7)$$

Munosabat bilan aniqlanadi. Bu erda I_1 - ko'shimcha yukning og'irlik markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inertsia momenti. Bu ishni bajarishdan asosiy maqsad: dinamikaning asosiy qonunini yuksiz va yukli g'ildirak (disk) uchun tajribada tekshirishdir, hamda diskning inertsia momentlarini nazariy va tajriba yo'li bilan aniqlab ularni taqqoslash va SHteyner teoremasini tekshirib ko'rishdir.

Nazariy usul

Tajribada gorizantal o'qqa o'rnatilgan R katta radiusli kalinligi l ga teng bo'lgan bir jinsli diskning va uni harakatga keltirish uchun ip yordamida yuk osiladigan qo'shimcha r - radiusli va uzunligi l_1 ga teng bo'lgan o'q bilan birgalikdagi inertsia momentini aniqlash kerak bo'ladi (2-rasm).

Bu (8) formuladagi inertsia momentlarining o'rniga massalari va radiuslari orqali qiymatlarni qo'yib quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I = m_1 R^2/2 + m_2 r^2/2 \quad (9)$$

Bu formulaga kiruvchi massalarni zichlik ρ va hajm ifodalari orqali yozib, quyidagini hosil qilamiz:

$$I = \frac{1}{2} \pi R^2 l \rho R^2 + \frac{1}{2} \pi r^2 l_1 \rho r^2 = \frac{\pi R^4 l \rho}{2} + \frac{\pi r^4 l_1 \rho}{2} \quad (10)$$

Bu yerda ρ -disk moddasining zichligi, temir uchun $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$.

SHunday qilib, disk qalinligi va o'qning uzunligini hamda ularni radiuslarni bilgan holda (10) formuladan sistemani inertsia momenti topiladi. Bundan diskning inertsia momenti quyidagicha aniqlanadi.

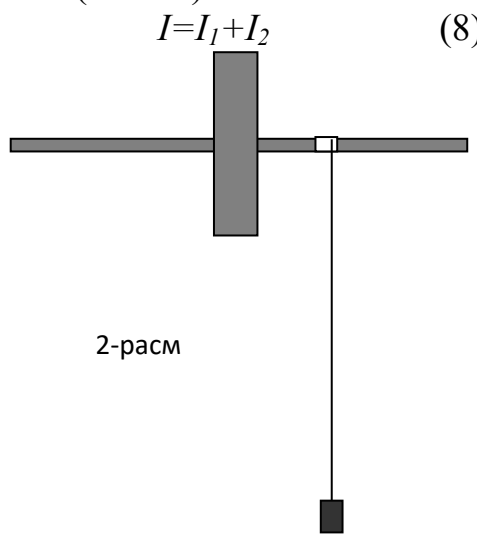
$$I_1 = I - I_2 \quad (11)$$

Ishni bajarish tartibi

1. Millimetrli lineyka bilan diskning radiusi R va qalinligi l ni va o'qning radiusi r va uzunligi l_1 ni besh martadan o'lchab, ularning o'rtacha qiymati olinadi. Olingan natijalar 1- jadvalga yoziladi.

1-jadval

No	R	l	r	l_1	ΔR	Δl_i	Δr	Δl_{1i}	$R_{o'r}$	$r_{o'r}$	$l_{o'r}$	$l_{1o'r}$
				l	i		i			r		



2-pacm

1.												
2.												
3.												

2. Santimetrli lineykada yukdan polgacha bo'lgan masofa h bir necha marta o'lchanadi.

3. Disk uchun har-hil masofali m yuklarni ipga osib, ularning har birini harakatlantirib polga urilishgacha vaqti t va diskning to'la to'xtashi uchun ketadigan vaqti τ kamida uch martadan aniqlanadi.

4. (27) formuladan I_0 hisoblanadi.

5. Olingan natijalar quyidagi 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

№	YUklarog'irligi $P=mg$	t				τ				I_0
		t_1	t_2	t_3	$\bar{t}$	τ_1	τ_2	τ_3	$\bar{\tau}$	

6. Disk uchun 1 va 2 jadvaldan olingan kattaliklarning o'rtacha qiymatlarini (11) formulaga qo'yib, nazariy yo'l bilan uning inertsia moment I hisoblanadi.

7. Disk uchun tajribada o'lchangan kattaliklarning o'rtacha qiymatlarini 2-jadvaldan olib, (27) formuladan, uning inertsia moment I_0 hisoblanadi.

8. Inertsia momentlarini aniqlashdagi absolyut xatolik (11) va (29) hisoblash formulalarini deformatsiyalash metodi bilan topiladi:

$$\Delta I_0 \equiv \bar{I}_0' \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2 + \left(\frac{t'}{\tau' + t'}\right)^2 \left(\frac{\Delta \tau'}{\tau'}\right)^2 + \frac{[gt'(2\tau' + t') + 2h]}{(\tau' + t')^2 (gt'^2 - 2h)^2} + \frac{g^2 t'^2}{(gt' - 2h)^2} \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2} \quad (28)$$

8. Nazariy va dinamik usulda topilgan inertsia momentlarini ishonch intervali ($I = I_{0'r} \pm \Delta I_{0'r}$) da o'zaro teng bo'lishi tekshiriladi.

9. Natijaning nisbiy xatoligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{I} 100\%$$

Nazorat savollari

1. Burchak tezlanish nima?
2. Aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti, kuch momenti, harakat miqdori moment deganda nima tushuniladi?
3. SHteyner teoremasini yozing va uni isbotlang.

4. Diskka ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchi yukning tushish tezligiga qanday bog'langan?

5. Ixtiyoriy geometric shakldagi jismni inertsia moment qanday hisoblanadi?

LABORATORIYA ISHI - 5

KONUSSIMON TISHLI G'ILDIRAKLI REDUKTORLARNING TUZILISHINI O'RGANISH VA ULARNING PARAMETRLARINI ANIQLASH. ZANJIRLI UZATMALARNING TUZILISHINI O'RGANISH VA ULARNING PARAMETRLARINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Tribometr (qiya tekislik) yordamida turli qattiq jismlar orasidagi sirpanish ishqalanish koeffitsientini aniqlashni o'rganish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarini shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrlarni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Tribometr, ishqalanish koeffitsienti aniqlanadigan yog'och va metall taxtachalar, tarozi toshlari, shayton, shtangentsirkul.

Nazariy qism

Jismlarning o'zaro tegib turgan sirtlari orasida paydo bo'ladigan va ularning harakatlanishiga qarshilik ko'rsatuvchi kuch ishqalanish kuchi deb ataladi. Bu kuch jismlar sirtlari bo'ylab yo'nalgan va xapakatga qarshi bo'ladi. Ishqalanish ikki xil bo'ladi: tashqi va ichki ishqalanish. Tashqi ishqalanish ikki qattiq jism sirtlari o'zaro tegib to'rgan nuqtalarda bo'ladi. Jismlar o'zaro bir-biriga nisbatan qo'zg'almas bo'lganida ular orasidagi ishqalanish tinch ishqalanish bo'ladi. Jismlar harakatlanganda sirpanish ishqalanish paydo bo'ladi. Qattiq jismlarning biri tinch turib, uning ustida ikkinchisi dumalaganda hosil bo'ladigan ishqalanish dumalash ishqalanish deyiladi. Suyuqlik va gazlarning o'zaro harakatida ichki ishqalanish paydo bo'ladi. Jism tekis harakatlanganida jismni tortish kuchi uning ishqalanish kuchiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$F = F_u \quad (1)$$

U holda dinamikaning asosiy qonunini quyidagicha yozish mumkin:

$$F + F_u = ma,$$

Bunda F – jismni tortish kuchi; F_i – ishqalanish kuchi; a – tezlanish; m – jism massasi. Eng katta ishqalanish kuchi jism tinch turganda bo'ladi. Sirpanish ishqalanish o'rinli bo'lganida ishqalanish kuchi tortish kuchiga proporsional bo'ladi va jism tekis, ya'ni tezlanishsiz harakatlanadi.

$$F_u = \mu N, \quad (2)$$

Bunda μ - ishqalanish koeffitsienti, N - normal bosim kuchi, m - harakatlanuvchi jism massasi.

Agar tribometr ustidagi taxtachani harakatlantiruvchi F kuch F_t sirpanish ishqalanish kuchidan katta bo'lsa, taxtacha tezlanishga ega bo'ladi. Agar $F_t > F$ bo'lsa, u vaqtda harakat sekinlanuvchan bo'lib, jism asta-sekin to'xtab qoladi. Agar $|F_u| < |F|$ bo'lsa, u holda taxtacha tekis tezlanuvchan harakat qiladi. Demak taxtachani tekis harakatga keltirib, sirpanish ishqalanish kuchini aniqlash mumkin. Buning uchun taxtacha sekin turtib yuborilganida u tekis harakatga kelguncha pallachaga tarozi toshlaridan qo'yib boriladi. Bu vaqtda taxtachani harakatlantiruvchi F kuch tarozi toshlari bilan pallacha og'irliklarining yig'indisiga teng bo'ladi, yani

$$F = P_t + P_n$$

Bunda P_t , - tarozi toshlarining og'irligi, P_n , -pallachaning og'irligi.

Ishqalanish kuchi son qiymati jihatidan harakatlantiruvchi kuchga teng bo'lgani uchun $F_u = P_t + P_n$, deb yoza olamiz. $P_t = m_t g$, $P_n = m_n g$ ekanligini nazarga olsak (bu erda: m_t -toshlarning massasi, m_p – pallachaning massasi), u holda $F_u = (m_t + m_n)g$ bo'ladi.

Binobarin, sirpanish ishqalanish koeffitsientining ifodasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\mu = \frac{(m_t + m_n)g}{mg} = \frac{m_t + m_n}{m}, \quad (1)$$

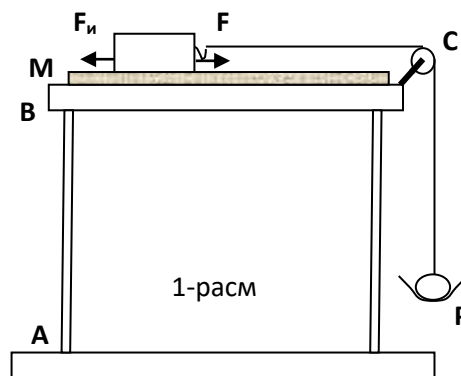
Bu erda m – taxtachaning massasi, $P = mg$ - taxtachaning og'irligi.

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Sirpanish ishqalanish kuchini tribometr deb ataladigan asbob yordamida o'tkazilgan tajribalar asosida aniqlash mumkin (1-rasm). Silliqlik sirt ustida yog'och yoki metal taxtacha (yuk) ni harakatga keltirish uchun unga bog'langan ip blok orqali o'tkazilib, ipning ikkinchi uchidagi P pallachaga toshlar qo'yiladi va og'irlik kuch tasirida taxtacha harakatga keladi. Bunda og'irlik kuchi tasirida ipning tarangligi ortadi va bu kuch hisobiga sillikli tekislik ustidagi taxtacha harakatga keladi. Og'irlik kuchining kattaligiga mos ravishda taxtacha tez yoki sekin harakatlanishi mumkin. Bu tajribani o'tkazish jarayonida tanlanadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Tribometrni gorizontol holatda o'rnatish va M metal sillikli sirt ustiga shaytonni joylashtirib, uning gorizontalligini tekshiring.
3. YOg'och va metal taxtachaning m massalarini (alohida-alohida) hamda pallachaning m_p , massasini tarozida 3-4 marta tortib aniqlang va ularning o'rtacha arifmetik qiymatini toping.



4. Taxtachalardan birini, masalan, yog'och taxtachani tribometr ustiga qo'ying va uning ilgagiga ipni ilib blok orqali o'tkazing va ipning ikkinchi uchiga pallachani bog'lang.

5. Pallachaga tarozi toshlaridan qo'yib, jismni yuqorida aytilganidek tekis harakatga keltiring. U tekis harakatga kelgan holatda pallachaga qo'yilgan tarozi toshlarining massasini aniqlang.

6. YOg'och bilan temir orasidagi ishqalanish koeffitsientini (1) formuladan foydalanib hisoblang.

7. Tajribani kamida 4-5 marta takrorlang. YOg'och taxtacha ustiga alyuminiy taxtachani qo'yib, tajriba 4-banddagidek takrorlanadi.

8. Tribometr ustidagi silliq temir ustiga alyuminiy taxtachani qo'yib (tajriba 4-banddagidek takrorlanadi), alyuminiy bilan temir orasidagi ishqalanish koeffitsienti hisoblab topiladi.

9. Temir taxtacha o'rniga alyuminiy taxtacha olib, uning ustiga yog'och taxtachani qo'yib (tajribani 4-banddagidek yana bajaring) va alyuminiy bilan yog'och orasidagi ishqalanish koeffitsientini aniqlang.

10. Har bir holat (yog'och va temir, alyuminiy va temir) uchun ishqalanish koeffitsientlarining o'rtacha qiymatini hisoblang.

11. Absolyut va nisbiy xatoliklarni hisoblang va quyidagi jadvalni to'ldiring.

1-jadval

$\bar{p}$	t	n			ρ_r		$\mu_{o'r}$	

12. Bajirilgan ishdan xulosa chiqaring.

Nazorat savollari

1. Ishqalanish deganda nimani tushunasiz? Ishqalanishning qanday turlarini bilasiz? Misollar keltiring.

2. Ishqalanish kuchi deb nimaga aytiladi? Ishqalanish koeffitsienti deb-chi? Ularning qiymati nimalarga bog'liq?

3. Ishqalanishning foydali va zararli tomonlarini tushuntiring.

Oraliq nazorat savollari

1. Agar uchta yaqinlashtiruvchi kuchlar muvozanatlashtiruvchi kuchlar bo'lsa, ulardan tuzilgan kuchlar uchburchagi bo'ladi.
2. Bir-biriga parallel bo'lmagan bir tekislikda yotuvchi uchta o'zaro muvozanatlashtiruvchi kuchlar bir nuqtada kesishadi, ya'ni kuchlardir
3. Kuch vektori kesmasining boshi va oxiridan o'qqa tushirilgan perpendikulyar chiziqlar orasidagi kesma kuchning proyeksiyasining moduli deyiladi
4. Kuchning x o'qdagi proyeksiyasi qaysi javobda to'g'ri berilgan. Sxemaga qarab aniqlang.
6. Ta'sir chiziqlari bir-biriga paralel bo'lgan kuchlar qanday kuchlar sistemasi deyiladi?
7. Juft kuchni hosil qilgan kuchlarning ta'sir chiziqlari orasidagi eng qisqa masofa juft kuchning deyiladi.
8. Sxemada qanday kuchlanish xolati aks etirilgan
9. Sxemada qanday kuchlanish xolati aks etirilgan.
10. Sxemada qanday kuchlanish xolati tasvirlangan ?
11. – formulada nimani aniqlash mumkin
12. ifoda nimani aks ettiradi ?
13. Tenglikdan nimani aniqlash mumkin ?
14. -formula orkali nimani aniqlash mumkin ?
15. Uchala o'lchami o'zaro teng bo'lgan konstruktsiya elementlari nima xisoblanadi .
16. Texnik mexanika» fanining rivojlanish tarixi.
17. Konussimon g'ildirakli tishli uzatmalarni eguvchi kuchlanish bo'yicha xisoblash
18. Tekis shakl nuqtasining tezlik va tezlanishi
19. Tekislikda va fazoviy kuchlar sistemasi.
20. Kuchning berilgan nuqtaga keltirish.
21. Tekislikda va fazoviy ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga ketirish.
22. Bosh vektor va bosh moment.
23. Varinon teoremasi.
24. Mexanizmlar tuzilishining taxlili.
25. Uch kuchning muvozanati haqida teorema.
26. Kuchning tekislikdagi va o'qdagi proyeksiyasi.
27. Chervyakli uzatmani eguvchi kuchlanish bo'yicha hisoblash.
28. Cho'zilishga va siqilishga mustahkamlik hisoblari
29. Kinematikaning asosiy tushunchalar.
30. Nuqta kinematikasi.
31. Nuqta harakatlarining berilish usullari.
32. Harakati vektor, koordinata va tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezligi, tezlanishi.
33. Qattiq jismning ilgarilanma va qo'g'almas o'q atrofidagi aylanma harakati.
34. Qattiq jismning ilgarilanma harakati.

35. Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi
36. Mexanizmlarning turli vaziyatdagi planlarini qurish.
37. Bir tekislikda yotuvchi juft kuchlarni qo'shish.
38. Juft kuchlarning sistemasining muvozanat shartlari
39. Zanjirli uzatmadagi kuchlar va ularni hisoblash tartibi.
40. Siljishga ishlaydigan konstruktiv elementlarni mustahkamlik hisoblari
41. Moddiy nuqta va mexanik sistema uchun dinamikaning umumiy teoremasi.
42. Dinamika nima.
43. Dinamikaning asosiy tushunchalari va qonunlari.
44. Moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasining umumiy teoremasi.
45. Mexanizmlarni tekshirishning diagrammalar us
46. Parallel kuchlarini qo'shish.
47. Kuchning nuqtaga va o'qqa nisbatan momenti.
48. Vallarni mustahkamlikka hisoblashning aniqlashtirilgan va taqribiy usuli
49. Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalar
50. Ichki kuchlar va ularni aniqlash metodi.
51. Kuchlar klassifikatsiyasi.
52. Kuchlanishlar.
53. Deformatsiya turlari.
54. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasi.
55. Cho'zilish va siqilish kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ichki kuch va kuchlanish.
56. Urinma, ordi-natalar va vavatarlar usuli.
57. Mexanizm zvenolari nuqtalarining harakatlarini tezliklar va tezlanishlar plani tuzish yo'li yordamida tekshirish.
58. Siljishga ishlaydigan konstruktiv elementlarni mustahkamlik hisoblari
59. Moddiy nuqta va mexanik sistema uchun dinamikaning umumiy teoremasi.
60. Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari va qonunlari.
61. Moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasining umumiy teoremasi.
62. Mexanizmlarni tekshirishning diagrammalar usuli
63. Texnik mexanika fanining rivojlanish tarixi.
64. Konussimon g'ildirakli tishli uzatmalarni eguvchi kuchlanish bo'yicha hisoblash
65. Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalar
66. Ichki kuchlar va ularni aniqlash metodi.
67. Kuchlar klassifikatsiyasi.
68. Kuchlanishlar. Deformatsiya turlari.
69. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasi.
70. Cho'zilish va siqilish kuchlar ta'sirida hosil bo'lgan ichki kuch va kuchlanish.

Yakuniy nazorat savollari

1. Tekislikda va fazoviy ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga ketirish
2. Sirpanish podshipniklarni shartli hisobi
3. Doiraviy kesim yuzali sterjenni buralishidan hosil bo'lgan kuchlanish
4. Siljish. Sof siljishdagi kuchlanish.
5. Siljishdagi Guk qonuni.
6. Sof siljishda ruxsat etilgan kuchlanish.
7. Ezilish nima.
8. Parchin mixli birikma hisobi.
9. Mexanizm zvenolari nuqtalarining harakatlarini tezliklar va tezlanishlar plani tuzish yo'li yordamida tekshirish.
10. Bosh vektor va bosh moment.
11. Varinyon teoremasi.
12. Dumalash podshipniklari, umumiy ma'lumotlar.
13. Sof egilishdagi normal kuchlanish.
14. Buralish deformasiyasi haqida tushuncha.
15. Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalar.
16. Burovchi moment va uning valning quvvati hamda aylanishlar soni bilan bog'lanishi.
17. Burovchi moment epyuralari.
18. Doiraviy kesim yuzali to'g'ri valni buralishdagi kuchlanish va deformasiya.
19. Tekis mexanizmlarni kinematik loyihalash (sintezlash) masalalari
20. Masalalar yechish (Tekislikdagi kuchlar sistemasiga oid)
21. Muftalar, sharnirli richagli muftalarni hisoblash
22. Egilishdagi urinma kuchlanish.
23. Egilish deformasiyasi haqida tushuncha.
24. Tayanch va tayanch reaksiya kuchlari.
25. Ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyurasi.
26. Sof egilishdagi normal kuchlanish va deformasiya.
27. Kulachokli mexanizmni kinematik loyihalash.
28. Fazoda ixtiyoriy joylashgan juft kuchlarni qo'shish.
29. Varin'on teoremasi.
30. Birikmalar, umumiy ma'lumot.
31. Ustuvorlik va kritik kuch haqida tushuncha.
32. Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi bo'limini o'rni va ahamiyati, rivojlanish tarixi.
33. Mexanizmlarning elementlari.
34. Kinematik juftlar va ularning shartli belgilanishi.
35. Kinematik juft klassifikasiyasi.

- 36.Kinematik zanjirlar, ularning turlari va erkinlik darajasi.
- 37.Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlarning tuzilish formulasi.
- 38.Detallarni ishlash layoqati va uni ta'minlash.
- 39.Oddiy shaklli ba'zi bir jinsli jismlarning og'irlik markazini aniqlashga doir masala.
- 40.Shponkali va shlisali birikmalar para-metrlarini aniqlash
- 41.Murakkab qarshilik.
- 42.Egilish bilan buralishning birgalikdagi ta'siri.
- 43.Mexanizmlarning asosiy turlari to'g'risida ma'lumot.
- 44.Mexanizm tuzuvchi guruhlar.
- 45.Accur guruhi.
- 46.Mexanizmlar kinematikasining asosiy masalalari va tekshirish metodlari.
- 47.Mexanizmlarning turli vaziyat planlari.
- 48.Mashinasozlikda ishlatiladigan materiallar.
- 49.Tekis shakl nuqtasining tezlik va tezlanishi
- 50.Tekislikda va fazoviy kuchlar sistemasi.
- 51.Kuchning berilagan nuqtaga keltirish.
- 52.Tekislikda va fazoviy ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga ketirish.
- 53.Bosh vektor va bosh moment.
- 54.Varinon teoremasi.
- 55.Mexanizmlar tuzilishining taxlili.
- 56.Zanjirli uzatmalarni hisoblash asoslari.
- 57.Zanjir sharnirlarining yeyilishiga chidamliligini aniqlash.
- 58.To'g'ri tishli silindrsimon g'ildiraklarni eguvchi kuchlanish bo'yicha hisobi
- 59.Nuqta tezligi va tezlanishiga oid masalalar.
- 60.Statika. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi.
- 61.Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarni qo'shish.
- 62.Kuchning o'qidagi proyeksiyasi.
- 63.Parallel kuchlarini qo'shish.
- 64.Kuchning nuqtaga va o'qqa nisbatan momenti.
- 65.Mexanizmning asosiy turlari va ularning tadbiqu
- 66.Mexanizmlar kinematikasi grafo-analitik tekshirish.
- 67.Mexanizm zvenolari nuqtalarining tezlik va tezlanishlar planini tuzish yo'li bilan tekshirish.
- 68.Tishli g'ildiraklarning yemirilish turlari.
- 69.Cho'zilishga va siqilishga mustahkamlik hisoblari
- 70.Kinematikaning asosiy tushunchalar.
- 71.Nuqta kinematikasi.
- 72.Nuqta harakatlarining berilish usullari.
- 73.Harakati vektor, koordinata va tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezligi, tezlanishi.
- 74.Qattiq jismning ilgarilanma va qo'g'almas o'q atrofidagi aylanma harakati.
- 75.Qattiq jismning ilgarilanma harakati.

76. Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi
77. Mexanizmlarning turli vaziyatdagi planlarini qurish.
78. Chervyakli uzatmalar, kinematikasi va geometriyasi.
79. Chervyakli uzatmani eguvchi va kontakt kuchlanish bo'yicha hisoblash.
80. Qiya va shevron tishli silindr uzatmalarni hisoblashning o'ziga xos xususiyatlari
81. Urinma, ordi-natalar va vavatarlar usuli.
82. Mexanizm zvenolari nuqtalarining harakatlarini tezliklar va tezlanishlar plani tuzish yo'li yordamida tekshirish.
83. Uch kuchning muvozanati haqida teorema.
84. Kuchning tekislikdagi va o'qdagi proyeksiyasi.
85. Chervyakli uzatmani eguvchi kuchlanish bo'yicha hisoblash.
86. Doiraviy kesim yuzali sterjenni buralishidan hosil bo'lgan kuchlanish
87. Siljish. Sof siljishdagi kuchlanish.
88. Siljishdagi Guk qonuni.
89. Sof siljishda ruxsat etilgan kuchlanish.
90. Ezilish. Parchin mixli birikma hisobi.
91. Mexanizm zvenolari nuqtalarining harakatlarini tezliklar va tezlanishlar plani tuzish yo'li yordamida tekshirish.
92. Bir tekislikda yotuvchi juft kuchlarni qo'shish. Juft kuchlarning sistemasining muvozanat shartlari
93. Zanjirli uzatmadagi kuchlar va ularni hisoblash tartibi.

TEST SAVOLLARI

1.	Materiallar qarshiligi fanining maqsadi nima? Eng to'g'ri javobni aniqlang.	Mashina va mexanizmlar qismlarining hamda qurilish materiallarining mustahkam bo'lishini ta'minlashda zarur bo'lgan zo'riqish va deformatsiyalarini aniqlash usullarini o'rgatish	Mashina va inshoot qismlarining mustahkam, biki va ustivor bo'lishini ta'minlashda zarur bo'lgan zo'riqish va deformatsiyalarini aniqlash usullarini o'rgatish	Bino va inshoot qismlarining biki va ustivor bo'lishini ta'minlashda zarur bo'lgan zo'riqish va deformatsiyalarini aniqlash usullarini o'rgatish	Mashina va inshoot qismlarining mustahkam, biki va ustivor bo'lishini ta'minlashda zarur bo'lgan bilim va ko'nikmalarni aniqlash usullarini o'rgatish
2.	Bikrlik nima?	konstruksiya elementlarining yemirilmasdan tashqi kuchlarga qarshilik ko'rsata olish qobiliyati	konstruksiya elementlarining deformatsiyaga qarshilik ko'rsata olish qobiliyati	tashqi kuch ta'sirida konstruksiya elementlarining dastlabki muvozanat holatini saqlab qolish qobiliyatidir	kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipi
3.	Ustivorlik nima?	konstruksiya elementlarining deformatsiyaga qarshilik ko'rsata olish qobiliyati	tashqi kuch ta'sirida konstruksiya elementlarining dastlabki muvozanat holatini saqlab qolish qobiliyatidir	konstruksiya elementlarining yemirilmasdan tashqi kuchlarga qarshilik ko'rsata olish qobiliyati	Ustivorlik bu mustahkamlikdir
4.	Mustahkamlik nima?	boshlang'ich shaklini saqlash qobiliyati	konstruksiya elementlarining yemirilmasdan tashqi kuchlarga qarshilik ko'rsata olish qobiliyati	konstruksiya elementlarining deformatsiyaga qarshilik ko'rsata olish qobiliyati	kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipi
5.	“ <i>EF</i> ” nimani ifodalaydi?	Puasson koeffitsientini	cho'zilish va siqilishdagi bikrlik	proporstionallik chegarasini	mustahkamlik chegarasini
6.	Bikrlik nima?	ruksat etilgan kuchlanish	deformatsiyaga qarshilik ko'rsata olish qobiliyati	Puasson koeffitsienti.	boshlang'ich shaklini saqlash qobiliyati
7.	Brus deb nimaga aytiladi?	qalinligi qolgan o'lchamlariga nisbatan sezilarli darajada kichik bo'lgan elementga	ko'ndalang kesim o'lchamlari uzunligi o'lchamlariga qaraganda juda kichik bo'lgan elementga	uch o'lchovi bir xil tartibda bo'lgan elementga	o'rta kesimi egri bo'lgan elementga?
8.	Balka tayanchlari qanday xillarga bo'linadi?	sharnirli qo'zg'aluvchan, qistirib mahkamlangan.	sharnirli qo'zg'aluvchan, sharnirli qo'zg'almas va qistirib mahkamlangan.	sharnirli qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas.	qistirib mahkamlangan va sharnirli qo'zg'almas
9.	Deformatsiya deb nimaga aytiladi?	tashqi kuchlarga qarshilik ko'rsata olish qobiliyati	tashqi kuchlar ta'sirida jism shaklining o'zgarishi.	tashqi kuchlar ta'sirida jismning yemirilish chegarasi	normal kuchlanish nolga teng bo'lsa
10.	Hajmiy kuch deb qanday kuchga aytiladi?	bir jismga qo'shni ikkinchi jismdan o'tadigan kuch	jismning barcha ichki nuqtalariga ta'sir qilgan kuch	jims sirtidagi yuzaga yoki chiziqli bo'ylab ta'sir qiluvchi kuchga	juda kichik sirtga ta'sir qilgan kuchga
11.	Murakkab qarshilik deb nimaga aytiladi?	ko'ndalang kesimda burovchi moment hosil bo'lish	bir necha oddiy deformatsiyalarning bir vaqtda ta'sir qilish jarayonidir	ko'ndalang kesimda faqat eguvchi moment hosil bo'lish	ko'ndalang kesimda bo'ylama kuchlar hosil bo'lish
12.	Sterjenlarni murakkablikka hisoblanganda qaysi	Arximed qonunidan foydalaniladi, ya'ni	kuchlar ta'sirining mustaqillik qonunidan	Mexanikaning oltin qoidasidan foydalaniladi,	Mexanika qoidalaridan foydalaniladi

	qonundan foydalaniladi?	sterjenga bir necha kuch ta'sir etganda, har bir kuch ta'sirini qo'shib chiqiladi	foydalaniladi, ya'ni sterjenga bir necha kuch ta'sir etganda, har bir kuch ta'sirini alohida ko'rib, natijalar qo'shiladi	ya'ni sterjenga bir necha kuch ta'sir etganda, kuchlar orasidan yuqori qiymatga ega bo'lgani olinadi	
13.	Murakkab qarshilik qanday ko'rinishlarga ajratiladi? Eng to'g'ri javobni aniqlang	qiyshiq egilish, egilish-siqilish, buralish-siqilish	qiyshiq egilish, egilish-cho'zilish, buralish-egilish	qiyshiq egilish, egilish-cho'zilish, buralish-egilish, buralish-siqilish	Kamida 2 ta oddiy deformatsiya bo'lsa, bu murakkab deformatsiyadir
14.	Qanday deformatsiya bo'ylama absolyut deformatsiya deyiladi?	agar jismlarda tashqi kuch ta'sirida hosil bo'lgan deformatsiya jismdan kuch olinganda yo'qolmasa	bo'ylama o'lchamlarning o'zgarishi	agar jismlarda tashqi kuch ta'sirida hosil bo'lgan deformatsiya jismdan kuch olinganda yo'qolib ketsa	uzunlik birligiga to'g'ri kelgan deformatsiya
15.	Qanday deformatsiya elastik deformatsiya deyiladi?	agar jismlar tashqi kuchdan ozod etilgandan so'ng, u o'zining oldingi o'lchamlari va shaklini qayta tiklay olmasa	agar jismlar tashqi kuchdan ozod etilgandan so'ng, u o'zining oldingi o'lchamlari va shaklini to'liq qayta tiklasa	bo'ylama o'lchamlarning o'zgarishi	uzunlik birligiga to'g'ri kelgan deformatsiya
16.	Qanday deformatsiya plastik deformatsiya deyiladi?	agar jismlar tashqi kuchdan ozod etilgandan so'ng, u o'zining oldingi o'lchamlari va shaklini to'liq qayta tiklasa	agar jismlar tashqi kuchdan ozod etilgandan so'ng, u o'zining oldingi o'lchamlari va shaklini qayta tiklay olmasa	bo'ylama o'lchamlarning o'zgarishi	uzunlik birligiga to'g'ri kelgan deformatsiya
17.	Qanday hodisa zarb deb aytiladi?	jismga asta sekinlik bilan qo'yilgan yuk.	juda ham qisqa muddat ichida qo'yilgan va tezligi bir onda nolga tenglashuvchi yuk	agar konstruktsiya element ilgarilanma va aylanma harakatda bo'lsa	jismga tartibsiz qo'yilgan bo'lsa.
18.	Sof egilish deganda nima tushuniladi?	Normal kuchlanish nolga teng bo'lganda	Ko'ndalang kesimlarda faqat normal, urinma kuchlanish hosil bo'lishiga	Bir xil bir nech kuchlar ta'sir qilganda	Harxil bir nech kuchlar ta'sir qilganda
19.	Buralishga qarshilik ko'rsatuvchi (buralishga ishlaydigan) brusga deyiladi. Nuqtalar o'rniga mos so'zni toping.	sterjen	val	to'sin	fanda bunday tushuncha mavjud emas
20.	Vallarni tayyorlashda unchalik mas'uliyatli bo'lmagan konstruksiyalar uchun qanday po'latlardan foydalaniladi?	legirlangan po'latlar	termik ishlov berilmagan uglerodli po'latlar	mustahkam bo'lmagan po'latlar	termik ishlov berilgan uglerodli po'latlar
21.	Vallarni tayyorlashda mas'uliyatli konstruksiyalar uchun qanday po'latlardan foydalaniladi?	termik ishlov berilmagan uglerodli po'latlar	legirlangan po'latlar	iqtisodiy tejamkor po'latlar	Legirlanmagan po'latlar
22.	Vallarni mustahkamlikka hisoblash qanday maqsadda amalga oshiriladi?	Elastik deformatsiya hosil bo'lishining va vaqtdan oldin sinib ketishining oldini olish uchun	Plastik deformatsiya hosil bo'lishining va vaqtdan oldin sinib ketishining oldini olish uchun	Yaroqlilik muddatidan oldin cho'zilib ketishining oldini olish uchun	Hech qanday maqsad bo'lmasa ham har 6 oyda vallar mustahkamlikka hisoblanadi

23.	Tashqi kuch deb qanday kuchga aytiladi?	juda kichik sirtga ta'sir qilgan kuchga	bir jismga qo'shni ikkinchi jismdan o'tadigan kuch	jism sirtidagi yuzaga yoki chiziqli bo'ylab ta'sir qiluvchi kuchga	jismning barcha ichki nuqtalariga ta'sir qilgan kuch
24.	Egilish nima? Eng to'g'ri javobni aniqlang.	Egilish – bu ichki va tashqi kuchlar ta'sirida buyumlar o'qining egrilanish jarayonidir	Egilish – bu tashqi kuchlar ta'sirida yoki temperatura o'zgarishi tufayli materiallar yoki buyumlarning o'qi yoki o'rta sirtining egrilanish jarayonidir	Egilish – bu jismga belgilangan me'yordan ortiqcha kuch ta'sir ettirilganda sodir bo'ladigan buyumlar o'rta sirtining egrilanish jarayonidir	Egilish – bu temperatura o'zgarishi tufayli materiallar yoki buyumlarning o'qi yoki o'rta sirtining egrilanish jarayoni
25.	Ruhsat etilgan kuchlanish nima?	Konstruksiya elementlarining xizmat ko'rsatish vaqtida zanglamasligini ta'minlaydigan kuchlanishlar yig'indisi	Konstruksiya elementlarining uzoq ishlash davrida yemirilmasligini ta'minlaydigan eng katta kuchlanish	Materiallar va buyumlarning mustahkamligiga ta'sir ko'rsatmaydigan eng kichik kuchlanish	Materiallar va buyumlarning mustahkamligiga ta'sir ko'rsatmaydigan, kuchlanishlar yig'indisi
26.	Egilish deganda nimani tushunasiz?	Jismga belgilangan me'yordan ortiqcha kuch ta'sir ettirilganda sodir bo'ladigan buyumlar o'rta sirtining egrilanish jarayoni	Bo'yama o'qqa perpendikulyar yuklar yoki shu o'q orqali o'tuvchi kuchlar jufti ta'siridagi g'o'lachaning deformatsiyalanishi	Sovuq temperatura ta'siri tufayli materiallar yoki buyumlarning o'qi yoki o'rta sirtining egrilanish jarayoni	Temperatura ta'siri tufayli materiallar yoki buyumlar o'qining deformatsiyalanishi
27.	Agar tashqi kuchlar balkaning simmetriya tekisligi bo'yicha ta'sir etsa, bunday egilishga deyiladi. Nuqtalar o'rniga mos so'zni toping.	Murakkab egilish	Oddiy egilish	Tekis egilish	Qiyshiq egilish
28.	Tekislikda joylashgan to'sinlarga qo'yiladigan sharnirli qo'zg'aluvchan tayanchning vazifasi nima?	Bu tayanchdagi to'sin uchi chiziqli yo'nalishlarda ko'cha olmaydi	Bu tayanch asosan balkaning tayanchdagi uchini vertikal ko'chishiga qarshilik qiladi va shu yo'nalishda reaksiya hosil bo'ladi	Bu tayanchdagi to'sin uchining chiziqli va burchakli ko'chishlari cheklanadi hamda uchta tayanch reaksiya kuchlari vujudga keladi	Bu tayanchdagi to'sin uchining chiziqli ko'chishlari cheklanadi va shu yo'nalishda reaksiya hosil bo'ladi
29.	Egilishga ishlaydigan bruslar nima deb yuritiladi?	Qobiq	To'sin	Plastina	Rama
30.	CHO'zilish va siqilishga ishlaydigan bruslar nima deb yuritiladi?	Rama	Sterjen	Ferma	Massiv
31.	Sterjenlarni sharnirlar vositasida biriktirishda hosil bo'lgan geometrik o'zgarmas sistemaga nima deyiladi?	Rama	Ferma	Massiv	Sterjen
32.	Bir necha bruslarni biki qilib tutashtirishdan hosil bo'lgan sistemaga nima deyiladi?	Qobiq	Rama	Balka	Plastinka
33.	Tekislikda joylashgan to'sinlarga qo'yiladigan qo'zg'almas sharnirli tayanchning vazifasi nima?	Bu tayanch asosan balkaning tayanchdagi uchini vertikal ko'chishiga qarshilik	Bu tayanchdagi to'sin uchi chiziqli yo'nalishlarda ko'cha olmaydi	Bu tayanchdagi to'sin uchining chiziqli ko'chishlari cheklanadi va shu yo'nalishda reaksiya	Bu tayanchdagi to'sin uchining chiziqli va burchakli ko'chishlari cheklanadi hamda uchta tayanch reaksiya kuchlari

		qiladi va shu yo'nalishda reaksiya hosil bo'ladi		hosil bo'ladi	vujudga keladi
34.	Tekislikda joylashgan to'sinlarga qo'yiladigan qistirib mahkamlangan tayanchning vazifasi nima?	Bu tayanchdagi to'sin uchi chiziqli yo'nalishlarda ko'cha olmaydi	Bu tayanchdagi to'sin uchining chiziqli va burchakli ko'chishlari cheklanadi hamda uchta tayanch reaksiya kuchlari vujudga keladi	Bu tayanchdagi to'sin uchining chiziqli ko'chishlari cheklanadi va shu yo'nalishda reaksiya hosil bo'ladi	To'g'ri javob keltirilmagan
35.	Balka kesimida eguvchi moment o'zgarmas bo'lib qirquvchi kuch 0 ga teng bo'lgan xoldagi egilish qanday egilish deyiladi?	Qiyshiq egilish	Sof egilish	Tekis egilish	Ko'ndalang egilish
36.	Buralishga qarshilik ko'rsatuvchi brusga nima deb ataladi?	rama	val	ferma	to'sin
37.	Nisbiy bo'ylama deformatsiya qanday o'lchov birligida o'lchanadi.	Mm	O'lchovsiz kattalik	N	Sm
38.	Tekislik sistemasida balka tayanchlari necha xil bo'ladi.	1 xil	3 xil	2 xil	4 xil
39.	Kritik kuch deb qanday kuchga aytiladi	siqilgan sterjenlarga qo'yilgan sirtqi kuchlarning eng katta qiymatiga	sterjenlarning xam to'g'ri chiziqli, xam egri chiziqli muvozanat xolati ustivor bo'lgan vaqtiga to'g'ri kelgan siquvchi kuch	barcha siquvchi kuchlar	siqilgan sterjenlarning to'g'ri chiziqli muvozanat xolati ustivor bulgan vaqtiga to'g'ri kelgan kuch
40.	Uchala o'lchami o'zaro teng bo'lgan konstruksiya elementlari nima xisoblanadi	Plastinka	Massiv	Qobiq	Brus
41.	Egilishga ishlaydigan bruslar nima deb yuritiladi	Plastinka	Balka	Qobiq	Rama
42.	Cho'zilish va siqilishga ishlaydigan bruslar nima deb yuritiladi ?	Massiv	Sterjen	Rama	Ferma
43.	Tomonlariga faqat urinma kuchlanishlar ta'sir qiladigan elementning kuchlanganlik holati nima deb ataladi?	Murakkab qarshilik	Sof siljish	Bo'ylama kuch	Qarshilik
44.	Vallarni tayyorlashda qanday materiallardan foydalaniladi?	Cho'yandan foydalaniladi	Uglerodli va legirlangan po'latlar	Po'latlar va cho'yanlardan foydalaniladi	Har qanday materiallardan foydalanish mumkin
45.	Reduktor vali podshipnik urnaydigan kismi kanday topiladi	$d_p = d_b + 3,2r$	$d_p = d_b + 2t$	$d_p = d_b - 2t$	$d_p = d_b - 3,2r$
46.	2,5 mm kalinlikdagi listlar nuktaviy payvandlash usulida payvandlanganda	5 mm	3 mm	1 mm	7 mm

	nukta diametri kanday bulishi kerak?				
47.	36305 va 37205 shartli belgi dumalash podshipniklarining bir biridan farki nimada?	Urta seriyali sharikopodshipnik va yengil seriyali rolikopodshipnik	Urta va yengil seriyali rolikopodshipniklar.	Urta va yengil seriyali sharikopodshipniklar	Engil va urta seriyali sharikopodshipniklar.
48.	42 MPa chuzuvchi kuch ta'sir etadigan yassi tasmali uzatmaning tezligi 24 m/s bulsa , kanday tasmadan foydalanadi?	Rezinalangan tasma.	CHarm tasma.	Ip gazlama tasma.	Jun tasma.
49.	Agar tishli uzatmaga ta'sir etuvchi yuklanish turt marta ortsa, undagi kontakt kuchlanish kanday uzgaradi?	2 marta ortadi.	16 marta ortadi.	uzgarmaydi.	4 marta ortadi.
50.	Agar tishli uzatmaga ta'sir etuvchi yuklanish turt marta ortsa, undagi eguvchi kuchlanish kanday uzgaradi?	4 marta ortadi.	Uzgarmaydi.	6 marta ortadi.	16 marta ortadi.
51.	Ajraladigan birikma kaysi?	SHtiftli.	Payvand.	Parchin mixli.	Elimli.
52.	Ajralmas birikma kaysi?	Payvand.	SHponkali.	Kundalang konussimon shtiftli.	Buylama shtiftli.
53.	Berilgan ikkita tishli gildirakning eguvchi kuchlanishlar buyicha yukbardoshliklari kanday? 1) $z = 30$ $m = 2$, 2) $z = 30$ $m = 4$.	Ikkinchisiniki kuprok.	Birinchisiniki kuprok.	Tishlar soniga boglik.	Bir xil.
54.	Bir katorli zoldirli radial podshipnik kanday yuklanishni kutara oladi?	Radial yuklanish bilan doimiy buylanma yuklanishni.	Fakat buylama yuklanishni.	Fakat radial yuklanishni.	Radial yuklanish bilan kiska muddatli buylama yuklanishni.
55.	Bir pogonali tsilindrik gildirakli reduktorlarda tishli gildiraklarning tayanchlariga nisbatan joylashuvi kanday buladi?	Simmetrik	Nosimmetrik.	Bir tomonlama.	Konsol.
56.	Bir pogonali chervyakli reduktorlarda uzatishlar sonining maksimal qiymati kancha?	$U = 300$ dan yukori	$U = 50$	1	$U = 40$
57.	Bolt deb nimaga aytiladi?	bir tomoni klyuch yoki otvyorkaga ikkinchi tomoni gayka uchun rezba chikarilgan sterjenga	bir tomoni atverkaga muljallangan sterjenga	bir tomoni klyuch yoki atverkaga muljallangan sterjenga	barcha javoblar tugri
58.	Detall deb nimaga aytiladi.	bir xil materialdan tayyorlangan va ayrim bo'laklarga ajralmaydigan qismga	xar xil materialdan tayyorlangan qismga	Ajraladigan qismga	Bir necha detaldan tuzilgan qismga
59.	Diametri 12mmgacha bo'lgan parchin mixlar qanday parchinlanadi?	Sovuqlayin	Qizdirilib	Payvandlab	Elektr yoy
60.	Dumalash podshipniklarining ishga layokatligi buzilishining asosiy kurinishi kaysi?	Dumalovchi detallari va xalkalarinig tolakib uvalanishi.	Xalkalari ishchi sirtlarining kirilishi.	Dumalovchi detallarning sinishi.	Xalkalarning sinishi.
61.	Zanjirli uzatma deb qanday uzatmaga aytiladi.	Etaklovchi valning xarakatini yetaklanuvchi valga cheksiz kiyitilgan zanjir uzatma yordamida uzatilsa	Yetaklovchi valning xarakatini yetaklanuvchi valga tishli uzatma yordamida uzatilsa	Etaklovchi valning xarakatini yetaklanuvchi valga ishqalanish kuchi vositasida uzatilsa	Yetaklovchi valning xarakatini yetaklanuvchi valga cheksiz kiyitilgan tasma orqali uzatilsa
62.	Zanjirli uzatma yetaklanuvchi tarmogining tarangligi kanday bulishi kerak?	Aylana kuchning 3-4 % mikdoricha	Yetakchi tarmok tarangligi kabi.	Yetakchi tarmok tarangligining 3-4 % mikdoricha.	Aylanma kuchga teng.
63.	Zanjirli uzatmaning foydali ish koeffitsienti qanday oraliqda bo'ladi.	$(\eta = 0,96.....0,98)$	$(\eta = 0,80.....0,92)$	$(\eta = 0,97.....0,98)$	$(\eta = 0,72.....0,82)$
64.	Ikki uchiga rezba chiqarilgan sterjenga nima deyiladi?	shpilka	gayka	vint	Bolt
65.	Ilashish bilan ishlaydigan uzatmalarga kuyidagilar kiradi.	Tishli va zanjirli.	Friksion v tasmali.	TSilindirsimon va yassi tasmali.	Ponasimon tasmali.
66.	Ilashish turiga karab tishli	Tashki ilashish, ichki	Konussimon, friksion	Bir plgonali va kup	Kombinatsiyalashgan.

	uzatmalar kuyidagilarga bulinadi.	ilashish va reykali ilashish.	va tasmali.	pogonali.	
67.	Ishkalanish orkali ishlovchi uzatmalarga kuyidagilar kiradi	Friktsion va tasmali.	Tishli va zanjirli.	TSilindirsimon va konussimon.	CHervyakli.
68.	Qaysi materiallardan rezbali birikmalarda ko'p qo'llaniladi	pulat	chuyan	plastik massalar	bronza
69.	Kaysi payvand chok turi birikmaning germetikligini ta'minlamaydi?	Nuktaviy.	Elektr shlakli payvandlash.	Gazpayvandli.	Elektr yoy bilan payvandlash.
70.	Kaysi podshipnikning xalkalaridan biri osongina yechiladi?	Konussimon radial tayanch podshipnikning.	Bir katorli zoldirli radial.	Zoldirli radial tayanch podshipnikning	Ikki katorli rolikli sferik podshipnikning.
71.	Kaysi xolda chervyakli uzatmani kullash mumkin ?	Val uklari tugri burchak ostida aykash joylashganda.	Val uklari tugri burchak ostida kesishganda.	Val uklari biror burchak ostida kesishganda.	Val uklari paralel bulganda.
72.	Qanday diametrdagi boltlar reduktor poydevoriga ishlatiladi?	$d = (0,03,0,036)d_w + 12mm$	$d = (0,03,0,036)d_w + 12mm$	$d = d_w + 12mm$	0
73.	Kanday parchin mixlar 1000 ⁰ chamasi temperaturagacha kizdirib parchinlanadi?	diametri 12mm dan yukori bulganlari	rangli metaldan yasalgan	kora metaldan yasalgan	barcha turdagi
74.	Kanday tasmali uzatmalar bor?	Yassi, ponasimon, doiraviy.	Tishli, konussimon.	Kiya tishli tsilindrsimon.	SHevron tishli tsilindrik.
75.	Kanday xollarda val bilan shesternya birgalikda val-shesternya kurinishida tayyorlanadi?	$d_B = d_f$	$d_B > d_f$	$d_B < d_f$	Fakat talab kilinganda.
76.	Kanday xollarda parchin mixli birikmalar ishlatiladi?	payvandlash kiyin bulganda	rezbali birikma urnida	shponkali birikma urnida	shlitsali birikma urnida
77.	Kantakt kuchlanishlarni xisoblashdagi Gerts formulasi tarkibidagi r_1 va r_2 lar nima ?	Tishlarning tutashma xosil kiluvchi sirtlarining egrilik radiuslari .	Tishli gildiraklar asosiy aylanalarining radiuslari .	Tish asosining yuumaloklash radiuslari .	Tishli gildiraklar bulish aylanalarining radiuslari .
78.	Kantaktlab payvandlashning usuli kanday?	nuktaviy, lentaviy rupara	burchakli, valiksimon	uchma-uch, ustma-ust,	yonbosh kiyshik
79.	Katta kuvvat uzatishda chervyakli uzatmalarni kullashni kaysi xususiyat cheklaydi?	Ishkalanishga kuvvat sarfining kattaligi.	Tish sirtlaridagi kontakt kuchlanishlarning kattaligi.	Konstruktsiyaning murakkabligi .	Konstruktsiyaning soddaligi.
80.	Keltirilgan buylama elastiklik modulining ulchov birligi kanaka?	$MПа$	$\frac{H}{M^2}$	$\frac{kg}{mm^2}$	$\frac{H}{mm^2}$
81.	Kiya tishli gildirakdagi yon, normal va buylama moduldan kay biri standartlashtirilgan?	Normal modul.	Yon modul.	Buylama modul.	Standart modul yuk.
82.	Konussimon gildirak tashki bulish aylana diametri	$d_e = m_e z_{..}$	$d_e = d - 2.5m$	$d_e = d + 2m$	$d_e = d + 3m$
83.	Konussimon gildirak tishini uzunligi.	$b = 0.285R_e$	$b = (z_1 + z_2)m_e$	$b = b_1 + 5mm$	$b = 0.5R_e$
84.	Konussimon gildirakli uzatma vallari uklarining eng kup tarkalgan kesishish burchagi kaysi?	90^0	120^0	75^0	60^0
85.	Konussimon rolikli podshipnikning buylama yuk kutarish kobiliyati nimaga boglik?	Roliklarning tutatish burchagiga.	Podshipnikning tayyorlanish anikligiga.	Roliklari soniga.	Podshipnikning eniga.
86.	Konussimon uzatma kachon ishlatiladi?	Vallarning uklari kesishuvchi joylashganda	Vallarning uklari aykash joylashganda.	Vallarning uklari uzaro paralel bulganda.	Ixtiyoriy xolatda.
87.	Konussimon uzatma tashki konuslik masofasini kanday topildi.	$R_e = \frac{d_{ez}}{2 \sin \delta_2}$	$R_e = d_{ez} \sin \delta_2$	$R_e = d_e + 2.5m$	$R_e = d_e + 3m$
88.	Maxkamlash rezbalarining kay-biri kuprok uz-uzini tormozlash zaxirasiga ega?	Bir kirimli mayda rezba.	. Ikki kirimli mayda rezba	Ikki kirimli yirik rezba.	Bir kirimli yirik rezba.
89.	Maxkamlash rezbalarining tayyorlashning eng unumli usulini kursating.	Nakatkalab tayyorlash.	Plashka yordamida tayyorlash.	Freza yordamida tayyorlash.	Tokarlik vint kirkish dastgoxida tayyorlash.
90.	Maxkamlash rezbasining	Rezba uramlarining	Gayka rezbasi ishchi	Vint rezbasi ishchi	Rezba ishchi sirtlarining

	xisoblash mezonini kursating.	kirkilishi	sirtlarining yeyilishi.	sirtlarining yeyilishi..	ezilishi.
91.	Mashina deb nimaga aytiladi.	Bir qancha detallan tuzilgan mexanizmlar majmui bo'lib, ma'lim ish bajarish uchun mo'ljallangan vositaga	Uzeldan tuzilgan vositaga	Detaldan tuzilgan vositaga	Xar xil materialdan tuzilgan vositaga
92.	Mashina detallar fani predmeti sifatida kachandan urganila boshlandi?	1881 yildan	1519 yildan	1859 yildan	1452 yildan
93.	Mashinaning ma'lum bir vazifasini bajarish uchun mo'ljallangan va bir necha detaldan tuzilgan qismi deyiladi	Uzel	Mashina	Detall	Mufta
94.	Mashinasozlikda kanday tasmasi uzatmalar keng tarkalgan?	Ponasimon tasmasi.	Tishli tasmasi.	Dumalok tasmasi.	Yassi tasmasi.
95.	Metal kesish dastgohlari tishli gildiraklarini tayyorlashda kanday material kullaniladi?	Pulat.	Titan.	CHuyan.	Dyuralyumin.
96.	Mexanik uzatmalarga kuyidagilar kiradi.	Ishkalanish va ilashish orkali ishlaydigan uzatmalar.	Tishli va zanjirli uzatmalar.	TSilindrisimon va yassi tasmasi.	Konussimon uzatmalar.
97.	Mexanikaviy uzatmalar to'g'ri ko'rsatilgan qatorni aniqlang.	Ilashishli va ishqalanishli	Ilashishli va gidravlik	Radioto'lqinli va gidravlik	Ishqalanishli va radioto'lqinli
98.	Mustax-kamlik, bikirlik, issikbardoshlik, titrashga va yeyilishga chidamlilik nimani bildiradi?	Detallarni ishlash layokatini ifodalovchi mezonlar.	Uzellarga kuyiladigan texnik talablar.	Mashinalarning asosiy kursatkichlari mazmuasi.	Ishonchlilik kriteriyalari.
99.	Nima uchun tishli gildiraklar tishlari sonini minimal kiymati $Z=17$ deb kabul kilingan?	$Z<17$ bulganda ishlash jaraenida tish tubida kirkilish sodir buladi va tish zaiflashadi.	$Z<17$ bulganda tishlar kontakt kuchlanishga chidamsiz bulib koladi.	$Z>17$ bulganda tishlar kontakt kuchlanishga chidamsiz bulib koladi.	$D)Z>17$ bulganda ishlash jaraenida tish tubida kirkilish sodir buladi va tish zaiflashadi.
100.	Normal tayyorlangan standart gayka rezbbasi uramlari soni nechta?	6 ta	8 ta	10 ta	2 ta
101.	Normal tishli gildirak uchun modul nimaga teng?	$m = h_a$.	$m = h$.	$m = h_f$.	$m = c$.
102.	Payvand birikmalarni kanday turlari mavjud?	elektir yoy yordamida kontakt usulda, temirchilik usulida, ximiyaaiy usulda	kontakt usulda, temirchilik usulida, ximiyaviy usulda	ximiyaviy usulda, temirchilik usulida	elektroyoy yordamida, ximiyaviy usulda
103.	Parchin mixlar diametri va mikdorlari bir xil bulgan birikmalardan kaybirining yukbardoshligi kuprok?	Ikki ustkuymali.	Ustma ust chokli.	Bir ustkuymali.	Aralash chokli.
104.	Parchin mixli birikmani xisoblashda ishkalanish kanday e'tiborga olinadi?	E'tiborga olinmaydi.	Kesilish va ezilishga xisoblashda.	Fakat kesilishga xisoblashda.	Fakat ezilishga xisoblashda.
105.	Podshipniklar vazifasiga kura kanday turlarga bulinadi?	sirpanish, dumalanish	ishkalanish, sikilish	rolikli, ftulkali	sirpanish
106.	Ponasimon tasmasi uzatma tasmasining tolakib ishdan chikishining asosiy sababi nima?	Tasmani eguvchi kuchlanishlar.	Tasmaning shkivlarda sirpanishi.	Uzatma ergashuvchi tarmogidagi chuzuvchi kuchlanishlar.	Uzatma yetakchi tarmogidagi chuzuvchi kuchlanishlar.
107.	Ponasimon tasmasi uzatma shkivi diametri kamayishi bilan tasma arikchasining profil burchagini nima kilish kerak?	Kamaytirish kerak.	Uzgartirish kerak emas.	Tasmani aylana tezligiga moslab uzgartirish kerak.	Kattalashtirish kerak.
108.	Ponasimon tasmasi uzatmada elastik sirpanish kachon yuzaga keladi?	Uzatmaning xar kanday. yuklanib ishlashida	Uzatmaning keskin tuxtab kolishida.	Uzatma ishlash sharoitlarining uzgarishida.	Uzatmaning uta yuklanib ishlashida.
109.	Ponasimon tasmaning standart uzunligi uning kaysi uki buyicha ulchanadi?	Tasma neytral katlami uki buyicha.	Tashki sirti uki buyicha.	Ichki sirti uki buyicha.	Tasmaning urtacha uki buyicha.
110.	Prizmatik shponkalarining kesim yuzi qanday bo'ladi.	To'g'ri to'rtburchak	Teng yonli uchburchak	Ellips	Doira

