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

SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

MAKTABGACHA TA’LIM FAKULTETI

MEHNAT TA’LIMI KAFEDRASI

RO‘YXATGA OLINDI
№ _____________
2019y “____” ________

«TASDIQLAYMAN» Samarqand davlat universiteti o‘quv ishlari bo‘yicha prorektori:
____________ prof. A.Soleev
________________2019 y

BILIM SOHASI:	100 000 – gumanitar
TA’LIM SOHASI:	110000 – pedagogika
TA’LIM YO’NALISHI:	5112100 – mehnat ta’limi (II kurs)

“TEXNIK MEXANIKA” fanidan

O‘QUV-USLUBIYMAJMUA

(Moodle tizimirejasiasosida)

Tuzuvchi: SamDU Maktabgacha ta’lim fakulteti, Mehnat ta’limi kafedrasi, prof.I.Ergashev t.f.n.A.Urunov o’qituvchisi A.Gadayev

Kafedra mudiri: ____________ t.f.n.A.Urunov

Fakultet uslubiy kengash raisi: ____________ dots.T.Ostonov

Fakultet dekani: ____________ prof.B.T.Haydarov

O’quv uslubiy boshqarma boshlig’i: ____________ dots. B.Aliqulov

SAMARQAND – 2019

MUNDARIJA:

1. **SILLABUS (YO‘NALISHNING NAMUNAVIY VA ISHCHI O‘QUV REJASI, FANNING NAMUNAVIY VA ISHCHI O‘QUV DASTURI (tasdiqlangan variantini skaner shakllarini qo‘yish talab qilinadi)**

2. **O‘TILAYOTGAN FANNING ASOSIY NAZARIY MATERIALI (MA’RUZALAR MATNI**

3. **GLOSSARIY**

4. **FOYDALANILGAN ADABIYOTLARNING ELEKTRON SHAKLI (disk shaklida ham qo‘yishmumkin)...**

5. **MAVZULAR BO‘YICHA TAQDIMOTLAR, MUSTAQIL TA’LIM UCHUN MATERIALLAR (ILMIY MAQOLALAR VA BOSHQA MANBALAR)……………………**

6. **LABORATORIYA (AMALIY YOKI SEMINAR) MASHG‘ULOTLARI MATERIALLARI …………**

7. **QO‘SHIMCHA MATERIALLAR (VIDEOLAR, KEYS-STADILAR VA BOSHQALAR)….**

«Gidravlika va issiqlik texnikasi»
fanining
2019/2020 o‘quv yili uchun mo‘ljallangan
SILLABUSI

<table>
<tr><th colspan="8">Fanning qisqacha tavsifi</th></tr>
<tr><td>OTMning nomi va joylashgan manzili:</td><td colspan="5">Samarqand davlat universiteti</td><td colspan="2">Spitamen shox ko’chasi 166</td></tr>
<tr><td>Kafedra:</td><td colspan="5">Mehnat ta’limi metodikasi</td><td colspan="2">“Maktabgacha ta’limi” fakulteti tarkibida</td></tr>
<tr><td>Ta’lim sohasi va yo‘nalishi:</td><td colspan="2">5112100 –Mehnat ta’limi</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>Fanni (kursni) olib boradigan o‘qituvchi to‘g‘risida ma’lumot:</td><td colspan="2">O’qituvchi
A. Gadayev</td><td colspan="2">e-mail:</td><td colspan="3">Aziz_gadayev@mail.ru</td></tr>
<tr><td>Dars vaqti va joyi:</td><td colspan="2">Maktabgacha ta’lim fakulteti 2/1 o’quv xonasi</td><td colspan="2">Kursning davomiyligi:</td><td colspan="3">02.09.2019-20.04.2020</td></tr>
<tr><td>Individual grafik asosida ishlash vaqti:</td><td colspan="7">Dushanba, payshanba kunlari 14.00 dan 17.00 gacha</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Fanga ajratilgan soatlar</td><td colspan="6">Auditoriya soatlari</td><td rowspan="2">Mustaqil ta’lim: 66</td></tr>
<tr><td>Ma’ruza:</td><td>38</td><td>Amaliy</td><td>20</td><td>laboratoriya</td><td>10</td></tr>
<tr><td>Fanning boshqa fanlar bilan bog‘liqligi (prerekvizitlari):</td><td colspan="7">Texnika va texnologiyalarning jadal sur`atlarda rivojlanishi, kompyuterlashtirish va boshqarish tizimining keng miqyosda qo‘llanilishi texnika fanlariga bo‘lgan talabni kuchaytirmoqda. Shuning uchun loyihalangan mashinalar, ularning detallari mumkin qadar engil, etarli darajada mustahkam, ishqalanishga chidamli, davlat standartlariga to‘liq mos keladigan bo‘lishi shart. Yuqorida qo‘yilgan talablarni texnik mexanika fanida o‘rganiladi. Texnika mexanika fani tarkibi quyidagi bo‘limlardan iborat:
Nazariy mexanika - moddiy jismlarinng bir-biriga ko‘rsatadigan ta`siri va mexanik harakatining umumiy qonunlari xaqidagi bo‘limdir.<br>Materiallar qarshiligi - loyihalangan mashinalar, ularning detallari mumkin qadar engil, etarli darajada mustahkam, ishqalanishga chidamlilik xossalarini o‘rganish bilan shug`ullanadigan bo‘limdir.
Mexanizm va mashinalar nazariyasi – mexanizmlarning tuzilishini (strukturasini) shuningdek, bu mexanizmlarning kinetik hamda dinamik xossalarini o‘rganish bilan shug`ullanadigan bo‘limdir.
Mashina detallari - hamma turdagi mashinalar uchun umumiy bo‘lgan detal va uzellarning tuzilishi hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblash va loyihalash usullarini o‘rgatadi bo‘limdir.</td></tr>
<tr><th colspan="8">Fanning mazmuni</th></tr>
</table>

Fanning dolzarbligi va qisqacha mazmuni:	**Fanni o'qitishdan maqsad** – talabalarda moddiy jismlarinng bir-biriga ko'rsatadigan ta`siri va mexanik harakatining umumiy qonunlari, muxandislik amaliyotida, ko'plab uchraydigan, deyarli hamma turdagi mashinalarga ta'sir etadigan tashqi kuchlar va ichki kuchlar, uni aniqlash metodilari, deformatsiya turlari, mexanizm bo'g`inlarining tuzilishini hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblash va loyihalash, detal va uzellarning ishga layoqatliligini hisoblash va loyihasiinng nazariy asoslarini, konstruktsiya turlari, tuzilishi va ularga mos turli masalalarning yechimlariga oid bilim, ko'nikma va malaka shakllantirishdir. **Fanning vazifasi** - talabalarga statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko'ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, harakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini hisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo'yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o'qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to'g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo'llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to'g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o'ziga xosligi, vallar, o'qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar haqida talabalarga bilim berishdir.
Talabalar uchun talablar	Texnik mexanika fanini o'zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr: -statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko'ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va

	klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, xarakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini hisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo‘yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o‘qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to‘g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo‘llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to‘g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o‘ziga xosligi, vallar va o‘qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlarga oid bilimlarni bilishi kerak.
Elektron pochta orqali munosabatlar tartibi	Professor-o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi aloqa elektron pochta orqali ham amalga oshirilishi mumkin, **telefon orqali baho masalasi muhokama qilinmaydi, baholash faqatgina universitet hududida, ajratilgan xonalarda** va dars davomida amalga oshiriladi. Elektron pochtani ochish vaqti soat 15.00 dan 20.00 gacha

Ma’ruza va amaliy ko’nikmalar yakuni.

YaB maksimal bali - 30	YaB o’tkazish shakli va muddati	Izoh
YaB yozma ish variantida 5 ta savol bo’lib, har bir savolga 6 ball beriladi.	**YaB yozma ish shaklida dars o’tib tugatilgach belgilangan kunda o’tkaziladi.**	**YaB test savollari ko’ri-nishida ham o’tkazilishi mumkin.**

Talabaning fan bo’yicha o’zlashtirish ko’rsatkichini nazorat qilishda quyidagi namunaviy mezonlar (keyingi o’rinlarda namunaviy mezonlar deb yuritiladi) tavsiya etiladi.

a) 86-100 ball uchun talabaning bilim darajasi quyidagilarga javob berishi lozim:

- Xulosa va qaror qabul qilish;
- Ijodiy fikrlay olish;
- Mustaqil mushohada yurita olish;
- Olgan bilimlarini amalda qo’llay olish;
- Mohiyatini tushunish;
- Bilish, aytib berish;
- Tasavvurga ega bo’lish.

b) 71-85 ball uchun talabaning bilim darajasi quyidagilarga javob berishi lozim:

- Mustaqil mushohada yurita olish;
- Olgan bilimlarini amalda qo’llay olish;
- Mohiyatini tushunish;
- Bilish, aytib berish;
- Tasavvurga ega bo’lish.

v) 55-70 ball uchun talabaning bilim darajasi quyidagilarga javob berishi lozim:

- Mohiyatini tushunish;
- Bilish, aytib berish;
- Tasavvurga ega bo’lish.

g) quyidagi hollarda talabaning bilim darajasi 0-54 ball bilan baholanishi mumkin:

- Aniq tasavvurga ega bo’lmaslik;
- Bilmaslik.

Adabiyotlar:	1. A. Shoobidov «Nazariy mexanika asoslari» T. «Yangi avlod» 2008. 2. R.Bibutov «Amaliy mexanika» T. «O‘qituvchi». 2010 3. R. Axmedxadjaev «Nazariy mexanika» T. «Yangi avlod» 2008 4. O.E.Kepe va boshqalar «Nazariy mexanika» T. «Yangi avlod».2008 5. Хасанов С. Материаллар қаршилиги – Т.: Ўқитувчи, 2005. 6. Мансуров К.М. Материаллар қаршилиги.- Т.: Ўқитувчи, 1983, 504 б

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

Ro‘yxatga olindi

BD-5112100 -3.06

2016- yil “25” 08

Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi

____

2016- yil “25” 08

TEXNIK MEXANIKA

FAN DASTURI

Bilimsohasi:	100 000	–	Gumanitar
Ta‘limsohasi:	110 000	–	Pedagogika
Ta’limyo‘nalishi:	5112100	–	Mehnatta`limi

Toshkent – 2016

Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2016-yil "25" 08 dagi "355" -sonli buyrug'ining 2 -ilovasi bilan fan dasturi ro'yxati tasdiqlangan.

Fan dasturi Oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi yo'nalishlari bo'yicha O'quv-uslubiy birlashmalar faoliyatini muvofiqlashtiruvchi kengashning 2016-yil " 8 " 08 dagi " 3 " -sonli bayonnomasi bilan ma'qullangan.

Fan dasturi Nizomiy nomidagi Toshkent davlat pedagogika universitetidaishlab chiqildi va turdosh oliy ta'lim muassalari bilan kelishildi.

Tuzuvchilar:

B.K.Muxamedsaidov	- Nizomiy nomidagi Toshkent davlat pedagogika universiteti "Mehnat ta`limi va dizayn" kafedrasi professori
R.B.Daminova	- Nizomiy nomidagi Toshkent davlat pedagogika universiteti "Mehnat ta`limi va dizayn" kafedrasi dotsenti
A.A.Umarov	- Nizomiy nomidagi Toshkent davlat pedagogika universiteti "Mehnat ta`limi va dizayn" kafedrasi o'qituvchisi

Taqrizchilar:

I.Karimov	- Muqimiy nomidagi Qo'qon davlat pedagogika instituti "Umumtexnika fanlari" kafedrasi mudiri, dotsent
R.A.Eshonova	-Toshkent shahar Yakkasaroytumani 135-maktab direktori

Fan dasturi Nizomiy nomidagi Toshkent davlat pedagogika universiteti o'quv-uslubiy kengashida ko'rib chiqilgan va tavsiya qilingan (2016-yil "14" 04 dagi 10-sonli bayonnomasi).

Kirish

Texnika va texnologiyalarning jadal sur`atlarda rivojlanishi, kompyuterlashtirish va boshqarish tizimining keng miqyosda qo'llanilishi texnika fanlariga bo'lgan talabni kuchaytirmoqda. Shuning uchun loyihalangan mashinalar, ularning detallari mumkin qadar engil, etarli darajada mustahkam, ishqalanishga chidamli, davlat standartlariga to'liq mos keladigan bo'lishi shart. Yuqorida qo'yilgan talablarni texnik mexanika fanida o'rganiladi. Texnika mexanika fani tarkibi quyidagi bo'limlardan iborat:

Nazariy mexanika - moddiy jismlarinng bir-biriga ko'rsatadigan ta`siri va mexanik harakatining umumiy qonunlari xaqidagi bo'limdir.

Materiallarqarshiligi - loyihalangan mashinalar, ularning detallari mumkin qadar engil, etarli darajada mustahkam, ishqalanishga chidamlilikxossalarini o'rganish bilan shug`ullanadigan bo'limdir.

Mexanizm va mashinalar nazariyasi – mexanizmlarning tuzilishini (strukturasini) shuningdek, bu mexanizmlarning kinetik hamda dinamik xossalarini o'rganish bilan shug`ullanadigan bo'limdir.

Mashina detallari - hamma turdagi mashinalar uchun umumiy bo'lgan detal va uzellarning tuzilishi hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblash va loyihalash usullarini o'rgatadi bo'limdir.

Fanning o'quv maqsadi va vazifalari

Fanni o'qitishdan maqsad – talabalarda moddiy jismlarinng bir-biriga ko'rsatadigan ta`siri va mexanik harakatining umumiy qonunlari,muxandislik amaliyotida, ko'plab uchraydigan, deyarli hamma turdagi mashinalarga ta'sir etadigan tashqi kuchlar va ichki kuchlar, uni aniqlash metodilari, deformatsiya turlari, mexanizm bo'g`inlarining tuzilishini hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblash va loyihalash, detal va uzellarning ishga layoqatliligini hisoblash va loyihasiinng nazariy asoslarini, konstruktsiya turlari, tuzilishi va ularga mos turli masalalarning yechimlariga oid bilim, ko'nikma va malaka shakllantirishdir.

Fanning vazifasi - talabalarga statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko'ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari,mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, harakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini hisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo'yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o'qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to'g'risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo'llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to'g'ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o'ziga xosligi, vallar, o'qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar haqida talabalarga bilim berishdir

-talabalarga statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko'ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, harakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini xisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo'yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o'qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to'g'risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo'llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to'g'ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o'ziga xosligi, vallar, o'qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar kabi mavzularga oid texnik masalalarni echish ko'nikmalariga ega bo'lishi kerak.

-statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko'ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, harakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini xisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo'yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o'qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to'g'risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo'llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to'g'ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o'ziga xosligi, vallar, o'qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar kabi mavzularga oid bilimlardan murakkab texnik masalalarni echishda foydalana olish malakalariga ega bo'lishlari kerak.

Fan bo'yicha talabalarning bilimiga, ko'nikma va malakasiga qo'yiladigan talablar

«Texnik mexanika» fanini o'zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr:

-statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko'ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, harakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini hisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo'yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o'qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to'g'risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo'llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to'g'ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o‘ziga xosligi, vallar va o‘qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlarga oid bilimlarnibilishi kerak.

-statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko’ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, harakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini xisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo‘yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o‘qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to‘g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo‘llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to‘g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o‘ziga xosligi, vallar, o‘qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar kabi mavzularga oid texnik masalalarni echish ko‘nikmalariga ega bo‘lishi kerak.

-statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko’ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyihalash, xarakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini xisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo'yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o'qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to'g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo'llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to'g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o'ziga xosligi, vallar, o'qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar kabi mavzularga oid bilimlardan murakkab texnik masalalarni echishda foydalana olish malakalariga ega bo'lishlari kerak.

Fanning o'quv rejadagi boshqa fanlar bilan o'zaro bog`liqligi va uslubiy jixatdan uzviy ketma-ketligi

Texnika mexanika fani oliy ta`lim muassasalarida o'tiladigan asosiy fanlardan biri bo'lib, "Materiallar qarshiligi","Konstruktsion materiallar texnologiyasi", "Chizma geometriya" va "Muhandislik grafikasi" fanlariga asoslanadi.

Fanning ta`limagi o'rni

Mazkur fan ishlab chiqarish bilan bevosita aloqada bo'lib, vatanimizning texnika soxalarida mashina detallari fanidan unumli foydalanish va yanada rivojlantirish kabi masalalarni ishlab chiqarish bilan qo'shib olib borish yaxshi natijalarni beradi.

Fanni o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik taxnologiyalar.

Talabalarning kasb hunarga yo'naltirish fanini o'zlashtirishlari uchun o'qitishning ilg'or va zamonaviy usullaridan foydalanish, yangi informatsion-pedagogik texnologiyalarni tadbiq qilish muhim ahamiyatga egadir. Fanni o'zlashtirishda darslik, o'quv va uslubiy qo'llanmalar, ma'ruza matnlari, tarqatma materiallar, elektron materiallar, virtual stendlar hamda ishchi holatdagi mashinalarning ishlab chiqarishdagi namunalari va maketlaridan foydalaniladi. Ma'ruza, seminar va laboratoriya darslarida mos ravishda ilg'or pedagogik texnologiyalardan foydalaniladi.

Asosiy qism

Fanning nazariy mashg`ulotlari umumiy mazmuni

Texnik mexanika fanining qisqacha tarixi. Statika.Qattiq jism statikasi. Asosiy tushunchalar va ta`riflar. Statikaninng asosiy aksiomalari. Bog`lanish va bog`lanish reaktsiyalari. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarni geometrik usulida qo'shish. Kuchning o'qidagi proektsiyasi. Teng ta`sir etuvchini analitik usulda aniqlash. Bir nuqtada kuchlarning muvozanati. Uch kuch muvozanatiga oid teorema. Parallel kuchlar sistemasi. Parallel kuchlarini qo'shish va tashkil etuvchilarga ajratish. Kuchning nuqtaga nisbatan momenti. Kuchning nuqtaga nisbatan moment vektori. Kuchning o'qqa nisbatan momenti. Kuchning o'qqa nisbatan momenti bilan shu o'qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabati. Juft kuchlar nazariyasi. Juft kuch va juft kuchninig momenti. Ekvivalent juft kuchlar xaqidagi teoremalar. Juft kuchlar momentiga oid teorema. Tekislikda va fazoviy kuchlar sistemasi. Kuchning berilagan nuqtaga keltirish. Ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga ketirish. Bosh vektor va bosh moment. Varinon teoremasi. Ishqalanish turlari. Sirpanishdagi ishqalanish qonunlari. Ishqalanish burchagi. Ishqalanish qonuni. Dumalashdagi ishqalanish. Jismlarning og`irlik markazini aniqlash usullari.. Qattiq jismning og`irlik markazi koordinatalarining umumiy formulalari. Jismlarning og`irlik markazini aniqlash usullari. Oddiy shaklli ba`zi jismlarning og`irlik markazlarini aniqlash.

Kinematika. Asosiy tushunchalar. Nuqta kinematikasi. Nuqta harakatlarining berilish usullari. Harakat vektor, koordinata usulida, tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezligi, harakati vektor usulida koordinatalari usulida, tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezlaniishi. Qattiq jismning ilgarlanma va qo‘g`almas o‘q atrofidagi aylanma harakati.

Qattiq jismning qo‘zg`almas o‘q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi. Aylanma harkatning burchak tezligi. Qo‘zg`almas o‘q atrofida aylanma harakatdagi jism nuqtalarning tezligi va tezlanishi.

Qattiq jism tekis parallell harakati. Tekis parallell harakatning hususiyatlari. Tekis shaklning harakat tenglamasi. Tekis shakl nuqtasining tezligining qutb tezliklarining proektsiyalariga oid teorema. Tezliklarning oniy markazi. Ba`zi hollarda tezliklarning oniy markazini aniqlash. Tekis shakl nuqtasining tezlanishi. Tezlanishlarining oniy markazi. Tekis parallell harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlari aniqlashga doir masalalar. Qattiq jismning qo‘zg`almas nuqta atrofida aylanuvchi jismning ko‘chishiga oid Eyler-Dalamber teoremasi.

Nuqtaning murakkab harakati. Nuqtaning nisbiy ko‘chirma va murakkab harakatlari. Tezliklarni qo‘shish teoremasi. Tezlanishlarni qo‘shish teoremasi. (Koriolis teoremasi). Koriolis tezlanish

Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari va qonunlari. Mexanik o‘lchov birliklari sistemasi. Moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari. Bog`lanishdagi moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari. Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. Moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasining umumiy teoremasi. Sistemaning massalar markazi va uning koordinatalari. Sistemaning inertsiya momentlarining umumiy formulalari. Jismning parallel o‘qlarga nisbatan inertsiya momentlarini hisoblash.Gyugens-Shteyner teoremasi. Ba`zi oddiy shakkli jismlarning inertsiya momentlarini hisoblash. Jismning berilgan nuqtadan o‘tuvchi ixtiyoriy o‘qqa nisbatan inertsiya momenti. Inertsiya bosh o‘qlarining xususiyatlari. Moddiy nuqta, mexanik sistema uchun Dalamber printsipi. Inertsiya kuchlarining bosh vektor va bosh momenti.

Materiallar qarshiligi. Asosiy tushunchalar va ta`rifi. Materiallar qarshiligi fanining mazmuni va maqsadi. Ta`rif va tushunchalar. Materiallar qarshiligi fanini texnikaviy fanlar bilan bog`liqligi. Bu fanni mehnat va kasb ta`limi o‘qituvchilarining bilimi va qobiliyatlarini shakllantirishidagi ahamiyati. Materiallar qarshiligi fanining qisqacha rivojlanish tarixi. Kuchlar klassifikatsiyasi.

Deformatsiyalar.Deformatsiya va ularni turlari. Ichki kuchlar. qirqish metodi. Normal va urinma kuchlanish. Oddiy deformatsiyalar: cho‘zilish va siqilish, siljish, buralish, egilish. Murakkab qarshilik: egilish bilan buralishning birgalikdagi ta`siri, bo‘y egilish, markaziy bo‘lmagan cho‘zilish va siqilish, qiyshiq egilish. Cho‘zilish va siqilish. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasi to'g`risida tushuncha. Bo'ylama kuchlar va brus ko'ndalang kesim yuzasidagi kuchlanish. Epyuralari. Bo'ylama va ko'ndalang deformatsiyalar. Guk qonuni. Elastiklik moduli. Ko'ndalang kesimining surilishi. Bruslarning o'z og`irligini e`tiborga olgan holda cho'zilish va siqilishga hisoblash. Materiallarning mexanik xossalarini eksperimental o'rganish. Plastik va mo'rt materiallarning cho'zilish va siqilishga sinash. Ruxsat etilgan kuchlanish, mustaxkamlikka extiyotlik koeffitsenti. Statik aniqmas masalalar.

Siljish. Sof siljish deformatsiyasi haqida tushuncha. Ko'ndalang kuch. Siljishdagi deformatsiya va kuchlanish. Mustaxkamlik hisoblash. Siljishdagi Guk qonuni. Uchta doimiy elastiklik koeffitsientlarning bog`liqligi (isbotsiz). Qirqilish va ezilishga ishlayotgan Materiallar qarshiligining mustahkamlik hisobiga misollar. Kesim yuzasining geometrik xarakteristkasi. Dumaloq va halqasimon kesim yuzaning qutb enertsiya momenti va qutb qarshilik momenti. To'g`ri to'rtburchak dumaloq va halqasimon kesim yuzalarining o'qqa nisbatan inertsiya momentlari va qarshilik momentlari.

Buralish. Buralish deformatsiya haqida tushuncha. Val kesim yuzalarida hosil bo'lgan ichki burovchi momentlar. Doiraviy kesim yuzali to'g`ri valni buralishdagi kuchlanish va deformatsiya. Urinma kuchlanishlarini kesim yuza bo'yicha taqsimlanish qonuni.

Egilish.Egilish deformatsiyasi haqida tushuncha. To'g`ri egilish. Sof va ko'ndalang egilish. Tayanch va tayanch reaktsiya kuchlari. Ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyurasi. Sof egilishdagi normal kuchlanish va deformatsiya. Ko'ndalang egilishdagi urinma kuchlanish. Juravskiy formulasi. Oddiy holda yuklangan balkalarning kesim yuzalarini chiziqli siljishi va burchak og`ishi. Egilishiga ishlayotgan balkalarning bikrlikka hisobi. Egilishga ishlayotgan balkalarning bikrlikka hisobiga misollar. Murakkab kuchlanish holati. Nuqtaning kuchlanish holati va uning hillari to'g`risida tushuncha. Urinma kuchlanishning juftlik qonuni. Kuchlanish holatining hillari. Tekis kuchlanish holatida qiya tekislikdagi kuchlanish.

Mustahkamlik nazariyalari. Mustahkamlik nazariyasining ahamiyati. Eng katta urinma kuchlanish. Mor mustaxkamlik nazariyasi. Energetik mustaxkamlik nazariyasini tanlash. Murakkab qarshilik. Murakkab qarshilikda deformatsiya va kuchlanishni aniqlashning umumiy metodi. Qiyshiq egilish. Egilish bilan o'q bo'ylab cho'zilish yoki siqilish. Katta bikrlikdagi sterjenni markaziy bo'lmagan kuch ta`siridan cho'zilishi yoki siqilishi. Dumaloq kesim yuzali brusni egilishi bilan buralishi. Murakkab qarshilikka ishlayotgan oddiy Materiallar qarshiligining mustaxkamlik hisobiga misollar.

Bo'ylama egilish.Ustivorlik va kritik kuch to'g`risida tushuncha. Kritik kuchni topish uchun Eyler formulasi. Sterjen uchlarini tayanchga biriktirish usulini kritik kuch miqdoriga ta`siri. Kritik kuchlanish. Eyler formulasining ishlatilishi chegaralari. YAsinskiy formulasi. Siqilayotgan Materiallar qarshiligining ustivorlikka hisobi. O'zgaruvchan yuklanishga mustahkamlik. O'zgaruvchan yuklanish va uni Materiallar qarshiligining mustahkamligiga ta`siri. Materiallarni o'zgaruvchan kuchlanishda parchalanish tabiatining fizik moxiyati. Kuchlanish tsiklining hillari. Chidamlilik chegaralarini topish. Charchash mustahkamligiga ta`sir qiluvchi omillar.

Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi va uning asosiy bo'limlari. Mexanizm va mashinalar nazariyasi fanining rivojlanish tarixi. Mexanizm va mashinalar nazariyasi fanini texnikaviy va maxsus fanlar bilan bog`liqligi.

Asosiy tushunchalar. Kinematik juftlar va kinematik zanjirlar. Mexanizm kinematik zanjirni xususiy xoli. Mexanizmning tuzilish formulasi. Mexanizmlarning asosiy turlari to'g`risida ma`lumot.

Tekislikda harakatlanuvchi mexanizmlar klassifikatsiyasi. Mexanizmlarning ratsional klassifikatsiyasiga nisbatan qo'yilgan talablar. Tekis mexanizmlarning tuzilish klassifikatsiyasi.

Mexanizmlarning kinematik tekshirish masalalar va metodlari. Mexanizmlarning turli vaziyat planlari. Mexanizmlar kinematiksini grafik tekshirish. Kinematik diagrammalar metodi. Tekis mexanizmlarning tezlanishlar plani metodi yordamida aniqlash. Tekis mexanizmlarning kinematikasini analitik tekshirish.

Mexanizmlar dinamikasi. Mexanizm va mashinalar dinamikasinng asosiy masalalari. Mashinalarga ta`sir qiluvchi kuchlar klassifikatsiyasi. Mashina harakatining asosiy tenglamasi va uni tahlili. Mashinaning mexanik foydali ish koeffitsienti. Mashina agregati tarkibiga kiruvchi mexanizmlarning ketma-ket, parallel va aralash biriktirilganda mexanik foydali ish koeffitsienti.

Mexanizmlarning kuch hisobi masalalari. Kinetostatika. Mexanizm zvenolaridagi inertsiya kuchlarini aniqlash. Kinematik zanjirning statik aniqlik shartlari. Tekislikdagi mexanizmning kuch hisobini olib borish tartibi. Muvozanatlovchi kuch va moment. Jukovskiy metodi.

Kinematik juft elementlaridagi ishqalanish kuchlari. Ishqalanish turlari va qonunlari. Ilgarilanma va aylanma kinematik juft elementlaridagi ishqalanish. Yumalab ishqalanish. Oliy kinematik juftlardagi ishqalanish.

Massalarni muvozanatlash. Bo'g`inlarni muvozanatlovchi massalar. Aylanuvchi zvenolarning muvozanat bo'lmaslik sabablari. Aylanuvchi massalarni statik va dinamik muvozanatlash. Bir tekislikda va parallel tekisliklarda aylanuvchi massalarni muvozanatlash. Mexanizm harakati to'g`risidagi masalani uning etakchi bo'g`inining harakati to'g`risidagi masalasiga keltirish, keltirilgan kuch va moment haqida tushuncha. Keltirilgan massa va enertsiya momenti haqida tushuncha.

Mashina harakatini bir me`yorda saqlash nazariyasiga oid asosiy tushunchalar. Mashinaning davriy va nodavriy harakati. Mashina agregat bosh vali burchak tezligining davriy o'zgarishini moxavik yordamida sozlash. Mashina bosh vali burchak tezligining davriymas o'zgarishini tezlik regulyatorlari yordamida sozlash nazariyalari xaqida asosiy ma`lumotlar.

Mashina detallari fanining o'rni va ahamiyati, rivojlanish tarixi, nazariy va metodalogik asoslari va o'rganiladigan muammolari. Detallarni ishlash layoqati va uni ta`minlash. Loyixalanayotgan mashina detallarini ishlash layoqati, ularning mustaxkamligi, bikrligi, issiqbardoshligi, yoyilishga va titirashga chidamliligi. Ruxsat etilgan kuchlanishni aniqlash.Detalni loyihalashning ruxsat etilgan kuchlanish qiymatini tanlashga bog`liqligi, detalning mashinada yaxshi ishlashini, materialni nisbatan kam sarf qilinishini ta`minlaydi. Mexanik uzatmalar. Friktsion uzatmalar. Friktsion uzatmani kontakt kuchlanish bo'yicha hisoblash Tasmali uzatmalar va ularni hisoblashning nazariy asoslari. Uzatmada tasmalarining ishlash layoqati, uning tortishish kuchi, hamda ishlash muddati bilan belgilanadi. Yassi tasmali uzatmani hisoblash tartibi. Tasma uchun material tanlash, etaklovchi va etaklanuvchi shkiv diametrlarini aniqlash. Ponasimon tasmali uzatmani hisoblash tartibi. Tishli uzatmalar.Ularning joylashishiga qarab tsilindrsimon, o'qlari o'zaro paralell, o'zaro kesishuvchi va ayqash. Tishli uzatmlarning ishlash qobiliyati va ularning emirilishi. To'g'ri tishli tsilindrik g`ildirak tishlarni kontakt kuchlanish bo'yicha hisoblash. Qiya va shevron tishli tsilindrik uzatmalarni hisoblashning o'ziga xos xususiyatlari. Konussimon g`ildirakli uzatmalar. Chervyakli uzatmalar, kinematikasi va geometriyasi. Chervyakli uzatmani eguvchi va kontakt kuchlanish bo'yicha hisoblash. Zanjirli uzatmalar. Umumiy ma`lumotlar. Zanjirli uzatmalarni hisoblash asoslari. Zanjir sharnirlarining eyilishiga chidamliligini aniqlash. Vallar va o'qlar. Vallarni mustaxkamligini hisoblashni aniqlashtirish usuli.Podshipniklar. Sirpanish va dumalash podshipniklari. Mufta, birikma va rezbalar. Bolt, vint, shpilka xususiy xollari. Shponkali va shlitsali birikmalar.

Amaliy mashg`ulotlarni tashkil etish bo'yicha ko'rsatma va tavsiyalar

Amaliy mashg`ulotlarda talabalar nazariy mexanika fani qonunlaridan foydalanib texnik masalalari echishni o'rganadilar.

Amaliy mashg`ulotlarining tavsiya etiladigan mavzulari:

1. Ta`sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar.
2. Parallel kuchlar.
3. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi.
4. Og`irlik markazi.
5. Nuqta tezligi.
6. Nuqta tezlanishi.
7. Tekis parallell harakat
8. Moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasining umumiy teoremalari
9. Mexanizmlarning qo'zg`aluvchanlik darajasini va klassini aniqlash.
10. Mexanizmlarni kinematik tekshirish metodlari.
11. Tekis mexanizmlarni sintezi. (richagli va kulachokli mexanizmlar).
12. Aylanma harakatni uzatish mexanizmlarining kinematikasini tekshirish.
13. Tekis mexanizmlarning kinetostatik hisobi.Cho'zilish va siqilishga ishlayotgan oddiy konstruktsiya elementlarini mustahkamlikka va bikrlik hisobi.
14. Siljish qirqilishga va ezilishga ishlayotgan konstruktsiya elementlarini mustahkamlikka va bikrlikka hisobi.
15. Egilishga ishlayotgan konstruktsiya elementlarini mustahkamlikka va bikrlikka hisobi.
16. Buralishga ishlayotgan konstruktsiya elementlarini mustahkamlikka va bikrlikka hisobi.
17. Murakkab qarshilikka ishlayotgan konstruktsiya elementlarini mustahkamlikka va bikrlikka hisobi.
18. Cho'zilish va siqilishga ishlayotgan oddiy konstruktsiya elementlarini mustahkamlikka va bikrlik hisobi.
19. Siljish qirqilishga va ezilishga ishlayotgan konstruktsiya elementlarini mustahkamlikka va bikrlikka hisobi.

20. Egilishga ishlayotgan konstruktsiya elementlarini mustahkamlikka va bikrlikka hisobi.
21. Buralishga ishlayotgan konstruktsiya elementlarini mustahkamlikka va bikrlikka hisobi.
22. Murakkab qarshilikka ishlayotgan konstruktsiya elementlarini mustahkamlikka va bikrlikka hisobi.

Amaliy mashg`ulotlarni tashkil etish bo'yicha kafedra professor o'qituvchilari tomonidan ko'rsatma va tavsiyalar ishlab chiqiladi. Unda talabalar asosiy ma`ruza mavzulari bo'yicha olgan bilim va ko'nikmalarini amaliy masalalar echish orqali yanada boyitadilar. Shuningdek, darslik va o'quv qo'llanmalar asosida talabalr bilimlarini mustahkamlashga erishish, tarqatma materiallardan foydalanish, ilmiy maqolalar va tezislarni chop etish orqali talabalar bilimini oshirish, masalalar echish, mavzular bo'yicha ko'rgazmali qurollar tayyorlash va boshqalar tavsiya etiladi.

Laboratoriya mashg`ulotlarni tashkil etish bo'yicha ko'rsatma va tavsiyalar

Laboratoriya ishlari talabalarda muxandislik amaliyotida, ko'plab uchraydigan, deyarli hamma turdagi mashinalar uchun umumiy bo'lgan mexanizm bo'g`inlarining tuzilishini hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblash va loyihalash uchun zarur bo'lgan amaliy ko'nikma va malaka hosil qiladilar.

1. Mexanizmlarning kinematik sxemalarini tuzish va tuzilishining tahlili
2. Tekis mexanizmlarni kinematikasini grafik metodda tekshirish
3. Tekis mexanizmlarni kinematikasini grafo-analitik metodda tekshirish metodda tekshirish
4. Tekis mexanizmlarni sintezi. (kulachokli mexanizmlar).
5. Tekis mexanizmlarning kinetostatik taxlili.
6. To'g`ri tishli reduktorning asosiy geometrik o'lchamlarini aniqlash va hisoblash
7. Qiyshiq tishli reduktorlarning asosiy geometrik o'lchamlarini aniqlash va hisoblash
8. Konus tishli reduktorlarning asosiy geometrik o'lchamlarini aniqlash va hisoblash.
9. CHervyakli redukutorlarning tuzilishini o'rganish va hisobilash.
10. Tasmali uzatmalarni tuzilishi va loyihasini o'rganish.
11. Tishli uzatmalarni tuzilishi va loyihasini o'rganish.
12. Zanjirli uzatmalarni tuzilishi va loyihasini o'rganish.
13. Podshipnikni tuzilishini o'rganish.
14. Cho'zilish va siqilishdagi elastiklik moduli «E»ni aniqlash.
15. Plastik materiallarni cho'zilishga va siqilishga tekshirish.
16. Mo'rt materiallarni cho'zilish va siqilishga tekshirish.
17. Yog`ochni siquvchi kuchlarga bardosh bera olishini sinash.
18. Siljishga ishlovchi konstruktsiya elementlarini sinash.

Kurs ishini tashkil etish bo'yicha ko'rsatmalar

Kurs ishining maqsadi talabalrni mustaqil lilash qobilyatlarini rivojlantirish, olgan nazariy bilimlarni qo'llashda amaliy ko'nikmalar hosil qilish, bevosita ishlab chiqarishdagi real sharoitlarga mos texnik echimlar qabul qilish va zamonaviy texnika va texnologiyalarni qo'llash ko'nikmalarini hosil qilishdir.

Kurs ishining mavzulari umumiy talabalar sonidan 20-30% ko'proq oldindan tayyorlanadi. Har bir talabaga shaxsiy topshiriq beriladi.

Kurs ishining taxminiy mavzulari:

1. To'g`ri tishli tsilindrik g`ildirakli reduktorning loyiha hisobi.
2. Qiyshiq tishli tsilindrik g`ildirakli reduktorning loyiha hisobi.
3. Konus tishli reduktorning loyiha hisobi.
4. Cherviyakli reduktorning loyiha hisobi.

Mustaqil ta`limni tashkil etishning shakli va mazmuni

Talaba mustaqil ta`limni tayyorlashda muayyan fanning xususiyatlarini hisobga olgan holda quyidagi shakllardan foydalanish tavsiya etiladi:

- darslik va o'quv qo'llanmalar bo'yicha fan boblari va mavzularini o'rganish.
- tarqatma materiallar bo'yicha ma`ruzalar qismlarini o'zlashtirish.
- avtomatlashtirilgan o'rgatuvchi va nazorat qiluvchi tizimlar bilan ishlash.
- maxsus adabiyotlar bo'yicha fanlar bo'limlari yoki mavzulari ustida ishlash.
- yangi texnikalarni, apparaturalarni, jarayonlar va texnologiyalarni o'rganish.
- talabaning o'quv-ilmiy-tadqiqot ishlarini bajarish bilan bog`liq bo'lgan fanlar bo'limlari va mavzularini chuqur o'rganish.
- faol va muammoli o'qitish uslubidan foydalaniladigan o'quv mashg`ulotlari.
- masofaviy(distantsion) ta`lim.

Tavsiya etilayotgan mustaqil ta`limning mavzulari:

1. Bog`lanishvabog`lanishreaktsiyasi.
2. Fazodaixtiyoriyvaziyatdajoylashganjuftkuchlarniqo'shish. Juftkuchlarningsistemasiningmuvozanati.
3. Xususiy xollarda kuchlar sistemasining muvozanat tenglamalari.
4. Dumalanishdagiishqalanish.
5. Harakati tabiiy usulida berilgan nuqtaning tezligi.
6. Nuqta tezlanishlarini aniqlashga oid masalalar.
7. Qattiq jismaylanma harikatining husustiyxoli.
8. Moddiy nuqtaning nisbiy harakati dinamikasi. Jismlarning muvozanati va harakatiga er aylanishining ta`siri.
9. Giraskopningelementarnazariyasi
10. Fannimehnato'qituvchisiningbilimvaqobiliyatinishakllantirishdagiahamiyati.
11. Ichki kuch va kuchlanishlar, ularning epyuralari.
12. Sterjenninghisobidauzogirliginie`tiborgaolish.
13. Extiyotlikkoeffitsienti.
14. Siljish (kirkilish) vaezilishgaishlayotganoddiymashinadetallariningmustaxkamlikhisobigamisollar.
15. Dumaloq, turtburchak, uchburchakvaboshkaelementaryuzalarningenertsiyavakdrshilikmomentlari.

16. Buralishdeformatsiyasi
17. Urinmakuchlanishlarnikesimyuzabo‘yichataksimlanishi
18. Kundalangkuchvaeguvchi moment vaularningepyuralarikuchlanishvadeformatsiya
19. Egilishbilanchuzilishningbirpaytdata`siri
20. Brusniegilishbilanburalishinihisoblashga
21. Chidamlilikchegarisinitopish. Charchashmohiyati.
22. Mexanizmlarnituzilishtaxlili. Mexanizmlarklassinianiqlash.
23. Mexanizmlarningturlivaziyatplanlariniqurishvanuqtalarningtroektoriyasinitopish nio‘rganish.
24. Mexanizmlarning kinematikaviy tekshirishni analitik metod asoslari. Kinematikdiagrammalarmetodi.
25. Tarkibidaquyikinematikjuftlardantashkiltopganmexanizmlarnisintezlash.
26. Kulachoklimexanizmlarningkinematikloyihalash.
27. Mexanizlarkinematikasini plan metodiyordamidatekshirish.
28. Tekismexanizmlarningkinetostatiktaxlili.
29. Detallarni ishlashlayoqati va uni ta`minlash.
30. Ruxsatetilgankuchlanishnianiqlash.
31. Uzatmalarhaqidaumumiytushunchalar.
32. Friktsionuzatmaningasosiyturlari.
33. Yassi tasmalarni tayyorlash uchun ishlatiladigan materiallar
34. Ponasimontasmaliuzatmalarnihisoblash.
35. Tishliuzatmaninggeometriyasivakinematikasi.
36. Tishli g`ildiraklarning emirilish turlari.
37. To‘g`ri tishli tsilindrsimon g`ildiraklarni eguvchi kuchlanish bo‘yicha xisoblash.
38. Chervyakli uzatmaning kinematikasi va geometriyasi va hisoblash.
39. Zanjirli uzatmalarning asosiy xarakteristkilari, uzatmadagi kuchlar va hisoblash tartibi.
40. Vallarnimustahkamlikkahisoblash.
41. Sirpanishpodshipniklari
42. Reduktor turlari va ularni moylash.
43. Muftalar, sharnirli richagli muftalarni hisoblash.
44. Birikmalar, umumiyma`lumot.

Fan dasturining informatsion-uslubiy ta`minoti

Didaktikvositalar

Didaktikvositalar:ma’ruzavalaboratoriyamashg‘ulotlarida slaydlar, multimedia vositalari, tarqatma materiallar.

Jihozlar va uskunalar, moslamalar: mavzuga oid ko’rgazmali qurollar va plakatlar.

Video-audiouskunalar: kompyuter, proyektor, kolonkalar, lingofon qurilmasi.

Kompyuter va multimediali vositalar: elektron darslik,darsliklarning elektron versiyalari.

Foydalaniladigan adabiyotlarro‘yxati

Asosiy adabiyotlar

1. A.Shoobidov«Nazariymexanikaasoslari» T. «Yangiavlod» 2008.
2. R.Bibutov«Amaliymexanika» T. «O‘qituvchi». 2010
3. R. Axmedxadjaev «Nazariymexanika» T. «Yangiavlod» 2008
4. O.E.Kepe va boshqalar «Nazariymexanika» T. «Yangiavlod».2008
5. С.А.Юлдошбеков. Материаллар қаршилиги Т:.«Ўқитувчи », 1995.
6. A.Nabiev, Materiallarqarshiligi T.: «O‘qituvchi» 2008
7. В.А.Юдин. Теория механизмов и машин, М. Высшая школа, 1997.
8. Р.Тожибоев, А.Жўраев «Машинадеталлари» Т:.«Ўқитувчи», 2002.
9. А.В.Пятаев, Б.К.Мухамеджанов «Машинадеталлари» Т:. «Молия иқтисод »,2007.
10. А.Жўраев, М.Мавяев,Т.Абдукаримов «Механизм ва машиналар назарияси»Т.: Ғ.Ғуломов, 2004.
11. Д.Н.Решетов. Детали машин. М.Машиностроения, 1999.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1. А.Мансуров «Материаллар қаршилиги»Т.: Ўқитувчи. 1993
2. Н.Мирзакобилов, И.Якубова «Материаллар қаршилиги» фанидан лаборатория машғулотларини бажариш бўйича услубий қўлланма Т.: ТДПУ2014
3. Н.Мирзакобилов, И.Якубова «Материаллар қаршилиги» фанидан амалий машғулотларини бажариш бўйича услубий қўлланма Т.: ТДПУ 2014
4. Б.К.Мухамедсаидов «Машина деталлари» фанидан лаборатория машғулотларини бажариш бўйича услубий қўлланма. Т:. ТДПУ, 2014
5. Б.К.Мухамедсаидов «Машина деталлари» фанидан курс ишларини бажариш бўйича услубий қўлланма. Т:. ТДПУ, 2013
6. Б.К.Мухамедсаидов «Машина деталлари» фанидан амалий машғулотлар бажариш бўйича услубий қўлланма. Т:. ТДПУ, 2014
7. R.B.Daminova va boshqalar «Nazariy mexanika» elektron darslik
8. №DGU 011202006.
9. B.K.Muxamedsaidov, A.V.Pyatayev, N.A.Muslimov Mexanizm va mashinalar nazariyasi DGU 00932 2005 yil
10. B.K.Muxamedjanov va boshqalar «Mashina detallari» elektron darslik 2005. DGU №00880.

Elektron ta`lim resurslari

1. www.ziyonet.uz
2. www.pedagog.uz

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

Ro'yxatga olindi:
№ 589
2019 y. «__»__________

«TASDIQLAYMAN»
O'quv ishlari prorektori
prof. A. Soleev ________
«___»__________ 2019 yil

"TEXNIK MEXANIKA"

fanining

ISHCHI O'QUV DASTURI

Bilim sohasi:	100 000 – gumanitar
Ta'lim sohasi:	110000 – pedagogika
Ta'lim yo'nalishi:	5112100 – mehnat ta'limi

SAMARQAND – 2019

Fanning ishchi o'quv dasturi o'quv, ishchi o'quv reja va o'quv dasturiga muvofiq ishlab chiqildi.

Tuzuvchi:

Urunov A. - «Mehnat ta'limi» kafedrasi mudiri
Ergashev I.T. - Mehnat ta'limi kafedrasi, t.f.d., prof.
A.Gadoev - "Mehnat ta'limi" kafedrasi o'qituvchisi

Taqrizchilar:

Quvondiqov Sh. - Mehnat ta'limi kafedrasi, t.f.d., dotsenti
T.Q.Ostonov - "Mehnat ta'limi" kafedrasi dotsenti.

Fanning ishchi o'quv dasturi "Mehnat ta`limi" kafedrasining 2019 yil __ avgustdagi № 1- son yig'ilishida muhokamadan o'tgan va fakultet kengashida muhokama qilish uchun tavsiya etilgan.

Kafedra mudiri: **t.f.n. A.Urunov**

Fanning ishchi o'quv dasturi "Maktabgacha ta'lim" fakulteti uslubiy kengashida muhokama etilgan va foydalanishga tavsiya qilingan (2019 yil __ avgusdagi 1-sonli bayonnoma).

Fakultet uslubiy kengashi raisi: **dotsent T.Q.Ostonov**

Fanning ishchi o'quv dasturi "Maktabgacha ta'lim" fakulteti ilmiy kengashida muhokama etilgan va foydalanishga tavsiya qilingan (2019 yil __ avgusdagi 1-sonli bayonnoma).

Fakultet ilmiy kengashi raisi: **prof. B.Haydarov**

Kelishildi:
O'quv uslubiy boqarma boshlig'i: **dots. B.Aliqulov**

Kirish

Texnika va texnologiyalarning jadal sur`atlarda rivojlanishi, kompyuterlashtirish va boshqarish tizimining keng miqyosda qo‘llanilishi texnika fanlariga bo‘lgan talabni kuchaytirmoqda. Shuning uchun loyihalangan mashinalar, ularning detallari mumkin qadar engil, etarli darajada mustahkam, ishqalanishga chidamli, davlat standartlariga to‘liq mos keladigan bo‘lishi shart. Yuqorida qo‘yilgan talablarni texnik mexanika fanida o‘rganiladi. Texnika mexanika fani tarkibi quyidagi bo‘limlardan iborat:

Nazariy mexanika - moddiy jismlarinng bir-biriga ko‘rsatadigan ta`siri va mexanik harakatining umumiy qonunlari xaqidagi bo‘limdir.

Materiallar qarshiligi - loyihalangan mashinalar, ularning detallari mumkin qadar engil, etarli darajada mustahkam, ishqalanishga chidamlilik xossalarini o‘rganish bilan shug`ullanadigan bo‘limdir.

Mexanizm va mashinalar nazariyasi – mexanizmlarning tuzilishini (strukturasini) shuningdek, bu mexanizmlarning kinetik hamda dinamik xossalarini o‘rganish bilan shug`ullanadigan bo‘limdir.

Mashina detallari - hamma turdagi mashinalar uchun umumiy bo‘lgan detal va uzellarning tuzilishi hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblash va loyihalash usullarini o‘rgatadi bo‘limdir.

O‘quv fanining maqsadi va vazifalari

Fanni o‘qitishdan maqsad – talabalarda moddiy jismlarinng bir-biriga ko‘rsatadigan ta`siri va mexanik harakatining umumiy qonunlari, muxandislik amaliyotida, ko‘plab uchraydigan, deyarli hamma turdagi mashinalarga ta’sir etadigan tashqi kuchlar va ichki kuchlar, uni aniqlash metodilari, deformatsiya turlari, mexanizm bo‘g`inlarining tuzilishini hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblash va loyihalash, detal va uzellarning ishga layoqatliligini hisoblash va loyihasiinng nazariy asoslarini, konstruktsiya turlari, tuzilishi va ularga mos turli masalalarning yechimlariga oid bilim, ko‘nikma va malaka shakllantirishdir.

Fanning vazifasi - talabalarga statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko’ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, harakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini hisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo‘yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o‘qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to‘g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo‘llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to‘g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o‘ziga xosligi, vallar, o‘qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar haqida talabalarga bilim berishdir.

-talabalarga statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko'ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, harakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini xisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo'yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o'qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to'g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo'llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to'g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o'ziga xosligi, vallar, o'qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar kabi mavzularga oid texnik masalalarni echish ko'nikmalariga ega bo'lishi kerak.

-statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismning ilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko'ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, harakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini xisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo'yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o'qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to'g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo'llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to'g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o'ziga xosligi, vallar, o'qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar kabi mavzularga oid bilimlardan murakkab texnik masalalarni echishda foydalana olish malakalariga ega bo'lishlari kerak.

Fan bo'yicha talabalarning bilimiga, ko'nikma va malakasiga qo'yiladigan talablar

Texnik mexanika fanini o'zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr:

-statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko’ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, xarakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini hisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo‘yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o‘qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to‘g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo‘llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to‘g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o‘ziga xosligi, vallar va o‘qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlarga oid bilimlarni bilishi kerak.

statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko’ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, xarakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini xisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo‘yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o‘qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to‘g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo‘llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to‘g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o‘ziga xosligi, vallar, o‘qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar kabi mavzularga oid texnik masalalarni echish ko‘nikmalariga ega bo‘lishi kerak.

-statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko'ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, xarakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini xisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo'yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o'qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to'g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo'llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to'g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o'ziga xosligi, vallar, o'qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar kabi mavzularga oid bilimlardan murakkab texnik masalalarni echishda foydalana olish malakalariga ega bo'lishlari kerak.

Fanning o'quv rejadagi boshqa fanlar bilan o'zaro bog'liqligi va uslubiy jihatdan uzviy ketma-ketligi

Texnika mexanika fani oliy ta`lim muassasalarida o'tiladigan asosiy fanlardan biri bo'lib, "Materiallar qarshiligi","Konstruktsion materiallar texnologiyasi", "Chizma geometriya" va "Muhandislik grafikasi" fanlariga asoslanadi.

Fanning ta'limdagi o'rni

Mazkur fan ishlab chiqarish bilan bevosita aloqada bo'lib, vatanimizning texnika soxalarida mashina detallari fanidan unumli foydalanish va yanada rivojlantirish kabi masalalarni ishlab chiqarish bilan qo'shib olib borish yaxshi natijalarni beradi.

Fani o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar

Talabalarning kasb hunarga yo'naltirish fanini o'zlashtirishlari uchun o'qitishning ilg'or va zamonaviy usullaridan foydalanish, yangi informatsion-pedagogik texnologiyalarni tadbiq qilish muhim ahamiyatga egadir. Fanni o'zlashtirishda darslik, o'quv va uslubiy qo'llanmalar, ma'ruza matnlari, tarqatma materiallar, elektron materiallar, virtual stendlar hamda ishchi holatdagi mashinalarning ishlab chiqarishdagi namunalari va maketlaridan foydalaniladi. Ma'ruza, seminar va laboratoriya darslarida mos ravishda ilg'or pedagogik texnologiyalardan foydalaniladi.

Asosiy qism

Fanning nazariy mashg'ulotlari umumiy mazmuni

Texnik mexanika fanining qisqacha tarixi. **Statika**. Qattiq jism statikasi. Asosiy tushunchalar va ta`riflar. Statikaninng asosiy aksiomalari. Bog`lanish va bog`lanish reaktsiyalari. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarni geometrik usulida qo'shish. Kuchning o'qidagi proektsiyasi. Teng ta`sir etuvchini analitik usulda aniqlash. Bir nuqtada kuchlarning muvozanati. Uch kuch muvozanatiga oid teorema. Parallel kuchlar sistemasi. Parallel kuchlarini qo'shish va tashkil etuvchilarga ajratish. Kuchning nuqtaga nisbatan momenti. Kuchning nuqtaga nisbatan moment vektori. Kuchning o'qqa nisbatan momenti. Kuchning o'qqa nisbatan momenti bilan shu o'qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabati. Juft kuchlar nazariyasi. Juft kuch va juft kuchninig momenti. Ekvivalent juft kuchlar xaqidagi teoremalar. Juft kuchlar momentiga oid teorema. Tekislikda va fazoviy kuchlar sistemasi. Kuchning berilagan nuqtaga keltirish. Ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga ketirish. Bosh vektor va bosh moment. Varinon teoremasi. Ishqalanish turlari. Sirpanishdagi ishqalanish qonunlari. Ishqalanish burchagi. Ishqalanish qonuni. Dumalashdagi ishqalanish. Jismlarning og`irlik markazini aniqlash usullari.. Qattiq jismning og`irlik markazi koordinatalarining umumiy formulalari. Jismlarning og`irlik markazini aniqlash usullari. Oddiy shaklli ba`zi jismlarning og`irlik markazlarini aniqlash.

Kinematika. Asosiy tushunchalar. Nuqta kinematikasi. Nuqta harakatlarining berilish usullari. Harakat vektor, koordinata usulida, tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezligi, harakati vektor usulida koordinatalari usulida, tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezlaniishi. Qattiq jismning ilgarlanma va qo‘g`almas o‘q atrofidagi aylanma harakati.

Qattiq jismning qo‘zg`almas o‘q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi. Aylanma harkatning burchak tezligi. Qo‘zg`almas o‘q atrofida aylanma harakatdagi jism nuqtalarning tezligi va tezlanishi.

Qattiq jism tekis parallell harakati. Tekis parallell harakatning hususiyatlari. Tekis shaklning harakat tenglamasi. Tekis shakl nuqtasining tezligining qutb tezliklarining proektsiyalariga oid teorema. Tezliklarning oniy markazi. Ba`zi hollarda tezliklarning oniy markazini aniqlash. Tekis shakl nuqtasining tezlanishi. Tezlanishlarining oniy markazi. Tekis parallell harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlari aniqlashga doir masalalar. Qattiq jismning qo‘zg`almas nuqta atrofida aylanuvchi jismning ko‘chishiga oid Eyler-Dalamber teoremasi.

Nuqtaning murakkab harakati. Nuqtaning nisbiy ko‘chirma va murakkab harakatlari. Tezliklarni qo‘shish teoremasi. Tezlanishlarni qo‘shish teoremasi. (Koriolis teoremasi). Koriolis tezlanish

Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari va qonunlari. Mexanik o‘lchov birliklari sistemasi. Moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari. Bog`lanishdagi moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari. Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. Moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasining umumiy teoremasi. Sistemaning massalar markazi va uning koordinatalari. Sistemaning inertsiya momentlarining umumiy formulalari. Jismning parallel o‘qlarga nisbatan inertsiya momentlarini hisoblash.Gyugens-Shteyner teoremasi. Ba`zi oddiy shakkli jismlarning inertsiya momentlarini hisoblash. Jismning berilgan nuqtadan o‘tuvchi ixtiyoriy o‘qqa nisbatan inertsiya momenti. Inertsiya bosh o‘qlarining xususiyatlari. Moddiy nuqta, mexanik sistema uchun Dalamber printsipi. Inertsiya kuchlarining bosh vektor va bosh momenti.

Materiallar qarshiligi. **Asosiy tushunchalar** va ta`rifi. Materiallar qarshiligi fanining mazmuni va maqsadi. Ta`rif va tushunchalar. Materiallar qarshiligi fanini texnikaviy fanlar bilan bog`liqligi. Bu fanni mehnat va kasb ta`limi o‘qituvchilarining bilimi va qobiliyatlarini shakllantirishidagi ahamiyati. Materiallar qarshiligi fanining qisqacha rivojlanish tarixi. Kuchlar klassifikatsiyasi.

Deformatsiyalar. Deformatsiya va ularni turlari. Ichki kuchlar. qirqish metodi. Normal va urinma kuchlanish. Oddiy deformatsiyalar: cho‘zilish va siqilish, siljish, buralish, egilish. Murakkab qarshilik: egilish bilan buralishning birgalikdagi ta`siri, bo‘y egilish, markaziy bo‘lmagan cho‘zilish va siqilish, qiyshiq egilish.

Cho‘zilish va siqilish. Cho‘zilish va siqilish deformatsiyasi to‘g`risida tushuncha. Bo‘ylama kuchlar va brus ko‘ndalang kesim yuzasidagi kuchlanish. Epyuralari. Bo‘ylama va ko‘ndalang deformatsiyalar. Guk qonuni. Elastiklik moduli. Ko‘ndalang kesimining surilishi. Bruslarning o‘z og`irligini e`tiborga olgan holda cho‘zilish va siqilishga hisoblash. Materiallarning mexanik xossalarini eksperimental o‘rganish. Plastik va mo‘rt materiallarning cho‘zilish va siqilishga sinash. Ruxsat etilgan kuchlanish, mustaxkamlikka extiyotlik koeffitsenti. Statik aniqmas masalalar.

Siljish. Sof siljish deformatsiyasi haqida tushuncha. Ko‘ndalang kuch. Siljishdagi deformatsiya va kuchlanish. Mustaxkamlik hisoblash. Siljishdagi Guk qonuni. Uchta doimiy elastiklik koeffitsientlarning bog`liqligi (isbotsiz). Qirqilish va ezilishga ishlayotgan Materiallar qarshiligining mustahkamlik hisobiga misollar. Kesim yuzasining geometrik xarakteristkasi.

Dumaloq va halqasimon kesim yuzaning qutb enertsiya momenti va qutb qarshilik momenti. To‘g`ri to‘rtburchak dumaloq va halqasimon kesim yuzalarining o‘qqa nisbatan inertsiya momentlari va qarshilik momentlari.

Buralish. Buralish deformatsiya haqida tushuncha. Val kesim yuzalarida hosil bo‘lgan ichki burovchi momentlar. Doiraviy kesim yuzali to‘g`ri valni buralishdagi kuchlanish va deformatsiya. Urinma kuchlanishlarini kesim yuza bo‘yicha taqsimlanish qonuni.

Egilish. Egilish deformatsiyasi haqida tushuncha. To‘g`ri egilish. Sof va ko‘ndalang egilish. Tayanch va tayanch reaktsiya kuchlari. Ko‘ndalang kuch va eguvchi moment epyurasi. Sof egilishdagi normal kuchlanish va deformatsiya. Ko‘ndalang egilishdagi urinma kuchlanish. Juravskiy formulasi. Oddiy holda yuklangan balkalarning kesim yuzalarini chiziqli siljishi va burchak og`ishi. Egilishiga ishlayotgan balkalarning bikrlikka hisobi. Egilishga ishlayotgan balkalarning bikrlikka hisobiga misollar. Murakkab kuchlanish holati. Nuqtaning kuchlanish holati va uning hillari to‘g`risida tushuncha. Urinma kuchlanishning juftlik qonuni. Kuchlanish holatining hillari. Tekis kuchlanish holatida qiya tekislikdagi kuchlanish.

Mustahkamlik nazariyalari. Mustahkamlik nazariyasining ahamiyati. Eng katta urinma kuchlanish. Mor mustaxkamlik nazariyasi. Energetik mustaxkamlik nazariyasini tanlash. Murakkab qarshilik. Murakkab qarshilikda deformatsiya va kuchlanishni aniqlashning umumiy metodi. Qiyshiq egilish. Egilish bilan o‘q bo‘ylab cho‘zilish yoki siqilish. Katta bikrlikdagi sterjenni markaziy bo‘lmagan kuch ta`siridan cho‘zilishi yoki siqilishi. Dumaloq kesim yuzali brusni egilishi bilan buralishi. Murakkab qarshilikka ishlayotgan oddiy Materiallar qarshiligining mustaxkamlik hisobiga misollar.

Bo‘ylama egilish. Ustivorlik va kritik kuch to‘g`risida tushuncha. Kritik kuchni topish uchun Eyler formulasi. Sterjen uchlarini tayanchga biriktirish usulini kritik kuch miqdoriga ta`siri. Kritik kuchlanish. Eyler formulasining ishlatilishi chegaralari. YAsinskiy formulasi. Siqilayotgan Materiallar qarshiligining ustivorlikka hisobi. O‘zgaruvchan yuklanishga mustahkamlik. O‘zgaruvchan yuklanish va uni Materiallar qarshiligining mustahkamligiga ta`siri. Materiallarni o‘zgaruvchan kuchlanishda parchalanish tabiatining fizik moxiyati. Kuchlanish tsiklining hillari. Chidamlilik chegaralarini topish. Charchash mustahkamligiga ta`sir qiluvchi omillar.

Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi va uning asosiy bo‘limlari. Mexanizm va mashinalar nazariyasi fanining rivojlanish tarixi. Mexanizm va mashinalar nazariyasi fanini texnikaviy va maxsus fanlar bilan bog`liqligi.

Asosiy tushunchalar. Kinematik juftlar va kinematik zanjirlar. Mexanizm kinematik zanjirni xususiy xoli. Mexanizmning tuzilish formulasi. Mexanizmlarning asosiy turlari to‘g`risida ma`lumot.

Tekislikda harakatlanuvchi mexanizmlar klassifikatsiyasi. Mexanizmlarning ratsional klassifikatsiyasiga nisbatan qo‘yilgan talablar. Tekis mexanizmlarning tuzilish klassifikatsiyasi.

Mexanizmlarning kinematik tekshirish masalalar va metodlari. Mexanizmlarning turli vaziyat planlari. Mexanizmlar kinematiksini grafik tekshirish. Kinematik diagrammalar metodi. Tekis mexanizmlarning tezlanishlar plani metodi yordamida aniqlash. Tekis mexanizmlarning kinematikasini analitik tekshirish.

Mexanizmlar dinamikasi. Mexanizm va mashinalar dinamikasinng asosiy masalalari. Mashinalarga ta`sir qiluvchi kuchlar klassifikatsiyasi. Mashina harakatining asosiy tenglamasi va uni tahlili. Mashinaning mexanik foydali ish koeffitsienti. Mashina agregati tarkibiga kiruvchi mexanizmlarning ketma-ket, parallel va aralash biriktirilganda mexanik foydali ish koeffitsienti.

Mexanizmlarning kuch hisobi masalalari. Kinetostatika. Mexanizm zvenolaridagi inertsiya kuchlarini aniqlash. Kinematik zanjirning statik aniqlik shartlari. Tekislikdagi mexanizmning kuch hisobini olib borish tartibi. Muvozanatlovchi kuch va moment. Jukovskiy metodi.

Kinematik juft elementlaridagi ishqalanish kuchlari. Ishqalanish turlari va qonunlari. Ilgarilanma va aylanma kinematik juft elementlaridagi ishqalanish. Yumalab ishqalanish. Oliy kinematik juftlardagi ishqalanish.

Massalarni muvozanatlash. Bo‘g`inlarni muvozanatlovchi massalar. Aylanuvchi zvenolarning muvozanat bo‘lmaslik sabablari. Aylanuvchi massalarni statik va dinamik muvozanatlash. Bir tekislikda va parallel tekisliklarda aylanuvchi massalarni muvozanatlash. Mexanizm harakati to‘g`risidagi masalani uning etakchi bo‘g`inining harakati to‘g`risidagi masalasiga keltirish, keltirilgan kuch va moment haqida tushuncha. Keltirilgan massa va enertsiya momenti haqida tushuncha.

Mashina harakatini bir me`yorda saqlash nazariyasiga oid asosiy tushunchalar. Mashinaning davriy va nodavriy harakati. Mashina agregat bosh vali burchak tezligining davriy o‘zgarishini moxavik yordamida sozlash. Mashina bosh vali burchak tezligining davriymas o‘zgarishini tezlik regulyatorlari yordamida sozlash nazariyalari xaqida asosiy ma`lumotlar.

Mashina detallari fanining o‘rni va ahamiyati, rivojlanish tarixi, nazariy va metodalogik asoslari va o‘rganiladigan muammolari. Detallarni ishlash layoqati va uni ta`minlash. Loyixalanayotgan mashina detallarini ishlash layoqati, ularning mustaxkamligi, bikrligi, issiqbardoshligi, yoyilishga va titirashga chidamliligi. Ruxsat etilgan kuchlanishni aniqlash. Detalni loyixalashning ruxsat etilgan kuchlanish qiymatini tanlashga bog`liqligi, detalning mashinada yaxshi ishlashini, materialni nisbatan kam sarf qilinishini ta`minlaydi. Mexanik uzatmalar. Friktsion uzatmalar. Friktsion uzatmani kontakt kuchlanish bo‘yicha hisoblash Tasmali uzatmalar va ularni hisoblashning nazariy asoslari. Uzatmada tasmalarining ishlash layoqati, uning tortishish kuchi, hamda ishlash muddati bilan belgilanadi. Yassi tasmali uzatmani hisoblash tartibi. Tasma uchun material tanlash, etaklovchi va etaklanuvchi shkiv diametrlarini aniqlash. Ponasimon tasmali uzatmani hisoblash tartibi. Tishli uzatmalar.Ularning joylashishiga qarab tsilindrsimon, o‘qlari o‘zaro paralell, o‘zaro kesishuvchi va ayqash. Tishli uzatmlarning ishlash qobiliyati va ularning emirilishi. To‘g`ri tishli tsilindrik g`ildirak tishlarni kontakt kuchlanish bo‘yicha hisoblash. Qiya va shevron tishli tsilindrik uzatmalarni hisoblashning o‘ziga xos xususiyatlari. Konussimon g`ildirakli uzatmalar. Chervyakli uzatmalar, kinematikasi va geometriyasi. Chervyakli uzatmani eguvchi va kontakt kuchlanish bo‘yicha hisoblash. Zanjirli uzatmalar. Umumiy ma`lumotlar. Zanjirli uzatmalarni hisoblash asoslari. Zanjir sharnirlarining eyilishiga chidamliligini aniqlash. Vallar va o‘qlar. Vallarni mustaxkamligini hisoblashni aniqlashtirish usuli. Podshipniklar. Sirpanish va dumalash podshipniklari. Mufta, birikma va rezbalar. Bolt, vint, shpilka xususiy xollari. Shponkali va shlitsali birikmalar.

Texnika mexanika fanidan mashg’ulotlarning mavzular va soatlar bo’yicha taqsimlanishi:

Jami soat	Ma’ruza	Amaliy	Laboratoriya	Mustaqil ta’lim
134	38	20	10	66

Texnik mexanika fanidan ma’ruzalar

№	Mavzular	Soat
1	Texnik mexanika fanining maqsad va vazifalari, asosiy tushunchalari. Nazariy mexanika. Statika. Qattiq jism statikasi. Asosiy tushunchalar va ta`riflar. Statikaninng asosiy aksiomalari. Bog`lanish va bog`lanish reaktsiyalari.	2
2	Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, ularni geometrik usulida qo‘shish. Kuchning o‘qidagi proektsiyasi. Teng ta`sir etuvchi kuchni analitik usulda aniqlash. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarning muvozanati. Uch kuch teoremasi.	2

3	Parallel kuchlar sistemasi. Parallel kuchlarini qo‘shish va tashkil etuvchilarga ajratish. Kuchning nuqtaga va o‘qqa nisbatan momenti. Kuchning o‘qqa va nuqtaga nisbatan momentlari orasidagi bog’lanish. Juft kuchlar nazariyasi.	2
4	Tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi. Ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga ketirish. Tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini qo’shishning geometrik va analitik usuli.Bosh vektor va bosh moment, kuchlarning muvozanat sharti.	2
5	Qattiq jismning og`irlik markazi koordinatalarining umumiy formulalari. Jismlarning og`irlik markazini aniqlash usullari. Oddiy shaklli ba`zi jismlarning og`irlik markazlarini aniqlash.	2
6	Kinematika. Asosiy tushunchalar. Nuqta kinematikasi. Nuqta harakatlarining berilish usullari. Harakat vektor, koordinata usulida, tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezligi, tezlanishi.	2
7	Qattiq jismning ilgarlanma va qo‘g`almas o‘q atrofidagi aylanma harakati va uning tenglamalari. Qattiq jismning aylanma harkatdagi burchak tezligi va tezlanishi. Qo‘zg`almas o‘q atrofida aylanma harakatdagi jism nuqtalarning tezligi va tezlanishi.	2
8	Qattiq jismning tekis parallell harakati. Tekis parallell harakatning xususiyatlari. Tekis shaklning harakat tenglamasi. Nuqtaning murakkab harakati. Nuqtaning nisbiy ko‘chirma va murakkab harakatlari. Tezliklarni qo‘shish teoremasi. Tezlanishlarni qo‘shish teoremasi. (Koriolis teoremasi). Koriolis tezlanish	2
9	Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari va qonunlari. Mexanik o‘lchov birliklari sistemasi. Moddiy nuqta harakatining differensial tenglamalari.	2
10	Jismning parallel o‘qlarga nisbatan inersiya momentlarini hisoblash.Gyugens-Shteyner teoremasi. Ba`zi oddiy shaklli jismlarning inersiya momentlarini hisoblash.	2
11	Materiallar qarshiligi. Asosiy tushuncha va ta`riflar. Materiallar qarshiligi fanining mazmuni va maqsadi. Materiallar qarshiligi fanini texnikaviy fanlar bilan bog`liqligi. Bu fanni mehnat va kasb ta`limi o‘qituvchilarining bilimi va qobiliyatlarini shakllantirishidagi ahamiyati. Materiallar qarshiligi fanining qisqacha rivojlanish tarixi. Kuchlar klassifikatsiyasi.	2
12	Deformatsiyalar va kuchlanishlar. Deformatsiya va ularni turlari. Ichki kuchlar. qirqish metodi. Normal va urinma kuchlanish. Oddiy deformatsiyalar: cho‘zilish va siqilish, siljish, buralish, egilish	2
13	Cho‘zilish va siqilish. Cho‘zilish va siqilish deformatsiyasi to‘g`risida tushuncha. Bo‘ylama kuchlar va brus ko‘ndalang kesim yuzasidagi kuchlanish epyuralari. Bo‘ylama va ko‘ndalang deformatsiyalar. Guk qonuni. Elastiklik moduli. Bruslarning o‘z og`irligini e`tiborga olgan holda cho‘zilish va siqilishga hisoblash. Ruxsat etilgan kuchlanish, mustaxkamlikka extiyotlik koeffitsenti. Statik aniqmas masalalar.	2
14	Siljish. Sof siljish deformatsiyasi haqida tushuncha. Ko‘ndalang kuch. Siljishdagi deformatsiya va kuchlanish. Mustaxkamlik hisoblash. Siljishdagi Guk qonuni. Uchta doimiy elastiklik koeffitsientlarning bog`liqligi (isbotsiz). Kesim yuzasining geometrik xarakteristkasi. Dumaloq va halqasimon kesim yuzaning qutb enertsiya momenti va qutb qarshilik momenti. To‘g`ri to‘rtburchak dumaloq va halqasimon kesim yuzalarining o‘qqa nisbatan inertsiya momentlari va qarshilik momentlari.	2
15	Buralish. Buralish deformatsiya haqida tushuncha. Val kesim yuzalarida hosil bo‘lgan ichki burovchi momentlar. Doiraviy kesim yuzali to‘g`ri valni buralishdagi kuchlanish va deformatsiya. Urinma kuchlanishlarini kesim yuza bo‘yicha taqsimlanish qonuni.	2
16	Egilish. Egilish deformatsiyasi haqida tushuncha. To‘g`ri egilish. Sof va ko‘ndalang egilish. Tayanch va tayanch reaktsiya kuchlari. Ko‘ndalang kuch va eguvchi moment epyurasi. Sof egilishdagi normal kuchlanish va deformatsiya. Ko‘ndalang egilishdagi urinma kuchlanish. Juravskiy formulasi. Oddiy holda yuklangan balkalarning kesim	2

	yuzalarini chiziqli siljishi va burchak og`ishi. Egilishiga ishlayotgan balkalarning bikrlikka hisobi.	
17	Murakkab qarshilik: egilish bilan buralishning birgalikdagi ta`siri, markaziy bo‘lmagan cho‘zilish va siqilish, qiyshiq egilish. Mustahkamlik nazariyasining ahamiyati. Eng katta urinma kuchlanish. Mor mustaxkamlik nazariyasi. Energetik mustaxkamlik nazariyasini tanlash.	2
18	Bo‘ylama egilish. Ustivorlik va kritik kuch to‘g`risida tushuncha. Kritik kuchni topish uchun Eyler formulasi. Sterjen uchlarini tayanchga biriktirish usulini kritik kuch miqdoriga ta`siri. Kritik kuchlanish. Eyler formulasining ishlatilishi chegaralari. Yasinskiy formulasi. Siqilayotgan Materiallar qarshiligining ustivorlikka hisobi.	2
19	Dinanik yuklanishlarda mustahkamlik. O‘zgaruvchan yuklanish va uni mustahkamligiga ta`siri. Kuchlanish tsiklining xillari. Chidamlilik chegaralarini topish. Charchash mustahkamligiga ta`sir qiluvchi omillar.	2
	Jami	**38**

Amaliy mashg`ulotlar

№	Mavzular	Soat
1	Ta`sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar va parallel kuchlarga oid masalalar yechish	2
2	Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasiga oid masalalar yechish	2
3	Turli shakldagi jismlarning og`irlik markazlarini aniqlash	2
4	Nuqta tezligini va tezlanishini aniqlash va qattiq jismning ilgarlanma va qo‘zg`almas o‘q atrofidagi aylanma harakatiga oid masalalar yechish	2
5	Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta’sir etuvchi kuchni aniqlash	2
6	Cho‘zilish va siqilishga oid masalalar yechish	2
7	Buralishga oid masalalar yechish	2
8	Tekis egilishga oid masalalar yechish	2
9	Murakkab qarshilikka oid masalalar yechish	2
10	Bo‘ylamaga egilish oid masalalar yechish	2
	Jami	**20**

Amaliy mashg`ulotlarda talabalar nazariy mexanika fani qonunlaridan foydalanib texnik masalalari echishni o‘rganadilar.

Amaliy mashg`ulotlarni tashkil etish bo‘yicha kafedra professor o‘qituvchilari tomonidan ko‘rsatma va tavsiyalar ishlab chiqiladi. Unda talabalar asosiy ma`ruza mavzulari bo‘yicha olgan bilim va ko‘nikmalarini amaliy masalalar echish orqali yanada boyitadilar. Shuningdek, darslik va o‘quv qo‘llanmalar asosida talabalr bilimlarini mustahkamlashga erishish, tarqatma materiallardan foydalanish, ilmiy maqolalar va tezislarni chop etish orqali talabalar bilimini oshirish, masalalar echish, mavzular bo‘yicha ko‘rgazmali qurollar tayyorlash va boshqalar tavsiya etiladi.

Laboratoriya mashg`ulotlarni tashkil etish bo‘yicha ko‘rsatma va tavsiyalar

Laboratoriya ishlari talabalarda muxandislik amaliyotida, ko‘plab uchraydigan, deyarli hamma turdagi mashinalar uchun umumiy bo‘lgan mexanizm bo‘g`inlarining tuzilishini hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblash va loyihalash uchun zarur bo‘lgan amaliy ko‘nikma va malaka hosil qiladilar.

№	**Laboratoriya mashg`ulotlarи**	**Soat**
1	Materiallarni cho’zilish bo’yicha tekshirish	2
2	Materiallarni buralishga tekshirish	2
3	Materiallarni egilishga tekshirish	2
4	Egilishda ko’chishlarini aniqlash	2
5	Murakkab qarshiliklarni o’rganish	2
Jami		**10**

Mustaqil ta`limni tashkil etishning shakli va mazmuni

Talaba mustaqil ta`limni tayyorlashda muayyan fanning xususiyatlarini hisobga olgan holda quyidagi shakllardan foydalanish tavsiya etiladi:

- darslik va o‘quv qo‘llanmalar bo‘yicha fan boblari va mavzularini o‘rganish.
- tarqatma materiallar bo‘yicha ma`ruzalar qismlarini o‘zlashtirish.
- avtomatlashtirilgan o‘rgatuvchi va nazorat qiluvchi tizimlar bilan ishlash.
- maxsus adabiyotlar bo‘yicha fanlar bo‘limlari yoki mavzulari ustida ishlash.
- yangi texnikalarni, apparaturalarni, jarayonlar va texnologiyalarni o‘rganish.
- talabaning o‘quv-ilmiy-tadqiqot ishlarini bajarish bilan bog`liq bo‘lgan fanlar bo‘limlari va mavzularini chuqur o‘rganish.
- faol va muammoli o‘qitish uslubidan foydalaniladigan o‘quv mashg`ulotlari.
- masofaviy (distantsion) ta`lim.

Tavsiya etilayotgan mustaqil ta`limning mavzulari:

1. Bog`lanish va bog`lanish reaktsiyasi.
2. Fazoda ixtiyoriy vaziyatda joylashgan juft kuchlarni qo‘shish. Juft kuchlarning sistemasining muvozanati.
3. Xususiy xollarda kuchlar sistemasining muvozanat tenglamalari.
4. Dumalanishdagi ishqalanish.
5. Harakati tabiiy usulida berilgan nuqtaning tezligi.
6. Nuqta tezlanishlarini aniqlashga oid masalalar.
7. Qattiq jism aylanma harikatining hususiy xoli.
8. Moddiy nuqtaning nisbiy harakati dinamikasi. Jismlarning muvozanati va harakatiga er aylanishining ta`siri.
9. Mexanizmlarni tuzilish taxlili. Mexanizmlar klassini aniqlash.
10. Mexanizmlarning turli vaziyat planlarini qurish va nuqtalarning troektoriyasini topishni o‘rganish.
11. Mexanizmlarning kinematikaviy tekshirishni analitik metod asoslari. Kinematik diagrammalar metodi.
12. Tarkibida quyi kinematik juftlardan tashkil topgan mexanizmlarni sintezlash.
13. Kulachokli mexanizmlarning kinematik loyihalash.
14. Mexanizlar kinematikasini tezlik va tezlanish rejalarini tuzish metodi yordamida tekshirish.

Tavsiya etilayotgan mustaqil ishlarning mavzulari:

№	Mustaqil ta’lim mavzulari	Berilgan topshiriqlar	Bajar muddat	Hajmi (soatda)
1	Bog`lanish va bog`lanish reaktsiyasi.	Adabiyotlardan mavzuga oid axborotlarni konspekt qilish. Mavzu yuzasidan individual savollarga javob berish, topshiriqlarni bajarish.	1-2 haftalar	6
2	Fazoda ixtiyoriy vaziyatda joylashgan juft kuchlarni qo‘shish. Juft kuchlarning sistemasining muvozanati.	Adabiyotlardan mavzuga oid axborotlarni konspekt qilish. Mavzu yuzasidan individual savollarga javob berish, topshiriqlarni bajarish.	2-3 haftalar	6
3	Xususiy xollarda kuchlar sistemasining muvozanat tenglamalari.	Adabiyotlardan mavzuga oid axborotlarni konspekt qilish. Mavzu yuzasidan individual savollarga javob berish, topshiriqlarni bajarish.	3-4 haftalar	6
4	Dumalanishdagi ishqalanish.	Adabiyotlardan mavzuga oid axborotlarni konspekt qilish. Mavzu yuzasidan individual savollarga javob berish, topshiriqlarni bajarish.	5-6 haftalar	6
5	Harakati tabiiy usulida berilgan nuqtaning tezligi.	Adabiyotlardan mavzuga oid axborotlarni konspekt qilish. Mavzu yuzasidan individual savollarga javob berish, topshiriqlarni bajarish.	6-7 haftalar	6
6	Nuqta tezlanishlarini aniqlashga oid masalalar.	Adabiyotlardan mavzuga oid axborotlarni konspekt qilish. Mavzu yuzasidan individual savollarga javob berish, topshiriqlarni bajarish.	7-8 haftalar	6
7	Materiallarni sinash mashinalari. Sinash namunasining shakli. Sinov natijalariga namuna shakli va uzunligining ta’siri.	Adabiyotlardan mavzuga oid axborotlarni konspekt qilish. Mavzu yuzasidan individual savollarga javob berish, topshiriqlarni bajarish.	8-9 haftalar	6
8	Siljishga ishlaydigan elementlar hisobi.	Adabiyotlardan mavzuga oid axborotlarni konspekt qilish. Mavzu yuzasidan individual savollarga javob berish, topshiriqlarni bajarish.	10-11 haftalar	6
9	Yuklanishlarning dinamik ta’siri.	Adabiyotlardan mavzuga oid axborotlarni konspekt qilish. Mavzu yuzasidan individual savollarga javob berish, topshiriqlarni bajarish.	13-14 haftalar	6
10	Erkinlik darajasi bir nechta bo’lgan elastik tizimning majburiy tebranishi.	Adabiyotlardan mavzuga oid axborotlarni konspekt qilish. Mavzu yuzasidan individual savollarga javob berish, topshiriqlarni bajarish.	15-16	6
Jami:				**66**

Dasturning informatsion-uslubiy ta’minoti

Mazkur fanni o‘qitish jarayonida ta’limning zamonaviy metodlari, pedagogik va axborot-kommunikatsion texnologiyalarni qo‘llanilishi nazarda tutilgan.

- ma’ruza darslarida zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida prezentatsion va elektron-didaktik texnologiyalardan;
- laboratoriya mashg‘ulotlarida slaydlar, multimedia vositalaridan;

- mashg‘ulotlarda Internet tizimi yangiliklari, darsliklarning elektron versiyalari, lingofon qurilmalarini qo‘llash nazarda tutiladi.

Foydalaniladigan asosiy darsliklar va o‘quv qo‘llanmalar ro‘yxati

7. A. Shoobidov «Nazariy mexanika asoslari» T. «Yangi avlod» 2008.
8. R.Bibutov «Amaliy mexanika» T. «O‘qituvchi». 2010
9. R. Axmedxadjaev «Nazariy mexanika» T. «Yangi avlod» 2008
10. O.E.Kepe va boshqalar «Nazariy mexanika» T. «Yangi avlod».2008
11. Хасанов С. Материаллар қаршилиги – Т.: Ўқитувчи, 2005.
12. Мансуров К.М. Материаллар қаршилиги.- Т.: Ўқитувчи, 1983, 504б

Elektron ta`lim resurslari

http://books.listsoft.ru/book.asp?codқ 866108грқ 48&ирқ 1
http://www.techno.edu.ru/db/msq/12561.html
www.ziyonet.uz
www.pedagog.uz

1-Mavzu: **TEXNIK MEXANIKA FANINING MAQSAD VA VAZIFALARI, ASOSIY TUSHUNCHALARI**

Texnika va texnologiyalarning jadal sur`atlarda rivojlanishi, kompyuterlashtirish va boshqarish tizimining keng miqyosda qo‘llanilishi texnika fanlariga bo‘lgan talabni kuchaytirmoqda. Shuning uchun loyihalangan mashinalar, ularning detallari mumkin qadar engil, etarli darajada mustahkam, ishqalanishga chidamli, davlat standartlariga to‘liq mos keladigan bo‘lishi shart. Yuqorida qo‘yilgan talablarni texnik mexanika fanida o‘rganiladi. Texnik mexanika quyidagi fanlarni o’z ichiga oladi :

Nazariy mexanika - moddiy jismlarinng bir-biriga ko‘rsatadigan ta`siri va mexanik harakatining umumiy qonunlari haqidagi fandir.

Materiallar qarshiligi - loyihalangan mashinalarning, ularning detallarining mustahkamligini, ishqalanishga chidamlilik xossalarini o‘rganish bilan shug`ullanadigan fandir.

Mexanizm va mashinalar nazariyasi – mexanizmlarning strukturaviy tuzilishini, ularning kinematik hamda dinamik parametrlarini,analiz va sintez qilish bilan shug’ullanadigan fandir .

Mashina detallari - mashinalar uchun umumiy bo‘lgan detal va uzellarning tuzilishini, ularni loyihalash, mustahkamlikka hisoblash usullarini o‘rgatadigan fandir.

Fanining maqsadi va vazifalari fanni o‘qitishdan maqsad – talabalarda moddiy jismlarinng bir-biriga ko‘rsatadigan ta`siri va mexanik harakatining umumiy qonunlari, muxandislik amaliyotida, ko‘plab uchraydigan, deyarli hamma turdagi mashinalarga ta’sir etadigan tashqi kuchlar va ichki kuchlar, uni aniqlash metodilari, deformatsiya turlari, mexanizm bo‘g`inlarining tuzilishini hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblash va loyihalash, detal va uzellarning ishga layoqatliligini hisoblash va loyihasiinng nazariy asoslarini, konstruktsiya turlari, tuzilishi va ularga mos turli masalalarning yechimlariga oid bilim, ko‘nikma va malaka shakllantirishdir.

Fanning vazifasi - talabalarga statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko’ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, exanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, harakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini hisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo‘yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o‘qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to‘g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo‘llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to‘g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o‘ziga xosligi, vallar, o‘qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar haqida talabalarga bilim berishdir

-talabalarga statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismningilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko'ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, harakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini xisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo'yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o'qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to'g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo'llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to'g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o'ziga xosligi, vallar, o'qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar kabi mavzularga oid texnik masalalarni echish ko'nikmalariga ega bo'lishi kerak.

-statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi, ishqalanish, og`irlik markazlari, nuqta kinematikasi, qattiq jismning ilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi, umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, konstruktiv elementlar haqida tushuncha, ko'ndalang deformatsiya, Puasson koeffitsenti materiallarning xossalari va klassifikatsiyasi, ruxsat etilgan kuchlanish, siljish deformatsiyasi, siljishda ruxsat etilgan kuchlanish, parchin mixli va payvandli birikmalarning hisobi, buralish deformatsiyasi haqida tushuncha, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari, mexanizm va mashinalarning asosiy xillari va ularning elementlari, mexanizmlarning kinematik xarakteristikasi, mexanizmlarning kinematik sxemasini loyixalash, harakatni uzatish mexanizmlarining xillari va ularning xarakteristikasi, kinematik juftlardagi ishqalanish kuchini xisobga olinmagan holda mexanizmlarning kuch hisobi, tishli uzatmalar, epitsiklik mexanizmlar va ularning kinematik tahlil, kulachokli mexanizmlar, mexanizmlarni statik va dinamik muvozanatlash hamda ularni iqtisodiy jihatdan tejamli qilib hisoblashlar mashina, uning detallari va uzellariga qo'yilgan talablar, mexanikaviy uzatmalar, friktsion va tasmali uzatmalar, zanjirli, tishli, chervyakli uzatmalar, reduktorlar, vallar va o'qlar, podshipniklar, muftalar, rezbali, shponkali va shlitsali birikmalar to'g`risida tushunchalar berish, amaliy va iqtisodiy ahamiyati, tasmali uzatmalarning vazifasi va umumiy tuzilishi, qo'llanilishi, afzalligi va kamchiligi va ularni hisoblash tartibi, zanjirli uzatmalarni tuzilishi, kinematikasi va geometriyasi, tishli uzatmalarni tuzilishi, yutuq va kamchiligi, to'g`ri, qiyshiq tishli uzatmalarni hisoblash usullari, chervyakli uzatmalar, konussimon uzatmalarni hisoblashinng o'ziga xosligi, vallar, o'qlar va ularni hisobi, podshipniklar tanlash, muftalar, reduktorlar kabi mavzularga oid bilimlardan murakkab texnik masalalarni echishda foydalana olish malakalariga ega bo'lishlari kerak.

2-Mavzu:: **BIR NUQTADA KESISHUVCHI KUCHLAR SISTEMASI**

Reja:

1. Kesishuvchi kuchlarni geometrik qo'shish.

2. Uch kuchning muvozanati haqidagi teorema.

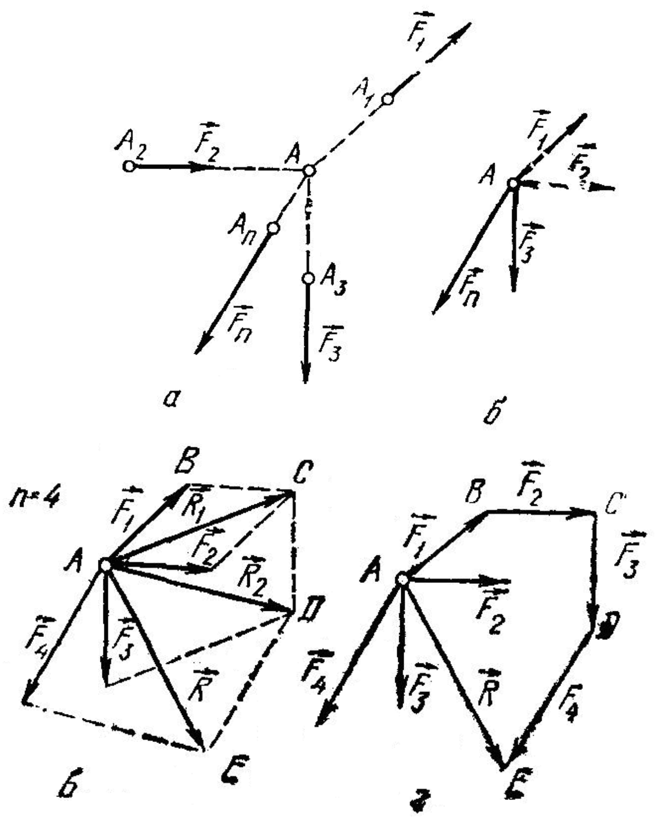
3. Kuchning o'qdagi va tekislikdagi proyeksiyasi.

4. Kuchning teng ta'sir etuvchisini analitik usulda aniqlash. Kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanati.

Ta'sir chiziqlari bir nuqtada uchrashadigan kuchlar sistemasiga *kesishuvchi kuchlar sistemasi* deyiladi.

Ko'plab texnika masalalarida, ayniqsa fermalarning sterjenlarida hosil bo'ladigan zo'riqishlar va osilgan yuklarning muvozanat shartlarini aniqlashda kesishuvchi kuchlar sistemasi uchun olingan muvozanat tenglamalaridan foydalanish ancha qulay bo'ladi. Bundan tashqari kelgusida ko'riladigan fazoda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasi muvozanatini o'rganishda kesishuvchi kuchlar sistemasi asosiy boshlang'ich tushunchalar bo'lib xizmat qiladi.

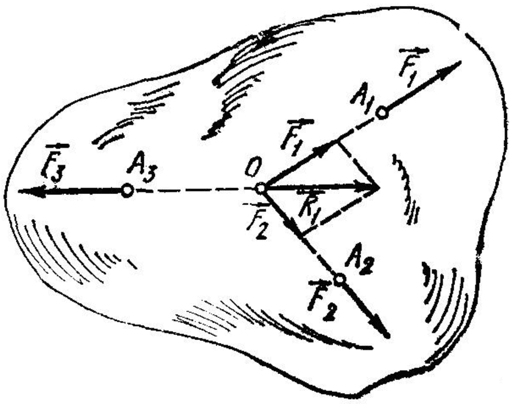
Bir nuqtaga qo'yilgan $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$ kuchlar berilgan. Bu kuchlarni qo'shish uchun parallelogramm qoidasidan ketma-ket foydalanish mumkin.



$$\vec{R}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\vec{R}_2 = \vec{R}_1 + \vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$\vec{R} = \vec{R}_2 + \vec{F}_4 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

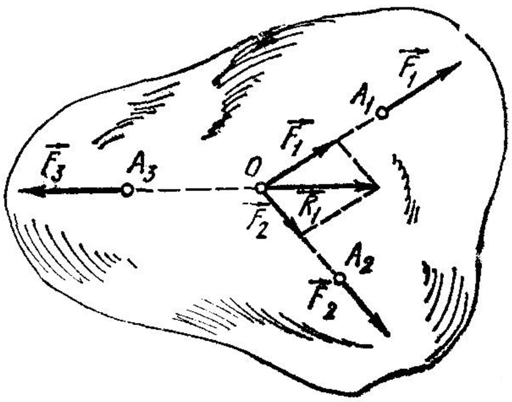


R - teng ta’sir etuvchi kuch. *ABCDE* – kuch ko’pburchagi.

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n = \sum_{\nu=1}^{n} \vec{F}_\nu \qquad (3.1)$$

Shunday qilib, *kesishuvchi kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisi tashkil etuvchi kuchlarning geometrik yig’indisiga teng va shu kuchlar ta’sir chiziqlarining kesishgan nuqtasiga qo’yilgan bo’ladi.*

Uch kuchning muvozanati haqidagi teorema



R - teng ta’sir etuvchi kuch. *ABCDE* – kuch ko’pburchagi.

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n = \sum_{\nu=1}^{n} \vec{F}_\nu \qquad (3.2)$$

Shunday qilib, *kesishuvchi kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisi tashkil etuvchi kuchlarning geometrik yig’indisiga teng va shu kuchlar ta’sir chiziqlarining kesishgan nuqtasiga qo’yilgan bo’ladi.*

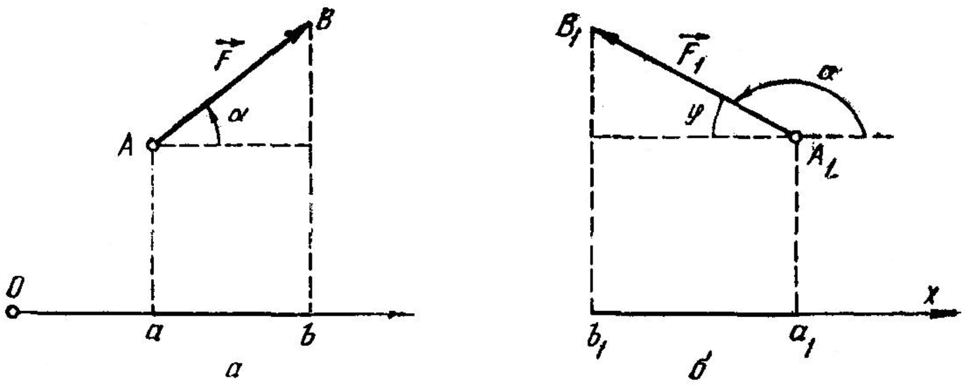
Teorema. *Bir tekislikda yotuvchi va o’zaro parallel bo’lmagan uchta kuch muvozanatlashsa, ularning ta’sir chiziqlari bir nuqtada kesishadi.*

Kuchning o’qdagi va tekislikdagi proyeksiyasi

Kuchning biror o’qdagi proyeksiyasi skalyar miqdor bo’lib, kuch moduli bilan kuchning shu o’q musbat yo’nalishi bilan tashkil qilgan burchagi kosinusiga ko’paytmasiga teng.

$F_x = X = F\cos\alpha$

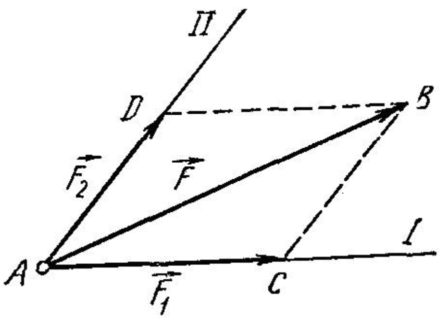
$X_1 = F_1 \cos\alpha = -F_1 \cos\alpha$

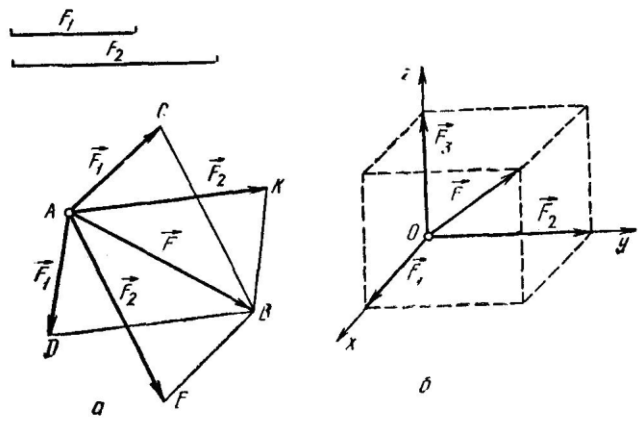


1. $\vec{F}$ kuchni shu kuch bilan bir tekislikda yotuvchi berilgan ikkita yo'nalish bo'yicha tashkil etuvchilarga ajratish.

2. $\vec{F}$ kuchni shu kuch bilan bir tekislikda yotuvchi va son qiymatlari berilgan ikkita tashkil etuvchiga ajratish.

3. $\vec{F}$ kuchni bir-biriga perpendikulyar uchta koordinata o'qlari bo'yicha yo'nalgan $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ tashkil etuvchilarga ajratish.





Kuchning teng ta'sir etuvchisini analitik usulda aniqlash. Kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanati

Kuchni uning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari va qo'yilgan nuqtasining koordinatalari orqali topish usuliga *analitik usulda aniqlash* deyiladi.

(3.1) ni koordinata o'qlariga proyeksiyalab, topamiz

$$R_x = \sum_{\nu=1}^{n} X_\nu,\ R_y = \sum_{\nu=1}^{n} Y_\nu,\ R_z = \sum_{\nu=1}^{n} Z_\nu .$$

Teng ta'sir etuvchining moduli.

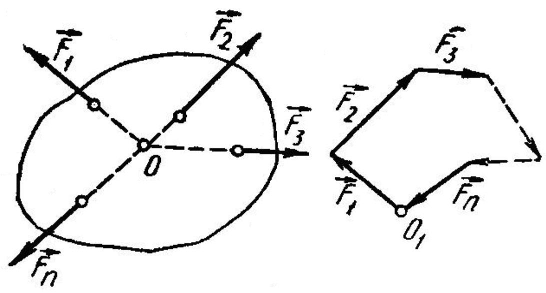
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} = \sqrt{\left(\sum_{\nu=1}^{n} X_\nu\right)^2 + \left(\sum_{\nu=1}^{n} Y_\nu\right)^2 + \left(\sum_{\nu=1}^{n} Z_\nu\right)^2} .$$

Yo'nalishi

$$\cos\left(\vec{R}^\wedge x\right) = \frac{R_x}{R}, \qquad \cos\left(\vec{R}^\wedge y\right) = \frac{R_y}{R}, \qquad \cos\left(\vec{R}^\wedge z\right) = \frac{R_z}{R}.$$

Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun mazkur kuchlarning geometrik yig'indisi nolga teng bo'lishi zarur va yetarlidir.

$$\sum_{\nu=1}^{m} \vec{F}_\nu = 0$$



Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatlashishi uchun bu kuchlarga qurilgan kuch ko'pburchagi yopik bo'lishi zarur va yetarlidir.

Teng ta'sir etuvchi kuch $\vec{R}=0$ bo'lsa,

$R_x=0$, $R_y=0$, $R_z=0$

yoki

$$\sum_{\nu=1}^{n} X_\nu = 0, \qquad \sum_{\nu=1}^{n} Y_\nu = 0, \qquad \sum_{\nu=1}^{n} Z_\nu = 0.$$

Bu tengliklar kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanat shartining analitik ifodasidir.

$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, ..., \vec{F}_n)$ kuchlarning teng ta'sir etuvchisini kuch ko'pburchagi yordamida aniqlash uchun geometriya va trigonometriya formulalaridan foydalanamiz. teng ta'sir etuvchini bunday usulda aniqlash *geometrik usul* deyiladi.

agar kuchlar sistemasi tekislikda joylashgan bo'lsa, u holda har birini uzunligi o'lchanib, shaklda ko'rsatilganidek kuch ko'pburchagi ko'riladi va teng ta'sir etuvchining uzunligi ham o'lchanadi. teng ta'sir etuvchining uzunligi uning kattaligini beradi va bunday usul – *grafik usul* deb ataladi.

kesishuvchi kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisini koordinata o'qlaridagi proeksiyasi, barcha kuchlarning mos koordinata o'qlaridagi proeksiyalari-ning algebraik yig'indisiga teng.

muvozanat shartlari vektor yoki analitik ko'rinishda bo'lishidan qatiy nazar, asosiy maqsad kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatda bo'lishini tekshirishdan iborat. bundan tashqari kuchlarning muvozanat shartlaridan foydalanib, jismga qo'yilgan bog'lanish reaksiya kuchlarining qiymatlari va yo'nalishlari aniqlanib, olingan ma'lumotlar asosida berilgan qurilma baholanadi. agarda (2.10) tenglamalarda noma'lum reaksiya kuchlarining soni uchtadan ortiq bo'lsa, u holda hosil qilingan tenglamalar sistemasini yechib bo'lmaydi. bunday masalalarni *statik noaniq* yoki *statik aniqlanmaydigan masalalar* deyiladi.

malumki, koordinatalar sistemasi ixtiyoriy ravishda tanlab olinadi, lekin koordina-talar sistemasining boshini kuchlar kesishgan nuqtada va koordinata o'qlarini imkon qadar nama'lum kuchlarga perpendikulyar qilib yo'naltirilsa, masalalarni yechish osonlashadi.

Nazorat savol va topshiriqlar

Kesishuvchi kuchlar sistemasi va ularni geometrik qo'shish usullari.

Kuchni tashkil etuvchilarga ajratishning qanday usullarini bilasiz?

Kuchning o'qdagi va tekislikdagi proyeksiyalari qanday aniqlanadi?

Kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun qanday shart bajarilishi lozim?

3-Mavzu. **PARALLEL KUCHLAR SISTEMASI**

Reja:

1. Ikki parallel kuchlarni qo'shish.

2. Juft kuch haqida tushuncha.

3. Kuchning nuqtaga va o'qqa nasbatan momenti.

4. Kuchning o'qqa nisbatan va shu o'qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi bog'lanish.

5. Juft kuchning momenti.

6. Juftlar haqidagi teoremalar. Juft kuchlarning xossalari.

7. Juftlarning muvozanat sharti.

Tushuncha va tayanch iboralar

Parallel kuchlar sistemasi, juft kuch, kuch momenti, juft kuch momenti, ekvivalent juftlar.

Ikkita parallel kuchlarni qo'shish

Ta'sir chiziqlari o'zaro parallel bo'lgan kuchlar sistemasiga *parallel kuchlar sistemasi* deyiladi.

Jismning A va V nuqtalariga qo'yilgan va bir tomonga yo'nalgan parallel $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ kuchlar berilgan bo'lsin.

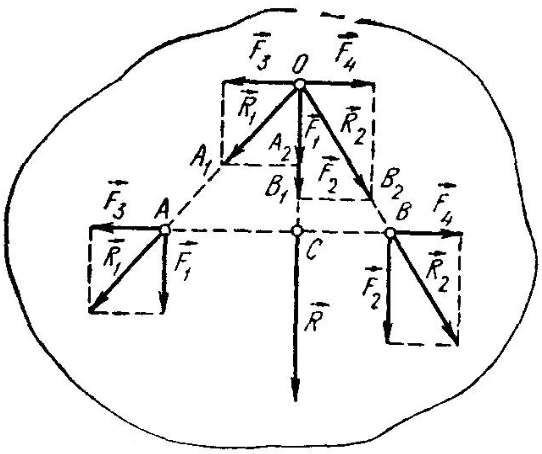
A va V nuqtalarga ta'sir chiziqlari AV da yotuvchi $(\vec{F}_3, \vec{F}_4) \infty 0$ sistemani qo'yamiz.

$$\vec{R}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_3 \qquad \text{va} \qquad \vec{R}_2 = \vec{F}_2 + \vec{F}_4$$

$\vec{R}_1$ va $\vec{R}_2$ lar ta'sir chiziqlari *0* nuqtada kesishadi.

Bu kuchlarni *0* nuqtada to'zuvchilarga ajratamiz. Bunda $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ ni ta'sir chizig'i bo'ylab *S* nuqtaga ko'chiramiz

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{CB}{AC}$$



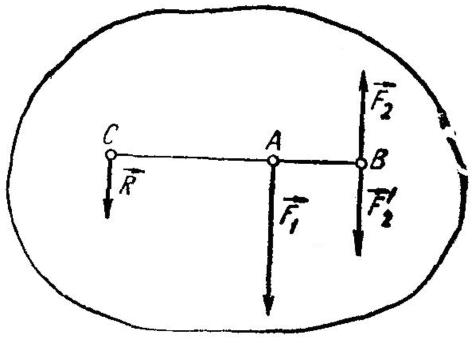
Proporsiyaning xossasiga ko'ra

$$\frac{F_1}{CB} = \frac{F_2}{AC} = \frac{R}{AB}$$

Natija. *Bir tomonga yo'nalgan ikki parallel kuchning teng ta'sir etuvchisi shu kuchlarning algebraik yig'indisiga teng va shu kuchlar bilan bir tomonga yo'naladi. Teng ta'sir etuvchining* *ta'sir chizig'i esa kuchlar qo'yilgan nuqtalar orasidagi masofani ichki ravishda shu kuchlarga teskari proporsional bo'laklarga bo'ladi.*

Miqdorlari teng bo'lmagan ($F_1>F_2$) parallel va bir-biriga teskari yo'nalgan ikkita kuchning teng ta'sir etuvchisi

$$R=F_1-F_2 \quad \text{va} \quad \frac{F_1}{F_2}=\frac{BC}{AC}$$

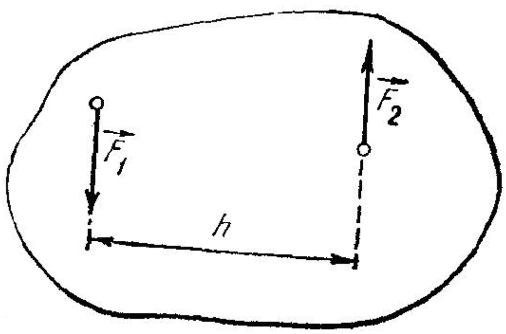


Miqdorlari teng bo'lmagan va bir-biriga teskari yo'nalgan ikkita parallel kuchlarning teng ta'sir etuvchisi miqdor jihatidan ularning ayirmasiga teng. Teng ta'sir etuvchining ta'sir chizig'i esa AV kesmaning katta kuch qo'yilgan davomida yotadi va shu kesmani tashqi ravishda mazkur kuchlarga teskari proporsional ravishda bo'ladi.

$$AC=\frac{F_2}{F_1-F_2}AB$$

Juft kuch haqida tushuncha

Bir-biriga teskari yo'nalgan miqdor jihatidan teng ikkita parallel kuchlar sistemasi *juft kuch* (qisqacha juft) deb ataladi. Juft kuch $(\vec{F}_1,\vec{F}_2)$ bilan belgilanadi. Juft tashkil etuvchi kuchlarning ta'sir chiziqlari orasidagi eng qisqa masofaga *juftning yelkasi* deyiladi – *h*. Juft yotgan tekislikka *juftning tekisligi* deyiladi.



Juft kuchni bitta kuch bilan almashtirib bo'lmaydi.

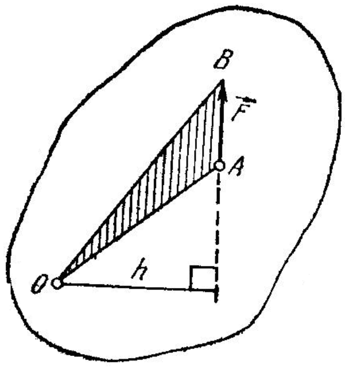
Kuchning nuqtaga va o'qqa nasbatan momenti

$\vec{F}$ *kuchning 0 nuqtaga nisbatan momenti deb, mos ishora bilan olingan kuch moduli F ni kuch yelkasi h ga ko'paytmasiga teng kattalikka aytiladi*

$$M_o(\vec{F})=\pm F\cdot h,$$

bu yerda *h* - $\vec{F}$ kuchning *0* nuqtaga nisbatan momenti; *0* nuqta moment markazi deyiladi.

$$\left|M_o(\vec{F})\right|=2S_{\Delta AOB}.$$

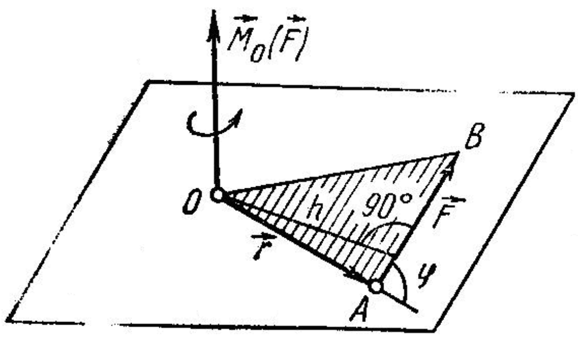


Kuchning o'qqa nisbatan va shu o'qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi bog'lanish

Ta'sir chiziqlari fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasiga *fazodagi kuchlar sistemasi* deyiladi.

Fazodagi kuchlarning nuqtaga nisbatan momenti quyidagi uchta faktor:

1. Kuchning modulini uning yelkasiga ko'paytmasi $F{\cdot}h$ ga teng moment moduli;
2. Kuchning ta'sir chizig'i va moment markazi orqali o'tuvchi *OAV* aylanish tekisligi
3. Mazkur tekislikdagi aylanish yo'nalishi bilan aniqlanadi.



Jismga fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar ta'sir etsa, har bir kuchning aylanish tekisligini alohida aniqlashga to'g'ri keladi.

Aylanish tekisligining fazodagi holatini va aylanish yo'nalishini mazkur tekislikka perpendikulyar vektor bilan aniqlash mumkin. Agar tekislikning holatini belgilovchi vektorning modulini kuchning momenti moduliga teng va uning yo'nalishni kuchning aylanish yo'nalishini ifodalaydigan tarzda tanlab olsak, bunday vektor yordamida kuchning *0* nuqtaga nisbatan momentini xarakterlovchi uchala faktorni aniqlash mumkin.

Agar F kuch qo'yilish nuqtasining D markazga nisbatan radius-vektorini r bilan belgilasak

$$\vec{M}_o(\vec{F}) = \vec{r} x \vec{F}$$

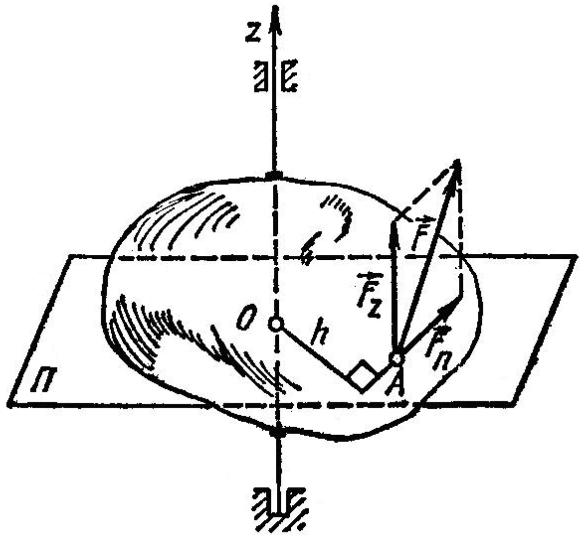
munosabat o'rinli bo'ladi va

Demak, *kuchning nuqtaga nisbatan momenti vektor kattalik bo'lib, kuch qo'yilgan nuqtaning moment markaziga nisbatan radius-vektori bilan shu kuchning vektor ko'paytmasiga teng.*

Kuchning o'qqa nisbatan momenti. Fazodagi kuchlar sistemasining jismga ta'sirini o'rganishda kuchning nuqtaga nisbatan momenti bilan birga kuchning o'qqa nisbatan momenti tushunchasi ham kiritiladi.

z o'q atrofida aylana oladigan jismning A nuqtasiga F kuch ta'sir etsin. A nuqtadan jismning aylanishi o'qiga perpendikulyar P tekislikni o'tkazamiz. z o'qning mazkur tekislik bilan kesishgan nuqtasini 0, F kuchning P tekislikdagi proyeksiyasini F_n bilan belgilaymiz.

Kuchning biror o’qqa nisbatan momenti deb, uning shu o’qqa perpendikulyar tekislikdagi proyeksiyasining o’q bilan mazkur tekislik kesishgan nuqtasiga nisbatan momentiga aytiladi.



$$\vec{M}_z(\vec{F}) = \vec{M}_o(\vec{F}_n) = \pm\vec{F}_n \cdot h.$$

Kuchning o’qqa nisbatan momenti bilan shu o’qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi bog’lanish haqida lemma.

Kuchning biror o’qqa nisbatan momenti uning shu o’qda olingan ixtiyoriy nuqtaga nisbatan moment-vektorining mazkur o’qdagi proyeksiyasiga teng.

$$\left[\vec{M}_o(\vec{F}_n)\right]_z = M_z(\vec{F})$$

$$M_x(\vec{F}) = \left[\vec{M}_o(\vec{F}_n)\right]_x$$

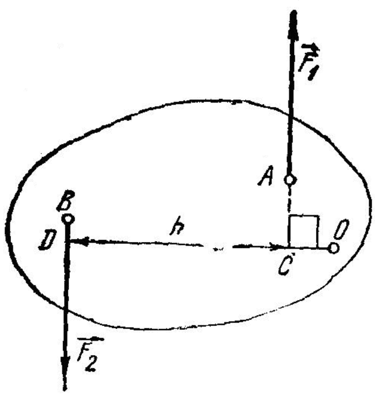
$$M_y(\vec{F}) = \left[\vec{M}_o(\vec{F}_n)\right]_y$$

$$M_z(\vec{F}) = \left[\vec{M}_o(\vec{F}_n)\right]_x$$

Juft kuchning momenti

Juftning momenti deb, mos ishora bilan olingan juft tashkil etuvchilaridan birining miqdorini juft yelkasiga ko’paytmasiga teng kattalikka aytiladi.

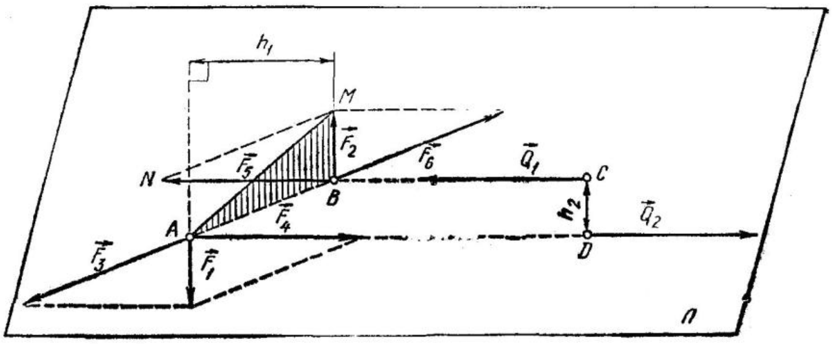
$M = \pm F_1 h = \pm F_2 h$.



Juftlar haqidagi teoremalar. Juft kuchlarning xossalari

Teorema. *Juft tashkil etuvchi kuchlarning juft tekisligidagi ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momentlarining algebraik yig’indisi juft momentiga teng.*

$$M = M_A(\vec{F}_2) = M_B(\vec{F}_1).$$



Ekvivalent juftlar haqidagi teorema.

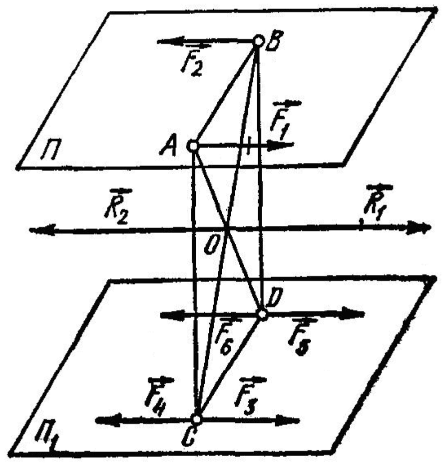
Bir tekislikda yotuvchi momentlari teng va aylanish yo'nalishlari bir xil bo'lgan ikki juft o'zaro ekvivalent bo'ladi.

Natijalar: *1. Juftni o'z tekisligida ixtiyoriy ravishda ko'chirsak, juftning jismga ta'siri o'zgarmaydi.*

2. Juftning momenti va aylanish yo'nalishini o'zgartirmay uning tashkil etuvchilari va yelkasi o'zgartirilsa, juftning jismga ta'siri o'zgarmaydi.

Juftni parallel tekislikka ko'chirish haqidagi teorema

Parallel tekisliklarda yotuvchi, momentlarining absolyut qiymati teng va bir xil aylanish yo'nalishiga ega bo'lgan ikkita juft kuch o'zaro ekvivalentdir. *P* tekislikda yotuvchi va yelkasi *\AV* ga teng *(F_1, F_2)* juft kuch berilgan. *P* tekislikka parallel *P*, tekislikda *\AV* ga parallel va teng *CD* kesmani olamiz: *S* va *D* nuqtalarga miqdorlari *(F_1, F_2)* juftning tashkil etuvchilariga teng *($F_3 = F_4 = F_5 = F_6 = F_1$)* kuchlarni qo'yamiz.



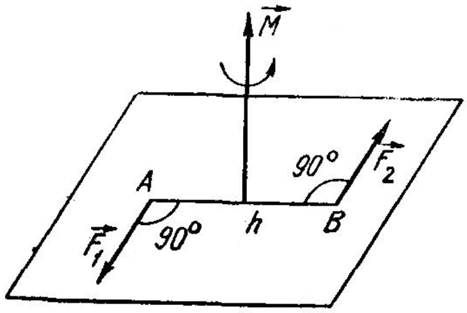
$$R_1 = F_1 + F_2 = 2F_1$$

$$R_1 = F_1 + F_2 = 2F_1$$

$$\left(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4, \vec{F}_5, \vec{F}_6\right) \infty \left(\vec{F}_3, \vec{F}_6\right)$$

Juftning moment vektori. Fazodagi juftlarni qo'shish. Juft kuchning jismga ta'siri (xuddi fazodagi kuchning nuqtaga nisbatan momenti kabi) quyidagi uchta faktor: juft momentining moduli, juftning ta'sir tekisligi va aylanish yo'nalishi bilan harakterlanadi.

Qayd etilgan uchta faktorni aniqlash uchun juft momenti u yotgan tekislikka perpendikulyar yo'nalgan va modul jihatdan juft momentining absolyut qiymati $\left|\vec{M}\right| = F_1 \cdot h = F_2 \cdot h$ ga teng *M* vektori bilan ifodalanadi.



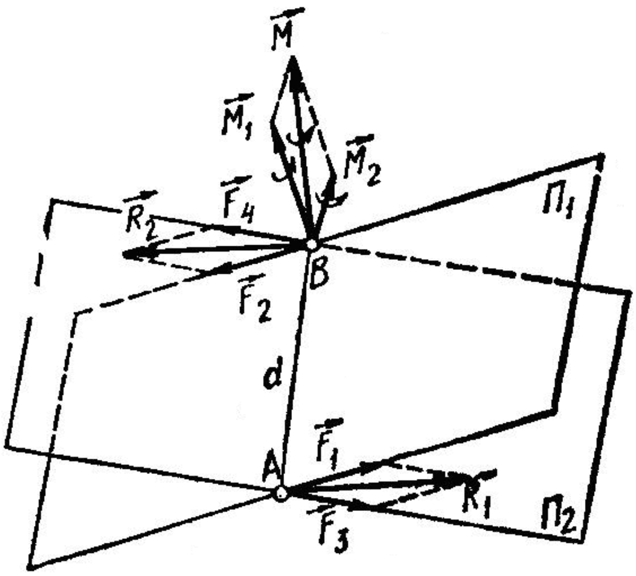
$$\vec{M} = \vec{M}_A(\vec{F}_2) = \vec{M}_B(\vec{F}_1)$$

Juft momenti vektori erkin vektor bo'ladi.

Fazodagi juftlarni qo'shish haqida teorema. *Kesishuvchi tekisliklarda yotuvchi ikkita juft kuch momenti berilgan juftlar momentlarining geometrik yig'indisiga teng va bitta juftga ekvivalentdir:*

$$M_1 = F_1 \cdot d, \qquad M_2 = F_3 \cdot d$$

$$\vec{M} = M_1 + M_2$$



M_1 va *M_2* moment-vektorlariga qurilgan parallelogramm *momentlar parallelogrammi* deyiladi.

Juftlar sistemasi uchun

$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \ldots + \vec{M}_n$$

$$ёки \qquad \vec{M} = \sum M_\nu$$

Fazodagi juftlar momentlarining geometrik yig'indisi nolga teng bo'lsa, bunday juftlar sistemasi muvozanatda bo'ladi.

$$\sum \vec{M}_\nu = 0$$

Fazodagi juftlar momentlarining har bir koordinata o'qlaridagi proyeksiyalarining yig'indisi nolga teng bo'lsa, bunday juftlar sistemasi muvozanatda bo'ladi.

Juftlarning muvozanat sharti

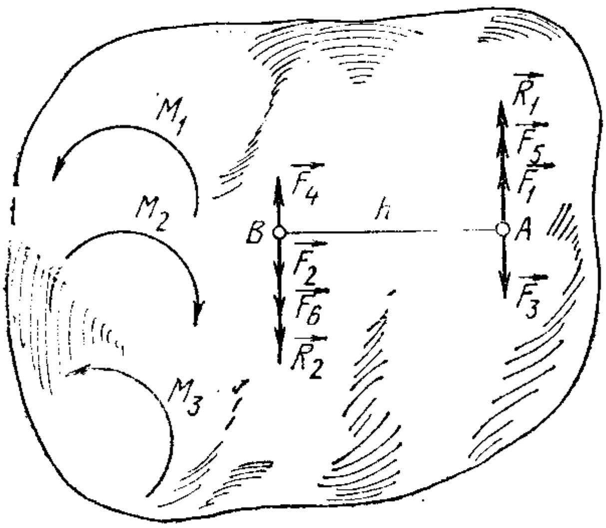
Teorema. *Bir tekislikda yotuvchi juftlar sistemasi bitta juftga ekvivalent bo'lib, uning momenti berilgan juftlar momentlarining algebraik yig'indisiga teng.*

$$M = M_1 + M_2 + ... + M_n = \Sigma M_v,,$$

bunda M – teng ta'sir etuvchi juft momenti.

Tekislikdagi juftlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun berilgan juftlar momentlarining algebraik yig'indisi nolga teng bo'lishi zarur va yetarlidir.

$\Sigma M_v = 0.$



Nazorat savol va topshiriqlar

1. Bir tekislikda yotuvchi, o'zaro parallel kuchlarning teng ta'sir etuvchisi qanday aniqlanadi?
2. Kuchning nuqtaga nisbatan momenti va uning manfiy yoki musbatligi qanday aniqlanadi?
3. Juft kuch deb qanday kuchlar sistemasiga aytiladi?
4. Juftning momenti nimaga teng?
5. Juftning elkasi qanday aniqlanadi?
6. Juft kuchlarning teng tasir etuvchisi nimaga teng?
7. Ekvivalent juftlar deb qanday juftlarga aytiladi?

4-Mavzu. **TEKISLIKDA VA FAZODA IXTIYORIY JOYLASHGAN KUCHLAR SISTEMASI**

Reja:

1. Kuchning bosh momentini keltirish markaziga bog'liqligi.

2. Statikaning invariantlari.

3. Fazoviy kuchlar sistemasini sodda holga keltirishning xususiy hollari. Varinon teoremasi.

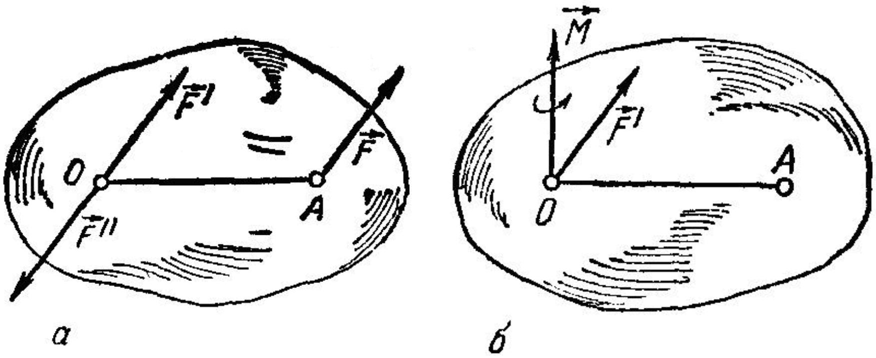
4. Dinamik vint. Markaziy o'q tenglamasi.

Tushuncha va tayanch iboralar

Kuchning bosh momenti, keltirish markazi, statikaning invariantlari, Fazoviy kuchlar Varinon teoremasi. Dinamik vint. Markaziy o'q tenglamasi.

Kuchning bosh momentini keltirish markaziga bog'liqligi

Fazodagi kuchlar sistemasini bir nuqtaga keltirish uchun (xuddi tekislikdagi kuchlar sistemasi kabi) Puanso usulidan foydalanish mumkin.



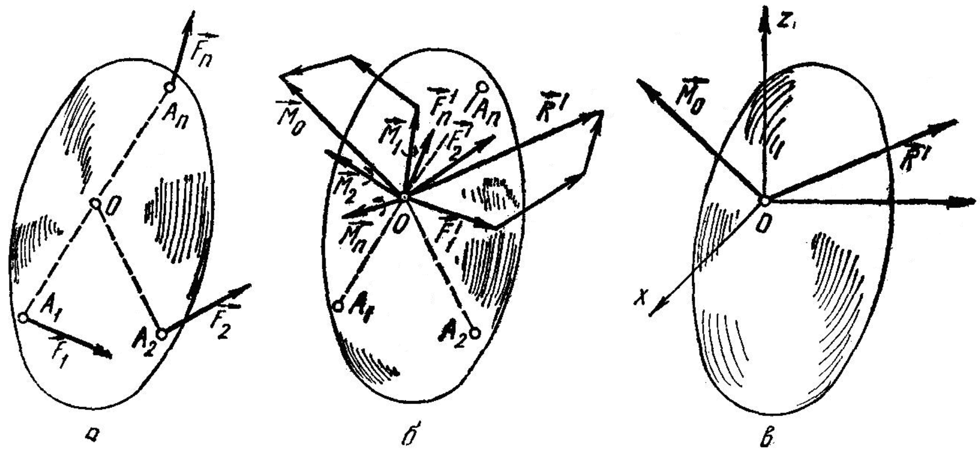
$$\vec{M} = \vec{M}_0(\vec{F})$$

Jismning A_1, A_2…, A_n nuqtalariga fazoda ixtiyoriy yo'nalgan F_1, F_2 … F_n kuchlar ta'sir etsin. Keltirish markazi uchun ixtiyoriy *O* nuqtani tanlab, barcha kuchlarni shu markazga qo'yilgan juftlari bilan keltiramiz. Natijada *O* nuqtaga qo'yilgan $F_{1}= F_1$, $F_2 = F_2$, $F_n = F_n$ kuchlar sistemasi va momentlari

$$\vec{M}_1 = \vec{M}_0(\vec{F}_1),\ \ \vec{M}_2 = \vec{M}_0(\vec{F}_2),\ \ \ldots,\ \ \vec{M}_1 = \vec{M}_0(\vec{F}_1),$$

bo'lgan qo'shilgan juftlar sistemasi hosil bo'ladi.

Barcha kuchlarning geometrik yig'indisiga teng *R'* kattalikka fazodagi kuchlar sistemasining bosh vektori deyiladi.



$$\vec{R}' = \sum \vec{F}_\nu$$

Fazodagi kuchlar sistemasining biror markazga nisbatan bosh momenti M_0 tashkil etuvchi kuchlarning shu markazga nisbatan momentlarining geometrik yig'indisiga teng.

$$\vec{M}_o = \sum \vec{M}_o(\vec{F})$$

Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini biror *O* markazga keltirish natijasida bu kuchlar sistemasi keltirish markaziga qo'yilgan bosh vektor *R'* ga teng bitta kuch bilan momenti M_0 ga teng bitta juftga ekvivalent bo'ladi.

Statikaning invariantlari

Berilgan kuchlar sistemasining invarianti deb, keltirish markazi o'zgarganda o'zgarmay qoluvchi kattaliklarga aytiladi.

Kuchlar sistemasining bosh vektori yangi keltirish markaziga nisbatan o'zgarmay qoladi. Yuqorida keltirilgan ta'rifga asosan kuchlarning bosh vektori invariant kattalik bo'lib, uni J_1 bilan belgilaymiz, ya'ni:

$$J_1 = F_0^2 = F_x^2 + F_y^2 + F_z^2 . \qquad (6.1)$$

Statikaning ikkinchi invariantini aniqlash uchun (5.4) formulaning har ikkala tomoniga $\vec{F}$ bosh vektorni skalyar ko'paytiramiz:

$$\vec{M}_{01} \cdot \vec{F} = \vec{M}_0 \cdot \vec{F} - (\overrightarrow{OO_1} \times \vec{F}) \cdot \vec{F} .$$

U holda bu tenglikdagi ikki vektorning aralash ko'paytmasi nolga teng ekanligini hisobga olsak:

$$\vec{M}_{01} \cdot \vec{F} = \vec{M}_0 \cdot \vec{F} , \qquad (6.2)$$

ya'ni bosh momentning bosh vektorga skalyar ko'paytmasi keltirish markazini tanlab olishga bog'liq bo'lmaydi, boshqacha aytganda keltirish markaziga nisbatan invariant kattalik bo'ladi va (6.2) skalyar ko'paytmasini J_2 bilan belgilaymiz:

$$J_2 = \vec{M}_0 \cdot \vec{F} = M_{0x} \cdot F_x + M_{0y} \cdot F_y + M_{0z} \cdot F_z . \qquad (6.3)$$

Demak, *statikaning ikkinchi invarianti bosh moment vektori bilan bosh vektorning skalyar ko'paytmasiga teng*.

(6.2) tenglikni quyidagicha yozish mukin:

$$M_{01} \cdot F_0 \cdot \cos(\vec{M}_{01}, \vec{F}_0) = M_0 \cdot F_0 \cdot \cos(\vec{M}_0, \vec{F}_0) .$$

Agar $F_0 \neq 0$ ekanligini hisobga olsak,

$$M_{01} \cdot \cos(\vec{M}_{01}, \vec{F}_0) = M_0 \cdot \cos(\vec{M}_0, \vec{F}_0) ,$$

ya'ni, *keltirish markazi o'zgartirilganda, bosh momentning bosh vektor yo'nalishiga proyeksiyasi o'zgarmaydi.* U holda bosh moment bilan bosh vektor bir to'g'ri chiziq bo'yicha yo'nalgan bo'lib, keltirish markazida bosh momentning moduli eng kichik qiymatga ega bo'ladi. Boshqacha aytganda bosh momentning qiymati uning bosh vektor yo'nalishiga proyeksiyasining qiymatiga teng bo'ladi.

Bosh momentning bosh vektor yo'nalishiga proyeksiyasining qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

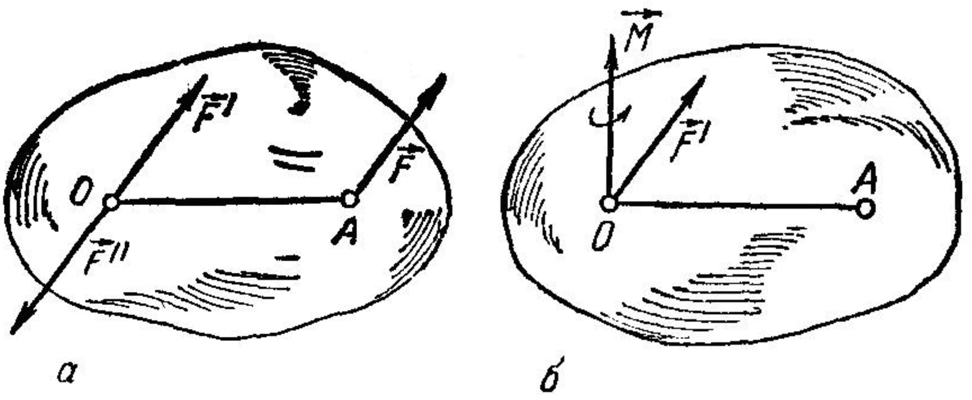
$$M^* = (\vec{M}_0 \cdot \vec{F}_0) / F_0 ,$$

yoki statikaning birinchi va ikkinchi invariantlarini hisobga olsak:

$$M^* = J_2 / \sqrt{J_1} . \qquad (6.4)$$

Fazoviy kuchlar sistemasini sodda holga keltirishning xususiy hollari. Varinon teoremasi

Fazodagi kuchlar sistemasini bir nuqtaga keltirish uchun (xuddi tekislikdagi kuchlar sistemasi kabi) Puanso usulidan foydalanish mumkin.



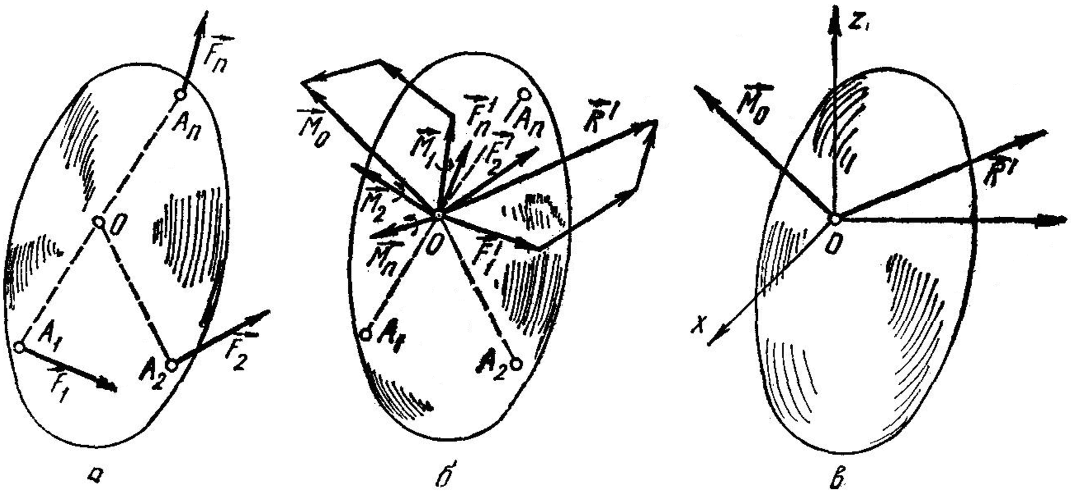
$$\vec{M} = \vec{M}_0(\vec{F})$$

Jismning A_1, A_2…, A_n nuqtalariga fazoda ixtiyoriy yo’nalgan F_1, F_2 … F_n kuchlar ta’sir etsin. Keltirish markazi uchun ixtiyoriy *O* nuqtani tanlab, barcha kuchlarni shu markazga qo’yilgan juftlari bilan keltiramiz. Natijada *O* nuqtaga qo’yilgan $F_1 = F_1$, $F_2 = F_2$, $F_n = F_n$ kuchlar sistemasi va momentlari

$$\vec{M}_1 = \vec{M}_0(\vec{F}_1),\quad \vec{M}_2 = \vec{M}_0(\vec{F}_2),\quad \ldots,\quad \vec{M}_1 = \vec{M}_0(\vec{F}_1),$$

bo’lgan qo’shilgan juftlar sistemasi hosil bo’ladi.

Barcha kuchlarning geometrik yig’indisiga teng *R*’ kattalikka fazodagi kuchlar sistemasining bosh vektori deyiladi.



$$\vec{R}' = \sum \vec{F}_v$$

Fazodagi kuchlar sistemasining biror markazga nisbatan bosh momenti M_0 tashkil etuvchi kuchlarning shu markazga nisbatan momentlarining geometrik yig’indisiga teng.

$$\vec{M}_o = \sum \vec{M}_o(\vec{F})$$

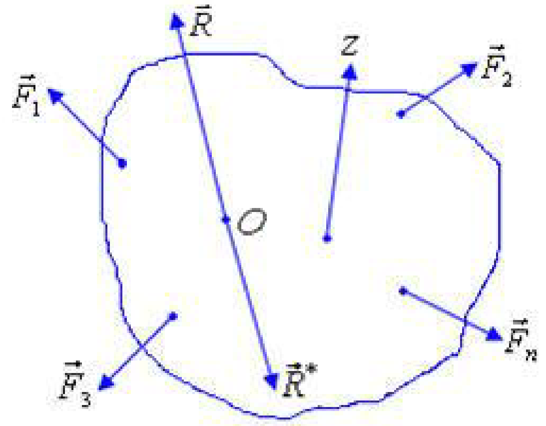
Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini biror *O* markazga keltirish natijasida bu kuchlar sistemasi keltirish markaziga qo’yilgan bosh vektor *R’* ga teng bitta kuch bilan momenti M_0 ga teng bitta juftga ekvivalent bo’ladi.

Aytaylik, kuchlar sistemasini teng ta'sir etuvchiga keltirish mumkin bo'lsin. U holda quyidagi teorema o'rinli bo'ladi.

Varin'on teoremasi: *Kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisidan biror markazga nisbatan olingan moment, shu barcha kuchlardan mazkur markazga nisbatan olingan momentlarning geometrik yig'indisiga teng, ya'ni*

$$\vec{m}_0(\vec{R}) = \sum_{k=1}^{n} \vec{m}_0(\vec{F}_k) \ . \qquad (6.7)$$

Isbot. Aytaylik, qattiq jismga ixtiyoriy ($\vec{F}_1, \vec{F}_2, ..., \vec{F}_n$) kuchlar sistemasi qo'yilgan bo'lsin va kuchlar sistemasini bitta teng ta'sir etuvchiga keltirish mumkin bo'lsin, ya'ni



$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, ..., \vec{F}_n) \sim \vec{R} \ . \qquad (6.8)$$

Bu kuchlar sistemasiga ularning teng ta'sir etuvchisining $\vec{R}$ yo'nalishi qarama qarshi tomonga yo'nalgan va miqdor jihatdan teng bo'lgan $\vec{R}^*$ kuchni qo'shamiz (1.46-shakl). U holda

$$(\vec{F}_1, \vec{F}_3, \ldots, \vec{F}_n \,;\, \vec{R}^*) \sim (\vec{R}, \vec{R}^*) \sim 0, \qquad (6.9)$$

muvozanatlashtiruvchi kuchning ta'rifiga asosan bu kuch jismga qo'yilganda, yangi hosil bo'lgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi kerak. Shuning uchun, bu kuchlardan ixtiyoriy nuqtaga nisbatan olingan moment yig'indisi ham nolga teng bo'lishi kerak:

$$\sum_{k=1}^{n} \vec{m}_0(\vec{F}_k) + \vec{m}_0(\vec{R}^*) = 0,$$

va

$$\vec{m}_0(\vec{R}^*) + \vec{m}_0(\vec{R}) = 0 \quad \text{yoki} \quad \vec{m}_0(\vec{R}^*) = -\vec{m}_0(\vec{R}).$$

Bu ifodani yuqoridagi tenglamaga qo'ysak:

$$\sum_{k=1}^{n} \vec{m}_0(\vec{F}_k) - \vec{m}_0(\vec{R}) = 0 \quad \text{yoki} \quad \vec{m}_0(\vec{R}) = \sum_{k=1}^{n} \vec{m}_0(\vec{F}_k).,$$

ya'ni teoremani o'rinli ekanligini isbotlaydi.

Agar (6.7) tenglikning har ikkala tomonini Oz o'qiga proyeksiyalasak, u holda Varin'on teoremasini z o'qidagi proyeksiyasini olamiz:

$$\vec{m}_z(\vec{R}) = \sum_{k=1}^{n} \vec{m}_z(\vec{F}_k), \qquad (6.10)$$

ya'ni, *kuchlarning teng ta'sir etuvchisidan biror o'qqa nisbatan olingan moment, shu kuchlardan mazkur o'qqa nisbatan olingan momentlarning algebraik yig'indisiga teng.*

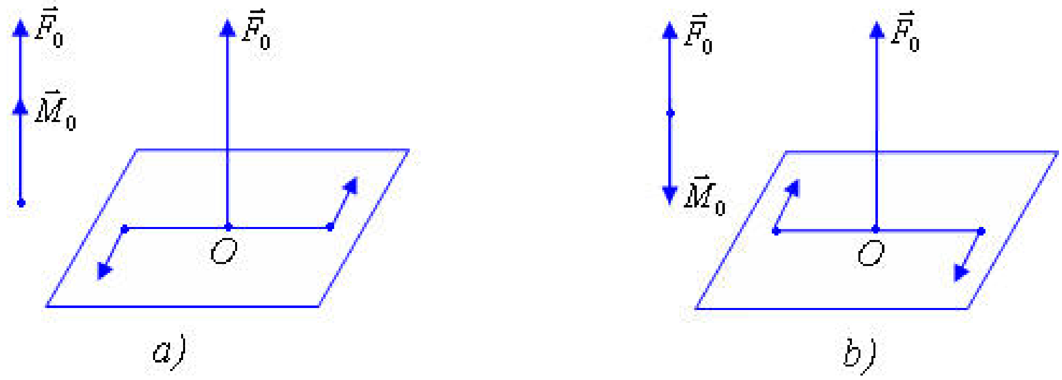
Agar berilgan kuchlar sistemasi biror tekislikda yotsa, u holda bunday kuchlar sistemasi uchun Varin'on teoremasini quyidagicha yozish mumkin:

$$m_0(\vec{R}) = \sum_{k=1}^{n} m_0(\vec{F}_k), \qquad (6.11)$$

ya'ni, *tekislikdagi kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisidan biror markazga nisbatan olingan moment, shu kuchlardan mazkur nuqtaga nisbatan olingan momentlarning algebraik yig'indisiga teng.*

Dinamik vint. Markaziy o’q tenglamasi

Agar bosh vektor va bosh moment o'zaro kollinear bo'lsa, u holda ularni *dinamik vint* yoki *dinama* deb ataladi. Demak, berilgan kuchlar sistemasi dinamik vintni tashkil qilishi uchun bu kuchlarning bosh momentining tashkil etuvchilari bosh vektorga perpendikulyar bo'lishi kerak. Agar juft kuch jismni soat millariga qarama-qarshi tomonga aylantirilsa, *o'ng vint* (1.42, *a*-shakl), aks holda *chap vint* deb ataladi. (1.42, *b*-shakl).

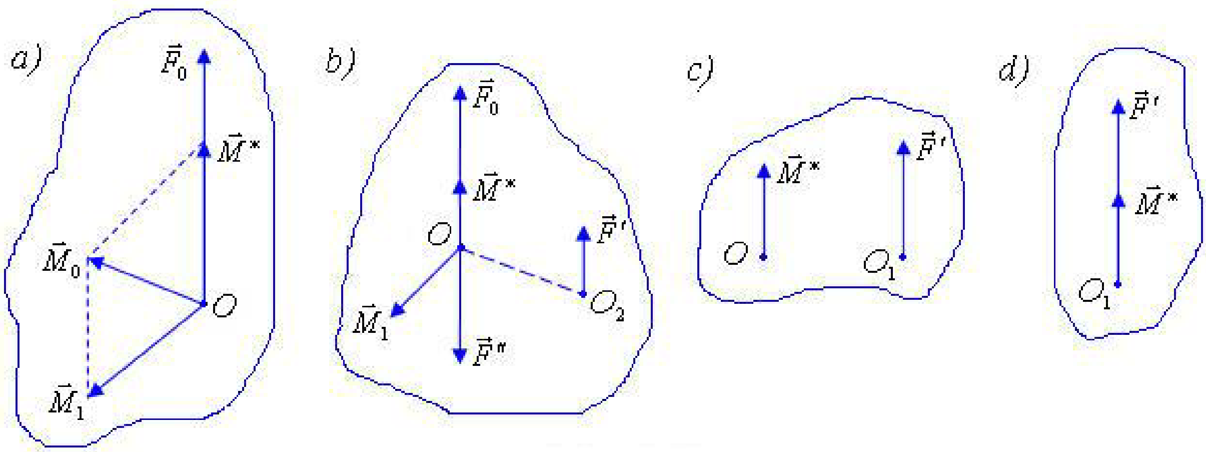


1.42-shakl

Endi, berilgan kuchlar sistemasi qanday hollarda dinamik vintga keltiriladi degan savolga javob berishi uchun quyidagi teoremani isbotlaymiz.

Teorema. Agar berilgan kuchlar sistemasi uchun statikaning ikkinchi invarianti noldan farqli bo'lsa, u holda kuchlar sistemasini dinamik vintga keltirish mumkin.

Isbot. Aytaylik, qattiq jismga $\vec{F}_1, \vec{F}_2, ..., \vec{F}_n$ kuchlar sistemasi qo'yilgan bo'lsin. Statikaning asosiy teoremasiga asosan bu kuchlar uchun $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, ..., \vec{F}_n) \sim (\vec{F}_0, \vec{M}_0)$ shart o'rinli bo'ladi. Teoremaning shartiga asosan statikaning ikkinchi invarianti $J_2 = \vec{M}_0 \cdot \vec{F}_0 \neq 0$, ya'ni $\vec{F}_0$ bosh vektor bilan $\vec{M}_0$ bosh moment o'zaro perpendikulyar emas. (1.43, *a*-shakl). $\vec{M}_0$ bosh momentni tashkil etuvchilaridan biri bosh vektor bo'ylab va ikkinchi tashkil etuvchisi bosh vektorga perpendikulyar yo'nalgan ikkita tashkil etuvchilarga ajratamiz, ya'ni $\vec{M}_0 = \vec{M}_1 + \vec{M}^*$. So'ngra bosh vektor bo'ylab yo'nalgan $\vec{M}^*$ momentni $F_0 = F' = F''$ shartni qanoatlantiruvchi va ulardan biri O nuqtadan o'tib bosh vektorga qarama-qarshi tomonga yo'nalgan $(\vec{F}', \vec{F}'')$ juftga keltiramiz. (1.43, *b*-shakl). U holda $(\vec{F}_0, \vec{F}'') \sim 0$ bo'ladi va ularni tashlab yuborish mumkin. $\vec{M}^*$ moment erkin vektor ekanligidan foydalanib, uni O_1 nuqtaga keltiramiz. (1.43, *c*, *d*-shakllar). Natijada O nuqtaga qo'yilgan $\vec{F}_0$ va $\vec{M}_0$ bosh momentni O_1 nuqtaga qo'yilgan $\vec{F}_0 = \vec{F}'$ va $\vec{M}^*$ kuchlardan iborat dinamik vint hosil qilindi.

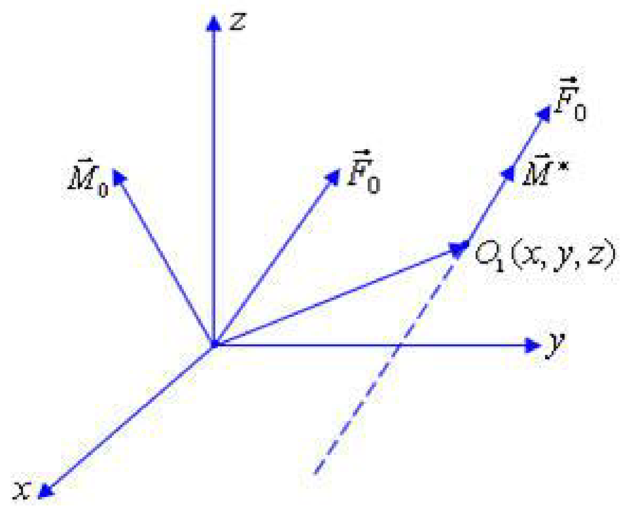


1.43-rasm

(6.2) tenglikka asosan kuchlar sistemasi $J_2 > 0$ bo'lsa o'ng dinamik vintga va $J_2 < 0$ bo'lsa chap dinamik vintga keltiriladi.

Kuchlar sistemasi dinamik vintga keltirilgan O_1 nuqta yagona emas. Haqiqatdan bosh vektor sirpanuvchi vektor, bosh moment esa erkin vektor ekanligidan foydalanib, ularni O_1 nuqtadan o'tuvchi va $F' = \vec{F}_0$ bo'ylab yo'nalgan to'g'ri chiziqda yotuvchi barcha nuqtalarda kuchlar sistemasini dinamik vintga keltirish mumkin. Bu to'g'ri chiziq kuchlar sistemasining *markaziy o'qi* deb ataladi. Shu markaziy o'q tenglamasini ko'rinishini aniqlaymiz.

Aytaylik, O_1 - markaziy o'q nuqtasi bo'lsin (1.44-shakl). U holda bosh vektor va bosh moment bu nuqtadan o'tib, o'zaro kollenear bo'ladi.



(6.14) formulaga asosan O_1 nuqtadan o'tuvchi bosh momentni quyidagicha yozish mumkin:

$$\vec{M}^* = \vec{M}_0 - \overrightarrow{OO_1} \times \vec{F}_0 \quad . \tag{6.5}$$

U holda $\vec{M}^*$ va $\vec{F}_0$ vektorlarning kollenearlik shartidan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\rho \vec{F}_0 = \vec{M}^*,$$

bunda ρ - vint parametri bo'lib, uzunlik birligi bilan o'lchanadi. Agar bosh vektor va bosh momentning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalarini mos holda F_x, F_y, F_z va M_{Ox}, M_{Oy}, M_{Oz} bilan belgilasak, ya'ni:

$$\vec{F}_0 = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} + F_z \vec{k}, \quad \vec{M}_0 = M_{Ox} \vec{i} + M_{Oy} \vec{j} + M_{Oz} \vec{k}.$$

Bu kattaliklarni (4.20) tenglikka qo'yamiz:

$$\rho \cdot F_x \vec{i} + F_y \vec{j} + F_z \vec{k} = M_{Ox} \vec{i} + M_{Oy} \vec{j} + M_{Oz} \vec{k} - \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix} = [M_{ox} - (y \cdot F_z - z \cdot F_y)] \cdot \vec{i} +$$

$$+ [M_{Oy} - (z \cdot F_x - x \cdot F_z)] \cdot \vec{j} + [M_{Oz} - (x \cdot F_y - y \cdot F_z)] \cdot \vec{k}.$$

$\vec{i}, \vec{j}$ va $\vec{k}$ birlik vektorlar oldidagi koeffitsiyentlarni o'zaro tenglashtirsak:

$$\rho \cdot F_x = M_{Ox} - (y \cdot F_z - z \cdot F_y),$$
$$\rho \cdot F_y = M_{Oy} - (z \cdot F_x - x \cdot F_z),$$
$$\rho \cdot F_z = M_{Oz} - (x \cdot F_y - y \cdot F_x),$$

yoki

$$\frac{M_{Ox} - (y \cdot F_z - z \cdot F_y)}{F_x} = \frac{M_{Oy} - (z \cdot F_x - x \cdot F_z)}{F_y} = \frac{M_{Oz} - (x \cdot F_y - y \cdot F_x)}{F_z}. \tag{6.6}$$

(6.6) tenglama *markaziy o'q tenglamasini* bildiradi.

Nazorat savol va topshiriqlar

1. Kuchning bosh momentini keltirish markaziga bog'liqligini tushuntiring.
2. Statikaning invariantlari nima?
3. Fazoviy kuchlar sistemasini sodda holga keltirishning xususiy hollari nimalar kiradi?
4. Varinon teoremasi ta'rifini bering.
5. Dinamik vint nima?

6. Markaziy o'q tenglamasini tushuntiring.

5-Mavzu: QATTIQ JISMNING OG`IRLIK MARKAZI

Reja:

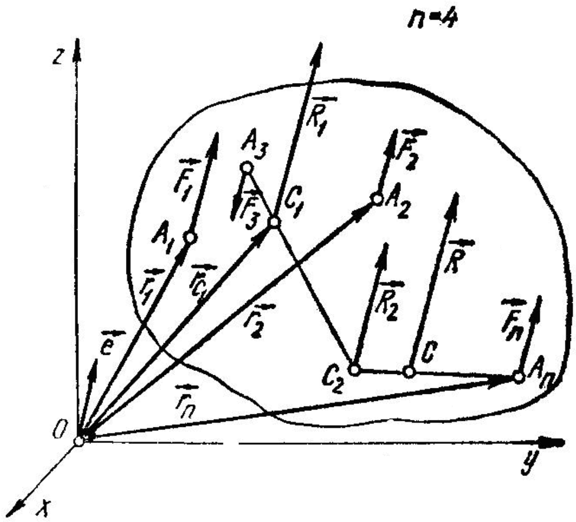
1. Asosiy savollar
2. Parallel kuchlarning teng ta'sir etuvchisini aniqlash.Parallel kuchlar markazi
3. Jismning og'irlik markazini aniqlash
4. Oddiy shaklli ba'zi bir jinsli jismlarning og'irlik markazini aniqlash

Tushuncha va tayanch iboralar

Parallel kuchlar markazi, jismning og'irlik markazi, jismlarning og'irlik markazini aniqlash usullari – simmetriya usuli, bo'laklarga ajratish usuli, manfiy yuza usuli, tajriba usuli

Parallel kuchlarning teng ta'sir etuvchisini aniqlash. Parallel kuchlar markazi

Jismga *(F_1, F_2, … , F_n)* parallel kuchlar sistemasi ta'sir etsin. Kuchlarning qo'yilgan nuqtalarini mos ravishda A_1, A_2, … , A_n va *Oxyz* koordinatalar sistemasiga nisbatan bu nuqtalarning radius-vektorlarini r_1, r_2, … , r_n bilan belgilaymiz. Mazkur kuchlarning teng ta'sir etuvchisini va uning qo'yilgan nuqtasini aniqlaymiz.



Avvalo F_1 va F_2 kuchlarni qo'shamiz va ularning teng ta'sir etuvchisini R_1 bilan belgilaymiz.

$$\vec{R}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \qquad (1)$$

F_1 va F_2 orasida qo'yidagi munosabat o'rinli:

$$\frac{F_1}{C_1A_2} = \frac{F_2}{A_1C_1} \qquad \text{ёки} \qquad \frac{A_1C_1}{F_2} = \frac{C_1A_2}{F_1} \qquad (2)$$

Agar R_1 qo'yilgan S_1 nuqtaning radius-vektorini r_{C_1} bilan belgilasak, u holda quyidagini olamiz:

$$\overrightarrow{A_1C_1} = \overrightarrow{r_{c_1}} - \overrightarrow{r_1}, \qquad \overrightarrow{C_1A_2} = \overrightarrow{r_1} - r_{c_1} \qquad (3)$$

(3) ni (2) ga qo'yib, r_{C_1} ni aniqlaymiz:

$$\overrightarrow{r_{C_1}} = \frac{F_1 \cdot \overrightarrow{r_1} + F_2 \cdot \overrightarrow{r_2}}{F_1 + F_2} \qquad (4)$$

(1) tenglikni nazarda tutib, R_1 va F_3 kuchlarni qo'shamiz.

$$R_2 = R_1 - F_3 = F_1 + F_2 + F_3 = \sum_{\nu=1}^{3} F_\nu ,$$

$$\frac{R_1 \cdot \overrightarrow{r_{C_1}} + F_3 \cdot \overrightarrow{r_3}}{R_1 + F_3} = \frac{F_1 \cdot \overrightarrow{r_1} + F_2 \cdot \overrightarrow{r_2} + F_3 \cdot \overrightarrow{r_3}}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{\sum\limits_{\nu=1}^{3} F_\nu r_\nu}{\sum\limits_{\nu=1}^{3} F_\nu}$$

Xuddi shuningdek, *p* ta parallel kuchlarni qo'shish natijasida *S* nuqtaga qo'yilgan bitta teng ta'sir etuvchi *R* kuchni olamiz:

$$R = \sum_{\nu=1}^{n} F_\nu , \qquad \overrightarrow{r_C} = \frac{\sum\limits_{\nu=1}^{n} F_\nu r_\nu}{\sum\limits_{\nu=1}^{n} F_\nu} \tag{5}$$

(5) formula yordamida aniqlanadigan *S* nuqta *parallel kuchlar markazi* deyiladi.

Parallel kuchlar markazining koordinatalarini x_C, y_C, z_C; F_ν kuch qo'yilgan nuqtaning koordinatalarini x_ν, y_ν, z_ν bilan belgilasak, (5) dan parallel kuchlar markazining koordinatalari aniqlanadigan quyidagi munosabatlarni olamiz:

$$x_C = \frac{\sum\limits_{\nu=1}^{n} F_\nu x_\nu}{\sum\limits_{\nu=1}^{n} F_\nu}, \qquad y_C = \frac{\sum\limits_{\nu=1}^{n} F_\nu y_\nu}{\sum\limits_{\nu=1}^{n} F_\nu}, \qquad z_C = \frac{\sum\limits_{\nu=1}^{n} F_\nu z_\nu}{\sum\limits_{\nu=1}^{n} F_\nu} \tag{6}$$

(5) dagi $\sum\limits_{\nu=1}^{n} F_\nu \vec{r}_C$ kattalik berilgan *kuchlar sistemasining S markazga nisbatan statik momenti* deyiladi.

(6) dagi $\sum\limits_{\nu=1}^{n} F_\nu x_\nu$, $\sum\limits_{\nu=1}^{n} F_\nu y_\nu$, $\sum\limits_{\nu=1}^{n} F_\nu z_\nu$, kattaliklar berilgan *kuchlar sistemasining* mos ravishda *yOz, xOz* va *xOy tekisliklarga nisbatan statik momentlari* deyiladi.

Jismning og'irlik markazini aniqlash

Istalgan qattiq jismni juda kichik zarrachalardan tashkil topgan deb qarash mumkin. Bunday zarrachalarning har biriga vertikal pastga yo'nalgan R_1, R_2, … yerga tortilish kuchlari (og'irlik kuchi) ta'sir etadi. Jism barcha zarralari og'irlik kuchlarining teng ta'sir etuvchisi $R=\sum R_\nu$ *jismning og'irlik kuchi* deyiladi hamda bu parallel kuchlarning markazi mazkur *jismning og'irlik markazi* deyiladi.

Jism og'irlik markazining radius-vektori (5), koordinatalari (6) formulalari asosida aniqlanadi:

$$\overrightarrow{r_C} = \frac{\sum\limits_{\nu=1}^{n} P_\nu r_\nu}{P},$$

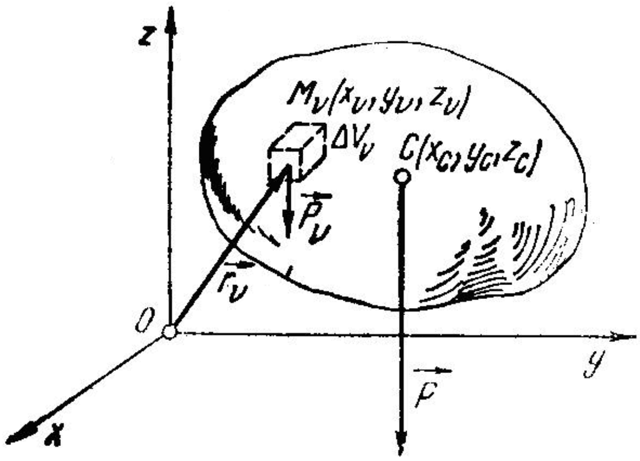
$$x_C = \frac{\sum\limits_{\nu=1}^{n} P_\nu x_\nu}{P}, \qquad y_C = \frac{\sum\limits_{\nu=1}^{n} P_\nu y_\nu}{P}, \qquad z_C = \frac{\sum\limits_{\nu=1}^{n} P_\nu z_\nu}{P}. \tag{7}$$

Bunda r_ν $(x_\nu, y_\nu, z_\nu)\nu$ - zarrachaning radius-vektori; r_s (x_s, y_s, z_s) - jism og'irlik markazining radius-vektori.

Jismning og'irlik markazi geometrik nuqtadan iborat bo'lib, ba'zida bu nuqta jismga taalluqli bo'lmasligi ham mumkin.

Agar jism bir jinsli bo'lsa, og'irlik markazi uning qanday materialdan tashkil topganiga bog'lik bo'lmay, faqat geometrik shakliga bog'lik bo'ladi.

Og'irligi R ga teng jism V hajmga ega bo'lsin.



Agar birlik hajmga to'g'ri kelgan og'irlikni γ bilan belgilasak, bir jinsli jism uchun γ = *const* bo'ladi hamda jism γ bo'lakchasining og'irligi

$R_\nu = \gamma \cdot \Delta V_\nu$ (8)

(8) ni (7) ga qo'yib, hajmga ega bo'lgan jism og'irlik markazining radius-vektori va koordinatalarini aniqlaymiz:

$$\overrightarrow{r_C} = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \gamma \Delta V_\nu \cdot \vec{r}_\nu}{\sum_{\nu=1}^{n} \gamma \Delta V_\nu} = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta V_\nu}{V}. \qquad (9)$$

$$x_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta V_\nu x_\nu}{V}, \qquad y_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta V_\nu y_\nu}{V}, \qquad z_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta V_\nu z_\nu}{V}, \qquad (10)$$

bunda $V = \sum \Delta V_\nu$ butun jism hajmini ifodalaydi.

Xuddi shuningdek, ixtiyoriy sirtga ega bo'lgan plastinkaning og'irlik markazini aniqlash uchun quyidagi formula o'rinli bo'ladi.

$$\overrightarrow{r_C} = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta S_\nu \vec{r}_\nu}{S}. \qquad (11)$$

$$x_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta S_\nu x_\nu}{S}, \qquad y_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta S_\nu y_\nu}{S}, \qquad z_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta S_\nu z_\nu}{S}. \qquad (12)$$

Bunda S – plastinka sirtining yuzasi, *x, y, z* esa *dS* elementar yuzaning koordinatalari.

Chiziqning og'irlik markazi quyidagicha aniqlanadi:

$$\overrightarrow{r_C} = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta l_\nu \cdot \vec{r}_\nu}{L}. \qquad (13)$$

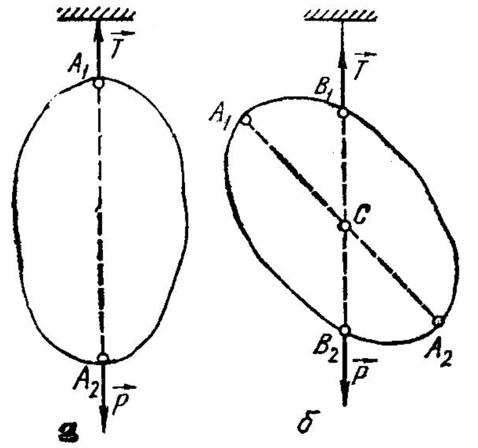
$$x_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta l_\nu x_\nu}{L}, \qquad y_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta l_\nu y_\nu}{L}, \qquad z_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta l_\nu z_\nu}{L}, \qquad (14)$$

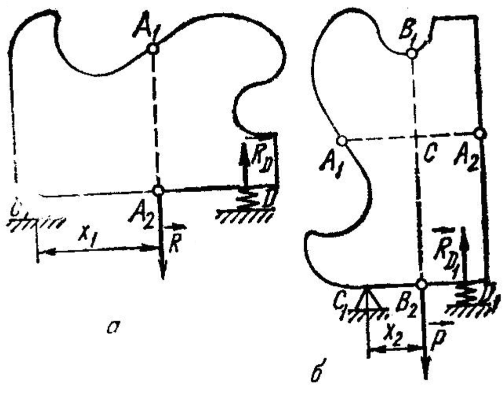
bunda *l* – chiziqning o'zunligi; *x, y, z* esa *dl* bo'lakcha koordinatalari.

Oddiy shaklli ba'zi bir jinsli jismlarning og'irlik markazini aniqlash

Jismning og'irlik markazini topishning quyidagi usullari mavjud:

Simmetriya usuli; 2. Bo'laklarga ajratish usuli;
3. Manfiy yuza usuli; 4.Tajriba usuli.





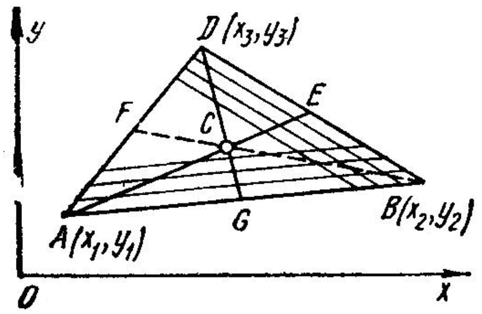
Uchburchak yuzasining og'irlik markazi. AVD uchburchakni AV tomonga parallel bo'lgan kichik bo'laklarga ajratamiz. Bu bo'laklar har birining og'irlik markazi uning o'rtasida yotadi, ya'ni uchburchakning og'irlik markazi DG medianada yotadi. Binobarin, uchburchak yuzasining og'irlik markazi uning medianalari kesishgan S nuqtada yotadi.

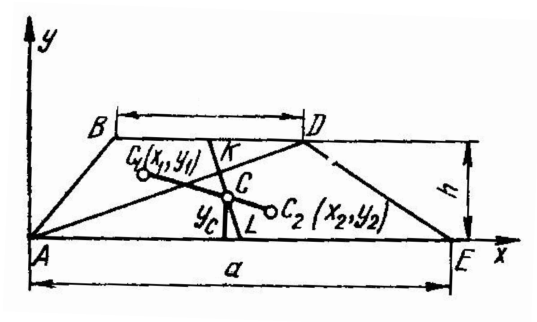
S nuqtaning koordinatalari analitik geometriyada chiqarilgan

$$x_S = ½(x_1 + x_2 + x_3),$$

$$y_S = ½(y_1 + y_2 + y_3) \qquad (15)$$

formulaga binoan aniqlanadi.





Trapesiyasining og'irlik markazi. Trapesiyaning og'irlik markazi ABD va ADE uchburchaklar og'irlik markazlarini tutashtiruvchi chiziq bilan BD va AE asoslarning o'rtalarini tutashtiruvchi KL chiziqlarning kesishgan S nuqtasida yotadi.

ABD va ADE uchburchaklar uchun

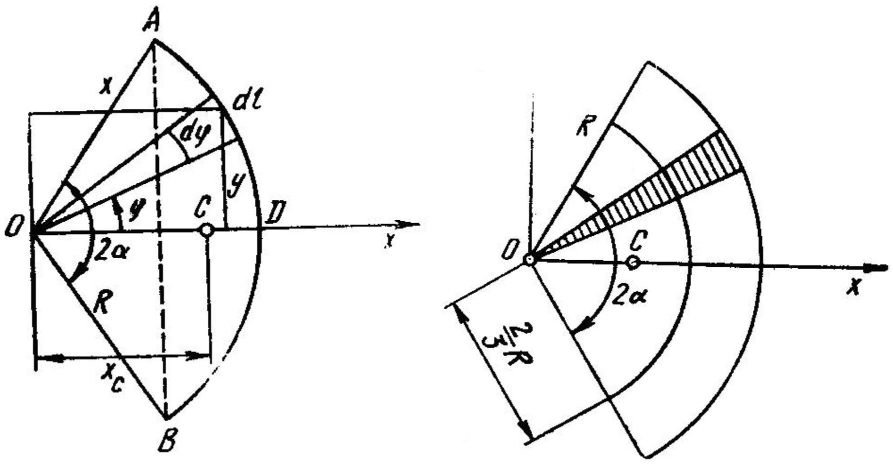
$$y_1 = \frac{2}{3}h, \;\; S_1 = \frac{b \cdot h}{2}, \;\; y_2 = \frac{1}{3}h, \;\; S_2 = \frac{a \cdot h}{2}$$

ekanligini e'tiborga olib, quyidagini yozamiz:

$$y_c = \frac{y_1 S_1 + y_2 S_2}{S_1 + S_2} = \frac{h(a+2b)}{3(a+b)}.$$

Aylana yoyining og'irlik markazi. Radiusi R, markaziy burchagi 2α ga teng ADB aylana yoyining og'irlik markazini aniqlaymiz.

$$x_c = \frac{R \sin\alpha}{\alpha}.$$



Xususiy holda yarim aylana uchun $\alpha = \pi/2$ ekanligini e'tiborga olsak,

$$x_c = \frac{2R}{\pi} = 0{,}637R.$$

Doira sektori yuzasining og'irlik markazi. Radiusi R, markaziy burchagi 2α ga teng doira sektori yuzasining og'irlik markazi quyidagi tenglikdan aniqlanadi.

$$x_c = \frac{2}{3}\frac{R\sin\alpha}{\alpha}.$$

Xususiy holda yarim doira uchun $\alpha = \pi/2$ ekanligini nazarda tutsak,

$$x_c = \frac{4}{3\pi}R = 0{,}424R.$$

Nazorat savol va topshiriqlar

1. Parallel kuchlar markazi qanday aniqlanadi?
2. Jismning og'irlik markazini qanday aniqlanadi?
3. Og'irlik markazini aniqlash usullari nimalardan iborat?
4. Uchburchak yuzasini aniqlash fomulalarini keltiring.
5. Trapesiyaning og'irlik markazi qanday aniqlanadi?

6-Mavzu. **NUQTA KINEMATIKASI**

Reja:
1. Asosiy tushunchalar.
2. Nuqta harakatining berilish usullari.
3. Tezlik va tezlanish.
4. Nuqta xarakatining xususiy hollari.

Tushuncha va tayanch iboralar

Sanoq sistemasi, nuqtaning trayektoriyasi, to'g'ri chiziqli harakat, egri chiziqli harakat, nuqtaning harakat qonuni, nuqtaning tezligi, nuqtaning tezlanishi.

Asosiy tushunchalar

Nazariy mexanikaning kinematika bo'limida nuqta va absolyut qattiq jismning mexanik harakati faqat geometrik nuqtai nazardan, ya'ni ularning massalari va ta'sir etuvchi kuchlarga bog'liksiz ravishda o'rganiladi.

Jismning mexanik harakati boshqa biror jism bilan biriktirilgan va *sanoq sistemasi* deb ataladigan koordinatalar sistemasiga nisbatan tekshiriladi.

Nazariy mexanikada o'zunlik birligi sifatida SI sistemasida (m), burchak koordinatalari birligi uchun radian (rad) qabul qilingan.

Tanlab olingan sanoq sistemasiga nisbatan nuqtaning harakatini o'rganish uning shu sistemaga nisbatan biror vaqt oralig'idagi trayektoriyasini va har ondagi tezlik va tezlanishini aniqlash masalasidan iborat.

Nuqta harakatlanganda uning berilgan sanoq sistemasiga nisbatan chizgan o'zoo'qsiz chizig'i *nuqtaning trayektoriyasi* deyiladi. Agar nuqta trayektoriyasi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lsa, uning harakati *to'g'ri chiziqli harakat*, trayektoriyasi egri chiziq bo'lsa, *egri chiziqli harakat* deyiladi.

Nuqtaning harakati va ko'chishi tushunchalarini bir-biridan farq qilish kerak. Nuqtaning ko'chishi uning boshlang'ich va oxirgi holatlari hamda vaqt oralig'i bilan aniqlanadi, bunda nuqtaning avvalgi holatdan kyoyingi holatga qanday usul bilan o'tishii e'tiborga olinmaydi.

Nuqta kinematikasida quyidagi ikki asosiy masala ko'riladi:

Berilgan sanoq sistemasiga nisbatan nuqtaning harakatini matematik usulda aniqlash;

Nuqtaning berilgan harakat qonuniga ko'ra mazkur harakatning barcha kinematik xarakteristikalari (trayektoriya, tezlik va tezlanish va hokazolar) ni aniqlash.

Vektorning skalyar argument bo'yicha hosilasi

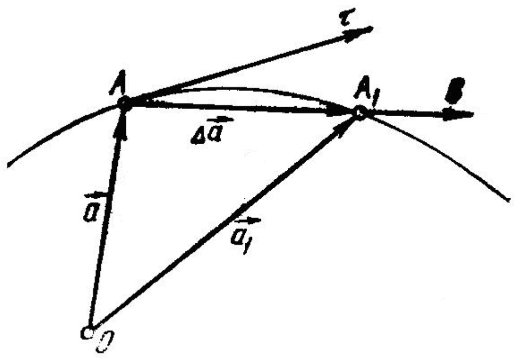
Skalyar argument *t* ning funksiyasidan iborat bo'lgan hamda miqdor va yo'nalish jihatdan o'zgaruvchi *a* vektor berilgan bo'lsin:

$$\vec{a} = \vec{a}(t)$$

bunda *a* vektorni *t* argumentning uzluksiz va bir qiymatli funksiyasi deb qaraymiz.

O'zgaruvchi *a* vektor argumentining bir-biriga yaqin *t* va *t+Δt* ga mos keluvchi qiymatlarini $\vec{a} = \vec{a}(t)$ va $\vec{a}_1 = \vec{a}(t + \Delta t)$ bilan belgilaylik *a* va a_1 vektorlarning uchlarini tutashtirib, quyidagi munosabatni yozamiz:

$$\vec{a}_1 = \vec{a} + \Delta\vec{a} \qquad \text{ёки} \qquad \Delta\vec{a} = \vec{a}_1 - \vec{a}$$



Bunda *Δa* vektor *a* vektorning argument *Δt* ga o'zgargandagi orttirmasini ifodalaydi. *Δa/Δt* nisbatning *Δt* nolga intilgandagi limiti *a* vektorning *t* skalyar argument bo'yicha hosilasi deyiladi.

$$\frac{d\vec{a}}{dt} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{a}}{\Delta t}$$

Δa/Δt vektorning yo'nalishini aniqlaymiz. *Δt* musbat skalyar kattalik bo'lgani uchun *Δa/Δt* vektori *Δa* bo'yicha, ya'ni godografning *AV* keluvchisi bo'ylab yo'naladi. *Δt* nolga intilgan limit holatida kesuvchi *A* nuqtada godografga o'tkazilgan $A\tau$ urinma bo'ylab yo'naladi.

Demak, vektorning skalyar argument bo'yicha hosilasi mazkur vektorning godografiga o'tkazilgan urinma bo'yicha yo'nalgan vektor bilan ifodalanadi.

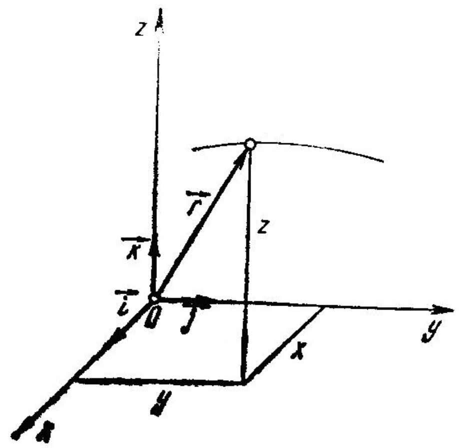
Nuqta harakatining berilish usullari

Nuqtaning biror sanoq sistemasiga nisbatan istalgan vaqtdagi holatini aniqlash usuli ma'lum bo'lsa, uning harakati aniqlangan yoki berilgan deyiladi, nuqtaning harakatini aniqlovchi ifoda uning *harakat tenglamasi* yoki *harakat qonuni* deyiladi.

Nuqtaning harakati asosan quyidagi uch usulda aniqlanadi:

Vektor usuli; 2. Koordinatalar usuli; 3. Tabiiy usul.

Vektor usuli. M nuqta qo'zg'almas *0xuz* koordinatalar sistemasiga nisbatan harakatda bo'lsin.



0 va *M* nuqtalarni tutashtirib, *M* nuqtaning *r=OM* radius-vektorini hosil qilamiz. *M* nuqta harakatlanganda vaqt o'tishi bilan uning radius-vektori *r* miqdor va yo'nalish jihatdan o'zgara boradi. Agar nuqtaning radius-vektori vaqt funksiyasi sifatida aniqlangan yoki berilgan bo'lsa, ya'ni

$$\vec{r} - \vec{r}(t)$$

ma'lum bo'lsa, nuqtaning fazodagi holati istalgan paytda aniq bo'ladi.

Bu tenglama nuqta harakatining vektor ko'rinishidagi kinematik tenglamasi deyiladi. Nuqta harakatining shu tarzda aniqlanishi (berilishi) uning *vetor usulda ifodalanishi* deyiladi.

2. Koordinatalar usuli. Nuqtaning holatini to'g'ri burchakli Dekart koordinatalar sistemasiga nisbatan aniqlaymiz. Harakatdagi *M* nuqtaning koordinatalarini *x, u, z* bilan belgilaymiz. Nuqta harakatlanganda vaqt o'tishi bilan uning koordinatalari o'zgara boradi, ya'ni *x, u, z* koordinatalar vaqtning bir qiymatli funksiyasidan iborat bo'ladi:

$$\left.\begin{aligned} x &= x(t), \\ y &= y(t), \\ z &= z(t) \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Agar yuqorida keltirilgan tenglamalar berilgan bo'lsa, nuqtaning istalgan paytdagi holatini aniqlash mumkin (4) funksional munosabatlar vositasida nuqtaning harakatini aniqlash uni *koordinatalar usulida ifodalash* deyiladi (4) ifodalar nuqta harakatining Dekart koordinatalaridagi kinematik tenglamalarini ifodalaydi.

3. Tabiiy usul.

Egri chiziqda sanoq boshi uchun olingan qo'zg'almas *0* nuqtaga nisbatan olingan *M* nuqtaning yoy koordinatasi *S* vaqtning o'tishi bilan turlicha o'zgarishi mumkin. Nuqtaning trayektoriyadagi holatini bir qiymatli aniqlash uchun yoy koordinatasining musbat va manfiy yo'nalishlarini (chizmada "+" va "-" ishora bilan) olamiz.

Agar trayektoriya tenglamasi hamda nunkta yoy koordinatasining vaqt o'tishi bilan o'zgarishini ifodalaydigan

s=s(t) (5)

munosabat ma'lum bo'lsa, nuqtaning harakatini to'liq aniqlash mumkin. Bunda vaqtning bir qiymatli, uzluksiz va differensillanuvchi funksiyasidan iborat.

(5) tenglama nuqtaning trayektoriya bo'ylab harakat qonunini ifodalaydi.

Nuqtaning harakatini $f_1(x,y,z)=0$, $f_2(x,y,z)=0$ va *s=s(t)* tenglamalar vositasida aniqlash uning *tabiiy usulda aniqlanishi* deyiladi.

Shunday qilib, nuqtaning harakatini tabiiy usulda aniqlash uchun:

tanlangan koodinatalar sistemasiga nisbatan trayektoriya tenglamasi

trayektoriyada sanoq boshi uchun olingan qo'zg'almas *0* nuqta hamda yoy koordinatasining musbat va manfiy yo'nalishi

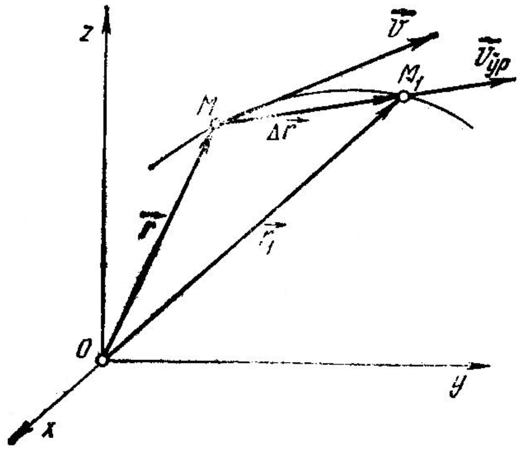
nuqtaning trayektoriya bo'ylab harakat qonunini ifodalovchi (5) tenglama berilgan bo'lishi kerak.

Tezlik va tezlanish

Nuqtaning tezligi

a. Harakati vektor usulida berilgan nuqtaning tezligi.

Nuqtaning harakati vektor usulda $\vec{r} = \vec{r}(t)$ tenglama bilan berilgan bo'lsin. Nuqtaning biror t paytdagi trayektoriyada egallagan holatini M, radius-vektorini r, $t+\Delta t$ paytdagi holatini M_1 radius-vektorini r_1 bilan belgilaylik.



Nuqtaning M va M_1 holatlarini tutashtiruvchi $MM_1=\Delta r$ vektor nuqtaning $\Delta t=t_1-t$ vaqt oralig'idagi *ko'chish vektori* deyiladi.

$$\vec{r}_1 = \vec{r} + \Delta\vec{r} \Rightarrow \Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}$$

Ko'chish vektori Δr ning shu ko'chish sodir bo'ladigan Δt vaqtga nisbati nuqtaning mazkur vaqt oralig'idagi o'rtacha tezlik vektori deyiladi va v_{ur} bilan belgilanadi:

$$\vec{v}_{yp} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

Bundan Δt musbat skalyar miqdor bo'lgani uchun o'rtacha tezlik vektori $\Delta r=MM_1$ vektor bo'yicha, ya'ni M nuqtaning harakat yo'nalishida MM_1, kesishuvchi bo'ylab yo'naladi.

Nuqta o'rtacha tezlik vektorining Δt nolga intilgandagi limiti nuqtaning berilgan ondagi tezlik vektori deyiladi va v bilan belgilanadi.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \Rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \qquad \text{ёки} \qquad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

ya'ni nuqtaning tezlik vektori uning radius vektoridan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng.

b. Harakati koordinatlar usulida berilgan nuqtaning tezligi.

Nuqta harakati Dekart koordinatlarida (4) tenglamalar orqali berilgan bo'lsin. Nuqta tezligi vektorining koordinata o'qlaridagi proyeksiyalarini v_x, v_y,v_z bilan belgilasak ushbu formulalarga ega ega bo'lamiz:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}, \quad v_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}, \quad v_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$$

Shunday qilib, nuqta tezligining biror qo’zg’almas Dekart koordinata o’qidagi proyeksiyasi harakatlanuvchi nuqtaning shu o’qqa mos koordinatasidan vaqt bo’yicha olingan birinchi hosilaga teng.

Nuqta tezligining koordinata o’qlaridagi proyeksiyalari ma’lum bo’lsa, uning moduli

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

formuladan, yo’nalishi esa

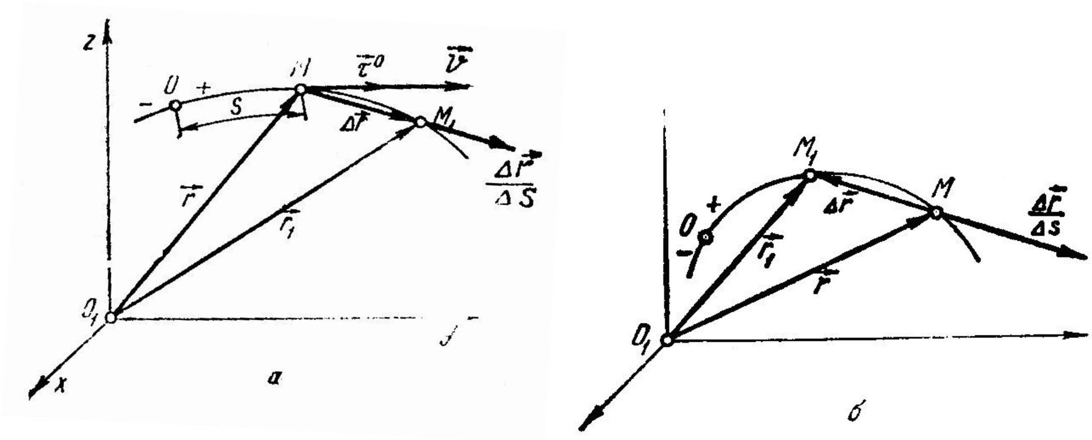
$$\cos(\vec{v},\hat{}x) = \frac{v_x}{v}, \quad \cos(\vec{v},\hat{}y) = \frac{v_y}{v}, \quad \cos(\vec{v},\hat{}z) = \frac{v_z}{v}$$

formulalar yordamida aniqlanadi.

v. Harakati tabiiy usulda ifoadalangan nuqtaning tezligi

Nuqta tezligining moduli yoy koordinatasidan vaqt bo’yicha olingan hosilaning absolyut qiymatga teng.

$$v = \frac{ds}{dt}$$



Nuqtaning tezlanishi

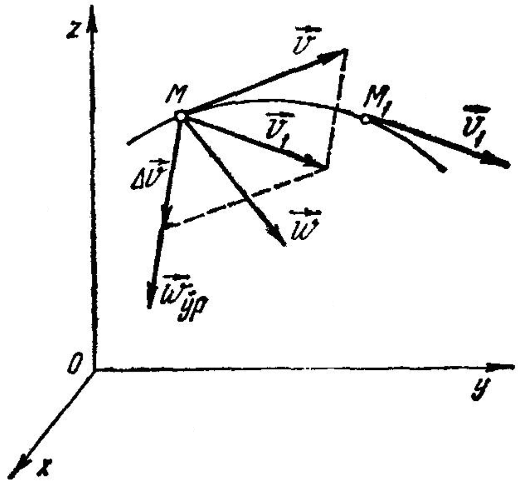
a. Harakati vektor usulida berilgan nuqtaning tezlanishini aniqlash

$$\vec{w} = \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$ ni e’tiborga olsak

$$\vec{w} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$ munosabat o’rinli bo’ladi.

Demak, *nuqtaning tezlanish vektori uning tezlik vektoridan vaqt bo’yicha olingan birinchi hosilaga yoki radius-vektoridan vaqt bo’yicha olingan ikkinchi hosilaga teng.*

SI birliklar sistemasida tezlanish $m\backslash s^2$ da o’lchanadi.



b. Harakati koordinatalar usulida berilgan nuqtaning tezlanishi.

Nuqtaning harakati (4) tenglamalar bilan berilgan bo'lsa, tezlanishning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari quyidagi formulalar orqali ifodalandi:

$$\vec{w}_x = \frac{d\vec{v}_x}{dt}, \quad \vec{w}_y = \frac{d\vec{v}_y}{dt}, \quad \vec{w}_z = \frac{d\vec{v}_z}{dt} \qquad (12)$$

(8) ga asosan (12) ni quyidagicha yoza olamiz:

$$w_x = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}, \quad w_y = \frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{y}, \quad w_z = \frac{d^2z}{dt^2} = \ddot{z} \qquad (13)$$

Demak, nuqta tezlanishining biror o'qdagi proyeksiyasi nuqta tezligining mazkur o'qdagi proyeksiyasidan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilaga yoki shu o'qqa mos koordinatasidan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi xosilaga teng.

Tezlanish moduli

$$w = \sqrt{w_x^2 + w_y^2 + w_z^2} = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2 + \ddot{z}^2} \qquad (14)$$

yo'nalishi

$$\cos(\vec{w},{}^\wedge x) = \frac{w_x}{w}, \quad \cos(\vec{w},{}^\wedge y) = \frac{w_y}{w}, \quad \cos(\vec{w},{}^\wedge z) = \frac{w_z}{w} \qquad (15)$$

formularadan aniqlanadi.

Agar nuqta *0xu* tekisligida harakatlansa, $w_z = \ddot{z} = 0$ bo'lib, (14) va (15) tenglamalar

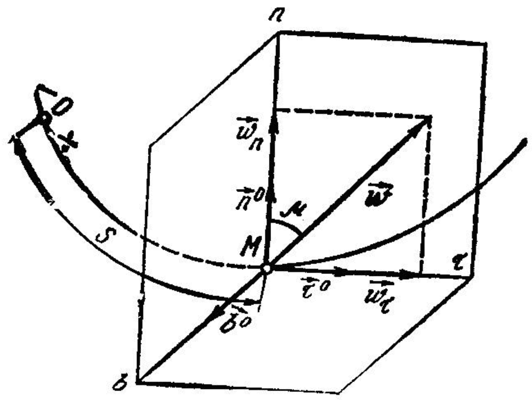
$$w = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2},$$

$$\cos(\vec{w},{}^\wedge x) = \frac{w_x}{w}, \quad \cos(\vec{w},{}^\wedge y) = \frac{w_y}{w}$$

ko'rinishida yoziladi.

v. Harakati tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezlanishi

M nuqtaning tezlanish vektori binormal bo'yicha tashkil etuvchisi nolga teng: $W_b = 0$.



U holda nuqta tezlanishining tabiiy koordinata o'qlaridagi ifodasi quyidagi ko'rinishiga ega bo'ladi:

$$\vec{W} = \vec{W}_\tau + \vec{W}_n$$

ya'ni egri chiziqli harakatdagi nuqtaning tezlanishi urinma va normal tezlanishlarning geometrik yig'indisiga teng: shu sababli tezlanish vektori $\vec{W}_\tau$ va $\vec{W}_n$ larga kurilgan to'g'ri turtburchakning berilgan nuqtadan o'tuvchi diagonali bilan ifodalanadi.

Tezlanishning tabiiy koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari

$$w_\tau = \frac{dv_\tau}{dt}, \quad w_n = \frac{v^2}{\rho}, \quad w_b = 0 \qquad (17)$$

formulalar yordamida aniqlanadi.

(17) da $v_\tau = \dfrac{ds}{dt} = \dot{s}, \quad v^2 = v_\tau^2 = \dot{s}^2$ ekanligini e'tiborga olsak,

$$w_\tau = \ddot{s}, \quad w_n = \frac{\dot{s}^2}{\rho}, \quad w_b = 0$$

bu yerda ρ - chiziqning egrilik radiusi.

Tezlanish moduli

$$w = \sqrt{w_\tau^2 + w_n^2}$$

Nuqta harakatining xususiy hollari

a. To'g'ri chiziqli tekis harakat

Nuqtaning harakati davomida hamisha $\vec{w}_\tau = 0, \quad \vec{w}_n = 0,$ ya'ni $\vec{w} = 0$ bo'lsin. Bu holda (17) ga asosan $\dfrac{dv_\tau}{dt} = 0, \quad \dfrac{v^2}{\rho} = 0$ bo'lib, ulardan $v=/v_\tau/=const$ va $\rho=\infty$ ekanligi kelib chiqadi. Demak, ko'rilayotgan holda nuqta to'g'ri chiziqli tekis harakatda bo'ladi.

b. to'g'ri chiziqli o'zgaruvchan harakat

Nuqta harakati davomida $\vec{w}_\tau \neq 0, \quad \vec{w}_n = 0$ bo'lsin.

Bunda $w_\tau = \dfrac{dv_\tau}{dt} = \ddot{s} \neq 0 \;\; ва \;\; w_n = \dfrac{v^2}{\rho} = 0$ bo'lib, ulardan $v = |v_\tau| = \left|\dfrac{ds_\tau}{dt}\right| = |\ddot{s}|$ va $\rho=\infty$ ekanligi kelib chiqadi.

Demak, nuqtaning tezligi yo'nalish jihatdan o'zgarmay, faqat miqdor jihatdan o'zgaradi va to'g'ri chiziqli o'zgaruvchan harakatda bo'lib, tezlanishning moduli

$$w = |w_\tau| = \left|\frac{dv_\tau}{dt}\right| = |\ddot{s}|$$

formuladan aniqlanadi. Binobarin, urinma tezlanish tezlikning miqdor jihatdan o’zgarishini ifodalaydi.

v. Egri chiziqli tekis harakat

Biror vaqt oralig’i uchun $\vec{w}_\tau = 0, \quad \vec{w}_n \neq 0$ bo’lsin.

Bu holda $w_\tau = \dfrac{dv_\tau}{dt} = \ddot{s} = \neq 0 \qquad w_n = \dfrac{v^2}{\rho} \neq 0$

Bundan $v=/v_\tau/=/s/=const$, $\rho\neq\infty$ kelib chiqadi.

$\rho\neq\infty$ shart harakat trayektoriyasi, egri chiziqdan iborat bo’lishini, $v=const$ shart esa nuqta tekis harakat qilishini ifodalaydi. Demak, bu holda nuqta egri chiziqli tekis harakat kiladi. Agar tezlikning urinmadagi proyeksiyasini v_o bilan belgilasak,

$$v_\tau = v_0 = \frac{ds}{dt} \quad ёки \quad ds = v_o dt$$ hosil bo’ladi.

$t=0$ da $s=s_o$ bo’lsin. Shu shart hamda $v_t=const$ ekanligini nazarda tutib, oxirgi tenglikni integrallasak,

$s=s_o+v_o t$ (19)

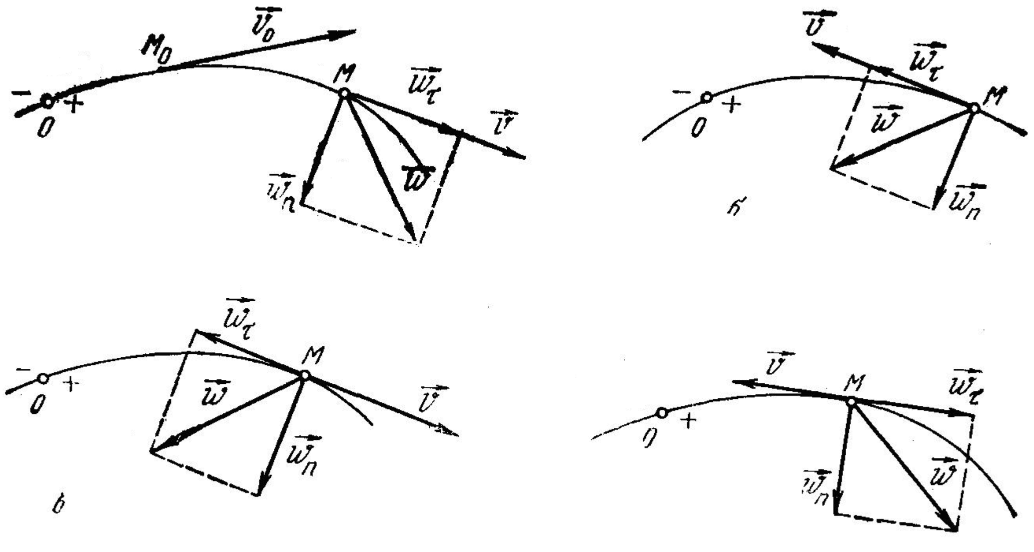
kelib chiqadi. (19) tenglama nuqtaning egri chiziqli tekis harakat tenglamasi deyiladi.

$$w = w_n = \frac{v^2}{\rho}$$

Shunday qilib, normal tezlanish egri chiziqli harakatda vujudga keladi va tezlikning yo’nalishi o’zgarishini ifodalaydi.

g. Egri chiziqli o’zgaruvchan harakat.

Biror vaqt oralig’i uchun $\vec{w}_\tau \neq 0, \quad \vec{w}_n \neq 0$ bo’lsin. Bunda nuqtaning tezligi miqdor va yo’nalish jihatdan o’zgaradi, ya’ni nuqta egri chiziqli o’zgaruvchan harakatda bo’ladi.



Agar $w_t=const$ bo’lsa, nuqta tekis o’zgaruvchan harakatda deyiladi.

v va w_t dyektorlarining yo’nalishi ustma-ust tushsa, nuqta egri chiziqli tezlanuvchan harakatda, ular qarama-qarshi yo’nalgan bo’lsa, nuqta egri chiziqli sekinlanuvchan harakatda bo’ladi.

$$w_\tau = \frac{dv_\tau}{dt} = const \quad ёки \quad dv_\tau = w_\tau dt.$$

$$v_\tau = v_o + w_\tau t, \qquad v_\tau = \frac{ds}{dt}$$

ekanligini hisobga olib topamiz

$$s = s_o + v_o t + w_\tau \frac{t^2}{2} \quad (20)$$

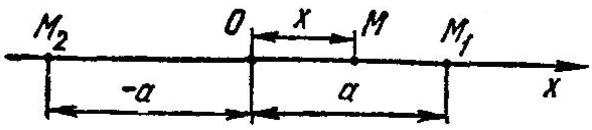
(20) tenglama *egri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat tenglamasini* ifodalaydi.

d. Garmonik tebranma harakat.

Koordinata boshi *O* ga nisbatan koordinatasi

$x = a \cdot \sin\omega t$ (21)

qono'nga ko'ra o'zgaruvchi *M* nuqtaning to'g'ri chiziqli harakatini tekshiramiz.



Nuqtaning tebranish markazidan eng katta masofaga chetga chikishini ifodalovchi kattalik *a tebranish amplitudasi*, ωt *tebranish fazasi*, ω esa tebranishning *doiraviy chastotasi* deyiladi.

Nuqtaning bir marta to'liq tebranishi uchun ketgan vaqt oralig'i *T tebranish davri* deyiladi.

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Tebranish davrining teskari qiymati $\nu = \frac{1}{T}$ *tebranish takrorligi* deyiladi va u 1 sekunddagi to'la tebranishlar sonini ifodalaydi.

Nazorat savol va topshiriqlar

1. Nuqta kinematikasida qaysi asosiy masalalar ko'riladi?
2. Vektorning skalyar aniqlash usullari
3. Nuqtaning harakatini aniqlash usullari
4. Nuqtaning tezligi qanday aniqlanadi?
5. Nuqta tezlanishi qanday aniqlanadi?
6. Nuqta harakatining xususiy hollariga nimalar kiradi?

7-Mavzu. **QATTIQ JISM KINEMATIKASI**

Reja:

1. Qattiq jismning erkinlik darajasi.

2. Qattiq jismning eng sodda harakatlari. Ilgarilanma harakat.

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

4. Jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati burchak tezligi va burchak tezlanishi

5. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining chiziqli tezligi va tezlanishi

Tushuncha va tayanch iboralar.

Ilgarilama harakat, aylanma harakat, aylanish o'qi, burchak tezlik, burchak tezlanishi, tezlanuvchan va sekinlanuvchan aylanma harakat.

Qattiq jismning erkinlik darajasi

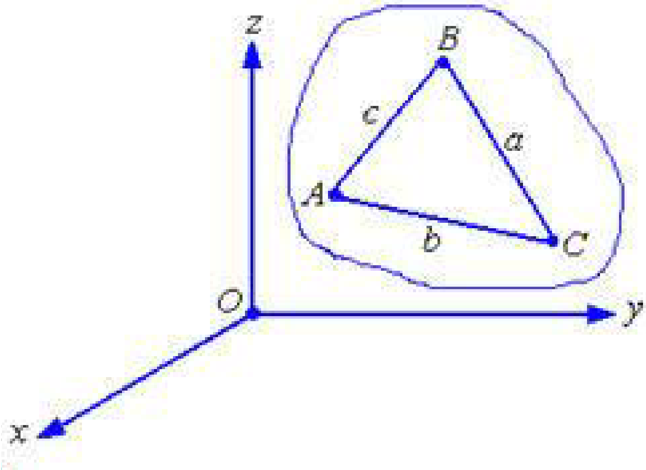
Kirish qismida ko'rib o'tganimizdek, jismning harakati davomida uning nuqtalari orasidagi masofa o'zgarmay qolsa, bunday jismni absolyut qattiq jism yoki qattiq jism deb qabul qildik. Ba'zida qattiq jism bir qancha qismlardan (zvenolardan) iborat bo'ladi va har bir qismining (nuqtalarining) traektoriyalari, tezliklari hamda tezlanish-lari turlicha bo'ladi.Ayrim hollarda esa tekshirilayotgan jism bir qancha jismlarga nisbatan harakatlanadi.Shu sababli qattiq jismning harakatini o'rganish uchun avvalo qattiq jismning harakatini berilish usullarini aniqlash va uning barcha nuqtalarining kinematik harakteristikasini aniqlashdan iborat.Boshqacha aytganda nuqta kinematikasida qo'yilgan „Nuqta kinematikaning ikki asosiy masalasi" ni qattiq jism uchun yechishdan iborat.

Agar qattiq jismning barcha nuqtalarining biror sanoq sistemasiga nisbatan fazodagi o'rnini bir qiymatli aniqlovchi koordinatalari vaqtning funksiyasi ko'rinishda aniqlash mumkin bo'lsa, u holda qattiq jismning harakati berildi deb aytiladi. Lekin bu ta'rifdan bitta jism uchun uning har bir nuqtasining fazodagi o'rnini aniqlovchi cheksiz tenglamalar to'plami tuzish kerak deb tushunmaslik kerak. Balki qattiq jism nuqtalarining harakatini to'la aniqlaydigan tenglamalar sonini aniqlash kerak. Buning uchun avvalo jismning "erkinlik darajasi" ni aniqlash kerak. Shu sababli jismning erkinlik darajasi tushunchasini kiritamiz.

Qattiq jismning fazodagi o'rnini (konfigurasiyasi) bir qiymatli aniqlovchi erkli parametrlar soniga jismning erkinlik darajasi deyiladi.

Endi ba'zi jismlarning erkinlik darajasini aniqlashni ko'rsatamiz. Fazoda erkin harakatlanuvchi qattiq jismning erkinlik darajasi oltiga teng. Haqiqatdan ham bu jismda bitta to'g'ri chiziqda yotmagan uchta $A(x_A,\ y_A,\ z_A)$, $B(x_B,\ y_B,\ z_B)$ va $C(x_C,\ y_C,\ z_C)$ nuqtalarning fazodagi o'rni to'qqizta koordinata bilan aniqlanadi. Lekin bu nuqtalar orasidagi masofa o'zgarmay qolishini hisobga olsak, ya'ni ular orasidagi masofa

$$(x_C - x_B)^2 + (y_C - y_B)^2 + (z_C - z_B)^2 = a^2,$$
$$(x_C - x_A)^2 + (y_C - y_A)^2 + (z_C - z_A)^2 = b^2, \qquad (9.1)$$
$$(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2 = c^2,$$



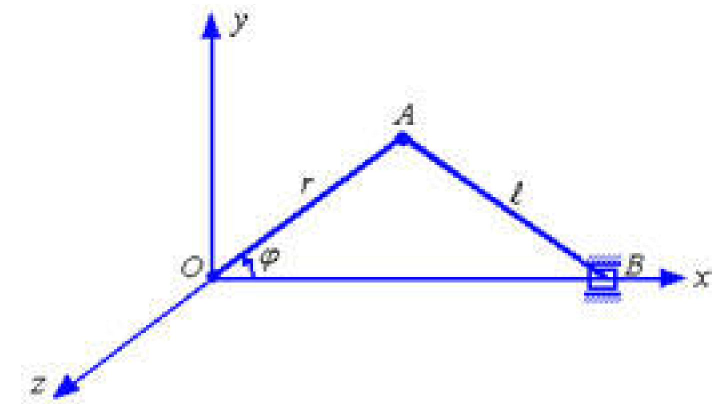
Shartlarni qanoatlantirishi kerak. Demak, to'qqista koordinatadan uchtasi chiziq-li bog'liq va oltitasi chiziqli erkli bo'ladi (2.21-rasm).

Kelgusida (9.1) tengla-malarni *bog'lanish tengla-malari* deb ataymiz. Agar jismning erkinlik darajasini s bilan belgilasak, u holda jismning erkinliklik darajasi

$$s = 3N - a \qquad (9.2)$$

formula bilan aniqlanib, bunda N - jismdagi nuqtalar (qismlari) soni va a – bog'lanish tenglamalari sonini bildiradi. Demak, erkin jism uchun:

$$s = 3 \cdot 3 - 3 = 6$$

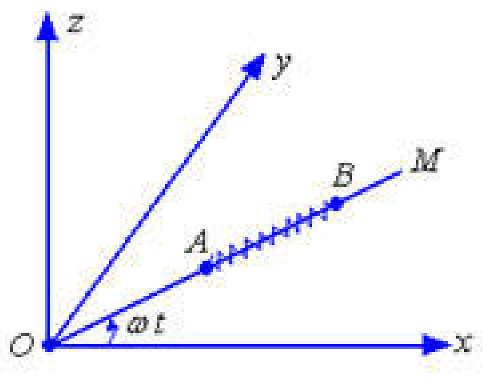


Agar yana bitta qo'shimcha nuqta olsak, ya'ni $M(x_M,\ y_M,\ z_M)$ va nuqta bilan A, B, S nuqtalar orasidagi masofalarni oltita bog'lanish tenglamalari orqali ifodalash mumkin. U holda $s = 3 \cdot 4 - 3 = 6$. Demak, erkin harkatlanuvchi jismninig ixtiyoriy tanlab olingan sanoq sistemasiga nisbatan fazodagi o'rnini oltita erkli koordinatalar orqali aniqlash mumkin.

Bunday koordinatalar uchun qattiq jismning massalar markazini koordinatalari x_C, y_C, z_C va φ, ψ, θ – Eyler burchaklari qabul qilinadi.

Moddiy nuqtaning fazodagi o'rnini uchta erkli koordinata orqali aniqlash mumkin.

Endi krivoship-shatunli mexanizmning erkinlik darajasini aniqlashni ko'rsatamiz (2.22-rasm). A va B nuqtalarning koordinatalarini mos holda x_A, y_A, z_A, x_B, y_B, z_B deb qabul qilsak, u holda bog'lanish tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin:



$$z_A = 0,\quad z_B = 0,\quad y_B = 0,$$
$$x_A^2 + y_A^2 + z_A^2 = r^2 \qquad , \qquad (9.3)$$
$$(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2 = \ell^2 .$$

Demak krivoshipli-shatunli mexanizmning erkinlik darajasi

$s = 2 \cdot 3 - 5 = 1$

teng va bitta erkli koordinata uchun krivoship-shatunli mexanizmning burilish burchagi φ ni qabul qilish mumkin.

Endi 2.23-rasmda ko'rsatilgan qurilmani erkinlik darajasini aniqlay-lik. z qi atrofida doimiy ω burchak tezlik bilan aylanuvchi OM sterjen bo'ylab prujina bilan biriktirilgan va B nuqtalar erkin harakatlanadi. A, B nuqtalar va OM sterjenni bitta sistema deb, qabul qilsak, bu sistema uchun bog'lanish tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$x_A \cdot \sin\omega \cdot t - y_A \cdot \cos\omega \cdot t = 0,$$
$$x_B \cdot \sin\omega \cdot t - y_B \cdot \cos\omega \cdot t = 0,$$
$$z_A = 0,\quad z_B = 0.$$

U holda sistemaning erkinlik darajasi $S = 6 - 4 = 2$.

Kelgusida qattiq jism nuqtasining tezligining (tezlanishining) son qiymati va yo'nalishi berilgan bo'lsa, u holda jismning tezligi (tezlanishi) to'la aniqlangan deb qabul qilamiz.

Shunday qilib, qattiq jism uchun yuqorida qo'yilgan kinematikaning ikki asosiy masalasini yechish uchun:

Jismning erkinlik darajasini aniqlash.

Jismning erkinlik darajasi soniga mos holda erkli parametrlar kiritish.

Erkli parametrlar soniga mos holda jismning harakat tenglamalarini aniqlash.

Aniqlangan harakat tenglamaliridan jism nuqtalarining tezlik va tezlanishini aniqlash.

Qattiq jismning nuqtalari (qismlari) turlicha traektoriya va tezlik bo'yicha haraktlanganligi sababli ularning kinematik harakteristikasi-ni o'rganishni soddalashtirish maqsadida harakatlarni quyidagicha ko'rinishlarga ajratamiz:

Qattiq jismning ilgarilanma harakati.

Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrorfida aylanma harakati.

Qattiq jismning tekis parallel harakati.

Qattiq jismning sferik harakati.

Qattiq jismning murakkab harakati.

Quyida bu harakatlarning har biri uchun kinematikaning ikki asosiy masalasini echilishini ko'rsatamiz.

Qattiq jismning eng sodda harakatlari. Ilgarilanma harakat

Jismda olingan har qanday kesma harakat davomida doimo o'zining boshlang'ich holatiga parallel ravishda harakatlansa, jismning bunday harakati *ilgarilama harakat* deyiladi.

Masalan, paravoz g'ildiraklarini tutashtiruvchi AV sparnik yoki velosipednig AV pedali ilgarilama harakatda bo'ladi.

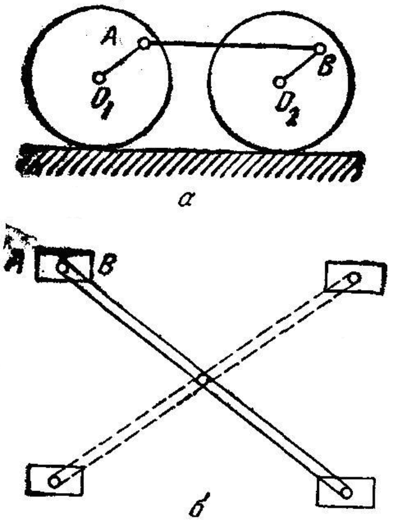
Teorema. *Ilgarilama harakatdagi jismning hamma nuqtalari bir xil trayektoriya chizadi va har onda bir xil tezlik va bir xil tezlanishga ega bo'ladi.*

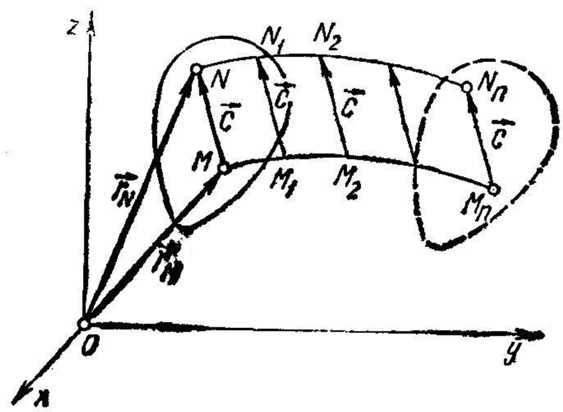
Shunday qilib, jismning ilgarilama harakati uning ixtiyoriy nuqtasi harakati bilan aniqlanadi.

0xuz koordinatalar sistemasiga nisbatan ilgarilama harakatdagi qattiq jismning harakat tenglamasini chiqarish uchun jismning ixtiyoriy *M* nuqtasini olib, uning koordinatalarini X_M, Y_M, Z_M bilan belgilaymiz. Jism harakatlanganda bu koordinatalar vaqtning funksiyasi sifatida o'zgaradi

$X_M = f_1(t)$, $Y_M = f_2(t)$, $Z_M = f_3(t)$ (1)

(1) tenglama *M* nuqtaning harakat tenglamasi bo'lib, jismning ilgarilama harakat tenglamasini ham ifodalaydi.



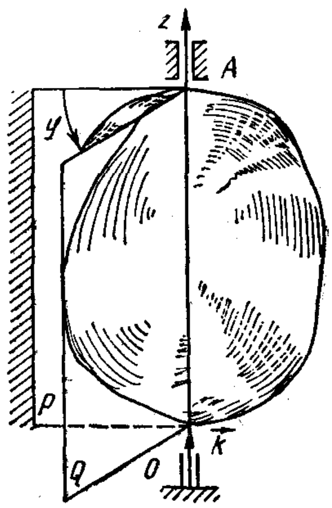


Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati

Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat tenglamasi.

Ikki nuqtasi doimo qo'zg'almasdan qoladigan jismning harakati qo'*zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat* deyiladi. Qo'zg'almas nuqtalardan o'tuvchi o'q *aylanish o'qi* deyiladi.

Turbinalar diski, generatorlarning rotori, stanoklarning maxovigi kabi mashina va mexanizmlarning harakati qo'zg'almas o'q atrofida aylanuvchi jismga misol bo'la oladi. Jismning aylanish o'qida yotuvchi barcha nuqtalari qo'zg'almas bo'ladi. Aylanish o'qida yotmaydigan nuqtalarining trayektoriyalari aylanish o'qiga perpendikulyar tekisliklarda yotuvchi aylanalardan iborat bo'ladi.



Jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakatining kinematik tenglamasini aniqlash uchun aylanish o'qiga biriktirilgan qo'zg'almas *R* tekislikni hamda jismga biriktirilgan va u bilan birga aylanuvchi Q tekislikni o'tkazamiz. Bu tekisliklar orasidagi φ burchak jismning *aylanish burchagi* deyiladi.

Oz aylanish o'qi birlik vektori $\vec{k}$ ning uchidan qaraganda φ burchakning o'zgarishi soat strelkasi harakati yo'nalishiga teskari bo'lsa, aylanish burchagini musbat, aks holda manfiy olinadi. Agar jismning aylanish soni N ma'lum bo'lsa, aylanish burchagi $\varphi=2\pi N$ formula yordamida aniqlanadi.

Aylanish burchagi φ ning miqdor va yo'nalishi ma'lum bo'lsa, Q tekislikning P tekislikka nisbatan holatini aniqlash mumkin.

Jism Oz o'q atrofida aylanganda uning aylanish burchagi φ vaqtning funksiyasi sifatida o'zgaradi:

$$\varphi=\varphi(t). \qquad (2)$$

Bu tenglama jismning qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatining kinematik tenglamasi deyiladi.

Jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati burchak tezligi va burchak tezlanishi

Jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakatining t vaqtdagi aylanish burchagini φ, $t_1=t+\Delta t$ vaqtdagi aylanish burchagini $\varphi_1=\varphi+\Delta\varphi$ bilan belgilaylik. $\Delta t= t_1- t$ vaqt oralig'ida jism $\Delta\varphi=\varphi_1-\varphi$ burchakka buriladi.

$\Delta\varphi$ ning Δt ga nisbati jismning Δt vaqtdagi o'rtacha burchak tezligi deyiladi.

Jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakatining berilgan ondagi burchak tezligini topish uchun o'rtacha burchak tezligining Δt nolga intilgandagi limitini olamiz:

$$\omega_{я}=\lim_{tt\to 0}\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}=\frac{d\varphi}{dt}$$

yoki $$\omega_z=\dot{\varphi}. \qquad (3)$$

Shunday qilib, jismning burchak tezligi aylanish burchagidan vaqt bo'yicha olingan hosilaga teng.

φ burchakning o'zgarish qonuniga mos ravishda ω_z burchak tezligi musbat yoki manfiy qiymatga ega bo'lishi mumkin. Burchak tezlikning modulini ω bilan belgilaymiz: $\omega=|\dot{\varphi}|$.

Aylanish burchagi radianda, vaqt esa sekund (s) da o'lchanganidan, burchak tezlikning o'lchov birligi *rad/s* yoki s^{-1} bo'ladi.

Jism harakati davomida uning burchak tezligi $\omega_z=\omega_0$ o'zgarmay qolsa, jism tekis aylanma harakatda deyiladi.

Bu holda $$\frac{d\varphi}{dt}=\omega_0=const \qquad ёки \qquad d\varphi=\omega_0 dt$$ bo'ladi.

Vaqt 0 dan t gacha o'zgarganda aylanish burchagi φ_0 dan φ gacha o'zgarishini e'tiborga olib, oxirgi tenglikni integrallasak,

$$\varphi=\varphi_0+\omega_0 t \qquad (5)$$

bo'ladi. (5) ifoda jism *tekis aylanma harakatining tenglamasi* deyiladi.

Jism tekis aylanma harakatda bo'lsa, texnikada ko'pincha uning bir minutdagi aylanishlar sonidan foydalaniladi. Jism bir marta to'la aylanganda aylanish burchagi $\varphi=2\pi$ bo'ladi. Jism bir minutda n marta aylansa, tekis aylanma harakat burchak tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega=\frac{2\pi n}{60}=\frac{\pi n}{30}, \quad c^{-1} \qquad (6)$$

Vaqt birligi ichida jism burchak tezligining o'zgarishi bilan xarakterlanadigan kattalikka jismning *burchak tezlanishi* deyiladi.

Jismning aylanma harakatdagi burchak tezlanishi burchak tezligidan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilaga yoki aylanish burchagidan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi hosilaga teng bo'ladi va odatda ε bilan belgilanadi.

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{d\varphi}{dt}\right) = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \qquad (7)$$

Burchak tezlanish *rad/s²* yoki *1/s²* bilan o'lchanadi.

(7) da $\frac{d\omega}{dt}$ hosilaning ishorasi, jism aylanma harakati burchak tezligining orta borish yoki kamayishini xarakterlaydi. Agar $\frac{d\omega}{dt} > 0$ bo'lsa, ω orta boradi va bunday harakat *tezlanuvchan aylanma harakat*; $\frac{d\omega}{dt} < 0$ bo'lsa, ω kamaya boradi va bunday harakat *sekilanuvchan aylanma harakat* deyiladi.

Agar harakat davomida $\varepsilon = \varepsilon_0 = const$ bo'lsa, jismning bunday harakati *tekis o'zgaruvchan aylanma harakat* deyiladi.

(7) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$d\omega = \varepsilon_0 dt$.

Bu tenglikni integrallab, $\omega = \varepsilon_0 t + s_1$ ni hosil qilamiz.

$t=0$ da $\omega = \omega_0$ bo'lsa, $s_1 = \omega_0$ bo'ladi. U holda tekis o'zgaruvchan aylanma harakat burchak tezligi

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t \qquad (8)$$

formuladan aniqlanadi.

$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ ni hisobga olsak $d\varphi = (\omega_0 + \varepsilon t)dt$

Bu tenglikni integrallasak

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2} + c_2$$ bo'ladi.

$t=0$ da $\varphi = \varphi_0$ bo'lsa, oxirgi tenglikdan $c_2 = \varphi_0$ bo'lishini ko'ramiz.

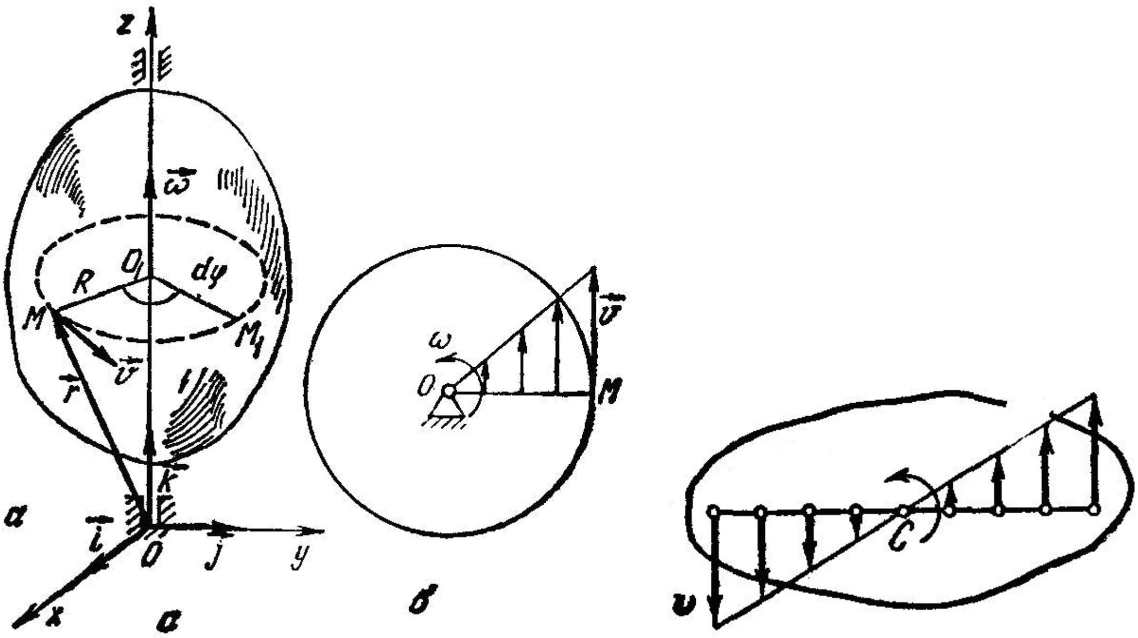
U holda

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2} \qquad (9)$$

Bu tenglama jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi *tekis o'zgaruvchan aylanma harakat tenglamasi*ni ifodalaydi.

Qo'zg'almas o'q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining chiziqli tezligi va tezlanishi

Jismning aylanish o'qidan *R* masofada joylashgan *M* nuqtasini olamiz. Jism aylanish o'qi atrofida aylanganda *M* nuqta radiusi *R* ga teng, markazi aylanish o'qining *S* nuqtasida joylashgan aylana chizadi.



Biror t vaqtda mazkur nuqta M holatda bo’lib, dt vaqt o’tgandan kyoyin u trayektoriya bo’ylab M_1 holatga ko’chsin. Shu dt vaqt ichida jism o’q atrofida $d\varphi$ burchakka aylanadi. Nuqta esa trayektoriya bo’ylab $ds=Rd\varphi$ yoyni bosib o’tadi. Bunda

$$v = \frac{ds}{dt} = R\frac{d\varphi}{dt} = R\omega \qquad (10)$$

Bu formula yordamida aniqlanadigan v tezlik jism nuqtasining *chiziqli tezligi* deyiladi.

Shunday qilib, qo’zg’almas o’q atrofida aylanma harakatdagi jism ixtiyoriy nuqtasi harakatdagi jism ixtiyoriy nuqtasi chiziqli tezligining miqdori jism burchak tezligining mazkur nuqtadan aylanish o’qigacha bo’lgan masofaga ko’paytmasiga teng. Chiziqli tezlik M nuqta chizgan aylanaga harakat yo’nalishi bo’yicha o’tkazilgan urinma bo’yicha yo’naladi.

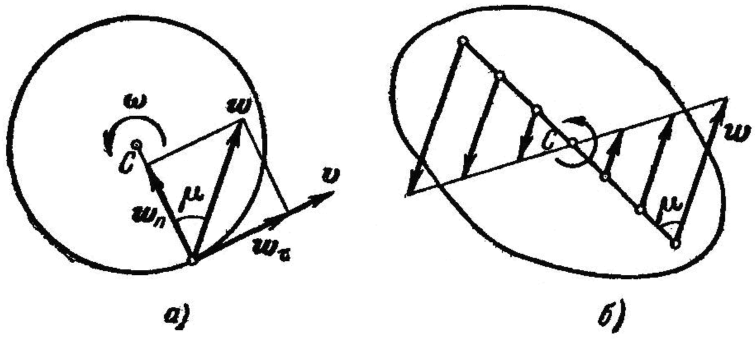
Qo’zg’almas o’q atrofida aylanma harakatdagi jism nuqtalarining trayektoriyalari aylanalardan iborat bo’lgani uchun, M nuqtaning tezlanishi urinma va normal tezlanishlardan iborat bo’ladi.

$$w_\tau = \frac{dv}{dt} \qquad \text{ва} \qquad w_n = \frac{v^2}{\rho}$$

Kurilayotgan holda $\rho=R$ va $v=R\omega$ bo’lgani uchun

$$w_\tau = \frac{d}{dt}(R-\omega) = R\cdot\varepsilon, \qquad (11)$$

$$w_n = \frac{(R-\omega)^2}{R} = \omega^2\cdot R. \qquad (12)$$



Ba'zida $\vec{w}_\tau$ ni aylanma tezlanish, $\vec{w}_n$ ni esa markazga intilma tezlanishi deb yuritiladi. Tezlanishning miqdori

$$w = \sqrt{w_\tau^2 + w_n^2} = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \qquad (13)$$

va mazkur tezlanishning yo'nalishi

$$tg\mu = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2} \qquad (14)$$

topiladi.

Nazorat savol va topshiriqlar

1. Ilgarilanma harakat deb qanday harakatga aytiladi?
2. Qanday harakatga jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati deyiladi?
3. Tekis aylanma harakat nima?
4. Aylanma harakatdagi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishi ifodalarini ko'rsating
5. Aylanma harakatdagi jismning chiziqli tezligi va tezlanishi ifodalarini ko'rsating

8-Mavzu. QATTIQ JISMNING TEKIS PARALLEL HARAKATI

Reja:

1. Qattiq jismning tekis parallel harakati va uning erkinlik darajasi.
2. Tekis parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezliklarini aniqlash usullari.
3. Tezliklar oniy markazi.
4. Tezliklar plani.
5. Qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan sentroidalar.
6. Tekis parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlanishlarini aniqlash. Tezlanishlar oniy markazi.

Tushuncha va tayanch iboralar

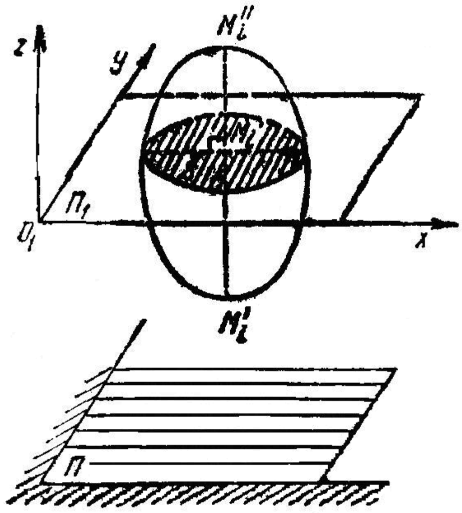
Tekis parallel harakat, tekis shaklning harakattekisligi, tezliklar oniy markazi, sentroidalar, tezlanishlar oniy markazi.

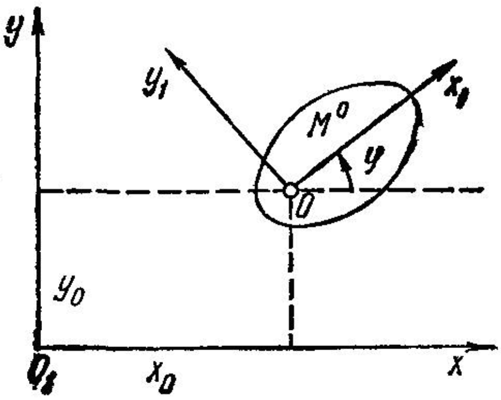
Qattiq jismning tekis parallel harakati va uning erkinlik darajasi

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

Jismning tekis parallel harakatiga misol tarikasida vagon gildiragining to'g'ri chiziqli izda dumalalishni yoki bir tekislikda harakatlanuvchi mashina va mexanizm qismlarining harakatini keltirish mumkin.

Jismning tekis parallel harakatini aniqlash uchun berilgan qo'zg'almas tekislikni P bilan belgilaylik. Jismni P tekislikka parallel bo'lgan P_1 tekislik bilan fikran kesish natijasida hosil bo'lgan kesimni S bilan belgilab, uni tekis shakl deb ataymiz. Tekis parallel harakat ta'rifiga ko'ra, jismning harakati davomida bu tekis shakl doimo qo'zg'almas P tekislikka parallel bo'lgan P_1 tekislikda harakatlanadi.





Jismda olingan, P_1 tekislikka perpendikulyar (yoki 0_1z o'qqa parallel), *MM* kesma ilgarilama harakatda bo'ladi, barcha nuqtalari bir xil trayektoriya chizadi hamda har onda bir xil tezlik va bir xil tezlanishiga ega bo'ladi.

Shu sababli *M'M''* chiziqning harakatini o'rganish o'rniga uning tekis shaklga taalluqli *M* nuqtasini, yoki (ya'ni) jismning tekis parallel harakatini o'rganish o'rniga *S* tekis shaklning harakatini aniqlash yetarli bo'ladi. *S* yuza harakatlanadigan P_1 tekislik tekis shaklning harakat tekisligi deyiladi.

Harakat tekisligidagi 0_1xu qo'zg'almas koordinatalar sistemasiga nisbatan tekis shaklning harakatini tekshirish uchun tekis shaklda qutb deb ataladigan 0 nuqtani olib, bu nuqtada tekis shaklga biriktirilgan $0x_1u_1$ koordinatalar sistemasini o'tkazamiz. Agar $0(x_0,u_0)$ nuqtaning koordinatalari va $0x_1$ qo'zg'aluvchi o'q bilan 0_1x qo'zg'almas. O'q orasidagi φ burchak ma'lum bo'lsa, u holda qo'zg'aluvchi $0x_1u_1$ ning holati, binobarin, tekis shaklning harakat tekisligidagi holati ma'lum bo'ladi. Shu sababli tekis shaklning harakat tenglamasini quyidagicha yozish mumkin.

$$\left.\begin{aligned} x_0 &= f_1(t) \\ y_0 &= f_2(t) \\ \varphi_0 &= f_3(t) \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

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

(1) tenglamadagi birinchi ikkita tenglama qutbning harakatini, uchinchisi esa tekis shaklning qutb atrofidagi aylanish qonunini ifodalaydi.

Aylanish burchagi φ dan vaqt bo'yicha olingan hosila tekis shaklning burchak tezligi deyiladi va ω_z bilan belgilanadi:

$$\omega_{я} = \frac{d\varphi}{dt}.$$

Tekis shakl burchak tezligidan vaqt bo'yicha olingan hosila tekis shaklning burchak tezlanishi deyiladi va ε_z bilan belgilanadi:

$$\varepsilon_{я} = \frac{d\omega_z}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

Tekis shaklning burchak tezligi va burchak tezlanishi qutbning tanlab olinishiga bog'liq bo'lmaydi.

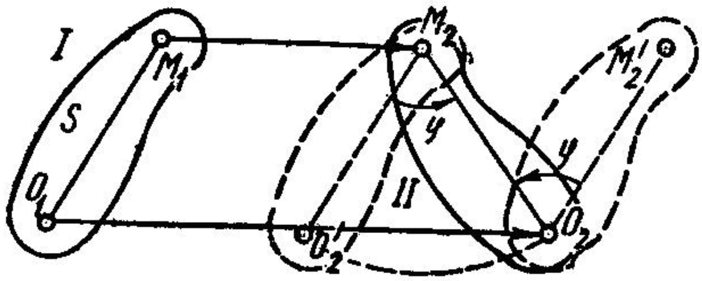
Alohida ahamiyatga molik bo'lgan quyidagi ikki holni ko'ramiz.

1. Agar $x_0=const$, $y_o=const$ bo'lsa, qutb qo'zg'almay, vaqtning o'tishi bilan faqat ω burchak o'zgaradi. Bu holda tekis shakl harakat tekisligiga perpendikulyar ravishda *O* nuqtadan o'tuvchi o'q atrofida aylanadi. Binobarin, qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati tekis parallel harakatning xususiy holi hisoblanadi.

2. Agar $\varphi=const$ bo'lsa, faqat qutbning koordinatalari vaqtning funksiyasi sifatida o'zgaradi hamda qo'zg'aluvchi koordinatalar sistemasi o'zining boshlang'ich holatiga parallel ravishda harakatlanadi. Bunda tekis shakl hamda qattiq jism ilgarilama harakatda bo'ladi.

Tekis parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezliklarini aniqlash usullari

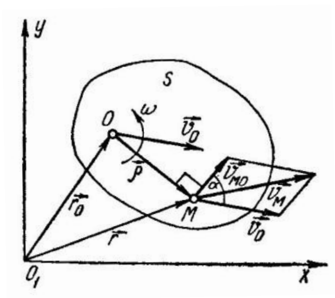
Teorema. *Tekis shaklning o'z tekisligidagi har qanday ko'chishini qutb bilan birgalikdagi ilgarilama ko'chish hamda qutb atrofidagi aylanma ko'chishdan tashkil topgan deb qarash mumkin.*



Tekis shakl OM kesmasining t_1 va t_2 ixtiyoriy paytdagi holatlarini mos ravishda O_1M_1 va O_2M_2 bilan belgilaylik. O nuqtasi qutb uchun qabul qilib, tekis shaklga shunday ilgarilama ko'chish beramizki, natijada uning O_1 nuqtasi O_2 bilan ustma-ust tushsin, M_1 nuqta M_2 holatni egallasin. Tekis shaklning ilgarilama ko'chishi O_1O_2 vektor bilan aniqlanadi. So'ngra tekis shaklni o'z harakat tekisligida O_2 qutb atrofida φ burchakka aylantirsak, O_2M_2 kesma O_2M_2 holatga o'tadi va tekis shakl II holatni egallaydi. Tekis shaklning ilgarilama harakati qutbga bog'liq bo'ladi, qutb atrofida alanish burchagi esa qutbni tanlashga bog'liq bo'lmaydi.

Tekis shakl nuqtalarining tezliklari. Teorema 1. *Tekis shakl ixtiyoriy M nuqtasining tezligi qutbning tezligi bilan M nuqtaning qutb atrofida aylanishdagi chiziqli tezligining geometrik yig'indisiga teng.*

O va M nuqtalarning qo'zg'almas Oxu koordinatalar sistemasiga nisbatan radius-vektorlari mos ravishida $\vec{r}_o$ va $\vec{r}$ bo'lsin. M nuqtaning O qutbga nisbatan radius-vektorini $\vec{\rho}$ bilan belgilaylik.



U holda

$$\vec{r} = \vec{r}_o + \vec{\rho}$$

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}_o}{dt} + \frac{d\vec{\rho}}{dt}$$

$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}_M$ *ва* $\frac{d\vec{r}_o}{dt} = \vec{v}_O$ mos ravishda M va O nuqtalarning 0_1xu koordinatalar sistemasiga nisbatan tezliklari.

$$\frac{d\vec{\rho}}{dt} = \vec{v}_{MO}$$ esa M nuqtaning O qutbdan o'tuvchi o'q atrofida aylanishidagi chiziqli tezligi.

$$\vec{v}_{MO} = \vec{\omega} \times \vec{\rho}, \qquad v_{MO} = \omega \cdot \rho.$$

Shunday qilib

$$\vec{v}_M = \vec{v}_O + \vec{v}_{MO}$$
$$\vec{v}_{MO} = \vec{v}_O + \vec{\omega} \times \vec{\rho} \qquad (2)$$

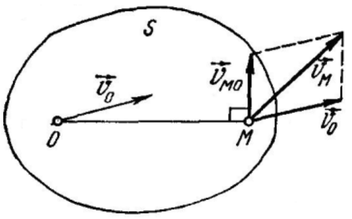
Tekis shakl nuqtasining tezligini (2) formula vositasida aniqlashga qutb usulida aniqlash deyiladi.

Agar $\vec{v}_O$ va $\vec{v}_{MO}$ va ular orasidagi burchak α berilgan bo'lsa, kosinuslar teoremasidan foydalanib M nuqta tezligining miqdori topiladi.

$$v_M = \sqrt{v_O^2 + v_{MO}^2 + 2v_O v_{MO} \cos\alpha} \qquad (3)$$

Teorema 2. *Tekis shakl ikkita nuqtasi tezliklarining shu nuqtalardan o'tuvchi o'qdagi proyeksiyalari o'zaro teng.*

$$\vec{v}_M = \vec{v}_O + \vec{v}_{MO}$$



Bu ifodani OM o'qqa proyeksiyalaymiz:

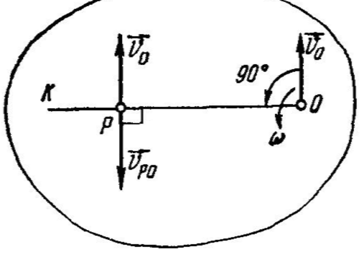
$$\Pi P_{OM} \vec{v}_M = \Pi P_{OM} \vec{v}_O + \Pi P_{OM} \vec{v}_{MO}$$
$$\Pi P_{OM} \vec{v}_{MO} = 0 \qquad (4)$$
$$\Pi P_{OM} \vec{v}_M = \Pi P_{OM} \vec{v}_O$$

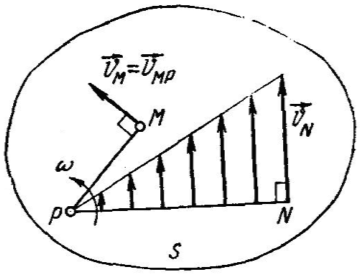
(4) ifoda yordamida tekis shakl nuqtasining tezligini aniqlashga proyeksiya usuli bilan aniqlash deyiladi.

Tezliklar oniy markazi

Tekis shaklning berilgan onda tezligi nolga teng bo'lgan nuqtasi tezliklar oniy markazi yoki aylanish oniy markazi deyiladi.

Teorema. *Agar tekis shaklning burchak tezligi noldan farqli bo'lsa, tezliklar oniy markazi mavjud bo'ladi.*





Berilgan onda burchak tezligi $\omega_z = \dot{\varphi}$ bo'lgan tekis shakl ixtiyoriy nuqtasining tezligi $\vec{v}_o$ ga teng bo'lsin. O nuqtani qutb deb olamiz va burchak tezlikning ishorasiga qarab tekis shaklning qutb atrofidagi aylanish yo'nalishini aniqlaymiz. Agar $\omega_z = \dot{\varphi} > 0$ bo'lsa, tekis shakl O nuqta atrofida soat strelkasi aylanishiga teskari, $\omega_z < 0$ bo'lsa, soat strelkasi aylanadigan yo’nalishda aylanadi $\omega_z > 0$ deb qarab aylanish yo’nalishi bo’yicha $\vec{v}_o$ tezlik vektorini O atrofida to’g’ri burchakka burish bilan olingan OK chiziqda yotuvchi va

$$PO = \frac{v_o}{\omega}$$

tenglikka binoan aniqlanadigan R nuqtaning tezligini hisoblaymiz.

$$\vec{v}_P = \vec{v}_O + \vec{v}_{PO}$$

$$v_{PO} = \omega \cdot PO = \frac{v_o}{\omega} \cdot \omega = v_o$$

$$\vec{v}_P = \vec{v}_O + \vec{v}_{PO} = 0$$

Demak, tezligi nolga teng bo’lgan tezliklar oniy markazi mavjud ekan.

Agar R nuqtani qutb deb olsak, $\vec{v}_P = 0$

$$\vec{v}_M = \vec{v}_P + \vec{v}_{MP} = \vec{v}_{MP}$$

Bunda $\vec{v}_{MP} = \omega \cdot PM$ yoki

$$v_M = \omega \cdot PM$$

$$\omega = \frac{v_M}{PM}$$

$$v_N = \omega \cdot PN = v_M \frac{PN}{PM}$$

$$\frac{v_N}{v_M} = \frac{PN}{PM}$$

Ya’ni tekis shakl nuqtalarining tezliklari shu nuqtalardan tezliklar oniy markazigacha bo’lgan masofalarga to’g’ri proporsional bo’ladi.

Tezliklar plani

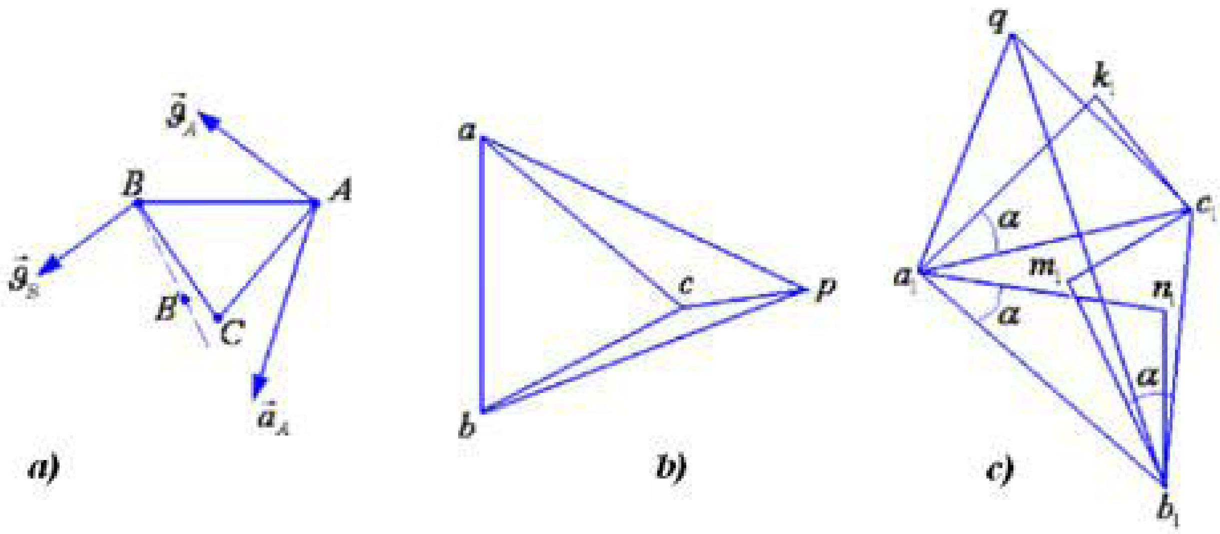
Aytaylik, 2.51, *a*-rasmda ko’rsatilgan tekis shakl nuqtalarining tezliklari, *A* nuqtaning $\bar{a}_A$ tezlanishi va *B* nuqtaning tezlanishi BB' ma’lum bo’lsin. 2.51, *b*-rasmda tezliklar plani qurilgan. *B* va *C* nuqtalarning tezlanishlarini grafik usulda aniqlaymiz. (2.107) tenglikka asosan *B* nuqtaning tezlanishi uchun

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^{ay} + \vec{a}_{BA}^{m}$$

o’rinli bo’lib, bunda $\vec{a}_A$ ning yo’nalishi va son qiymati hamda $\vec{a}_{BA}^{ay}$ vektorning yo’nalishi ma’lum ($\vec{a}_{BA}^{ay} \perp AB$). $\vec{a}_{BA}^{m}$ tezlanishning moduli

$$a_{BA}^{m} = \frac{\vartheta_{BA}^2}{AB} = \frac{(ab)^2}{AB} = \omega^2 \cdot AB$$

teng bo’lib, uning yo’nalishi, *AB* ga parallel yo’nalgan bo’ladi. $\vec{a}_B$ tezlanish esa BB' bo’yicha yo’nalgan. Shu sababli *B* nuqtaning tezlanishini grafik usulda aniqlash mumkin.



a_A tezlanishga mos masshtabda ihtiyoriy q nuqtadan $\overrightarrow{qa_1}$ vektorni $\vec{a}_A$ vektorga parallel qilib yo'naltiramiz. $\vec{a}_{BA}^{m}$ vektorga teng qilib AB ga parallel holda $\overrightarrow{a_1 n}$ vektorni yo'naltiramiz. n_1 nuqta orqali AB to'g'ri chiziqqa perpendikulyar qilib $\vec{a}_{BA}^{ay}$ vektorni ifodalovchi to'g'ri chiziqni chiqaramiz. So'ngra q nuqtadan BB' to'g'ri chiziqqa parallel qilib to'g'ri chiziqni o'tkazamiz. Bu chiziq bilan $\vec{a}_{BA}^{ay}$ uchun o'tkazilgan to'g'ri chiziqning kesishish nuqtasini b_1 bilan belgilaymiz (2.51, *c*-rasm).

Shunday qilib, $\overrightarrow{qb_1} = \vec{a}_B$, $\overrightarrow{n_1 b_1} = \vec{a}_{BA}^{ay}$, $\overrightarrow{a_1 n_1} = \vec{a}_{BA}^{m}$ va $\overrightarrow{a_1 b_1} = \vec{a}_{BA}$ vektorlarni qurdik. Qabul qilingan masshtab va vektorlar uzunliklari asosida $\vec{a}_B$, $\vec{a}_{BA}^{ay}$, $\vec{a}_{BA}^{m}$ va $\vec{a}_{BA}$ vektorlarning son qiymatlarini aniqlash mumkin.

Endi C nuqtaning tezlanishini aniqlaymiz. Buning uchun (2.107) tenglikka asosan

$$\vec{a}_C = \vec{a}_A + \vec{a}_{CA}^{ay} + \vec{a}_{CA}^{m} , \quad \vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}_{CB}^{ay} + \vec{a}_{CA}^{m} , \qquad (2.111)$$

tengliklarni olamiz. Bu tengliklarda C nuqtaning tezlanishining yo'nalishi va son qiymati berilmagani sababli (2.111) tengliklardan C nuqtaning tezlanishini aniqlay olmaymiz. Shuning uchun (2.111) tenglikning har ikki tenglamasining o'ng tomonlarini o'zaro tenglashtiramiz:

$$\vec{a}_A + \vec{a}_{CA}^{ay} + \vec{a}_{CA}^{m} = \vec{a}_B + \vec{a}_{CB}^{ay} + \vec{a}_{CA}^{m} . \qquad (2.112)$$

Bu tenglamada $\vec{a}_{CB}^{m}$ tezlanishning yo'nalishi C nuqtadan B nuqta tomon yo'nalgan bo'lib, uning moduli

$$a_{CB}^{m} = \frac{\vartheta_{CB}^{2}}{BC}$$

Bundan tashqari $\vec{a}_{CB}^{ay}$ tezlanish CB to'g'ri chiziqqa perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi. Shunday qilib (2.112) vektor tenglamada $\vec{a}_A$, $\vec{a}_B$, $\vec{a}_{CA}^{m}$, $\vec{a}_{CB}^{m}$, $\vec{a}_{CA}^{ay}$ vektorlar to'la aniqlangan va $\vec{a}_{CA}^{ay}$, $\vec{a}_{CB}^{ay}$ vektorlarning yo'nalishi ma'lum. Demak, (2.112) tenglamani grafik usulda yechish mumkin.

a_1 nuqtadan CA ga parallel qilib $\overrightarrow{a_1 k_1} = \vec{a}_{CA}^{m}$ vektorni qo'yamiz va k_1 nuqta orqali $\overrightarrow{a_1 k_1}$ vektorga perpendikulyar to'g'ri chiziq o'tkazamiz. Bu vektor bo'ylab $\vec{a}_{CA}^{ay}$ tezlanish yo'nalgan bo'ladi va vektorda $\vec{a}_C$ vektorning ohiri yotadi. Avval aniqlangan b_1 nuqtadan CB ga parallel ravishda $\vec{a}_{CB}^{m} = \overrightarrow{b_1 m_1}$ vektorni qo'yamiz va bu $\overrightarrow{b_1 m_1}$ vektorga m_1 nuqta orqali perpendikulyar to'g'ri chiziq o'tkazamiz. Bu to'g'ri chiziq bo'yicha $\vec{a}_{CB}^{ay}$ tezlanish yo'nalgan bo'ladi va bu chiziqda $\vec{a}_C$ tezlanishning ohiri yotadi.

Demak, $\vec{a}_C$ vektor ohiri $\overrightarrow{a_1k_1}$ va $\overrightarrow{b_1m_1}$ vektorlarga o'tkazilgan perpendikulyarlar kesishgan c_1 nuqtada yotadi. c_1 nuqtani q qutb nuqtasi bilan birlashtiramiz. $\overrightarrow{qc_1}$ vektor $\vec{a}_C$ vektorni to'la aniqlaydi. $\overrightarrow{qa_1}$, $\overrightarrow{qb_1}$ va $\overrightarrow{qc_1}$ vektorlar *A, B* va *C* nuqtalarning tezlanishlarini to'la aniqlaydi.

$qa_1b_1c_1$ shakl - tekis shakl nuqtalari tezlanishlarining grafik ko'rinishida taqsimlanishini bildiradi va *tezlanishlar plani* deb ataladi.

Tezlanishlar planida $\overrightarrow{a_1b_1} = \vec{a}_{BA}$, $\overrightarrow{a_1c_1} = \vec{a}_{CA}$ va $\overrightarrow{b_1c_1} = \vec{a}_{CB}$ vektorlar *B* va *A* nuqtalarning qutb nuqtalar atrorfidagi tezlanishlarini bildirib, ularning kattaliklari:

$$a_{BA} = AB \cdot \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}, \quad a_{CA} = AC \cdot \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}, \quad a_{CB} = BC \cdot \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \qquad (2.113)$$

Tezlanishlar planini qurish natijasida $a_1b_1c_1$ shaklni *ABC* shaklga o'xshash ekanligi va u $\pi - \alpha$ burchakka burilgan bo'lib, α burchak

$$tg\alpha = \frac{\varepsilon}{\omega^2}$$

formula orqali aniqlanadi.

Tezliklar planidan tekis shaklning burchak tezligi aniqlanganidek, tezlanishlar plani orqali tekis shaklning burchak tezlanishini aniqlash mumkin. Haqiqatdan ham

$$n_1b_1 = a_{BA}^{ay} = \varepsilon \cdot AB,$$

u holda

$$\varepsilon = \frac{n_1b_1}{AB} \qquad (2.115)$$

Hulosa o'rnida shuni ta'kidlash kerakki, tezliklar plani yoki tezlanishlar plani asosida tekis shakl nuqtalarining tezlik va tezlanishlarining qiymatlari qanchalik aniq bo'lishi *masshtab*ni to'g'ri va aniq tanlashga hamda parallel va perpendikulyar chiziqlarni to'g'ri o'tkazishiga bog'liq bo'ladi.

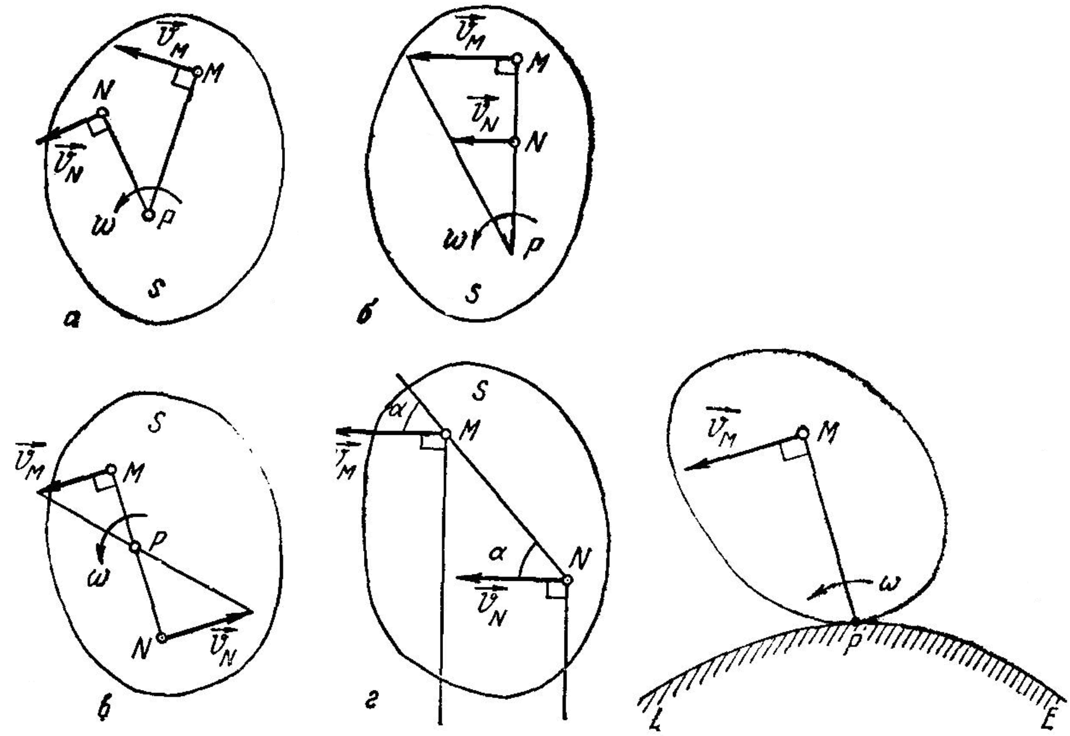
Qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan sentroidalar

Tekis shakl ikkita M va N nuqtasi tezliklarining yo'nalishi ma'lum bo'lsin. M va N nuqtalardan $\vec{v}_M$ *ва* $\vec{v}_M$ tezlik vektorlariga perpendikulyar o'tkazsak, ularning kesishgan R nuqtasi tezliklar oniy markazini ifodalaydi.

2. Agar M va N nuqtalarning tezlik vektorlari o'zaro parallel hamda $\vec{v}_M \perp MN$ bo'lsa, tezliklar oniy markazini aniqlash uchun tekis shakl nuqtalari tezliklarining miqdori shu nuqtalardan aylanish oniy markazigacha bo'lgan masofaga proporsional bo'lishi xususiyatidan foydalanimiz.

3. Agar $\vec{v}_M$ *ва* $\vec{v}_M$ vektorlari o'zaro parallel, lyokin MN kesmaga perpendikulyar bo'lmasa, bu vektorlarga o'tkazilgan perpendikulyar cheksizlikda kesishadi hamda tezliklar oniy markazi mavjud bo'lmaydi, ya'ni berilgan onda tekis shakl ilgarilana harakatda bo'ladi.

4. Tekis shakl konturi biror qo'zg'almas sirt ustida sirpamasdan dumalasa, har onda tekis shakl bilan LE chiziqning urinish nuqtasi R ning tezligi nolga teng bo'ladi va tezliklar oniy markazini ifodalaydi.



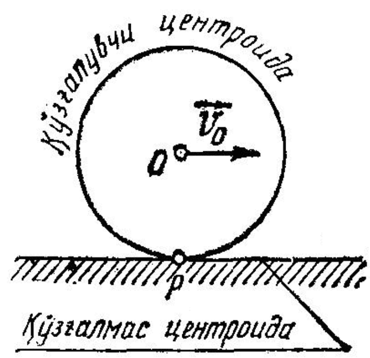
Sentroidalar. Umumiy holda tezliklar oniy markazi vaqtning o’tishii bilan tekis shaklning harakat tekisligida o’z holatini o’zgartira boradi. Agar tezliklar oniy markazining har ondagi holatini tekis shaklda va harakat tekisligida belgilab borsak, ularning geometrik o’rni ikkita chiziqni ifodalaydi.

Tezliklar oniy markazining tekis shaklning harakat tekisligidagi geometrik o’rni *qo’zg’almas sentroida* deyiladi.

Tezliklar oniy markazining tekis shaklga bog’langan tekisligidagi geometrik o’rni *qo’zg’aluvchi sentroida* deyiladi.

Masalan, qo’zg’almas rels ustida sirpanmay dumalayotgan g’ildirak uchun qo’zg’almas sentroida to’g’ri chiziq, qo’zg’aluvchi sentroida g’ildirak gardishidagi aylanadan iborat.

Tekis shaklning harakatini qo’zg’aluvchi sentroidani qo’zg’almas sentroida ustida sirpantirmasdan dumalatish natijasida olish mumkin.



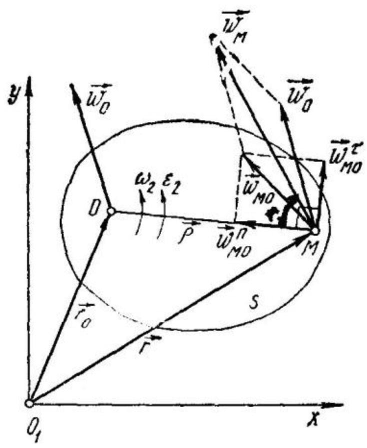
Tekis parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlanishlarini aniqlash. Tezlanishlar oniy markazi

Tekis shakl nuqtasining tezlanishini qutb usulida aniqlash

Teorema. *Tekis shakl ixtiyoriy nuqtasining tezlanishi qutbning tezlanishi bilan mazkur nuqtaning qutb atrofida aylanishdagi tezlanishining geometrik yig’indisiga teng.*

$$\vec{w}_M = \vec{w}_O + \vec{w}_{MO}$$

$$\vec{w}_{MO} = \vec{w}^{\tau}{}_{MO} + \vec{w}^{n}{}_{mo}$$



Bunda $\vec{w}^{\tau}_{MO}$ - *M* nutaning O qutb atrofida aylanishdagi aylanma tezlanishini, $\vec{w}^{n}_{MO} - M$ nuqtaning O qutb atrofidagi aylanishidagi markazga intilma tezlanishini ifodalaydi.

$$\vec{w}^{\tau}{}_{MO} = \varepsilon \cdot MO$$

$$\vec{w}^{\tau}{}_{MO} = \omega^2 MO$$

$$\vec{w}_{MO} = MO \cdot \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$$

$\vec{w}_{MO}$ ning ynalishi quyidagi tenglikdan aniqlanadi.

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

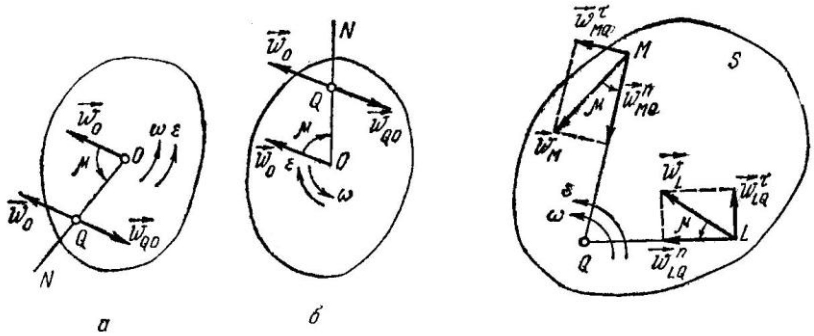
Tezlanishlar oniy markazi

Tezlanish berilgan onda nolga teng bo'lgan tekis shaklning (yoki tekis shaklga mahkam biriktirilgan va u bilan birgalikda harakatlanuvchi tekislikning) nuqtasi *tezlanishlar oniy markazi* deyiladi.

Teorema. *Ilgarilama harakatda bulmagan tekis shaklning harakat tekisligida har onda tezlanishlar oniy markazi mavjud bo'ladi.*

Tekis shaklning burchak tezligi ω burchak tezlanishi ε va aylanish yo'nalishi hamda 0 nuqtasi (qutb) ning tezlanishi $\vec{w}_O$ berilgan bo'lsin. Tezlanishlar oniy markazini Q bilan belgilaylik. Q nuqtaning holatini aniqlash uchun μ burchakni topamiz.

$$\mu = arctg\,\frac{\varepsilon}{\omega^2}$$



$\vec{w}_o$ vektori bilan μ burchak tashkil etuvchi ON to'g'ri chiziqni o'tkazamiz, agar tekis shaklning aylanishi tezlanuvchan bo'lsa, μ burchak aylanish yo'nalishi bo'yicha, sekinlanuvchan bo'lsa, aylanishiga teskari yo'nalishda qo'yiladi.

ON chiziqda O nuqtadan

$$OQ = \frac{w_o}{\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}}$$

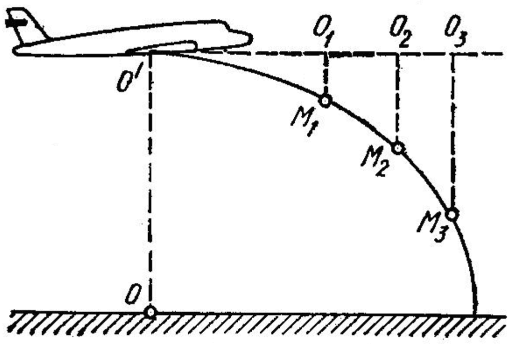
masofada Q nuqtani olsak, bu nuqta tezlanishlar oniy markazi bo'ladi.

Nuqtaning murakkab harakati

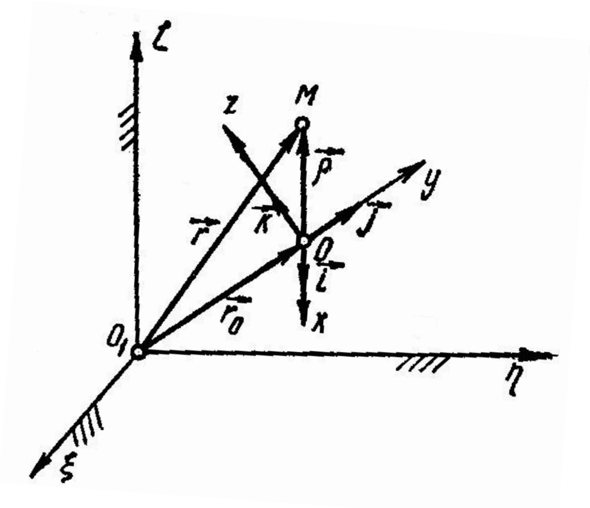
1. Nuqtaning nisbiy, ko'chirma va absolyut harakatlari

Mexanika masalalarini yechishda ko'pincha nuqtaning harakatini bir vaqtning o'zida ikkita koordinatalar sistemasiga nisbatan tekshirish maqsadga muvofiq bo'ladi. Bu holda koordinatalar sistemalaridan birini qo'zg'almas deb qabul qilamiz va uni asosiy koordinatalar sistemasi deb ataymiz.

Masalan, o'zgarmas tezlik bilan to'g'ri chiziq bo'yicha harakatlanayotgan samolyotdan boshlang'ich tezliksiz tashlangan yukning harakatini Yer bilan bog'langan asosiy koordinatalar sistemasiga hamda samolyotga biriktirilgan koordinatalar sistemasiga nisbatan tekshirish mumkin.



M nuqta biror *0xuz* koordinatalar sistemasiga nisbatan harakatlansin. O'z navbatida bu koordinatalar sistemasi qo'zg'almas deb olinadigan $O_1\xi\eta\zeta$ asosiy koordinatalar sistemasiga nisbatan harakatlansin.



Nuqtaning ko'zg'aluvchi koordinatalar sistemasiga nisbatan harakati *nisbiy harakat* deyiladi.

M nuqtaning qo'zg'aluvchi koordinatalar sistemasiga nisbatan radius-vektorini ρ koordinatalarini, *x,u,z* hamda qo'zg'aluvchi koordinata o'qlarining birlik yo'naltiruvchi vektorlarini mos ravishda $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ bilan belgilasak,

$$\vec{\rho} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \qquad (1)$$

munosabat o'rinli bo'ladi.

M nuqtaning nisbiy harakat tenglamalarini Dekart koordinata o'qlaridagi ifodasi quyidagicha yoziladi

$$\left.\begin{aligned} x &= x(t), \\ y &= y(t), \\ z &= z(t). \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Nuqtaning qo'zg'aluvchi koordinatalar sistemasiga nisbatan, trayektoriyasi nisbiy trayektoriya deyiladi. Nuqtaning bunday harakatdagi tezlik va tezlanishi mos ravishda nisbiy tezlik va nisbiy tezlanish deyiladi hamda $\vec{v}_r$ *ва* $\vec{w}_r$ bilan belgilanadi.

Qo'zg'aluvchi koordinatalar sistemasining va u bilan o'zgarmas ravishda bog'langan fazo nuqtalarining qo'zg'almas koordinatalar sistemasiga nisbatan harakati ko'chirma harakat deyiladi.

Ko'chirma tezlik $\vec{v}_e$ ko'chirma tezlanish $\vec{w}_e$ bilan belgilanadi.

Nuqtaning qo'zg'almas koordinatalar sistemasiga nisbatan harakati absolyut harakat deyiladi. Nuqta bir vaqtning o'zida ikki yoki undan ortiq harakatda ishtirok etsa, bunday harakat murakkab harakat deyiladi.

Absolyut harakatdagi nuqtaning tezlik va tezlanishi mos ravishda absolyut tezlik $\vec{v}_a$ va absolyut tezlanish $\vec{w}_a$ deyiladi.

2. Tezliklarni qo'shish teoremasi

Agar M va O nuqtalarning qo'zg'almas koordinata sistemasiga nisbatan radius-vektorini mos ravishda $\vec{r}$ va $\vec{r}_o$ bilan belgilasak, rasmdan

$$\vec{r} = \vec{r}_o + \vec{\rho} \qquad (3)$$

munosabat o'rinli bo'lishini ko'ramiz (1) ni nazarda tutib, (3) ni

$$\vec{r} = \vec{r}_o + x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \qquad (4)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

M nuqtaning absolyut tezligini aniqlash uchun (4) dan vaqt bo'yicha hosila olamiz:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}_o}{dt} + \dot{x}\vec{i} + \dot{y}\vec{j} + \dot{z}\vec{k} + x\frac{d\vec{i}}{dt} + y\frac{d\vec{j}}{dt} + z\frac{d\vec{k}}{dt}. \qquad (5)$$

(5) da quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

$$\vec{v}_r = \dot{x}\vec{i} + \dot{y}\vec{j} + \dot{z}\vec{k}. \qquad (6)$$

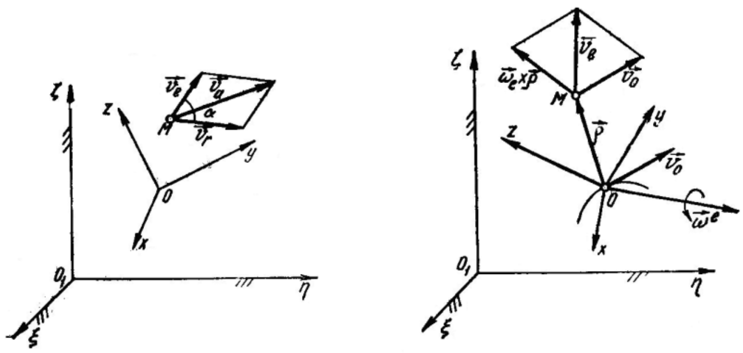
$$\vec{v}_e = \vec{v}_o + x\frac{d\vec{i}}{dt} + y\frac{d\vec{j}}{dt} + z\frac{d\vec{k}}{dt}. \qquad (7)$$

$$\vec{v}_o = \frac{d\vec{r}_o}{dt}; \qquad \vec{v}_a = \frac{d\vec{r}}{dt}.$$

Shunday qilib, quyidagi tenglik hosil bo'ladi:

$$\vec{v}_a = \vec{v}_r + \vec{v}_e. \qquad (8)$$

(8) tenglama murakkab harakatdagi nuqtaning tezliklarini qo'shish haqidagi teoremani ifodalaydi: *nuqtaning absolyut tezligi mazkur nuqta nisbiy va ko'chirma tezliklarining geometrik yig'indisiga teng.*



Absolyut tezlikning moduli kosinuslar teoremasidan foydalanib aniqlanadi

$$v_a = \sqrt{v_r^2 + v_e^2 + 2v_r v_e \cos\alpha} \qquad (9)$$

$\alpha = 90^0$ bo'lgan holda

$$v_a = \sqrt{v_r^2 + v_e^2} \qquad (10)$$

$\alpha = 0^0$ bo'lganda

$$v_a = \sqrt{v_r^2 + v_e^2 + 2v_r v_e}. \qquad (11)$$

Nisbiy va ko'chirma tezliklar qarama-qarshi tomonga yo'nalsa,

$$v_a = \sqrt{v_r^2 + v_e^2 + 2v_r v_e} = |v_r + v_e|. \qquad (12)$$

munosaabatlar o'rinli bo'ladi.

Nuqtaning ko'chirma tezligini aniqlash ustida batafsiya to'xtalamiz. Agar qo'zg'aluvchi koordinatalar sistemasining berilgan ondagi burchak tezligi ma'lum bo'lsa, u holda $\frac{d\vec{i}}{dt}, \frac{d\vec{j}}{dt}, \frac{d\vec{k}}{dt}$ kattaliklarni mos ravishda $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ birlik vektorlarning uchlaridagi nuqtalarning tezligiga teng deb qarash mumkin. Shu sababli Eyler formulasiga ko'ra ushbu

$$\frac{d\vec{i}}{dt} = \vec{\omega}_e \times \vec{i}, \quad \frac{d\vec{j}}{dt} = \vec{\omega}_e \times \vec{j}, \quad \frac{d\vec{k}}{dt} = \vec{\omega}_e \times \vec{k}. \qquad (13)$$

tenglik o'rinli bo'ladi.

(13) ni (7) ga qo'yib, (1) ni e'tiborga olsak,

$$\vec{v}_e = \vec{v}_o + \vec{\omega}_e \times \left(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}\right) = \vec{v}_o + \vec{\omega}_e \times \vec{\rho}. \qquad (14)$$

formula o'rinli bo'ladi.

3. Koriolis teoremasi

M nuqtaning $\vec{w}_a$ absolyut tezlanishi mazkur nuqtaning absolyut tezligidan vaqt bo'yicha olingan hosilaga teng bo'ladi:

$$\vec{w}_o = \frac{d\vec{v}_o}{dt}.$$

(5) dan vaqt bo'yicha hosila olsak, quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$\vec{w}_a = \frac{d^2\vec{r}_o}{dt^2} + \ddot{x}\vec{i} + \ddot{y}\vec{j} + \ddot{z}\vec{k} + x\frac{d^2\vec{i}}{dt^2} + y\frac{d^2\vec{j}}{dt^2} + z\frac{d^2\vec{k}}{dt^2} + 2\left(\dot{x}\frac{d\vec{i}}{dt} + \dot{y}\frac{d\vec{j}}{dt} + \dot{z}\frac{d\vec{k}}{dt}\right). \qquad (15)$$

(15) da quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

$$\vec{w}_r = \ddot{x}\vec{i} + \ddot{y}\vec{j} + \ddot{z}\vec{k}, \qquad (16)$$

$$\vec{w}_e = \frac{d^2\vec{r}_o}{dt^2} + x\frac{d^2\vec{i}}{dt^2} + y\frac{d^2\vec{j}}{dt^2} + z\frac{d^2\vec{k}}{dt^2}, \qquad (17)$$

$$\vec{w}_k = 2\left(\dot{x}\frac{d\vec{i}}{dt} + \dot{y}\frac{d\vec{j}}{dt} + \dot{z}\frac{d\vec{k}}{dt}\right). \qquad (18)$$

Bu yerda $\vec{w}_r$ - nuqtaning nisbiy tezlanishi, $\vec{w}_e$ - nuqtaning ko'chirma tezlanishi, $\vec{w}_k$ - Koriolis tezlanishi.

Shunday qilib, nuqtaning absolyut tezlanishi uchun quyidagi tenglikni olamiz:

$$\vec{w}_a = \vec{w}_r + \vec{w}_e + \vec{w}_k. \qquad (19)$$

(19) tenglik murakkab harakatdagi nuqtaning tezlanishlarini qo'shish haqidagi G.Koriolis teoremasini ifodalaydi: *murakkab harakatdagi nuqtaning absolyut tezlanishi uning nisbiy, ko'chirma va Koriolis (yoki) kushimcha tezlanishlarining geometrik yig'indisiga teng.*

Agar ko'chirma harakat ilgarilama harakatdan iborat bo'lsa, u holda qo'zg'aluvchi koordinatalar sistemasining $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ birlik vektorlari harakat davomida hamisha o'ziga parallel ravishda ko'chadi. (17) va (18) da $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ vektorlardan vaqt bo'yicha olingan birinchi va ikkinchi tartibli hosilalar nolga teng bo'ladi, va

$\vec{w}_e = \vec{w}_o, \quad \vec{w}_k = 0$ munosabatlar o'rinli bo'ladi.

Natijada

$$\vec{w}_a = \vec{w}_r + \vec{w}_e \qquad (20)$$

bo'ladi.

Absolyut tezlanishning moduli

$$w_a = \sqrt{w_r^2 + w_e^2 + 2w_r w_e \cos\left(\vec{w}_r \,\hat{,}\, \vec{w}_e\right)} \qquad (21)$$

(21) tenglik tezlanishlarning parallelogramm qoidasi deyiladi.

Murkkab harakatdagi nuqtaning nisbiy, ko'chirma va Koriolis tezlanishlari

Nuqtaning nisbiy tezlanishini bevosita (16) formula yordamida yoki ko'zg'aluvchan koordinatalar sistemasini fikran qo'zg'almas deb qarab aniqlash mumkin.

Nuqtaning ko'chirma tezlanishi (17) dan foydalanib hisoblanadi. Bu formulada $\frac{d^2\vec{r}_o}{dt^2} = \vec{w}_o$ qo'zg'aluvchi *0xuz* koordinatalar sistemasi boshining tezlanishini ifodalaydi. (13) ni e'tiborga olib (17) xadlarini quyidagicha o'zgartirish mumkin:

$$\frac{d^2\vec{i}}{dt^2} = \frac{d}{dt}\left(\frac{d\vec{i}}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\vec{\omega}_e \times \vec{i}\right) = \frac{d\vec{\omega}_e}{dt} \times \vec{i} + \vec{\omega}_e \times \frac{d\vec{i}}{dt} = \vec{\varepsilon}_e \times \vec{i} + \vec{\omega}_e \times \left(\vec{\omega}_e \times \vec{i}\right),$$

bu tenglikda $\vec{\varepsilon}_e = \frac{d\vec{\omega}_e}{dt}$ bilan berilgan ondagi ko'chirma harakat burchak tezlanishi belgilangan. Xuddi shu singari $\frac{d^2\vec{j}}{dt^2}$, $\frac{d^2\vec{k}}{dt^2}$ larni hisoblash mumkin:

$$\frac{d^2\vec{j}}{dt^2} = \vec{\varepsilon}_e \times \vec{j} + \vec{\omega}_e \times \left(\vec{\omega}_e \times \vec{j}\right),$$

$$\frac{d^2\vec{k}}{dt^2} = \vec{\varepsilon}_e \times \vec{k} + \vec{\omega}_e \times \left(\vec{\omega}_e \times \vec{k}\right).$$

Natijada

$$x\frac{d^2\vec{i}}{dt^2} + y\frac{d^2\vec{j}}{dt^2} + z\frac{d^2\vec{k}}{dt^2} = \vec{\varepsilon}_e \times \left(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}\right) + \vec{\omega}_e \times \left[\vec{\omega}_e \times \left(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}\right)\right] =$$
$$= \vec{\varepsilon}_e \times \vec{\rho} + \vec{\omega}_e \times \left(\vec{\omega}_e \times \vec{\rho}\right)$$

tenglikni olamiz.

Shunday qilib, ko’chirma tezlanish uchun quyidagi ifoda hosil bo’ladi:

$$\vec{w}_e = \vec{w}_o + \vec{\varepsilon}_e \times \vec{\varepsilon}_e \times \vec{\rho} + \vec{\omega}_e \times \left(\vec{\omega}_e \times \vec{\rho}\right) \qquad (22)$$

yoki $\vec{w}_e = \vec{w}_o + \vec{w}_e^{\varepsilon} + \vec{w}_e^{\omega}$, (23)

bu yerda $\vec{w}_e^{\varepsilon} = \vec{\varepsilon}_e \times \vec{\rho}$ - aylanma tezlanish, $\vec{w}_e^{\omega}$ - o’qqa intilma tezlanish.

(13)ni nazarda tutib, Koriolis tezlanishini ifodalovchi (18) tenglikni quyidagicha yoza olamiz:

$$\vec{w}_k = 2\left[\dot{x}\left(\vec{\omega}_e \times \vec{i}\right) + \dot{y}\left(\vec{\omega}_e \times \vec{j}\right) + \dot{z}\left(\vec{\omega}_e \times \vec{k}\right)\right] = 2\left[\vec{\omega}_e \times \left(\dot{x}\vec{i} + \dot{y}\vec{j} + \dot{z}\vec{k}\right)\right].$$

Koriolis tezlanishini ifodalovchi bu ifoda (6) ga ko’ra quyidagi ko’rinishni oladi:

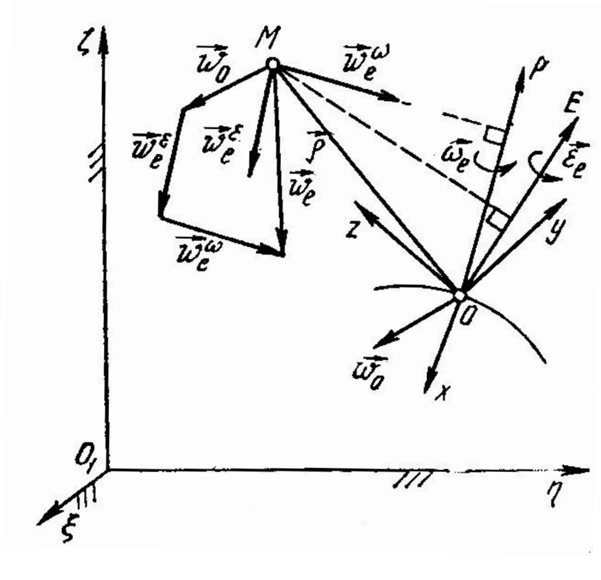
$$\vec{w}_k = 2\left(\vec{\omega}_e \times \vec{v}_r\right). \qquad (24)$$

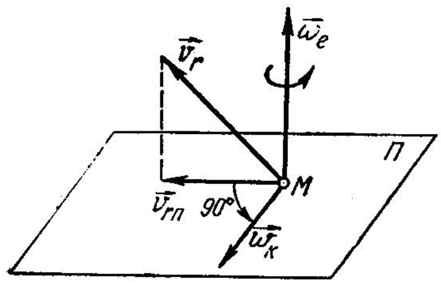
Demak, murakkab harakatdagi nuqtaning Koriolis tezlanishi qo’zg’aluvchi *0xuz* koordinatalar sistemasining berilgan ondagi burchak tezligi bilan nuqtaning nisbiy tezligi vektorli ko’paytmasining ikkilanganiga teng.

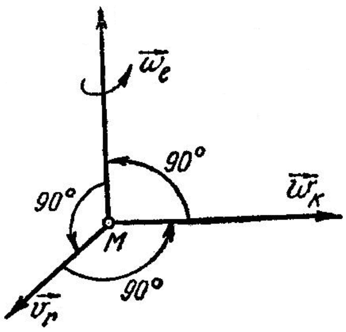
Koriolis tezlanishining moduli (24) tenglikka binoan

$$w_k = 2\vec{\omega}_e\vec{v}_r \sin\left(\widehat{\vec{\omega}_e, \vec{v}_r}\right). \qquad (25)$$

formula bilan aniqlanadi.







Nuqtaning murakkab harakatiga oid masalalarni yechishda avvalo qo’zg’almas va qo’zg’aluvchi koordinata sistemalari tanlanib, nuqtaning absolyut harakati nisbiy va ko’chirma harakatlarga ajratiladi.

Murakkab harakatdagi nuqtaning tezligini topishda (8) formula bilan ifodalanadigan tezliklar parallelogrammi qoidasidan foydalaniladi.

Murakkab harakatdagi nuqtaning tezlanishlarini aniqlashga oid masalalarni 2 turga bo’lish mumkin:

Ko’chirma harakati ilgarilama harakat bo’lgan nuqtaning tezlanishlarini aniqlash.

Ko’chirma harakati ilgarilama harakatdan iborat bo’lmagan nuqtaning tezlanishlarini aniqlash.

Nazorat savol va topshiriqlar

1. Qattiq jismning tekis parallel harakati deb qanday harakatga aytiladi?
2. Tekis shaklning harakat tenglamalarini keltiring
3. Qanday nuqtaga tezliklar oniy markazi deyiladi?
4. Tezliklar oniy markazini aniqlashga misollar keltiring
5. Qo’zg’almas va qo’zg’aluvchi sentroidalar nima?
6. Qanday nuqtaga tezlanishlar oniy markazi deyiladi?
7. Nuqtaning nisbiy, ko’chirma va absolyut harakati deb qanday harakatlarga aytiladi?
8. Nuqtaning absolyut tezligi ifodasini keltiring
9. Absolyut tezlik moduli qanday aniqlanadi?
10. Nuqtaning absolyut tezlanishi ifodasini keltiring
11. Koriolis tezlanishi nima?

9-Mavzu. **DINAMIKA**

Reja:

1. Dinamika predmeti.
2. Dinamikaning asosiy qonunlari.
3. Erkin moddiy nuqta harakatining differensial tenglamalari.
4. Dinamikaning ikki asosiy masalasi.

Tushuncha va tayanch iboralar

Dinamika, inersion massa, inersiya qonuni, inersial harakat, inersial sistema, dinamikaning asosiy qonuni, nuqtaning harakat miqdori, ta’sir va aks ta’sir qonuni, kuchlar ta’sirining o’zaro mustakillik qonuni

Dinamika predmeti

Dinamika yunoncha “dinamics” - kuch so’zidan olingan. Dinamikada moddiy nuqta, moddiy nuqtalar sistemasi va absolyut qattiq jismning harakati shu harakatni vujudga keltiruvchi kuchlar bilan birgalikda o’rganiladi.

Umumiy holatda kuch vaqtga, kuch qo’yilgan nuqtaning koordinatasiga va tezligiga bog’liq bo’lishi mumkin;

$$\vec{F} = \vec{F}(t, x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}) \quad \text{yoki} \quad \vec{F} = \vec{F}(t, \vec{r}, \dot{\vec{r}}).$$

Har qanday jism harakati o’nga ta’sir etuvchi kuchlardan tashqari, jismning *inertligi* yoki inersiyasiga bog’liq bo’ladi.

Kuch ta’sir etmaganda jism o’z holatini yoki harakatini saqlashi kuch ta’sir etganda esa o’z harakatini birdaniga emas, balki jism tashkil topgan moddaning miqdoriga bog’liq ravishda asta-sekin o’zgarishi jismning inertligi xususiyatiga kiradi.

Qattiq jism tashkil topgan moddaning miqdori bilan xarakterlanuvchi va jismning inertlik o’chovini ifodalovchi kattalik *inersion massa* deyiladi.

Yer sirtiga yaqin masofadagi jism og’irligining P, uning erkin tushish tezlanishiga nisbati o’zgarmas bo’lib kuzatish joyiga bog’liq bo’lmaydi.

$$\frac{P}{g} = m = const \tag{1.1}$$

Jismning fizik xususiyatiga bog’liq bo’lgan va (1.1) formula yordamida aniqlanadigan m kattalikka *gravitasion massa* deyiladi.

Odatdagi sharoitda (kichik tezliklarda) gravitasion massa va inersion massa o’zaro tengligi isbotlangan.

Shunday qilib, massa jism tashkil topgan moddaning miqdoriy o’zlovchi bo’lishi bilan birga inersiya o’lchovini ham ifodalaydi.

A. Eynshteynning nisbiylik nazariyasida jismning massasi m uning tezligiga bog’liq ravishda ushbu formula yordamida aniqlanishi isbotlanadi

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

bu yerda m_0 - jismning tinch holatdagi massasi

v - jismining tezligi va

c - yorug’lik tezligi.

Klassik mexanikada jismlarning tezligi yorug’lik tezligidan ancha kichik deb qaraladi. Shu sababli $v^2/c^2 \Rightarrow 0$ va $m = m_0$ deb qaraladi.

SI birliklar sistemasida massa kilogramm (kg) bilan o’lchanadi.

Jismning harakati unga ta’sir etuvchi kuchlardan tashqari jismning shakliga, ya’ni jism massasining qanday taqsimlanganliliga ham bog’liq bo’ladi.

Dinamikada dastlab moddiy nuqtaning harakati o’rganiladi. So’ngra olingan natijalar moddiy nuqtalar sistemasi va qattiq jismga tatbiq qilinadi.

Dinamikaning asosiy qonunlari

1-qonun (inersiya qonuni). *Tashqi ta’sirdan tanholangan moddiy nuqta kuch ta’sir etmaguncha o’zining tinch holatini yoki to’g’ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi.*

Inersiya qonuniga asosli moddiy nuqtaning to’g’ri chiziqli tekis harakati *inersial harakat* yoki inersiya bo’yicha harakat deyiladi.

Inersial harakatdagi moddiy nuqtaning tezlanishi nolga teng bo’ladi ($w=0$). Moddiy nuqtaning tezligini o’zgartirish uchun biror tashqi ta’sir – kuch bo’lishi kerak.

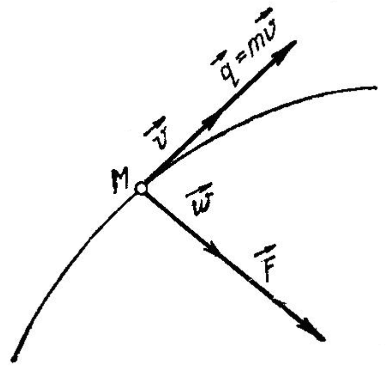
Dinamikada ham kinematikadagi kabi nuqtaning mexanik harakatini boshqa biror jism bilan bog’langan va sanoq sistemasi deb atalgan koordinatalar sistemasiga nisbatan o’rganiladi. Agar tanlangan sanoq sistemasi uchun inersiya qonuni o’rinli bo’lsa, bunday koordinatalar sistemasi inersial sistema deyiladi. Inersial sanoq sistemasiga nisbatan tekshirilayotgan harakat absolyut harakat deb qaraladi.

Texnikada uchraydigan ko’pgina masalalarni yechishda Yer bilan bog’langan koordinatalar sistemasi olinadi.

2-qonun (dinamikaning asosiy qonuni). *Moddiy nuqta harakat miqdorining o’zgarishi harakatlantiruvchi kuchga proporsional va kuchning ta’sir chizig’i bo’yicha sodir bo’ladi.*

Moddiy nuqtaning massasini uning berilgan ondagi tezlik vektoriga ko'paytmasiga teng q vektor *nuqtaning harakat miqdori* deyiladi.

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



Nyuton ikkinchi qonunining vektorli ifodasi quyidagiga yoziladi:

$$\frac{d}{dt}\left(m\vec{v}\right) = \vec{F}. \qquad (1.2)$$

Agar vaqt o'tishiibilan nuqtaning massasi o'zgarmasdan qolsa, u holda (1.2) ni quyidagicha yozish mumkin:

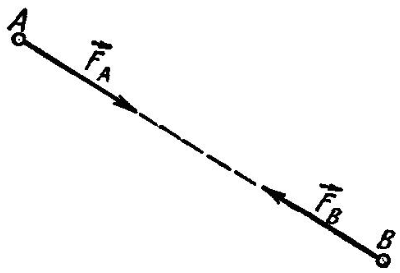
$$m\vec{v} = \vec{F}, \qquad (1.3)$$

bunda $\vec{w} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$

Nyutonning 2-qonunini ifodalovchi (1.3) tenglama nuqta dinamikasining asosiy tenglamasi deyiladi.

3-qonun (ta'sir va aks ta'sir qonuni). *Har qanday ta'sirga unga miqdor jihatdan teng, yo'nalishi qarama-qarshi bo'lgan aks ta'sir mos keladi, ya'ni ikkita moddiy nuqtaning o'zaro ta'siri miqdor jihatdan teng va shu nuqtalarni tutashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi tomonga yo'naladi.*

Masalan A nuqta V nuqtaga F_v kuch bilan ta'sir etsin va V nuqta A nuqtaga F_A kuch bilan ta'sir etsin.



3-qonunga ko'ra

$$\vec{F}_B = -\vec{F}_A \qquad \text{ёки} \qquad \vec{F}_B = \vec{F}_A \qquad (1.4)$$

tenglik o'rinli bo'ladi.

Bunday ikkita kuchlar o'zaro muvozanatda bo'lmaydi, chunki ular moddiy nuqtalar deb tasavvur kilinadigan boshqa-boshqa jismlarga qo'yilgan.

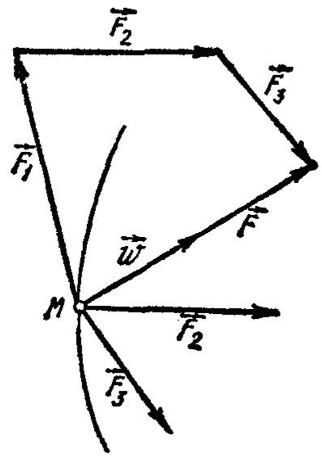
4-qonun (kuchlar ta'sirining o'zaro mustaqillik qonuni). *Agar moddiy nuqtaga bir nechta kuch ta'sir etsa, nuqtaning tezlanishi har bir kuchning alohida ta'siridan nuqta oladigan tezlanishlarning geometrik yig'indisiga teng bo'ladi.*

Masalan M moddiy nuqta (F_1, F_2, …, F_n) kuchlar ta'sirida bo'lsin.

U holda 4-qonunga asosan

$$\vec{w} = \vec{w}_1 + \vec{w}_2 + \ldots + \vec{w}_n. \qquad (1.5)$$

Natija. Nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlar sistemasi shu kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisiga dinamik ekvivalent bo'ladi.



M moddiy nuqtaga uchta F_1, F_2, F_3 kuchlar ta'sir etayotgan bo'lsin (1.5) ni m ga ko'paytirsak,

$$m\vec{w} = m\vec{w}_1 + m\vec{w}_2 + m\vec{w}_3 \qquad (1.6)$$

tenglik hosil bo'ladi.

2-qonunga ko'ra $\quad m\vec{w}_1 = \vec{F}_1, \quad m\vec{w}_2 = \vec{F}_2, \quad m\vec{w}_3 = \vec{F}_3$

Shu sababli (1,6) ni quyidagicha yozish mumkin:

yoki $\quad m\vec{w} = \sum \vec{F}_v \qquad (1.7)$

Bu vektorli tenglama kuchlar sistemasi ta'siridagi nuqta uchun *dinamikaning asosiy tenglamasini* ifodalaydi.

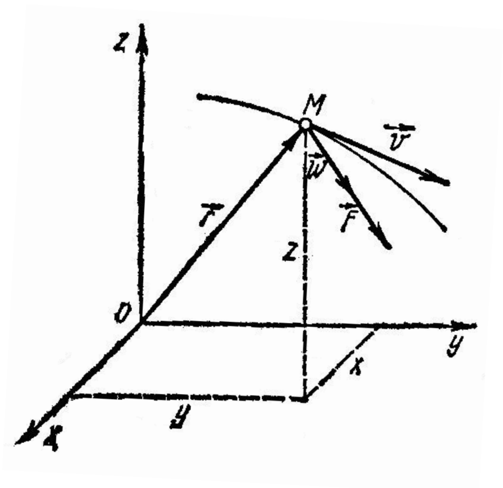
Erkin moddiy nuqta harakatining differensial tenglamalari

Massasi m ga teng bo'lgan M erkin moddiy nuqta F_1, F_2, … F_n kuchlar ta'sirida $0xuz$ inersial to'g'ri burchakli Dekart koordinata o'qlari sistemasiga nisbatan harakatlansin. Yuqorida ko'rganimizdek bu nuqta uchun dinamikaning asosiy tenglamasi:

$$m\vec{w} = \sum \vec{F}_v \quad \text{yoki} \quad m\vec{w} = \vec{F}$$

ko'rinishda yoziladi.

Bunda F - nuqtaga qo'yilgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi, w - nuqtaning F kuch ta'sir chizig'i bo'ylab yo'nalgan tezlanishi (rasmga qar.).



1. Erkin moddiy nuqta harakatining vektor formadagi differensial tenglamasi

$$\vec{w} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$ bo'lgani uchun,

bunda v - nuqtaning tezlik vektori,

$\vec{r}$ - nuqtaning radius – vektori.

$$m\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} \qquad (1.8)$$

yoki $$m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \vec{F}. \qquad (1.9)$$

(1.8) yoki (1.9) tenglamalar erkin moddiy nuqta harakatining *vektor formadagi differensial tenglamasi* deyiladi.

2. Erkin moddiy nuqta harakatining Dekart koordinata o'qlaridagi differensial tenglamalari.

(1.9) ni *0xuz* inersial koordinata sistemasi o'qlariga proyeksiyalab, ushbu tenglamalarni olamiz:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = F_x, \qquad m\frac{d^2y}{dt^2} = \vec{F}_y, \qquad m\frac{d^2z}{dt^2} = \vec{F}_z \qquad (1.10)$$

$$\text{ёки} \qquad m\ddot{x} = F_x, \qquad m\ddot{y} = \vec{F}_y, \qquad m\ddot{z} = \vec{F}_z$$

Bunda *x*, *u*, *z* harakatlanayotgan M nuqtaning koordinatalari

$\frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}, \qquad \frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{y}, \qquad \frac{d^2z}{dt^2} = \ddot{z}$ - nuqta tezlanishi w ning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari; F_x, F_u, …, F_z teng ta'sir etuvchi kuch F ning proyeksiyalari.

Agar F_ν (ν=1,2,…,n) kuchlarning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari $X_\nu Y_\nu Z_\nu$ bilan belgilasak, teng ta'sir etuvchining koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari uchun

$$F_x = \sum X_\nu, \qquad \vec{F}_y = \sum Y_\nu, \qquad \vec{F}_z = \sum Z_\nu$$

munosabatlar urinlar bo'ladi. Shu sababli (1.10) ni

$$m\ddot{x} = \sum X_\nu, \qquad m\ddot{y} = \sum Y_\nu, \qquad m\ddot{z} = \sum Z_\nu \qquad (1.11)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

(1.10) yoki (1.11) tenglamalar erkin moddiy nuqta harakatining Dekart koordinata o'qidagi differensial tenlamalarini ifodalaydi.

Agar moddiy nuqta *0xu* tekisligida harakatlansa (1.10) ning birinchi ikkitasi o'rinli bo'ladi:

$$m\ddot{x} = F_x, \qquad m\ddot{y} = \vec{F}_y \qquad (1.12)$$

Agar nuqta to'g'ri chiziqli harakatda bo'lsa

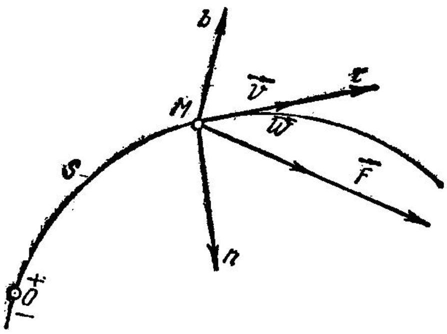
$$m\ddot{x} = F_x \qquad (1.13)$$

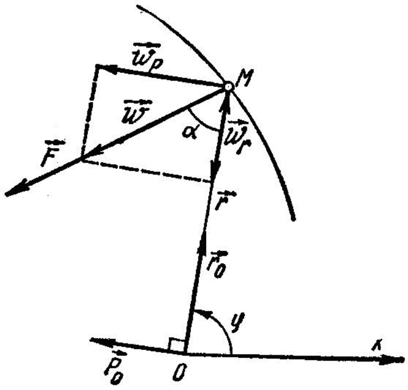
Bu tanglama nuqta to'g'ri chiziqli harakatining differensial tenglamasi deyiladi.

3. Erkin moddiy nuqta harakatining tabiiy koordinata o'qlaridagi differensial tenlamalari

Tabiiy koordinata o'qlari: $M\tau$ - urinma; Mn - bosh nomal; $M\nu$ - binormal.

Kinematikadan $w_\tau = \frac{dv_\tau}{dt} = \ddot{s}, \quad w_n = \frac{v^2}{\rho}, \quad w_b = 0$





bunda v_τ - tezlik vektorining urinmadagi proyeksiyasi,

s - nuqtaning yoy koordinatasi

ρ - trayektoriyaning M nuqtadagi egrilik radiusi

Teng ta'sir etuvchining urinma, bosh normal va binormaldagi proyeksiyalarini mos ravishda F_τ, F_n, F_b bilan belgilanadi.

$$m\ddot{s} = F_\tau, \quad m\frac{v^2}{\rho} = F_n \quad 0 = F_b \qquad (1.14)$$

(1.14) tenglamalarga erkin moddiy nuqta harakatining *tabiiy koordinata o'qlaridagi differensial tenglamalari* deyiladi.

Dinamikaning ikki asosiy masalasi

Moddiy nuqta dinamikasining birinchi asosiy masalasi, nuqtaning massasi va kinematik harakat tenglamalari berilganda shu harakatni vujudga keltiruvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisini aniqlashdan iborat. Bu masalaga nuqta dinamikasining to'g'ri masalasi deyiladi.

Masalani yechish nuqtaning kinematik harakat tenlamalaridan tezlanishni aniqlashga keltiriladi.

1. Agar massasi *m* ga teng moddiy nuqtaning harakati *r=r(t)* vektor usulda berilsa, nuqtaning radius-vektoridan vaqt bo'yicha ikki marta hosila olib, nuqtaning tezlanishni, so'ngra (1.9) ga asosan teng ta'sir etuvchi kuchni topamiz:

$$\vec{F} = m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \qquad (1.15)$$

2. Agar massasi *m* ga teng moddiy nuqta kinematik harakat tenglamalarining Dekart koordinata o'qlaridagi ifodalari *x=x(t)*, *y=y(t)*, *z=z(t)* ma'lum bo'lsa, ulardan ikki marta vaqt bo'yicha hosila olib, tezlanishning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalarini, so'ngra (1.10) ga ko'ra teng ta'sir etuvchi kuchning proyeksiyalarini aniqlaymiz:

$$F_x = m\ddot{x}, \qquad F_y = m\ddot{y}, \qquad F_z = m\ddot{z} \qquad (1.16)$$

Natijada teng ta'sir etuvchi kuch moduli

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \qquad (1.17)$$

3. Agar massasi *m* ga teng moddiy nuqtaning harakati tabiiy usulda berilsa, u holda teng ta'sir etuvchi kuchning tabiiy koordinata o'qlaridagi proyeksiyalarini (1.14) tenglamalardan aniqlaymiz:

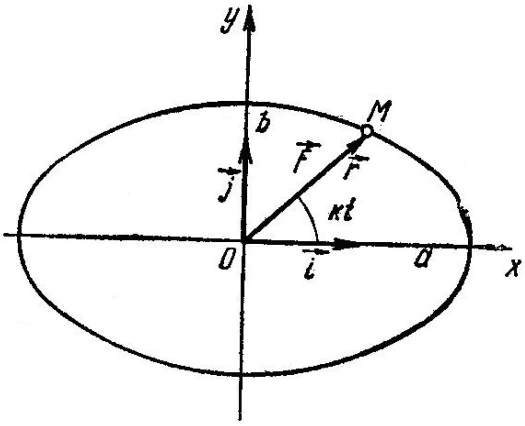
Teng ta'sir etuvchi kuch moduli

$$F = \sqrt{F_\tau^2 + F_m^2} \qquad (1.18)$$

1- masala. Massasi *m* ga teng bo'lgan moddiy nuqtaning harakati

$$\vec{r} = a\vec{i}\cos kt + b\vec{j}\sin kt \qquad (1)$$

vektorli tenglama bilan berilgan. Bunda α b k o'zgarmas miqdorlar. i,j lar esa x va u o'qlarining birlik vektorlarini ifodalaydi. Nuqtaga ta'sir etuvchi kuch aniqlancin.



Yechish. Koordinata o'qlarini rasmda ko'rsatilgandek olamiz. (1) ga ko'ra M nuqtaning koordinatalari $x=a\cdot coskt$, $y=v\cdot sinkt$ tenglamalar bilan ifodalangani uchun mazkur nuqta yarim o'qlari a va v ga teng ellips bo'ylab xarakterlanadi.

dan vaqt bo'yicha ikki marta hosila olamiz:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = -ak\vec{i}\sin kt + bk\vec{j}\cos kt$$

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = -k^2\left(a\vec{i}\cos kt + b\vec{j}\sin kt\right) \qquad (2)$$

(1.15) ga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuch

$$\vec{F} = m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = -mk^2\left(a\vec{i}\cos kt + b\vec{j}\sin kt\right)$$

yoki (1) ni e'tiborga olsak

$$\vec{F} = -mk^2\vec{r}$$

ifoda topiladi.

Moddiy nuqta dinamikasining ikkinchi asosiy masalasi

Moddiy nuqta dinamikasining ikkinchi asosiy masalasi nuqtaning massasi va unga ta'sir etuvchi kuchlar berilganda nuqtaning kinematik tenglamalarini aniqlashdan iborat. Bu masala nuqta dinamikasining *teskari masalasi* deyiladi.

Ikkinchi asosiy masalani yechishda nuqta harakatining ikkinchi tartibli differensial tenlamalarini integrallash kerak. Nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlar umumiy holda vaqt, nuqtaning holati va tezligiga bog'liq bo'lgani uchun bu differensial tenlamalarni umumiy holda integrallash mumkin emas. Moddiy nuqta dinamikasining ikkinchi asosiy masalasi ayrim xususiy hollardagina aniq yechimga ega.

Nazorat savol va topshiriqlar

1. Nazariy mexanikaning dinamika bo'limi nimani o'rganadi?
2. Klassik mexanika asosiy qonunlarining mohiyati haqida so'zlab bering
3. Erkin moddiy nuqta harakatining differensial tenglamalari
4. Moddiy nuqta dinamikaning birinchi asosiy masalasining mazmuni nimadan iborat?
5. Moddiy nuqta dinamikaning ikkinchi asosiy masalasi qanday yechiladi?
6. Statikaning ikkita asosiy masalasi nimadan iborat?

10-Mavzu. JISMNING PARALLEL O'QLARGA NISBATAN INERSIYA MOMENTLARI

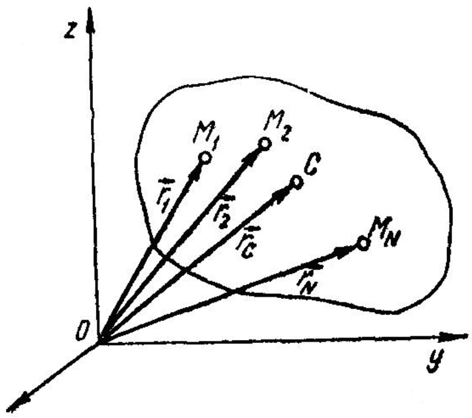
Reja:
1. Sistema massalar markazi.
2. Jismning inersiya momenti
3. Jismning parallel o'qlarga nisbatan inersiya momenti.
4. Jismning berilgan nuqtadan o'tuvchi ixtiyoriy o'qqa nisbatan inersiya momenti.
5. Inersiya ellipsoidi.
6. Bir jinsli ba'zi jismlarning inersiya momentlarini hisoblash.
7. Inersiya bosh o'qlarining xususiyatlari.
8. Mexanik sistema nuqtalariga ta'sir etuvchi kuchlarni klassifikatsiya qilish

Tushuncha va tayanch iboralar

Mexanik sistema, o'zgarmas mexanik sistema, ichki kuchlar, tashqi kuchlar, sitemaning massasi, sistemaning massalar markazi, inersiya momenti, Gyuygens-Shteyner teoremasi

Sistema massalar markazi

Mexanik sistema N ta nuqtadan tashkil topgan bo'lib, ularning massalari $m_1, m_2, \ldots m_N$ ga teng bo'lsin. Sistema nuqtalarini $M_1, M_2, \ldots M_N$ ning qo'zg'almas koordinatalari sistemasiga nisbatan radius-vektorlarini $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \ldots, \vec{r}_N$; koordinatalarini $(x_1, x_1, x_1), (x_2, x_2, x_2), \ldots, (x_N, x_N, x_N)$ bilan belgilaymiz.



Sistema tarkibiga kiruvchi nuqtalarning massalarini yig'indisiga teng

$M = \Sigma m_\nu$

kattalikka *sistemaning massasi* deyiladi.

Radius vektori

$$\vec{r}_c = \frac{\sum m_\nu \vec{r}_\nu}{M} \qquad (5.4)$$

formula yordamida aniqlanadigan geometrik S nuqtaga *sistemaning massalar markazi* deyiladi.

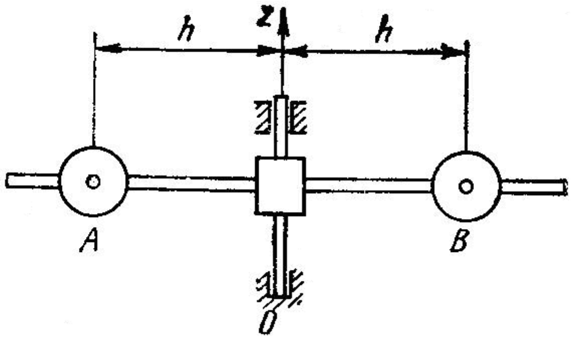
(5.4) ni Dekart koordinata o'qlariga proyeksiyalab, sistema massalar markazining koordinatalari aniqlanadigan formulalarni olamiz.

$$x_c = \frac{\sum m_\nu x_\nu}{M}, \quad y_c = \frac{\sum m_\nu y_\nu}{M}, \quad z_c = \frac{\sum m_\nu z_\nu}{M} \qquad (5.5)$$

Jismning inersiya momenti

Inersiya momentlari

Sistema massalar markazining holati sistema massalarining taqsimlanishini to'liq xarakterlay olmaydi. Masalan, bir xil A va V sharlari markazlaridan aylanish o'qi *Oz* gacha bo'lgan *h* masofalarni bab-baravar orttirsak, u holda A va V sharlardan tashkil topgan sistemaning massalar markazi o'zgarmaydi, biroq sistemaning massalari boshqacha taqsimlanadi va natijada sistemaning harakati o'zgaradi (boshqa shartlar o'zgarmaganda aylanish sekinroq sodir bo'ladi). Shu sababli mexanikada sistema massalarining taqsimlanishini xarakterlash uchun *sistemaning inersiya momenti* tushunchasi kiritiladi.



Moddiy nuqtaning massasini biror l o'qqacha bo'lgan masofa kvadratiga ko'paytmasiga teng kattalikka *nuqtaning o'qqa nisbatan inersiya momenti* deyiladi.

Sistema nuqtalarining massalarini o'qqacha (nuqta yoki tekislikkacha) bo'lgan masofalar kvadratiga ko'paytmalarining yig'indisiga teng skalyar kattalikka mos ravishda sistemaning *o'qqa (nuqta yoki tekislikka) nisbatan inersiya momenti* deyiladi.

Nuqtaga nisbatan inersiya momenti ko'pincha *qutbga nisbatan inersiya momenti* deb ham ataladi.

Agar l o'qqa, 0 nuqtaga va P tekislikka nisbatan sistemaning inersiya momenlarini J_l, J_0 yoki J_p bilan belgilasak, ta'rifga ko'ra

$$J_l = \sum m_\nu h_\nu^2,\ J_0 = \sum m_\nu r_\nu^2,\ J_l = \sum m_\nu d_\nu^2 \qquad (5.6)$$

formulalari o'rinli bo'ladi.

Bunda m_ν sistema M_ν nuqtasining massasini; h_ν, r_ν, d_ν lar esa mos ravishda M_ν nuqtadan l o'qqa, 0 nuqtaga va P tekislikkacha bo'lgan masofalarini ifodalaydi.

SI birliklari sistemasidagi inersiya momentining o'lchamligi $[J]$=kg·m^2

Koordinata o'qlariga nisbatan inersiya momentlari:

$$J_x = \sum m_\nu \left(y_\nu^2 + z_\nu^2\right)$$
$$J_y = \sum m_\nu \left(x_\nu^2 + z_\nu^2\right) \qquad (5.7)$$
$$J_z = \sum m_\nu \left(y_\nu^2 + x_\nu^2\right)$$

Koordinatalari boshiga nisbatan sistemaning inersiya momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$J_0 = \sum m_\nu r_\nu^2 = \sum m_\nu \left(x_\nu^2 + y_\nu^2 + z_\nu^2\right). \qquad (5.8)$$

Koordinata tekisliklariga nisbatan IM

$$J_0 = \sum m_\nu r_\nu^2,$$
$$J_0 = \sum m_\nu r_\nu^2, \qquad (5.9)$$
$$J_0 = \sum m_\nu r_\nu^2$$

Ko'pincha sistemaning o'qqa nisbatan inersiya momentini

$$J_z = M_\nu \rho_i^2 \qquad (5.10)$$

ko'rinishda yoziladi.

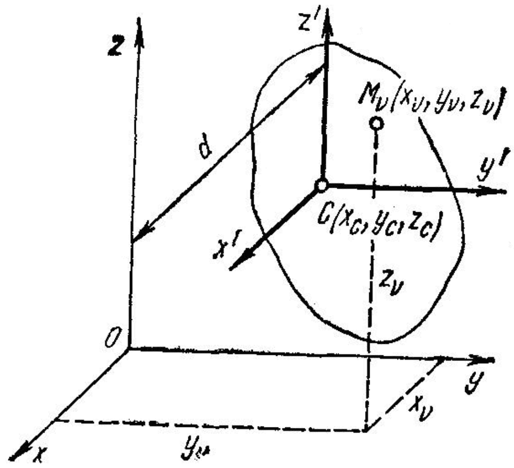
Bundan

$$\rho_u = \sqrt{\frac{J_z}{M}} \qquad (5.11)$$

ρ_i - sistemaning o'qqa nisbatan *inersiya radiusi* deyiladi.

Jismning parallel o'qlarga nisbatan inersiya momenti

Jismning massalar markazi orqali o'tuvchi o'qqa parallel bo'lgan o'qqa nisbatan inersiya momentini hisoblashni ko'rib chiqamiz. Aytaylik, o'zaro parallel bo'lgan *Oxyz* va *Sx'y'z'* Dekart koordinatalar sistemalari berilgan bo'lsin, bunda *S* nuqta sistemaning massalar markazida joylashgan.



O'qqa nisbatan inersiya momentining ta'rifiga ko'ra

$$\left.\begin{aligned} I_z &= \sum m_\nu \left(x_\nu^2 + y_\nu^2\right), \\ I_{z'} &= \sum m_\nu \left(x_\nu'^2 + y_\nu'^2\right), \end{aligned}\right\}$$

Agar *Oxyz* koordinatalar sistemasiga nisbatan massalar markazining koordinatalarini x_c, y_c, z_c bilan belgilasak, u holda M_ν nuqtaning koordinatalari $x_\nu = x'_\nu + x_c$; $y_\nu = y'_\nu + y_c$; $z = z'_\nu + z_c$ munosabatlar bilan bog'langan bo'ladi.

Natijada

$$I_z = \sum m_\nu \cdot \left(x_\nu'^2 + y_\nu'^2\right) + 2x_c \cdot \sum m_\nu x'_\nu + 2y_c \cdot \sum m_\nu y'_\nu + \left(x_\nu^2 + y_\nu^2\right) \cdot \sum m_\nu$$

ifoda hosil bo'ladi.

Bu ifodada $\sum m_\nu \cdot \left(x_\nu'^2 + y_\nu'^2\right)$ jismning massalar markazi orqali o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti; $\sum m_\nu = M$ - butun jism massasi; $\sum m_\nu x'_\nu = Mx'_c = 0$ va $\sum m_\nu y'_\nu = My'_c = 0,$ chunki sistemaning massalar markazini ifodalovchi *S* nuqta *Sx'y'z'* Bundan tashqari $x_c^2 + y_c^2 = d^2$ (*d – Oz* va *Cz'* o'qlar orasidagi masofa) ekanligini e'tiborga olsak,

$$I_z = I_{z'} + Md^2$$

formula hosil bo'ladi.

Bu formula *Gyuygens-Shteyner teoremasini* ifodalaydi: *biror o'qqa nisbatan sistemaning inersiya momenti sistemaning massalar markazi orqali shu o'qqa parallel ravishda o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti bilan sistema massasini o'qlar orasidagi masofalar kvadratiga ko'paytmasining yig'indisiga teng.*

Jismning berilgan nuqtadan o'tuvchi ixtiyoriy o'qqa nisbatan inersiya momenti

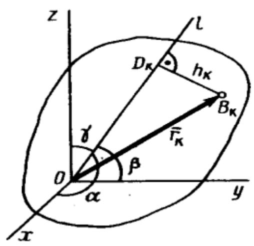
Oxyz o'qlar bilan, tegishlicha α, β, va γ burchaklar tashkil etuvchi Ol -o'qini o'tkazaylik (280 shakl). Ta'rif [(2) formula]ga ko'ra $J_l = \sum m_k h_k^2$ bo'ladi va OB_kD_k uchburchakdan $h_k^2 = r_k^2 - (OD_k)^2$. Lekin OD_k masofa, $\bar{r}_l = x_k \bar{i} + y_k \bar{j} + z_k \bar{k}$ vektorning Ol o'qidagi proektsiyasidan iborat bo’lgani sababli, $(x_k \bar{i}) = x_k sos\alpha$, $(y_k \bar{j}) = y_k sos\beta$ va $(z_k \bar{k}) = z_k cos\gamma$ bo’ladi; hamda $r_k^2 = x_k^2 + y_k^2 + z_k^2$ ekanligini e’tiborga olsak: $J_l = \sum m_k[\, x_k^2 + y_k^2 + z_k^2 - (x_k sos\alpha + y_k cos\beta + z_k cos\gamma)^2]$.

Agar, $1-cos^2\alpha = cos^2\beta + cos^2\gamma$, $1-cos^2\beta = cos^2\alpha + cos^2\gamma$, va $1-cos^2\gamma = cos^2\alpha + cos^2\beta$ ekanligi sababli, kosinuslar kvadratlari va kosinuslarning ko’paytmalarini qavsdan tashqariga chiqarib, (3) va (10) formulalarni e’tiborga olsak, yuqoridagi formula quyidagi ko’rinishga keladi: $J_l = J_x cos^2\alpha + J_y cos^2\beta + J_z cos^2\gamma - 2J_{xy} cos\alpha cos\beta - 2J_{yz} cos\beta cos\gamma - 2J_{zx} cos\gamma cos\alpha$ (12)

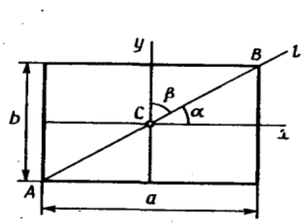
Agar, Oxyz o’qlarini jismning O nuqtadagi bosh inertsiya o’qlari bo’ylab yo’naltirsak, (12) formula soddalashadi, va $J_l = J_x cos^2\alpha + J_y cos^2\beta + J_z sos^2\gamma$ (12’) ko’rinishga keladi. (12) va (12’) formulalar orqali, berilgan Oxyz o’qlarga nisbatan inertsiya momentlari ma’lum bo’lsa va O^1 nuqtadan o’tuvchi ixtiyoriy o’qqa nisbatan inertsiya momentlarini hisoblash mumkin ekan. Agar jismning massa markazi ma’lum bo’lsa, (9) formula yordamida, ixtiyoriy nuqtadan o’tuvchi o’qqa nisbatan inertsiya momentlarini hisoblash mumkin bo’ladi.

Masala. Massasi m, tomonlari *a* va *b* larga teng bo’lgan, to’g’ri burchakli plastinaning diagonaliga nisbatan inertsiya momenti aniqlansin (2-shakl).

Yechish: Massa markazi S nuqtadan Sxy o’qlarni o’tkazamiz (shaklda Cz -o’qi ko’rsatilmagan), va bu o’qlar simmetriya o’qlari bo’lgani uchun, ular S nuqtadagi bosh inertsiya o’qlari hisoblanadilar. U holda $\gamma h 90°$ ekanligi sababli, (12’) formulaga asosan, $J_l = J_x cos^2\alpha + J_y cos^2\beta$ bo’ladi. Ushbu plastina uchun $J_x = mb^2/12$, $J_y = ma^2/12$ ekanligini aniqlaymiz; hamda $cos\alpha = a/c$, $sos\beta = b/c$, va s=AV bo’ladi. Natijada: $J_l = ma^2b^2/6s^2 = ma^2b^2/6(a^2+b^2)$

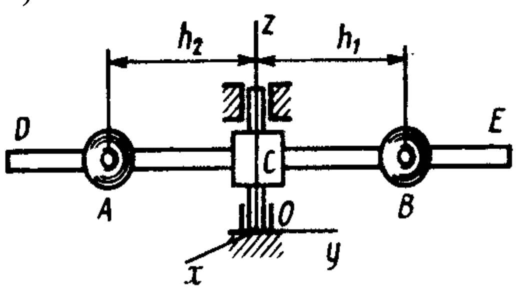


1-shakl



2-shakl.

Quyida, biz yuqorida kiritgan xarakteristikalar, ya’ni massalarning tarqalishini ikkita bir xil sharlarni Oz o’qi atrofida aylanayotgan sterjenning A va V nuqtalarga kiydirib qo’yilgandagi misolda ko’rib chiqamiz (3-shakl).



3-shakl.

Agar, $h_2 \neq h_1$ bo’lsa, u holda sistemaning massa markazi Oz -o’qida yotmaydi, va aylanish hisobiga podshipniklarda qo’shimcha bosim kuchi paydo bo’ladi; Agar, $h_2 h h_1$ bo’lsa, qo’shimcha bosim yo’q bo’ladi.

Agar $h_2 = h_1$ bo’lgan holda, sharlar orasidagi masofani orttirsak, massa markazining o’rni o’zgarmaydi, lekin inertsiya momenti J_z - ortadi va boshqa shartlar bir xil qolgan holda sterjenning aylanishi sekinlashadi.

Agar DE sterjenni Oyz tekisligida $\angle DC_z \neq 90°$ (ya’ni to’g’ri burchak bo’lmagan) burchakka bursak, $h_2 h h_1$ shartni saqlagan holda, sharlarni sterjenning chekkalariga surib qo’ysak, u holda massa markazining o'rni ham, inertsiya momenti J_z -ning qiymati ham o'zgarmaydi. Ammo, markazdan qochma inertsiya momenti J_{yz} - nolga teng bo'lmaydi, natijada Oz -o'q bosh inertsiya o'qi bo'lmay qoladi; natijada sterjenning aylanishida, podshipniklarga qo'shimcha ravishda yonmacha ravishda yo'nalgan bosim kuchlari paydo bo'ladi (o'qni «ura» boshlaydi).

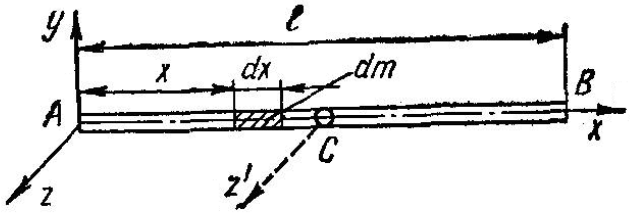
Inersiya ellipsoidi

Bir jinsli ba'zi jismlarning inersiya momentlarini hisoblash

Ko'pincha murakkab shaklga ega bo'lgan jimni oddiy shaklli jimlarga ajratish usuli bilan uning inersiya momentini aniqlash qulay bo'ladi. Bunday jismning inersiya momentini uning bo'laklari inersiya momentlarining yig'indisidan iborat deb qarash mumkin.

Bir jinsli oddiy shaklga ega bo'lgan ba'zi jimlarning inersiya momentlarini hisoblashni ko'rib chiqamiz.

Bir jinsli sterjenning inersiya momenti. *x* o'qni o'zunligi *l* ga teng ingichka *AV* sterjen bo'ylab yo'naltiramiz. Sterjenning *A* uchidan o'tuvchi va uning o'qiga perpendikulyar yo'nalgan *z* o'qqa nisbatan inersiya momentini hisoblaymiz.



Aytaylik sterjenning massasi M, zichligi $\rho_2 = M/l$ ga teng bo'lsin. U holda sterjen *dx* bo'lakchasining massasi $dm = \rho_2 dx$ ekanligini nazarda tutib quyidagini olamiz:

$$I_{Az} = \rho_2 \int_0^l x^2 dx = \rho_2 \frac{l^3}{3} = \frac{1}{3} M l^2.$$

O'qqa parallel ravishda sterjenning massalar markazi orqali o'tuvchi *Cz'* o'qqa nisbatan inersiya momentini Gyuygens-Shteyner teoremasiga asosan aniqlaymiz:

$$I_{Az} = I_{Cz'} + Md^2, \text{ bunda } d^2 = \left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{l^2}{4}.$$

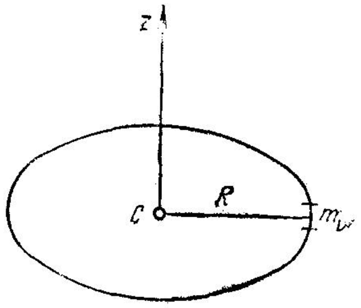
Binobarin,

$$I_{Cz'} = I_{Az} - M\frac{l^2}{4} = M\frac{l^2}{3} - M\frac{l^2}{4} = M\frac{l^2}{12}.$$

2. Ingichka doiraviy halqaning inersiya momenti. Massasi *M* va radiusi *R* ga teng doiraviy halqaning markazidan uning tekisligiga perpendikulyar ravishda o'tuvchi *Cz* o'qqa nisbatan inersiya momentini hisoblaymiz. Halqaning barcha nuqtalari *Cz* o'qdan bir xil $h_\nu = R$ masofada joylashgani tufayli

$$I_z = \sum m_\nu h_\nu^2 = \left(\sum m_\nu\right) R^2 = MR^2$$

bo'ladi, $\sum m_\nu = M$ halqaning massasi.

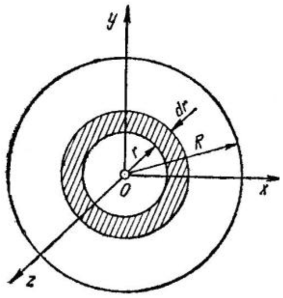


Bu formula massasi M, radiusi R ga teng yupqa qobiqli silindrning markaziy bo'ylama o'qiga nisbatan inersiya momentini topish uchun ham o'rinli bo'ladi.

3. Bir jinsli doiraviy diskning inersiya momenti. Massasi M, radiusi R ga teng doiraviy diskning O nuqtaga nisbatan inersiya momentini hisoblaymiz. O qutbga nisbatan diskning inersiya momenti shu nuqtadan disk tekisligiga perpendikulyar ravishda o'tuvchi Oz o'qqa nisbatan hisoblangan inersiya momentiga teng bo'ladi. Diskda radiuslari *r* va *r+dr* ga teng aylanalar orasidagi doiraviy halqani ajratamiz. Bu halqaning massasi

$dm=2\pi r\rho_1 dr$

ga teng.



Bu yerda

$\rho_1 = \dfrac{M}{\pi R^2}$ diskning zichligini ifodalaydi.

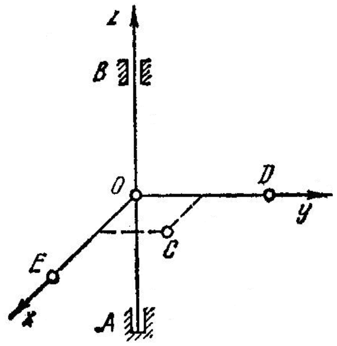
$$I_z = \int_{(M)} r^2 dm = \int_o^R r^2 \cdot 2\pi r\rho_1 dr = 2\pi\rho_1 \int_o^R r^3 dr = 2\pi\rho_1 \frac{R^4}{4} - \frac{MR^2}{2}.$$

Bu formula radiusi *R* ga teng doiraviy silindrning markaziy bo'ylama o'qiga nisbatan inersiya momentini topish uchun ham o'rinli bo'ladi.

Disk tekisligidagi *Ox* va *Ou* o'qlarga nisbatan uning nuqtalari simmetrik joylashgani uchun $I_x = I_y$. va $2I_o = I_y + I_x + I_z$, lekin $I_z = I_o$ bo'lgani uchun

$$I_x = I_y = \frac{1}{2} I_o = \frac{MR^2}{4}$$

Masala. AV vertikal valga hamda o'zaro $\perp$ bo'lgan r o'zunlikdagi OYe va OD sterjenlar vositasida bir xil Ye va D yuklar biriktirilgan. Sterjenlari va val massasini hisobga olmay va yuklarini moddiy nuqta deb qarab sistemaning massalari markazi topilsin.



Yechish. Koordinatalar o'qlarini o'tkazamiz. Yuklar massalarini m bilan belgilasak, Ye (r,0,0), D (0,r,0) bo'lgani uchun (5.5) ga ko'ra

$$x_c = \frac{\sum m_v x_v}{\sum m_v} = \frac{mr}{2m} = \frac{r}{2}$$

$$y_c = \frac{\sum m_v y_v}{\sum m_v} = \frac{mr}{2m} = \frac{r}{2}$$

$$z_c = \frac{\sum m_v z_v}{\sum m_v} = \frac{0}{2m} = 0$$

Binobarin, sistemaning massalar markazi S(r/2; r/2; 0) nuqtada yotadi.

Inersiya bosh o'qlarining xususiyatlari

Agar O nuqtadan Oxyz o'qlarni o'tkazsak, u holda bu o'qlarga nisbatan, J_{xy}, J_{yz}, J_{zx} qiymatlardan iborat bo'lgan va $J_{xy}=\sum m_k x_k y_k$, $J_{yz}=\sum m_k y_k z_k$, $J_{zx}=\sum m_k z_k x_k$ (10) *formulalar orqali aniqlanadigan markazdan qochma inertsiya momentlari* (yoki *inertsiyalar ko'paytmasi*) deb ataluvchi ifodalar paydo bo'ladi. Bu erdagi m_k- nuqtaning massasi, x_k, y_k , z_k -lar nuqtaning koordinatalari, hamda $J_{xy}= J_{yx}$ bo'ladi va h.k. Yaxlit jismlar uchun (10) formula (5') formula kabi quyidagi ko'rinishga keladi: $J_{xy}= \int\limits_{(V)} \rho xydV$ (10'). Markazdan qochma inertsiya momentlari, o'qlarga nisbatan momentlardan farqli ravishda, musbat yoki manfiy qiymatlarga ega bo'lishlari ham mumkin, va xususiy holda maxsus yo'naltirilgan Oxyz o'qlarga nisbatan nolga teng bo'lishlari ham mumkin.

B o sh i n e r ts i ya o' q l a r i. Simmetriya o'qiga ega bo'lgan bir jinsli jismni olib ko'raylik. Oxyz koordinata o'qlarini shunday yo'naltiraylikki, Oz o'qi jismning simmetriya o'qi bo'ylab yo'nalgan bo'lsin (279 shakl). U holda, simmetriya qoidasiga asosan, jismning m_k -massali va x_k, y_k , z_k - koordinatali har bir nuqtasiga, tegishli ravishda boshqa indeksli, shunday massali lekin koordinatalari teskari ishorali bo'lgan, ya'ni $-x_k, -y_k$, z_k nuqta, albatta, mavjud bo'ladi. Natijada $\sum m_k x_k z_k=0$ va $\sum m_k y_k z_k=0$ bo'ladi, chunki bu yig'indidagi qiymatlar moduli bo'yicha o'zaro teng, lekin teskari ishoralar bilan juft-juft bo'lib ishtirok etadilar; bundan (10) tenglikni e'tiborga olsak: $J_{xz}=0$ $J_{yz}=0$ (11) bo'ladi.

Shunday qilib, z -o'qiga nisbatan massalar simmetrik ravishda joylashganliklari sababli, J_{zx} va J_{yz} lar nolga aylanish bilan xarakterlanadi. *Markazdan qochma inertsiya momenti nolga teng bo'lgan J_{xz} va J_{yz} qiymatlarning indekslarida ishtirok etgan Oz o'q, jismning O nuqtadagi bosh inertsiya o'qi deb ataladi.*

Yuqoridagilarga asosan, *agar jismning simmetriya o'qi mavjud bo'lsa, bu o'q shu jismning ixtiyoriy nuqtasidagi bosh inertsiya o'qi bo'ladi.*

Bosh inertsiya o'qi, albatta jismning simmetriya o'qi bo'lishi shart emas. Simmetriya tekislikka ega bo'lgan, bir jinsli jismni olib ko'raylik (shaklda *abcd* tekisligi simmetriya tekisligi hisoblanadi). SHu simmetriya tekisligida yotuvchi Oz, Ox va unga perpendikulyar yo'nalgan Oy o'qlarni o'tkazaylik. U holda, simmetriya qoidasiga asosan, jismning m_k -massali va x_k, y_k ,

z_k - koordinatali har bir nuqtasiga, tegishli ravishda boshqa indeksli, shunday massali lekin koordinatalari shunday va teskari ishorali, ya'ni x_k, $-y_k$, z_k nuqta, albatta, mavjud bo'ladi. Natijada yuqoridagi kabi $\sum m_k x_k y_k=0$ va $\sum m_k y_k z_k=0$, yoki $J_{xu}=0$, $J_{yz}=0$ bo'ladi. Shu sababli, u - o'qi O nuqtadagi bosh inertsiya o'qi bo'ladi. Shunday qilib, *agar jism simmetriya tekisligiga ega bo'lsa, shu tekislikka perpendikulyar ravishda yo'nalgan ixtiyoriy o'q, shu tekislikni kesib o'tgan O nuqtadagi bosh inertsiya o'qi hisoblanar ekan.* (11) tenglama, Oz -o'qi jismning O nuqtasi (koordinata boshi)dagi inertsiya o'qi ekanligining sharti hisoblanadi. Xuddi shu kabi, agar $J_{xu}=0$, $J_{yz}=0$ bo'lsa, u holda Ou o'qi jismning O nuqtadagi bosh inertsiya o'qi hisoblanadi. Demak, *agar barcha markazdan qochma inertsiya momentlari, ya'ni:* $J_{xu}=0$, $J_{yz}=0$, $J_{zx}=0$ (11') *bo'lsa, u holda har bir koordinata o'qlari, jismning O nuqta (koordinata boshi) dagi bosh inertsiya o'qi hisoblanadi.*

Masalan, 279 shakldagi uchala Oxyz -o'qlari (Oz -o'qi simmetriya o'qi bo'lganligi sababli, Ox va Oy -o'qlari esa simmetriya tekisligiga perpendikulyar bo'lganligi sababli) jismning O nuqtadagi bosh inertsiya o'qlari hisoblanadi.

Bosh inertsiya o'qlariga nisbatan aniqlangan inertsiya momentlari, *jismning bosh inertsiya momentlari* deb ataladi.

Jismning massalar markazidan o'tkazilgan bosh inertsiya o'qlari, *bosh markaziy inertsiya o'qlari* deb ataladi. Yuqorida isbot qilinganlarga asosan, agar jism simmetriya o'qiga ega bo'lsa, u holda bu o'q jismning bosh markaziy o'qlaridan biri hisoblanadi, chunki massa markazi shu o'qda joylashgan bo'ladi. Agar, jism simmetriya tekisligiga ega bo'lsa, u holda shu tekislikka perpendikulyar bo'lib, jismning massa markazidan o'tsa, bu o'q ham bosh markaziy inertsiya o'qlaridan biri hisoblanadi.

Yuqorida ko'rib o'tilgan misollarda, asosan simmetrik jismlar tahlil qilindi, masalalar echishda uchraydigan jismlarning ko'pchiligi aynan shundaylardan iborat bo'ladi. Lekin, shuni isbot qilish mumkinki, har qanday jismning ixtiyoriy nuqtasidan hech bo'lmaganda o'zaro perpendikulyar bo'lgan uchta o'qni shunday o'tkazish mumkinki, ular uchun (11') tenglama qanoatlanadi, ya'ni jismning shu nuqtadagi bosh inertsiya o'qlari hisoblanadi.

Mexanik sistema nuqtalariga ta'sir etuvchi kuchlarni klassifikatsiya qilish

Mexanik sistema (yoki qisqacha sistema) deb shunday moddiy nuqtalar to'plamiga aytiladiki, uning har-bir nuqtasining harakati va holati sistema tarkibiga kiruvchi boshqa nuqtalarning harakati va holatiga bog'liq bo'ladi.

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

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

$$\sum_{\nu=1}^{N}\vec{F}_{\nu}^{\,i}=0 \qquad (5.1)$$

Bunda $\vec{F}_{\nu}^{\,i}$ - nomeri ga teng nuqtaga ta'sir etuvchi ichki kuchlari teng ta'sir etuvchisi, N - mexanik sistema tarkibiga kiruvchi nuqtalar soni.

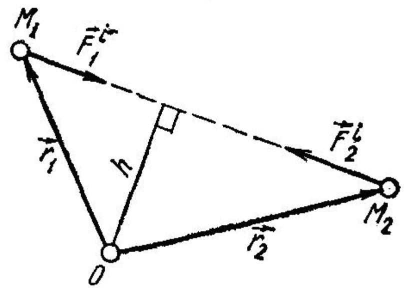
Sistema barcha ichki kuchlari ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momentlari geometrik yig'indisi (ichki kuchlari bosh momenti) nolga teng:

$$\vec{M}_{0}^{\,i}=\sum\left(\vec{F}_{\nu}^{\,i}\right)=0 \qquad (5.2)$$

yoki

$$\vec{M}_{0}^{\,i}=\sum\vec{r}_{\nu}\cdot\vec{F}_{\nu}^{\,i}=0 \qquad (5.3)$$

Agar sistema ikkita M_1 va M_2 nuqtalardan tashkil topsa



$$\vec{F}_2^i = -\vec{F}_1^i$$

$$\vec{F}_1^i + \vec{F}_2^i = 0$$

$$\vec{M}_0\left(\vec{F}_1^i\right) + \vec{M}_0\left(\vec{F}_2^i\right) = 0$$

Nazorat savol va topshiriqlar

1. Mexanik sistemaning ta’rifini bering
2. Ichki va tashqi kuchlarning ta’rifini bering
3. Sitemaning massasi va massalar markazini aniqlovchi ifodalarni keltiring
4. Sistemaning o’qqa (nuqta yoki tekislikka) nisbatan inersiya momenti tushunchasining ta’rifini bering va ifodalarini keltiring
5. Inersiya radiusi deb qanday o’lchamga aytiladi?

11-Mavzu: **MATERIALLLAR QARSHILIGI**

Reja:
1.Materialllar qarshiligi haqida asosiy tushunchalar.
2.Kostruksiya elementlari va tuzilmalari.
3. Kuchlanish to’g’risida tushunchalar.
4. Materiallar qarshiligida qabul qilingan gepotezalar va prinsiplar.

Konstruksiya elementlariga qo’yiladigan asosiy talablar, ularning mustahkamligi, bikirligi va ustivorligini taminlashdir. Konstruksiyani va uning qismlarini ham mustahkam, ham bikir, ham ustuvor qilishning turli xil yo’llari bor, ulardan eng asosiylaridan biri konstruksiya qismlari ko’ndalang kesimining o’lchamlarini kattalashtirishdir. Biroq har qanday inshoat qurish uchun mehnat ham, material ham eng kam sarf qilinishi lozim, binobarin muxandislar tegishli hisoblashlar o’tkazishi natijasida loyihaning turli variantlarini tuzadilar va bu variantlar orasidan eng arzoni qulayin va yuqorida qo’yilgan uchta talabga javob beradiganni tanlab olinadi.

Materialllar qarshiligi -mashina va inshoat qismlarining mustahkam, bikir va ustivor bo’lishini hisoblashda zarur bo’lgan zo’riqish va deformasiyalarni aniqlash usullarini o’rgatuvchi fandir.

Mustahkamlik - qonstruksiya elementlarining yemirilmasdan tashqi kuchga qarshilik ko’rsatish qobiliyatidir.

Bikirlik - qonstruksiya elementlarining tashqi kuch ta’siridan katta deformasiya hosil qilmaslik qobiliyatidir.

Ustivorlik – tashqi kuch ta’sirida konstruksiya elementlarining dastlabki muvozanat holatini saqlash qobiliyatidir.

Nazariy mexanika fanining materiallar qarshiligi fanidan farqi shundaki, nazariy mexanika fanida jism *absolyut qattiq jism* deb qaraladi, ya’ni deformasiyalanmaydi deb qaraladi. Aksincha materiallar qarshiligi fanida esa qattiq jism deformasiyalanadi deb qaraladi.

Nazariy mexanikada jism absolyut qattiq jism deb qaralganligi sababli tashqi kuchlar ta'sirida bo'lgan jismlar o'z geometrik o'lchamlari va shaklini o'zgartirmaydi. Shu sababli nazariy mexanikada jismlar mustaxkamlikka, bikirlikka va ustivorlikka tekshirilmaydi .

Material qarshiligi fanida jismlar deformasiyalanadi deb qaraladi, ya'ni tashqi kuchlar tasirida jismlar geometrik o'lchamlarini va shaklini o'zgartiradi. Jismlarning tashqi kuchlar ta'sirida geometrik o'lchami va shaklini o'zgartirishiga *deformasiya* deb ataladi va quydagilarga bo'linadi:

1.Jism tashqi yukdan ozod qilingandan keyin, u o'zining oldingi o'lchamlari va shaklini qayta tiklasa bunday deformasiyaga *elastik deformasiya* deyiladi.

2. Jism tashqi yukdan ozod qilingandan keyin, u o'zining oldingi o'lchamlari va shaklini qayta tiklay olmasa bunday deformasiyaga *plastik (qoldiq) deformasiya* deyiladi.

Kostruksiya elementlari va tuzilmalari

Amaliyotida uchraydigan konstruksiya elementlari quyidagi guruxlarga bo'linadi.

1. Bruslar guruxi. Ko'ndalang kesim o'lchamlari uzunlik o'lchamiga nisbatan juda kichik bo'lgan konstruksiya elementlarga bruslar deb ataladi (1,a-chizma).

a) Cho'zilish yoki siqilishiga qarshilik ko'rsatuvchi ingichka brus *sterjen* deb ataladi(1,b-chizma).

b) Buralishga qarshilik ko'rsatuvchi brusga *val* deb ataladi (1,c-chizma).

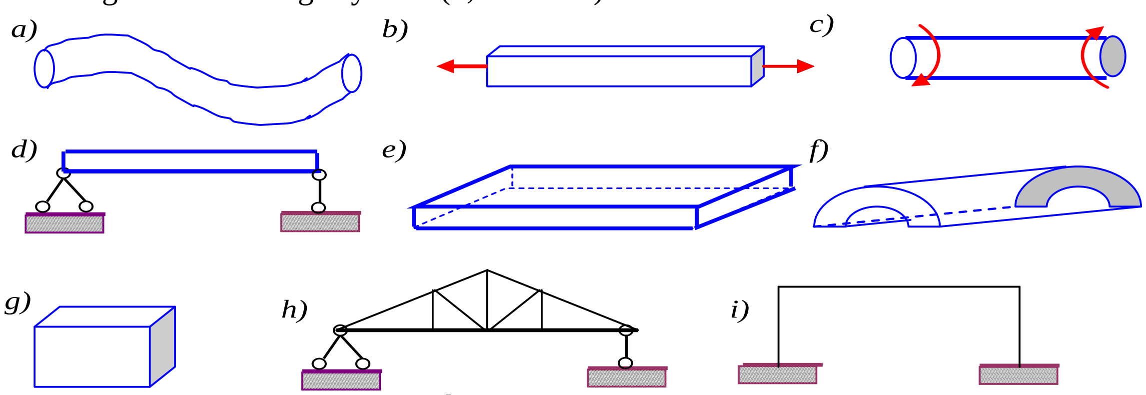
v) Egilishga qarshilik ko'rsatuvchi brusga *to'sin* deb ataladi (1,d-chizma).

2. Plastinka yoki plita yoxud qobiqlar guruxi. Jismning qalinligiga nisbatan qolgan boshqa o'lchamlari katta bo'lgan tekis sirt bilan chegaralangan konstruksiya qismiga plita yoki plastinka deb ataladi 1,e-chizma).

3.Qalinligi qolgan boshqa o'lchamlariga nisbatan juda kichik bo'lgan egri sirt bilan chegaralangan konstruksiya qismiga *qobiq* deb ataladi (1,f-chizma).

*4. Massivlar guruxi.*Uchala o'lchami bir xil tartibda bo'lgan jismga *massiv* deb ataladi1,g-chizma).

5. *Ferma* - deb bir necha sterjenlarni sharnirlar yordamida biriktirishdan hosil bo'lgan geometrik o'zgarmas sistemaga aytiladi (1,h-chizma).



1-chizma.

6. *Rama* - deb bir necha bruslar bikir qilib tutashtirilishidan hosil bo'lgan sterjenlar sistemasiga aytiladi1,i-chizma). Rama yuklangandan keyin ayrim elementlari egilib, sterjenlarni tutashtiruvchi nuqtalaridagi to'g'ri burchaklari o'zgarmaydi.

Tashqi kuchlar va ularning turlari

Konstruksiyaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar ikki gruppaga bo'linadi:

1).*Sirtqi kuchlar*. 2). *Hajmiy kuchlar*.

Jismga qo'shni bo'lgan ikkinchi jismdan o'tuvchi kuchlarga *sirtqi kuchlar* deb ataladi. Sirtqi kuchlar *to'plangan* yoki *yoyilgan* (taqsimlangan) bo'lishi mumkin. Jismning o'z o'lchamiga nisbatan juda kichik sirtiga ta'sir qilgan kuchlar *to'plangan kuchlar* deyiladi. Hisobni osonlashtirish uchun bunday kuchlar bir nuqtaga qo'yilgan deb faraz qilinadi, to'plangan kuchlar Nyuton (N) bilan o'lchanadi.

Jism sirtidagi yuzaning biror qismiga yoki undagi chiziqning biror qismiga ta’sir qilgan kuchlar *yoyilgan* (taqsimlangan) kuchlar deb ataladi. Yuza bo’yicha taqsimlangan yuklar (N/m^2) va uzunlik bo’yicha taqsimlangan yuklar (N/m) ga bo’linadi.

Jismning ichki barcha nuqtalariga ta’sir etuvchi kuchlarga *hajmiy kuchlar* deb ataladi.

Hajmiy kuchlar hajm birligiga to’g’ri kelgan kuchning miqdori bilan xarakterlanib o’lchov birligi N/m^3 . Materiallar qarshiligida hajmiy kuchlar, odatda, chiziq bo’yicha taqsimlangan kuchlar bilan yoki jismning ayrim bo’laklarga ajratilib shu bo’laklarning og’irlik markazlariga qo’yilgan to’plangan kuchlar jismning butun hajmiga taqsimlangan deb qaraladi.

Yuqorida bayon qilingan kuchlar konstruksiya qismlariga statik yoki dinamik ravishda ta’sir kilishi mumkin.

Yuk o’z miqdori, qo’yilgan nuqtalari yoki yo’nalishini juda ham sekin-asta o’zgartiradigan, ya’ni tezlanishlari e’tiborsiz bo’lgan yuklarga *statik yuklar* deyiladi.

Yuklar o’z miqdor va qo’yilgan nuqtalarni juda qisqa vaqt mobaynida juda katta tezlik bilan o’zgartirsa bunday yuklarga *dinamik yuklar* deyiladi.

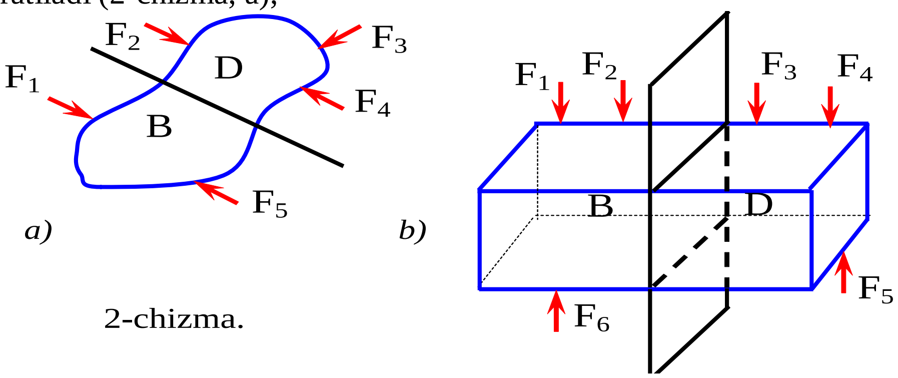
Ichki kuchlar. Kesish usuli

Jism tashqi kuchlar ta’sirida, garchi muvozanatda bo’lsa ham, ma’lum darajada deformasiyalanadi, buning natijasida brusning kesimidagi zarrachalar bir – biridan qochishga yoki o’zaro yaqinlashishga intiladi, ana shu intilishda hosil bo’lgan reaksiya kuchlari zarrachalar muvozanatini saqlaydi. Zarrachalar muvozanatini saqlovchi reaksiya kuchlar *ichki kuchlar* yoki *zo’riqish kuchlari* deb ataladi.

Jism kesimlarida hosil bo’ladigan zo’riqish kuchlarining teng ta’sir etuvchisini topish uchun kesish metodidan foydalaniladi. Jismga qo’yilgan kuchlar sistemasi va unda hosil bo’lgan reaksiya kuchlari ta’sirida muvozanatda bo’lsin (2– chizma, a,b).

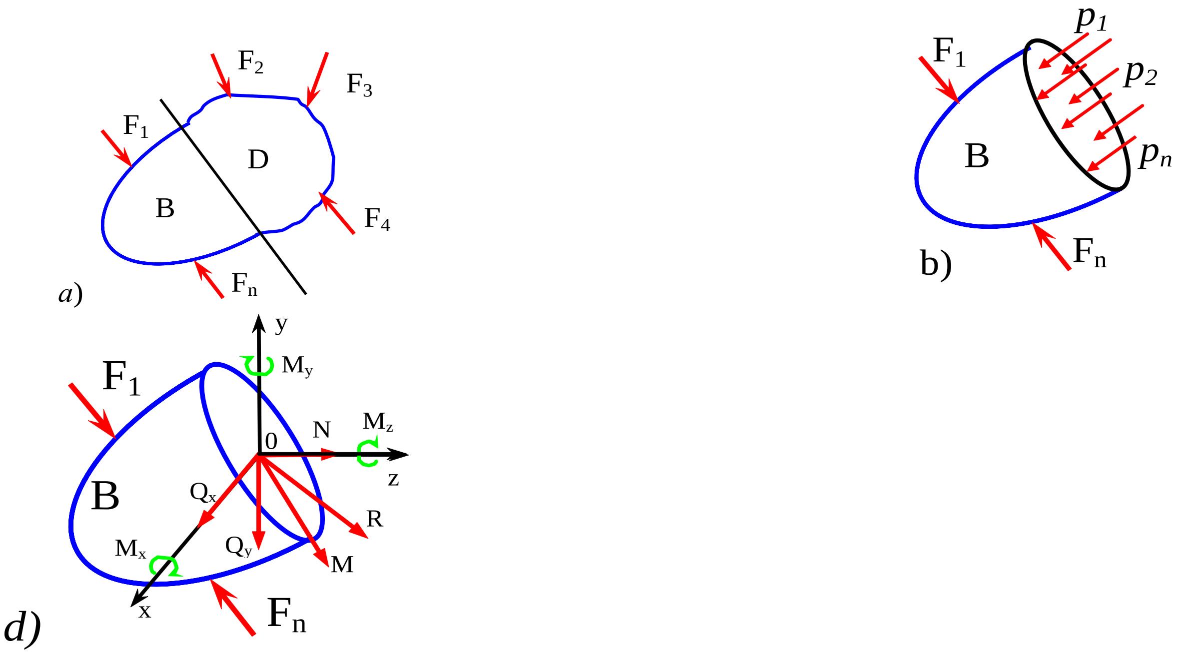
Qaralayotgan jismning kesimlarida hosil bo’lgan ichki kuchlarni aniqlash uchun *kesish usulidan* foydalanamiz. Kesish usulida ketma- ket quyidagi amallar bajarilish lozim:

1.Kuchlar ta’sirida muvozanatda bo’lgan jismni ixtiyoriy kesimidagi ichki kuchni aniqlash uchun jismning shu kesimdan o’tuvchi tekislik bilan fikran kesib ikki bo’lakka (B, chap va D, o’ng) ajratiladi (2-chizma, a);



2-chizma.

2. Ajratilgan bo’laklardan biri masalan o’ng tomoni (D tashlab yuborilib, chap tamon qoldiriladi, bunda qolgan qismining muvozanati buziladi. (3-chizma, b);



3-chizma

3. Qoldirilgan qismning muvozanati buzilmasligi uchun tashlab yuborilgan qismining ta'sirini r_1, r_2, …,r_n kuchlar bilan almashtiramiz, bu kuchlar kesim yuzi bo'yicha ixtiyoriy ravishda taqsimlanadi (3-chizma, *b*), ular kesimning har bir nuqtasiga qo'yilgan bo'lishi kerak.Bu bilan brusning qoldirilgan qismining muvozanati tiklanadi.

4. Qoldirilgan qism uchun statika muvozanat tenglamalarini tuzamiz:

$$\begin{aligned} &\sum X = 0, \sum Y = 0, \sum Z = 0 \\ &\sum M_x = 0, \sum M_y = 0, \sum M_Z = 0 \end{aligned} \qquad (1.1).$$

Noma'lum ichki kuchlarning soni cheksiz ko'p bo'lgani sababli ularni (1.1) tenglamalar vositasida topib bo'lmaydi, binobarin, tashqi kuchlar ta'siridan jismda hosil bo'ladigan deformasiyani tekshirishga to'g'ri keladi. Deformasiyaga qarab, jismning shundan keyin esa jismga qo'yilgan kuchlarni bir bosh vektor R va bir bosh moment M bilan almashtirib (2-chizma, v), masalani (1.1) tenglamalar yordamida yecha olamiz.

Demak bulardan chiqadigan xulosa shuki, ichki kuchlar masalasini mukammal hal qilish uchun uning quyidagi uch tomonini tekshirish lozim ekan:

a) statik tomoni, ya'ni jismning tekshirilayotgan kismining muvozanat tenglamalarini tuzish;

b) geometrik tomoni, ya'ni jismning deformasiyasini tekshirish;

v) fizik tomoni, ya'ni jism deformasiyasi bo'yicha ichki kuchlarning taqsimlanish qonunini bilish.

Bu amallar bajarilgandan keyingina ichki kuchlar (zo'riqishlar) ni topamiz.

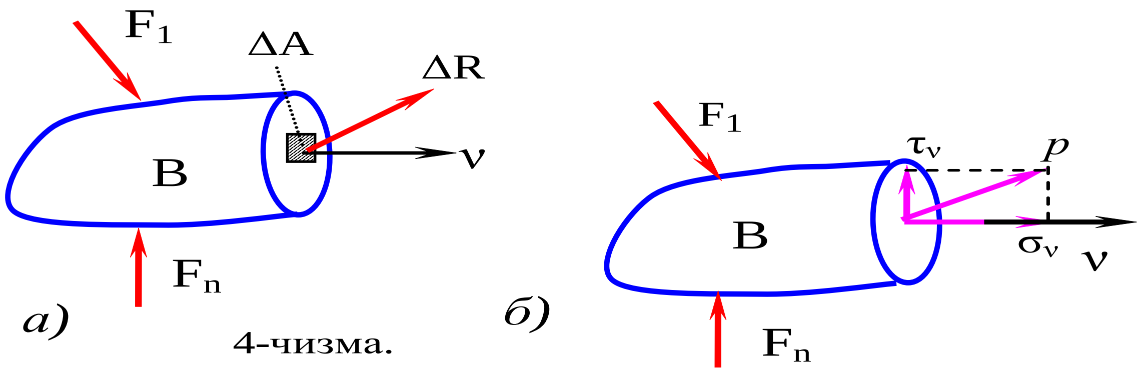
12-Mavzu: **DEFORMATSIYALAR VA KUCHLANISHLAR**

Reja:

1. Deformatsiya va ularni turlari.
2. Normal va urinma kuchlanish.
3. Oddiy deformatsiyalar

Umumiy holda brusning kesimilarida qanday ichki kuch faktorlari hosil bo'lishini bilish maqsadida bosh vektor bilan bosh momentni ko'ndalang kesim bosh o'qlariga nisbatan proyeksiyalaymiz (2,d-chizma).

Bu ichki kuchlardan konstruksiya elementlarida quyidagi to’rt xil deformasiya uchraydi:
1 Cho’zilishi (siqilish) deformasiyasi.   3 Egilishi deformasiyasi.
2 Buralish deformasiyasi.   4 Siljish deformasiyasi.
Kuchlanish to’g’risida tushunchalar
Jism kesimning birlik yuzalariga ta’sir etuvchi ichki kuch intensivligi *kuchlanish* deb ataladi.



4-чизма.

Kesimning biror nuqtasi atrofida elementar yuzacha ΔA ajratamiz. Bu yuzachaga ta’sir e’tuvchi ichki kuchlarning teng ta’sir etuvchisi ΔR bo’lsin. Bu ichki kuchning ajratilgan elementar yuzachaga nisbati *o’rtacha kuchlanish* deyiladi va $p_{o'r}$ bilan belgilanadi, uning qiymati (4,a-chizma) quyidagi formuladan topiladi:

$$p_{o'r} = \frac{\Delta R}{\Delta A} \qquad (1.2).$$

Tabiiyki bu kuchlanish tekshirilayotgan kesimning elementar yuzacha (ΔA) nuqtasiga xosdir.

Ajratilgan elemementar yuzacha (ΔA) qancha kichiklashtirilsa, kesim nuqtasidagi ichki kuch intensivligi shuncha aniqroq topiladi. Agar (ΔA) nolga intilsa shu nuqtadagi kuchlanish *haqiqiy kuchlanish* deb ataladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$\rho = \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta R}{\Delta A} \qquad (1.3)$$

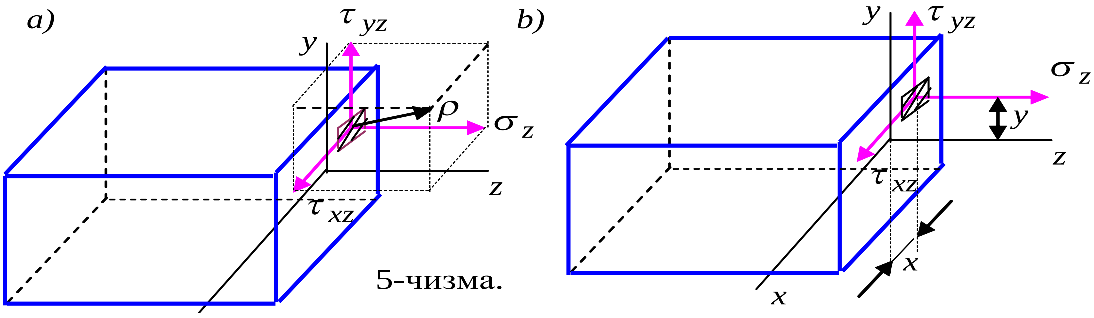
Tekshirilayotgan kesimning qaralayotgan nuqtasidagi kuchlanish vektor miqdoridir, bu vektorning yo’nalishi $\Delta A \to 0$ dagi ΔR ning chekli yo’nalishiga to’g’ri keladi. Kuchlanish o’lchov birligi N/m^2 .

Jismning biror nuqtasidan fazoda turlicha yo’nalgan yuzachalar o’tkazish mumkin; bunday yuzachalarda kuchlanishlari turlicha bo’ladi. Shuning uchun kuchlanish ta’sir qilgan yuzaning yo’nalishini aniqlamasdan kuchlanish haqida so’z yuritib bo’lmaydi.

Kesimning biror nuqtasiga ta’sir kilayotgan kuchlanish ρ ni kesim yuzaga tik va parallel yo’nalgan ikkita tuzuvchiga ajratamiz (4-chizma, b). Bu tuzuvchilarning birinchisini *normal kuchlanish* va ikkinchisi *urinma kuchlanish* deyiladi. Normal kuchlanish σ bilan, urinma kuchlanish esa τ xarflari bilan belgilanadi. Bu uchala kuchlanish orasida quyidagicha bog’lanish hosil bo’ladi:

$$\rho = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} \qquad (1.4)$$

ρ vektorni koordinata o’qlariga parallel bo’lgan uchta tuzuvchiga ajratish qulaylik tug’diridi (5-chizma).



5-чизма.

Elementar ichki kuchlarni topamiz:

$$dN_z = \sigma_z dA.\ dQ_y = \tau_{xy} dA.\ dQ_x = \tau_{xz} dA.$$

Bosh vektorning tuzuvchilarini topamiz:

$$N_z = \int\limits_A \sigma_z dA.\ dQ_y = \int\limits_A \tau_{xy} dA.\ dQ_x = \int\limits_A \tau_{xz} dA.$$

Bosh momentning tuzuvchilarini topamiz:

$$M_z = \int\limits_A (y\tau_{xy} + x\tau_{xz}) dA.\ M_y = \int\limits_A \sigma_z y dA.\ dM_x = \int\limits_A \sigma_z x dA.$$

Materiallar qarshiligida kabul qilingan gepotezalar va prinsiplar

Materiallar qarshiligida konstruksiya elementlarini hisoblash ishlarini osonlashtirish maksadida material, yuk va detallarning bir-biriga ta’sir ko’rsatish xarakteriga nisbatan ba’zi gipotezalarga (cheklanishlarga) yo’l qo’yiladi:

1-gipoteza. Jism materiali yaxlit (g’ovaksiz) deb hisoblanadi. Bu gipoteza mayda zarrachali jismlar uchun juda qo’l keladi. Yogoch, beton, tosh, va gisht uchun juda ham to’g’ri kelmasada, ammo hisob natijalari bu xildagi materiallar uchun ham haqiqatga yaqin keladi. Bu gipoteza real materiallar uchun matematik analizning uzluksiz funksiya formulalarini ishlatishga asos bo’ladi.

2-gipoteza. Jism materiali bir jinsli va izotrop bo’ladi, ya’ni material har bir nuqtada, har bir yo’nalishda bir xil xususiyatga ega deb hisoblanadi. Metall bir jinsli materiallardan bo’lib, beton, tosh va gishtning bir jinsli xususiyati kamrokdir.

3-gipoteza. Jism yuklanishdan oldin unda boshlang’ich zo’riqish kuchlari bo’lmaydi deb faraz qilinadi. Darhaqiqat po’lat detallarning notekis sovishi, yog’ochning notekis qurishi yoki betonning notekis qotishi natijasida ularda boshlang’ich zo’riqish kuchlari paydo bo’ladi. Bu boshlang’ich zo’riqish kuchlari, umuman bizga noma’lum, biroq ularning miqdori tashqi yuklar ta’siridan jismda hosil bo’ladigan qo’zg’aluvchi zo’riqish kuchlari miqdoriga qaraganda juda ham kichik bo’ladi. Mobodo, boshlang’ich zo’riqish kuchlari sezilarli miqdorda ekanligi payqalsa, ularni tajriba yo’li bilan aniqlashga harakat qilinadi.

4-gipoteza. Kuchlar ta’sirining mustallik prinsipi. Bu prinsipga ko’ra kuchlar sistemasi ta’sirining natijasida bu kuchlarni yo ketma-ket yoki tartibsiz qo’yilishidan hosil bo’ladigan ta’sirlar natijasi teng deb faraz kilinadi. Bu prinsipdan nazariy mexanikada keng ko’lamda foydalanilsa ham, deformasiyalanuvchi jismlar uchun undan quyidagi ikki shart:

1) kuch qo’yilgan nuqtaning ko’chishi jism o’lchamlariga nisbatan juda ham kichik bo’lish sharti;

2) ko’chishlar, deformasiyalarning natijasi bo’lganligidan, u ta’sir qiluvchi kuchlarga proporsional, ya’ni chiziqli bog’langan bo’lish sharti bajarilgan takdirdagina foydalanish mumkin.

5-gipoteza. San-Venan prinsipi. Jismga qo’yilgan kuchning ta’sir nuqtasidan yetarlicha uzoqda joylashgan nuqtalarda hosil bo’ladigan ichki kuchlar xarakteri tashqi kuchning ta’sir xarakteriga bog’liq emas. Bu prinsip asosida, jismga u qadar katta bo’lmagan yuzachalarda taqsimlangan kuchlar shu kuchlarning teng ta’sir etuvchisini ifodalovchi bitta to’plangan kuch bilan almashtirilishi mumkin, buning natijasida hisoblash ishi osonlashadi.

13-Mavzu: **CHO‘ZILISH VA SIQILISH**.

Reja:

1.Sterjen ko‘ndalang kesimlarida hosil bo‘ladigan ichki kuchlar va ularning epyurasi

2. Sterjenning o’z og’irligini e’tiborga olgan holda cho’zilish va siqilishga hisoblash

3.Markaziy cho‘zilish va siqilishda bo‘ylama deformatsiya. Guk qonuni. Puasson koeffitsienti

4. Cho’zilish va siqilishda statik aniqmas masalalar

Sterjen ko‘ndalang kesimlarida hosil bo‘ladigan ichki kuchlar va ularning epyurasi

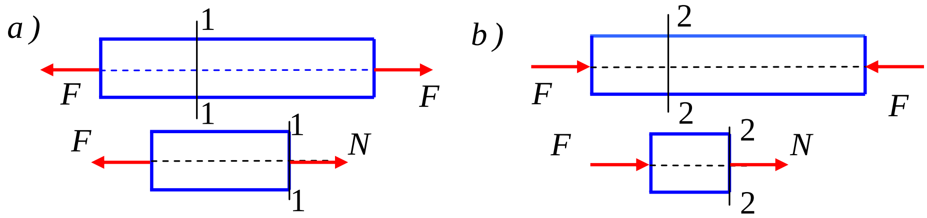
Konstruksiya elementlarining markaziy cho‘zilishi va siqilishi amaliyotda juda ko‘p uchraydi. Masalan: ko‘tarish kranlari yuk ko‘targanda troslarining cho‘zilishi, avtomobillarni shatakka olganda troslarining cho‘zilishi, zavodlardan ishlangan gazlarni chiqaradigan juda ham katta trubalarning, teleminoralarning xususiy og‘irligidan siqilishi va boshqalarni misol qilib keltirish mumkin .

Sirtqi kuchlar ta’sirida bo‘lgan sterjenlar ko‘ndalang kesimlarida faqat bo‘ylama ichki kuch faktori hosil bo‘lib, qolgan beshta ichki kuch faktorlari nolga teng bo‘lsa $(Q_x = Q_y = M_x = M_y = M_z = 0)$, bunday sterjen markaziy cho‘zilish (2.2-chizma, a) yoki siqilish (2.1-chizma, b) holatida bo‘ladi. Sterjen ko‘ndalang kesimining og‘irlik markazlarini tutashtiruvchi to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yo‘nalgan va uning ko‘ndalang kesimga normal bo‘lgan bo‘ylama kuchni N_z yoki N bilan belgilaymiz.

Demak, bunda birinchi bobda keltirilgan ichki kuch faktorlaridan faqat bittasi qoladi, ya’ni

$$N = \int_A \sigma_z dA. \qquad (2.1)$$

Demak, *bo‘ylama kuch* deb sterjenning ko‘ndalang kesimida hosil bo‘lgan normal kuchlanishlarning teng ta’sir etuvchisiga aytiladi. Bo‘ylama kuchlarni aniqlash uchun kesish usulidan foydalanamiz. cho‘zuvchi bo‘ylama kuchlarni qaralayotgan kesimdan tashqariga, siquvchi bo‘ylama kuchlarni kesimga qaratib yo‘naltiramiz. CHo‘zuvchi bo‘ylama kuchni musbat, siquvchi bo‘ylama kuchni esa manfiy deb qabul qilamiz. Ko‘ndalang kesimdagi bo‘ylama kuchni kesimdan tashqariga yo‘naltiramiz, agar hisoblar natijalarida bo‘ylama kuch manfiy ishora bilan chiqsa, uning yo‘nalishini teskari tomonga o‘zgartiramiz.



2.1-chizma.

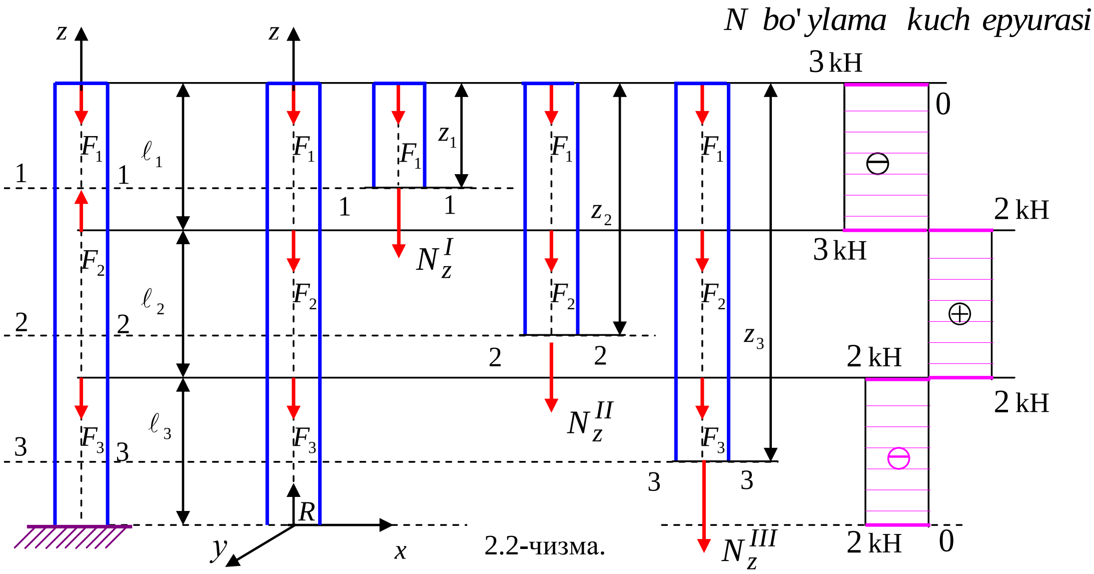
Ba’zi bir murakkab hollarda N_z kuchning yo‘nalishi noma’lum bo‘lsa, uni kesimdan tashqariga yo‘naltirish maqsadga muvofiqdir. Agar hisoblar natijalarida N_z kuch manfiy ishora bilan chiqsa, uning yo‘nalishini teskari tomonga o‘zgartirib qo‘shimiz lozim. Murakkab hollarda, ya’ni sterjenga bir nechta kuchlar ta’sir etsa, N_z kuchning sterjen o‘qi bo‘ylab o‘zarishi bo‘yicha to‘liq tasavurga ega bo‘lish uchun uning grafigini qurish maqsadga muvofiqdir.

Sterjen ko‘ndalang kesimda o‘qi bo‘ylab hosil bo‘lgan bo‘ylama kuchning o‘zgarish qonunini ko‘rsatuvchi grafik *bo‘ylama kuch epyurasi* deb ataladi. Bo‘ylama kuch epyurasini qurishni quyidagi misolda ko‘rib chiqamiz (2.2-chizma).

Pastki uchi bilan mahkamlangan sterjen o‘qi bo‘ylab F_1, F_2, va F_3 kuchlar bilan 2.2-chizmada keltirilgandek yuklangan bo‘lsin. Sterjenning har bir oralig‘i uchun ichki kuchlarni aniqlash va ularning epyuralarini qurish talab qilinsin, berilganlar $F_1 = 3kN$, $F_2 = 5kN$. $F_3 = 4kN$. $\ell_1 = \ell_2 = \ell_3 = \ell$.

Tayanchni reaksiya kuchi bilan almashtirib uning yo‘nalishini ko‘rsatamiz. Tayanch reaksiya kuchini aniqlaymiz, ya’ni statik muvozanat tenglamasini tuzamiz (2.2,b –chizma):

$$R = F_1 - F_2 + F_3 = 3 - 5 + 4 = 2kN.$$



2.2-чизма.

Sterjen ko‘nlalang kesimlaridagi ichki kuchlarni aniqlash uchun uning xarakterli (kuch qo‘yilgan nuqtalardagi yoki ko‘ndalang kesimi o‘zgargan oraliq) kesimlari bo‘yicha uchta oraliqga bo‘linadi.

Sterjenni kesish usulidan foydalanib 1-1, 2-2, 3-3, tekisliklar bilan kesamiz va har bir oraliqda qaralayotgan qism uchun statik muvozanat tenglamalarini tuzamiz. Ishni osonlashtirish uchun qirqimni sterjenning erkin uchidan boshlash maqsadga muvofiqdir, chunki, bunda reaksiya kuchini aniqlash shart emas.

1-1- qirqimdan yuqoridagi elementning muvozanat tenglamasini tuzamiz:

birinchi oraliqning o‘zgarish sohasi $0 \le z_1 \le \ell_1$

$-N_z^I - F_1 = 0$, yoki $N_z^I = -F_1$.

$z_1 = 0$. $\quad N_z^I = -F_1 = -3kN$. $\qquad z_1 = \ell_1 = \ell$, $\quad N_z^I = -F = -3kN$.

2-2- qirqimdan yuqoridagi elementning muvozanat shartidan:

ikkinchi oraliqning o‘zgarish sohasi $\ell_1 \le z_2 \le (\ell_1 + \ell_2)$

$-N_z^{II} - F_1 + F_2 = 0$. yoki $N_z^{II} = -F_1 + F_2$.

$z_2 = \ell_1 = \ell$, $\quad N_z^{II} = -F_1 + F_2 = -3 + 5 = 2kN$.

$z_2 = \ell_1 + \ell_2 = 2\ell$, $\quad N_z^{II} = -F_1 + F_2 = -3 + 5 = 2kN$.

3-3- qirqimdan yuqoridagi elementning muvozanat shartidan:

uchinchi oraliqning o‘zgarish sohasi $(\ell_1 + \ell_2) \le z_3 \le (\ell_1 + \ell_2 + \ell_3)$

$-N_z^{III} - F_1 + F_2 - F_3 = 0$. yoki $N_z^{III} = -F_1 + F_2 - F_3$.

$z_3 = (\ell_1 + \ell_2) = 2\ell$, $\quad N_z^{III} = -F_1 + F_2 - F_3 = -3 + 5 - 4 = -2kN$.

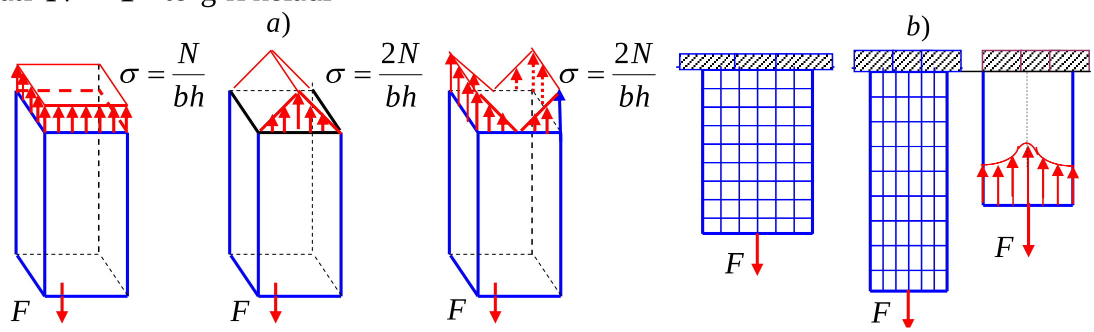
$z_3 = (\ell_1 + \ell_2 + \ell_3) = 3\ell$, $\quad N_z^{III} = -F_1 - F_2 - F_3 = -3 + 5 - 4 = -2kN$.

Demak, sterjening ixtiyoriy ko‘ndalang kesimidagi ichki bo‘ylama kuch, shu kesimdan o‘ng yoki chap tomonidagi olib qolingan qismining biriga ta’sir etuvchi barcha tashqi kuchlarning bo‘ylama $0Z$ o‘qga proeksiyalarining algebrik yig‘indisiga teng ekan.

Turli oraliqlarda hosil boʻlgan boʻylama kuch epyuralarini qurish uchun sterjen oʻqiga parallel boʻlgan sanoq chiziq olamiz. Sanoq chiziqning chap tomoniga manfiy va oʻng tomoniga musbat ichki kuchlar qimatlarini perpendikulyar ravishda masshtabda oʻlchab qoʻyamiz va nuqtalarni toʻgʻri chiziq bilan tutashtiramiz. Hosil qilingan epryurani sterjen oʻqiga perpendikulyar chiziqlar bilan shtrixlaymiz

Sterjen koʻndalang kesmilaridagi kuchlanishlar

Boʻylama choʻzilgan (siqilgan) sterjenlarning koʻndalang kesimda faqat normal kuchlanish σ hosil boʻladi. Boʻylama kuch juda kichik yuzasiga ta'sir etayotgan ichki $\sigma \cdot dA$ kuchlarning teng ta'sir etuvchisi boʻlgani uchun uni (2.1) koʻrinishida ifodalash mumkin. Agar kuchlanishni aniqlashni masalaning faqat statik tomonidan qarasak, unda boʻylama kuch N bir qiymatiga kesim boʻyicha kuchlanishning cheksiz koʻp tarqalish qonuni toʻgʻri keladi. 2.3-chizmada keltirilgan normal σ kuchlanishning barcha tarqalish qonuniga, boʻylama kuchning bir qiymati $N = F$ toʻgʻri keladi



2.3-chizma.

SHunday qilib, kuchlanishning koʻndalang kesim boʻyicha tarqalish qonuni aniq boʻlmaguncha (2.1) integral tenglamadan kuchlanishni aniqlab boʻlmaydi, qaralayotgan masala statik aniqmas. Kuchlanishning cheksiz koʻp statik mumkin boʻlgan epyuralaridan biri haqiqiy hisoblanadi, agar u sterjenning deformatsiyalanish xarakteriga toʻgʻri kelsa. Buning uchun masalaning geometrik tomonini tekshirish maqsadga muvofiqdir.

Tajribalar shuni koʻrsatadiki, agar sterjenning yon sirtiga oʻqiga parallel va perpendikulyar toʻgʻri chiziqlar oʻtkazib toʻr chizilsa boʻylama kuch ta'sirida deformatsiyadan keyin ham toʻgʻri chiziqlar perpendikulyarligicha qoladi (2.3-chizma).

Demak, fikran tasavur qilishimiz mumkin prizmatik sterjenlarning sirtidagi boʻylama elementlari bir xil uzunlikka uzayadi. Unda tabiy holki, ichki boʻylama elementlari ham bir xil uzunlikka uzayadi, ya'ni koʻndalang kesimi parallel ravishda siljib koʻchadi. Bu tajriba tekis kesim gipotezasiga toʻgʻri keladi, bu gipotezani birinchi boʻlib golland olimi D.Bernulli aytganligi uchun uning nomi bilan ham yuritiladi.

Tekis kesim gipotezasi – *sterjenning deformatsiyagacha tekis boʻlgan va sterjen oʻqiga perpendikulyar boʻlgan kesimlari deformatsiyadan keyin ham tekis va sterjen oʻqiga perpendikulyar*.

Fikran sterjendan ajratilgan barcha boʻylama elementlar bir xil sharoitda boʻladi, unda koʻndalang kesimning barcha nuqtalaridagi normal kuchlanishlar bir xil boʻlishi shart: $\sigma = const$ shuning uchun ham (2.1) formuladan:

$$\sigma = N/A. \qquad N/m^2; \;\; kN/m^2. \tag{2.2}$$

Markaziy choʻzilish va siqilishda boʻylama deformatsiya. Guk qonuni

Tajribalar shuni koʻrsatadiki, stenjenga oʻqi boʻyicha yoʻnalgan choʻzuvchi kuch ta'sir etsa, uninng uzunligi ortadi koʻndalang kesim oʻlchamlari esa qisqaradi (2.4-chizma). Siqilishda teskarisi roʻy beradi, ya'ni siqilishda sterjen uzunligi qisqaradi, koʻndalang kesim oʻlchamlari ortadi. Sterjenning dastlabki uzunligi ℓ ga, deformatsiyadan keyingi uzunligi ℓ_1 ga teng boʻlsin. Sterjen uzunligining ortishi *absalyut boʻylama choʻzilish*, kamayishi esa *absalyut boʻylama qisqarish* deb ataladi va u $\Delta\ell$ bilan belgilanib m da oʻlchanadi.

Absalyut bo‘ylama cho‘zilish quyidagi formula bilan ifodalanadi.

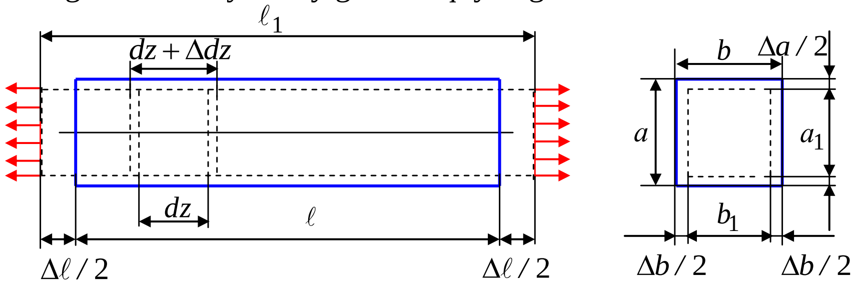
$$\Delta\ell = \ell_1 - \ell. \qquad (2.3)$$

Qaralayotgan sterjendan fikran uzunligi dz bo‘lgan cheksiz kichik element ajratib olamiz. YUk qo‘yilgandan keyin Δdz absalyut bo‘ylama cho‘zilishga ega bo‘ladi.

Sterjen uzunlik birligiga to‘g‘ri keluvchi absalyut bo‘ylama deformatsiya nisbiy bo‘ylama deformatsiya deb ataladi va ε . bilan belgilanadi:

$$\varepsilon = \Delta dz/dz; \quad \Delta dz = \varepsilon dz.$$

Markaziy cho‘zilishda barcha kesimlarda $\sigma = const$ va $\varepsilon = const$ hisobga olib, kichik elementning deformatsiyasini yig‘indisi quyidagicha ifodalanadi:



$$\Delta\ell = \int_0^\ell \varepsilon dz = \varepsilon\int_0^\ell dz = \varepsilon\ell.$$

2.4-chizma.

SHunday qilib, markaziy cho‘zilishda nisbiy bo‘ylama deformatsiya quyidagiga teng

$$\varepsilon = \Delta\ell/\ell. \qquad (2.4)$$

Bu formuladan ko‘rinib turibdiki, nisbiy bo‘ylama deformatsiya birlik o‘lchovisiz son.

Turli materiallardan yasalgan sterjen namunalari ustida cho‘zilish va siqilishga o‘tkazilgan tajribalar shuni ko‘rsatadiki, cho‘zuvchi kuch ma’lum bir chegaraga etguncha absalyut bo‘ylama deformatsiya kuchga hamda sterjen uzunligiga to‘g‘ri proporsional va ko‘ndalang kesim yuzasiga, teskari proporsional ekanligini. Bu mulahozalarning matematik ifodasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\Delta\ell = \frac{N\ell}{EA}. \qquad (2.5)$$

Bu formula Guk qonuning tajriba natijasi ifodasidir.

YUqoridagi (2.5) formuladan ko‘rinib turibdiki, absalyut bo‘ylama deformatsiya cho‘zuvchi kuch va sterjen uzunligiga to‘g‘ri proporsional, elastiklik moduli va ko‘ndalang kesim yuziga teskari proporsional. Bu ifodadagi E - bo‘ylama elastiklik moduli deb ataladi. Bo‘ylama elastiklik moduli materialning cho‘zilish (siqilish) qarshilik ko‘rsata olish xususiyatini bildiradi. O‘lchov birligi N/m^2; kN/m^2. AE -sterjen ko‘ndalang *kesimining cho‘zilish (siqilish)dagi bikirligi* deb ataladi.

(2.5) formulaning har ikkala tomonini sterjen uzunligiga ℓ ga bo‘lsak quyidagi hosil bo‘ladi:

$$\frac{\Delta\ell}{\ell} = \frac{N}{EA} \text{ yoki } \varepsilon = \frac{N}{EA}, \qquad (2.6)$$

Bu (2.6) formulaga (2.2) ifoda qo‘yilsa Guk qonunining boshqa ko‘rinishdagi matematik ifodasi hosil bo‘ladi:

$$\sigma = E\varepsilon.$$

(2.7)

Guk qonunini fizik qonun bo‘lib, u normal kuchlanish σ nisbiy bo‘ylama deformatsiya ε ga to‘g‘ri proporsional bog‘lanishda ekanligini ifodalaydi.

(2.7) formuludan quyidagini hosil qilish mumkin:

$$E = \sigma/\varepsilon, \qquad (2.8)$$

ya'ni elastiklik moduli normal kuchlanishning o'ziga to'g'ri keluvchi nisbiy bo'ylama deformatsiyaga nisbatini ifodalaydi. Guk qonunini grafik ko'rinishida ham tasvirlash mumkin. Buning uchun gorizantal o'q bo'yicha ma'lum masshtabda nisbiy bo'ylama deformatsiyani vertikal o'q bo'yicha esa normal kuchlanishni qo'yiladi. Natijada og'ma to'g'ri chiziq hosil bo'ladi.

Og'ma to'g'ri chiziq bilan ε o'qi orasidagi burchakning tangenisi elastiklik moduliga to'g'ri proporsional:

$$tg\alpha = \sigma/\varepsilon = E. \qquad N/m^2; \;\; kN/m^2.$$

(2.9)

Ko'ndalang deformatsiya. Puasson koeffitsienti

Sterjenning bo'ylama deformatsiyalanganda, uning ko'ndalang kesim o'lchamlarining o'zgarishi ro'y beradi. CHo'zuvchi kuch ta'sir etsa, sterjen uzunligi ortadi ko'ndalang kesim o'lchamlari qisqaradi. Siqilishda teskarisi ro'y beradi, ya'ni uzunligi qisqaradi ko'ndalang kesim o'lchamlari esa ortadi. CHo'zilish va siqilishda sterjen ko'ndalang kesim o'lchamlarining o'zgarish *ko'ndalang deformatsiya* deb ataladi. Sterjenning dastlabki ko'ndalang kesim o'lchamlarini a va b bilan belgilaymiz. Bu o'lchamlardan biri a tomonining deformatsiyasini qaraymiz, sterjen cho'zilganda ko'ndalang a o'lcham Δa qisqaradi, bunga *absalyut ko'ndalang deformatsiya* deyiladi, ya'ni

$$\Delta a = a - a_1 \qquad (2.10)$$

Absalyut ko'ndalang deformatsiyaning dastlabki o'lchamga nisbati

$$\varepsilon^! = \Delta a/a, \qquad (2.11)$$

nisbiy ko'ndalang deformatsiya deb ataladi.

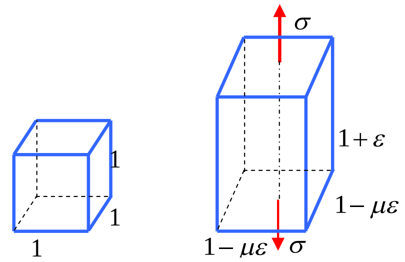
Nisbiy ko'ndalang deformatsiya tegishli bo'ylama deformatsiyaga to'g'ri proporsional va ishorasi bo'yicha teskari:

$$\varepsilon^! = -\mu\varepsilon, \qquad (2.12)$$

Bu erda μ *ko'ndalang deformatsiya koeffitsienti* bo'lib, materialning mexanik xarakteristikalaridan birini ifodalaydi, bu koeffitsient kattaligi birinchi bo'lib matematik yo'l bilan fransuz matematigi Puasson tomonidan aniqlangan. Bu koeffitsient nisbiy ko'ndalang deformatsiyaning nisbiy bo'ylama deformatsiyaga nisbatining absalyut qiymatiga teng o'zgarmas miqdordir.

$$\mu = |\varepsilon^!/\varepsilon|, \qquad (2.13)$$

Ko'ndalang deformatsiya koeffitsienti miqdori qanday chegarada o'zgarishini aniqlaymiz. Buning uchun 2.4-chizmadagi sterjenning dastlabki holatidan ikkita ko'ndalang va to'rtta bo'ylama tekisliklar yordamida tomonlari uzunliklari 1 birlikka teng bo'lgan kub fikran ajratib olamiz. Sterjen cho'zilganda ajratib olingan kub o'lchamlari o'zgaradi: vertikal yo'nalishda ε nisbiy cho'zilish miqdoriga ortadi, ko'ndalang kesim har bir o'lchamlari $\varepsilon^! = \mu\varepsilon$ nisbiy siqilish miqdoriga qisqaradi. SHunday qilib kubning yangi o'lchamlarni qabul qiladi: balandligi $1+\varepsilon$ asos tomonlari $1-\mu\varepsilon$ teng bo'ladi.



(2.5-chizma).

Kubning dastlabki hajmi $V=1$ birlikka teng, deformatsiyadan keyin esa kubning hajmi $V^! = (1+\varepsilon)(1-\mu\varepsilon)^2$ ga teng bo‘ladi. Bu ifodadagi hadlarni ko‘paytirib ikkinchi tartibli kichik hadlarni e’tiborga olmasak kub hajmining nisbiy o‘zgarish quyidagiga teng:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{V^! - V}{V} = \frac{1+\varepsilon(1-2\mu)-1}{1} = \varepsilon(1-2\mu)\text{.yoki } \frac{\Delta V}{V} = \frac{\sigma}{E}(1-2\mu). \qquad (2.14)$$

Sterjen cho‘zilganda uning hajmi o‘zgarmasligini e’tiborga olib yuqoridagi tenglikdan:

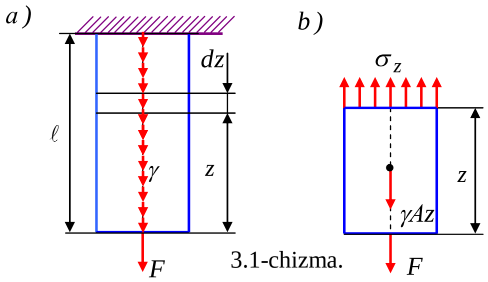
$$(1-2\mu) \geq 0 \qquad 2\mu \leq 1 \qquad \mu \leq 0{,}5$$

SHunday qilib, Puasson koeffitsienti nazariy jihatdan 0 dan $0{,}5$ gacha o‘zgarardi.

Turli materiallar uchun Puasson koeffitsienti va elastiklik moduli qiymatlari tajriba yo‘li bilan aniqlanadi.

1.Sterjenning o’z og’irligini e’tiborga olgan holda cho’zilish va siqilishga hisoblash

Yuqori uchi bilan mahkamlangan pastki erkin uchiga qo’yilgan F kuchi va xususiy og’irligi ta’sir bo’lgan ko’ndalang kesimi o’zgarmas uzun sterjenni ko’rib chiqamiz (3.1,a-chizma).Uning xususiy og’irligi o’qi bo’yicha teng taralgan bo’lsin.



3.1-chizma.

Sterjenning ixtiyoriy kesmidagi kuchlanishni aniqlash uchun uning erkin uchidan z masofda fikran kesib ikki bo’lakka ajratamiz va sterjenning pastki qismining muvazanatini qaraymiz (3.1,b-chizma).

$$\sum z = 0.\ N - F - \gamma Az = 0.$$

Unda kuchlanish ikkinchi ma’ruzadagi (2.2) formulaga asosan quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma_z = \frac{F+\gamma Az}{A}. \qquad (1.1)$$

Bunda agar $z=0$ bo’lsa, sterjenning eng pastki kesimida xususiy og’irlikni e’tiborga olmagandagi formulani hosil qilamiz, ya’ni

$$\sigma_z = \frac{F}{A}.$$

(1.2)

Sterjenning mahkamlangan kesimida $z=\ell$ bo’ladi, unda kuchlanish maksimal qiymatga erishadi:

$$\sigma_z = \frac{F+\gamma A\ell}{A}. \qquad (1.3)$$

Bu yerda γ -sterjen materialining solishtirma og’irligi H/m^3.

Nomal kuchlanish bo’yicha sterjenning mustahkamlik sharti:

$$\sigma_{max} = \frac{F+\gamma A\ell}{A} \leq [\sigma]. \qquad (1.4)$$

Bu formuladan sterjenning eng xavfli kesimi yuzini aniqlash mumkin:

$$A \geq \frac{N}{[\sigma]-\gamma\ell}. \qquad (1.5)$$

Sirtqi kuch $F=0$ teng bo’lsa, sterjenning erkin uchidan z masofadagi kesmida xususiy og’irlikdan hosil bo’lgan kuchlanish quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma_z = \frac{\gamma A z}{A} = \gamma \cdot z. \qquad (1.6)$$

Demak, o’zgarmas kesimli sterjenlarda hosil bo’lgan kuchlanishlar kesim yuzasiga bog’liq emas. Bu (1.6) formuladan ko’rinadiki, biror $z = \ell$ uzunlikda sterjen xususiy og’irligidan uzilish vaqtida normal kuchlanish materialning mustaxkamlik chegarasiga tenglashadi, unda:

$$\gamma \cdot \ell = \sigma_b. \qquad (1.7)$$

Sterjenning xususiy og’irligidan uzilish mumkin bulgan chegaraviy uzunlik quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\ell_{chegarviy} = \frac{\sigma_b}{\gamma}. \qquad (1.8)$$

Xuddi shuningdek, sterjen xususiy og’irligi ta’sirida hosil bo’lgan kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishga teng bo’lganda sterjenning maksimal uzunligini topish mumkin:

$$\ell_{\max} = \frac{[\sigma]}{\gamma}. \qquad (1.9)$$

Sterjenning cho’zilish deformatsiyasini topish uchun uning erkin uchudan z masofada uzunligi dz bo’lgan cheksiz kichik element ajratib olamiz va bu elementning absalyut cho’zilish deformatsiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\Delta(dz) = \frac{\gamma A z dz}{EA} = \frac{\gamma}{E} z dz. \qquad (1.10)$$

Sterjenning absalyut cho’zilish deformatsiyasini aniqlash uchun (1.10) ifodani 0 dan ℓ gacha integrallaymiz

$$\Delta\ell = \int_0^{\ell} \frac{\gamma}{E} z dz = \frac{\gamma \cdot \ell^2}{2E}. \qquad (1.11)$$

Bu formulani sterjen xususiy $G = \gamma A \ell$ og’irligi ifodasini e’tiborga olib boshqacha ko’rinishda yozish mumkin, ya’ni:

$$\Delta\ell = \frac{G\ell}{2EA}. \qquad (1.12)$$

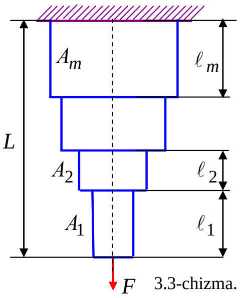
Sterjenning erkin uchiga qo’yilgan F kuchidan hosil bo’lgan absalyut (1.5) bo’ylama deformatsiyasi bilan xususiy og’irligidan hosil bo’lgan absalyut (1.12) bo’ylama deformatsiyasini solishtirib, shunday xulosaga kelish mumkin: *xususiy og’irlik ta’sirida hosil bo’lgan absalyut bo’ylama deformatsiyasi sterjen xususiy og’irligiga teng va uning erkin uchiga qo’yilgan kuchdan hosil bo’lgan deformatsiyaga qaraganda ikki marta kam bo’lar ekan.* Sterjenning to’liq absalyut deformatsiyasi

$$\Delta\ell = \frac{N\ell}{EA} + \frac{G\ell}{2EA} = \frac{(N + G/2)\ell}{EA}. \qquad (1.13)$$

Pog’onali sterjenlar

Ko’ndalang kesim yuzasi har bir uchastka bo’yicha o’zgarmas bo’lgan, alohida uchastkalardan tashkil topgan sterjen, ko’ndalang kesimi o’zgarmas bo’lgan sterjen (3.1-chizma) va teng qarshilikli (3.2-chizma) sterjenlar oralig’ida bo’ladi. O’zgarmas kesim yuzali sterjenlarga qaraganda pog’onali sterjenlarda material ancha tejaladi. Pog’onali sterjenlarni tayorlash teng qarshilikli sterjenlarni tayorlashga qaraganda ancha sodda. Pog’onali sterjenlarni shunday loyihalash lozimki, xar bir pog’onaning oxiridagi xavfli kesimda kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishga teng bo’lish shart. Bunda sterjenning qolgan barcha boshqa kesimlarida kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishdan kichik bo’ladi.

Pog’onali sterjen ko’ndalang kesim yuzasini tanlash formulalarini tuzamiz (3.3-chizma).



3.3-chizma.

Birinchi pog’onaning ko’ndalang kesim yuza (1.5) formuladan topamiz:

$$A_1 \geq \frac{F}{[\sigma]-\gamma\ell_1}. \qquad (3.1)$$

Ikkinchi pog’onaning pastki uchiga ta’sir qilayotgan kuch $N_1 = [\sigma]A_1$ ga teng bo’ladi. Unda ikkinchi kesimning yuzi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$A_2 \geq \frac{N_1}{[\sigma]-\gamma\ell_2} = \cdot\frac{A_1[\sigma]}{[\sigma]-\gamma\ell_2} = \frac{F[\sigma]}{[\sigma]-\gamma\ell_2([\sigma]-\gamma\ell_2)} \qquad (3.2)$$

Yuqoridagi (3.2) formulaga asosan uchinchi pog’onaning kesim yuzini quyidagicha ifodalaymiz:

$$A_3 \geq \frac{N_2}{[\sigma]-\gamma\ell_3} = \cdot\frac{A_2[\sigma]}{[\sigma]-\gamma\ell_3} = \frac{F[\sigma]^2}{([\sigma]-\gamma\ell_2)([\sigma]-\gamma\ell_2)([\sigma]-\gamma\ell_3)}$$

(3.4)

Serjenning n chi pog’onasi kesim yuzasini aniqlovchi formula quyidagi ifodalanadi:

$$A_3 \geq \frac{N_{n-1}}{[\sigma]-\gamma\ell_n} = \cdot\frac{A_{n-1}[\sigma]}{[\sigma]-\gamma\ell_n} = \frac{F[\sigma]^{n-1}}{([\sigma]-\gamma\ell_2)([\sigma]-\gamma\ell_2)([\sigma]-\gamma\ell_2)\cdots([\sigma]-\gamma\ell_{n-1})} \qquad (3.5)$$

Agar sterjen pog’onasi uzunliklari bir-biriga teng bo’lsa $\ell_1 = \ell_2 = \ell_3 = \cdots = \ell_n = \cdots = \ell_m = \frac{L}{m}$, unda (3.5) formula quyidagicha bo’ladi:

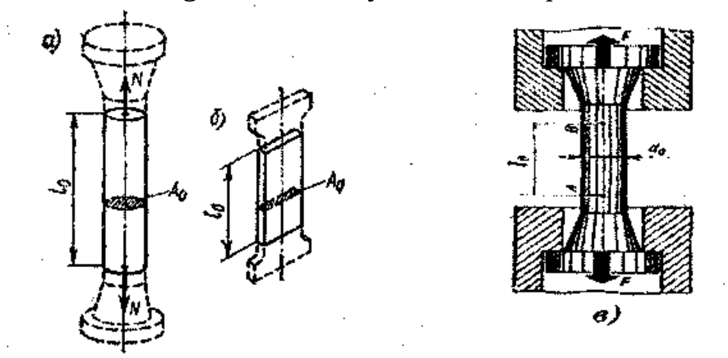
$$A_n \geq \frac{F[\sigma]^{n-1}}{\left([\sigma]-\gamma\frac{L}{m}\right)^n} = \frac{F}{[\sigma]\left(1-\frac{\gamma}{[\sigma]}\frac{L}{m}\right)^n}, \qquad (3.6)$$

bu yerda m sterjenning pog’onalari soni; L - sterjenning umumiy uzunligi.

Plastik va mo’rt materiallarni cho’zilishga va siqilishga sinash. Cho’zilish diagrammasi.

Plastik materiallarni cho’zilishga sinash uchun ulardan tsilindrik va tekis shakldagi maxsus namunalar tayyorlanadi (3.5-shakl, a, b).

Barcha o’lchamlar namunaning o’rta qismidan olinadi, ya’ni tsilindrik namuna uchun 220 mm qo’yilgan, tekis namuna uchun esa 200 mm qo’yilgan oraliqdan olinadi, chunki namunaning bu qismidagina kuchlanish ko’ndalang kesimlar bo’yicha tekis taqsimlanadi.



3.5-shakl.

Agar namunaning ko'ndalang kesim yuzasi bir xil bo'lib, shakli qanday bo'lishidan qatiy nazar vaqtli qarshilik ham bir xil bo'lib, mustahkamligi ko'ndalang kesim yuzasiga poroportsionaldir.

Odatda, o'rta qismining uzunligi va diametri orasidagi munosabatlarga qarab tsilindrik namunalar uzun ($\ell_0 = 10d$) yoki qisqa ($\ell_0 = 5d$) qilib yasaladi.

Tekis namunalarning uzunligani tanlash uchun, avval shu namunaning ko'ndalang kesim yuzasiga teng yuzali doiraviy namunaning diametrini aniqlash zarur:

$d = \sqrt{4F_0/\pi} \approx 1.13\sqrt{F_0}$ (a)

Keyin esa quyidagi munosabatlardan foydalanib, tskis namunalarning uzunligini ham aniqlash mumkin:

a) uzun tekis namunalar uchun

$\ell_0 = 10d \approx 11.3\sqrt{F_0}$

b) qisqa tekis namunalar uchun

$\ell_0 = 5d \approx 5.54\sqrt{F_0}$

Sinov mashinasining pastki va yuqori qisqichlariga namuna mahkam o'rnatilib, keyin cho'ziladi/

3.6-shaklda kam uglerodli St 3 navli po'lat materialidan tayyorlangan namunaning cho'zuvchi kuch ostida "o'zini qanday tutishi"ni ko'rsatuvchi dastlabki cho'zilish diagrammasi keltirilgan.

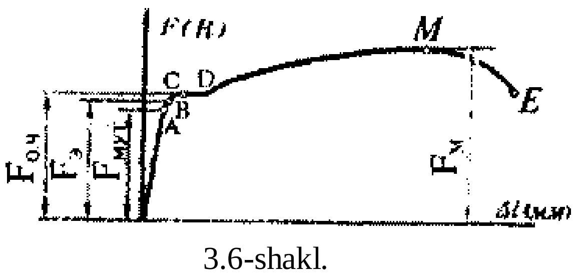
Diagrammaning *OV* qismi *elastiklik* qismi deyiladi; bu qismda kuch (kuchlanish) bilan absolyut (nisbiy) deformatsiya orasida to'g'ri proportsional bog'lanish bo'lib, material Guk qonuniga to'la bo'ysunadi.

Proportsionalliklik chegarasi deb, shunday eng katta kuchlanishga aytiladiki, ungacha material Guk qonuniga to'la bo'ysunadi.

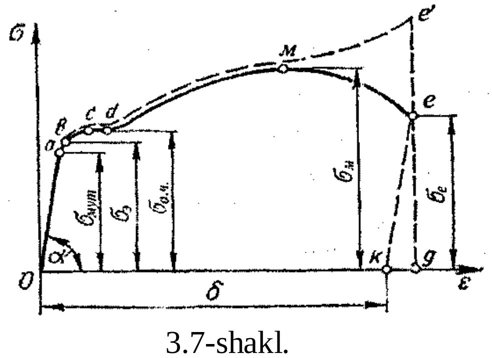
A nuqgadan boshlab diagramma egrilana boshlaganligi sababli kuchlanish deformatsiyaga proportsional bo'lmaydi. Diagrammadagi egri chiziqli oraliqda yotuvchi *V* nuqtaning holati elastiklik chegarasi σ_{el} ga mos keladi.

Elastiklik chegarasi deb, namuna yuksizlshetirilganda qoldiq deformatsiya hosil qilmasdan uning materiali chidash beradigan eng katta kuchlanishga aytiladi.

Agar kuchlanishlarning qiymati σ_{el} dan oshib ketmasa, u holda namunada faqat elastik deformatsiya sodir bo'ladi; aksincha, oshib ketsa namunada ham elastik, ham qoldiq (plastik) deformatsiyalar paydo bo'ladi.



3.6-shakl.

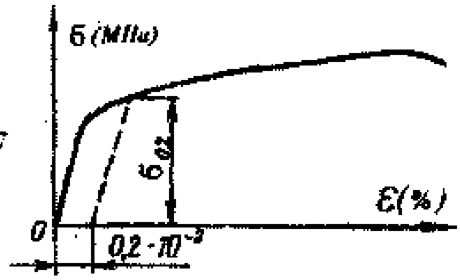


3.7-shakl.

Diagrammaning keyingi xarakterli *CD* qismi bo'lib, bu qismga tegishli kuchlanish *oquvchanlik* qismi deb ataladi. Bu holatga to'g'ri kelgan kuchlanish *oquvchanlik chegarasi* deb ataladi.

Diagrammaning gorizontal qismi *oquvchanlik maydonchasi* deb ataladi.

Oquvchanlik maydonchasida namunaning yaltiroq sirti xiralashib, uning o'qi bilan 45° burchak tashkil etuvchi darz chiziqlari hosil bo'ladi (3.8-shakl); bu chiziqlarni eng avval Lyuders va Chernov degan olimlar topganligi uchun, ular *Lyuders-Chernov chiziqlari* deyiladi.



3.8-shakl. 3.9-shakl.

Shuni aytish kerakki, ba’zi maxsus po’latlar, mis va bronza kabi materiallarning cho’zilish diagrammasida oqish chegarasi aniq ko’rinmaydi. Shu bois, bunday materiallar uchun oqish chegarasi shartli ravishda kuchlanishning 0,2 foiz qoldiq deformatsiya beradigan miqdori $\sigma_{0,2}$ ga teng qilib olinadi (3.9-shakl).

Diagrammalarning navbatdagi holati namunaga ta’sir etuvchi kuch va absolyut deformatsiyalarning o’sishi bilan xarakterlanadi. Cho’zilish diagrammasining DM qismi mustahkamlanish qismi deb ataladi; M nuqganing holati materialning mustahkamlik chegarasi yoki vaqtli qarshiligiga mos keladi.

Namuna chidash bera olmaydigan eng katta kuchning uning dastlabki kesim yuzasiga bo’lgan nisbati *mustahkamlik chegarasi* deb ataladi

Kuchlanish σ_i ga yetganda namunaning ko’ndalang kesim yuzasi qisqarib, «bo’yin» hosil bo’ladi. «Bo’yin» boshlanishi (bilanoq) diagrammada ko’rsatilgandek, kuch va kuchlanish tobora kamaya boshlaydi. Namuna Ye nuqtaga tegashli kuchlanishda uziladi.

Diagrammaning ME qismiga *“mahalliy” oquvchanlik* qismi deyiladi.

Materialning plastiklik xarakteristikalari esa quyidagilardan iborat:

a) nisbiy qoldiq uzayish n$\delta_k = \frac{\ell_0 - \ell}{\ell_0}$ Bu yerda, ℓ_0 - namunaning tajribadan oldingi uzunligi; ℓ - namunaning uzilgandan keyingi uzunligi;

b) kesim yuzasining nisbiy qoldiq ingichkalanishi:

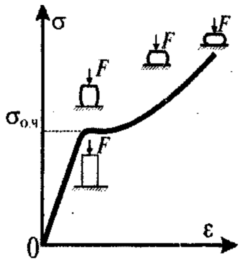
$$\psi = \frac{F_0 - F}{F_0}$$

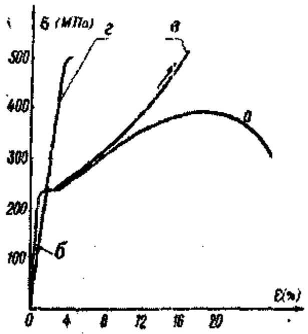
Bu yerda, F_0 - namunaning tajribadan oldingi ko’ndalang kesim yuzasi; F namuna uzilganda hosil bo’lgan “bo’yin”ning ko’ndalang kesim yuzasi.

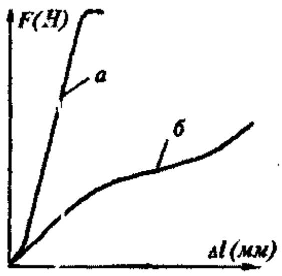
*Mo’rt materiallarni siqilishga sinash.*Turli xil materiallar siqilish deformatsiyasiga turlicha qarshilik ko’rsatadi.

Tashqi ta’sir kuchi natijasida materiallarning sezilarli darajada qoldiq deformatsiya hosil qilmasdan buzilishi *mo’rtlik* deyiladi. Cho’yan, yuqori uglerodli asbobsozlik po’latlari, g’isht, beton va shu kabilar mo’rt materiallar hisoblanib, ularda δ_k va ψ larning mikdorlari yetarli darajada kichik bo’latsi.

Mo’rt materiallar cho’zilishdan ko’ra siqilishga yaxshiroq ishlaydi. Ular siqilish jarayonida *asos* tekisligiga taxminan 45° qiyalikda yemirila boshlaydi (2.46-shakl).







3.10-shakl. 3.11-shakl. 3.12- shakl. 3.13- shakl.

a-kam uglerodli po’latning cho’zilishi; a-tolalari bo’ylab;

b-kulrang cho’yanning cho’zilishi b-tolalariga tik yo’pshshshda.

v-kam uglerodli po’latshng siqilishi; g-kul rang chuyanning siqshshshi.

3.12- shakldan foydalanib cho’yan va kam uglerodli po’lat materiallaridan tayyorlangan namunalarning cho’zilish va siqilish diagrammalarini osongina taqqoslash mumkin.

Ko’pgina materiallar, xususan yog’ochlar siqilganda anizotrop xossalarni o’zlarida namoyon qiladi. Boshqacha aytganda, ular tolalari bo’ylab va tolalariga tik yo’nalgan siquvchi kuchlarga turlicha bardosh beradi. 3.13-shaklda yog’och (qayin) namunaning siqilish diagrammasi keltirilgan.

14-Mavzu: **SILJISH**.

Reja:

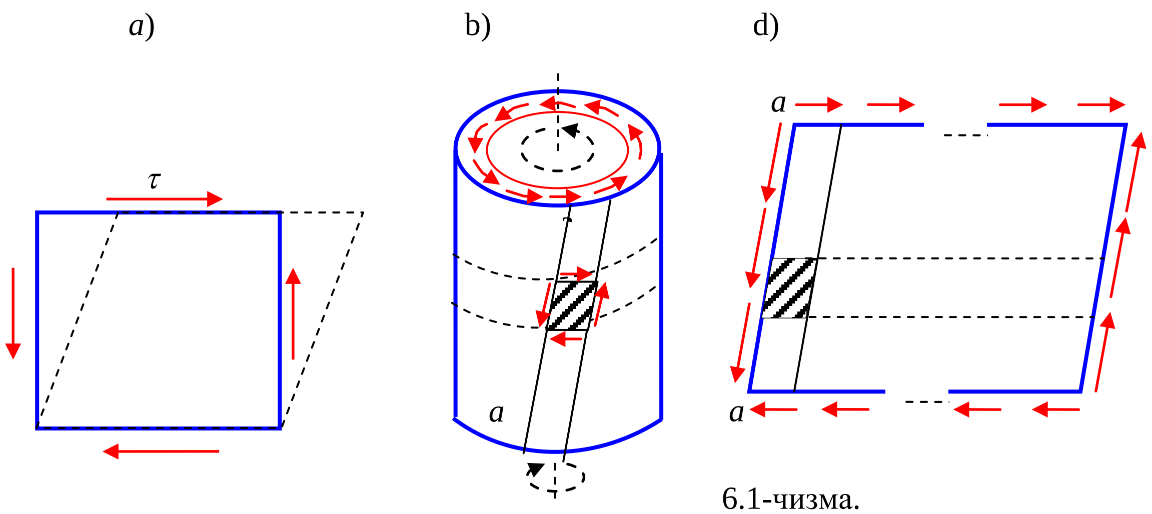
1. Umumiy tushunchalar.
2. Ko’chishlar va deformasiya.
3. Sof siljishdagi Guk qonuni
4. Qirqilish va ezilishga ishlayotgan materiallar hisoblar

Cho’zilish - siqilishdagi kuchlanganlik holatining tahlili shuni ko’rsatdiki, sterjendan ajratilgan to’rtburchak element tomonlarida normal va urinma kuchlanishlar ta’sir etadi. Bunda normal kuchlanishlarning qiymati va yo’nalishlaridan qat’iy nazar urinma kuchlanishlar juftlik qonuniga bo’ysunadilar.

Tekis kuchlanish holatidagi konstruksiyadan ajratilgan element tomonlariga faqat urinma kuchlanishlar ta’sir etsin (6.1,a-chizma).

Tomonlariga faqat urinma kuchlanishlar ta’sir qiladigan elementning kuchlanganlik holati *sof siljish* deb ataladi. Element tomonlari *sof siljish yuzachalari* deb yuritiladi.

Bir jinsli sof siljish kuchlanganlik holatiga misollar sifatida yupqa devorli silindrsimon trubaning kuchlanganlik holatini ko’rsatish mumkin(6.1,b,d-chizma).



6.1-чизма.

Shuni aytish kerakki, amalda siljish deformasiyasi sof holda deyarli uchramaydi. U boshqa deformasiyalar bilan, ayniqsa, egilish deformasiyasi bilan birgalikda hosil bo'ladi. Shuning uchun siljishga, boshqacha qilib aytganda qirqilishga, hisoblarda qator soddalashtirishlarni qabul qilishga to'g'ri keladi.

Kuchlanish va deformasiya .

Siljishda brusning ko'ndalang kesimlarida urinma kuchlanishlar τ ta'sir qiladi. Bu kuchlanishlarni aniqlash uchun sterjenning kesib olingan chap qismining muvozanat shartini ko'rib chiqamiz (6.2-chizma,a). Siljishga doir masalaning statik tomoni ushbu tenglama bilan ifdolanadi: *F-Q=O* yoki *Q=F* bunda

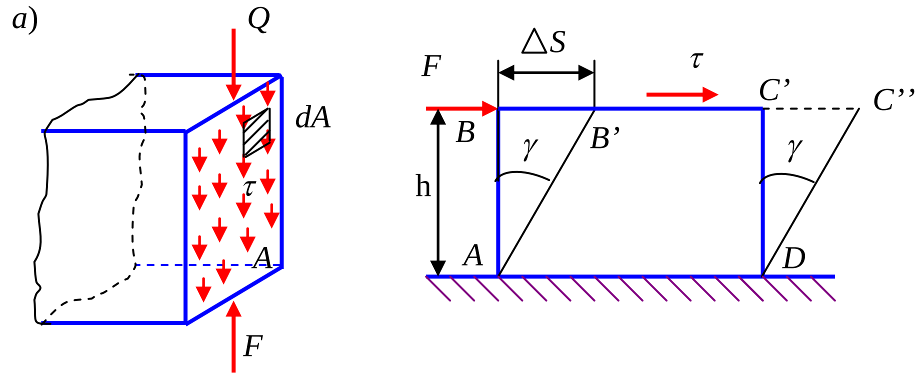
$$Q = \int_A \tau \cdot dA$$

Urinma kuchlanishlarning kesim bo'yicha tekis taksimlanishi xamda $Q = \tau \cdot dA$ ekanligini xisobga olib, ushbuni hosil qilamiz: $F - \tau \cdot A = 0$. Bundan siljishdagi urinma kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi:

$$\tau = \frac{Q}{A}; \quad \text{yoki} \quad \tau = \frac{F}{A};$$

bunda *Q*- ko'ndalang kuch; *A*- esa ko'ndalang kesim yuzasi.

Amalda urinma kuchlanishlar kesim bo'yicha noteks taqsmlanadi, lekin bu hol siljishga doir hisoblarda hisobga olinmaydi.



6.2-chizma.

Endi 6.2-chizmada tasvirlangan *ABCD* to'g'ri burchakli elementni ko'rib chiqamiz. Elementning *AD* tomoni mahkamlangan. *BS* yokka quyilgan *F* kuch uni siljitadi. Siljish kattaligi *CC'*= ΔS ga mutloq yoki *absolyut siljish* deb ataladi. Deformasiya kichik bo'lgani uchun $tg\gamma \approx \gamma$

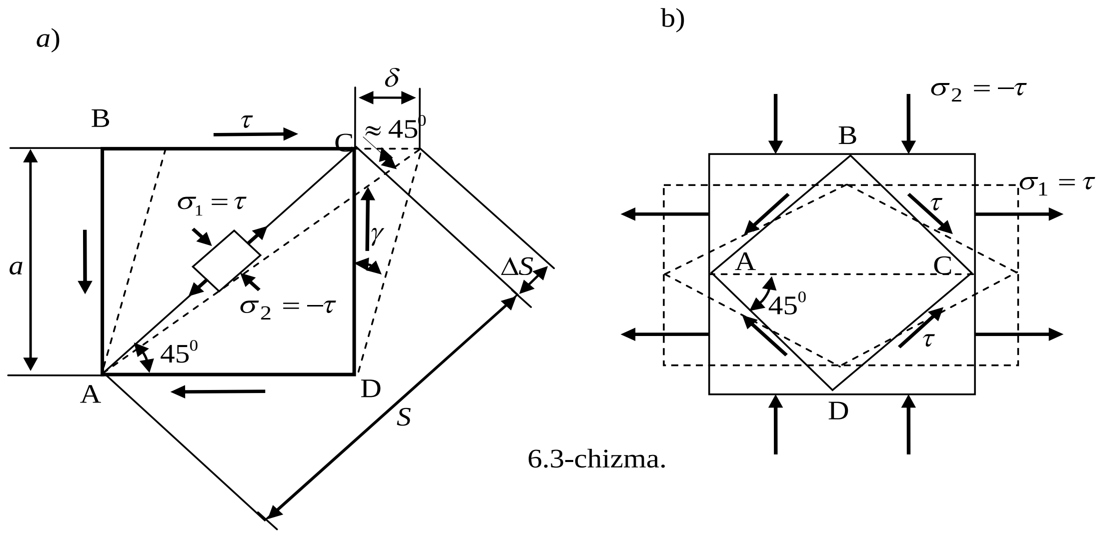
U xolda nisbiy siljish

$$\gamma = \frac{\Delta S}{h}$$

ko'rinishga ega bo'ladi. Bunga burchak siljish ham deb ataladi va u radianlarda o'lchanadi.

3.Sof siljishda Guk qonuni

Tekis kuchlanganlik holatidagi konstruksiya elementi cho'zilganda yoki siqilganda uning qiya yuzachalarida siljish yuz beradi. 6.3-chizmada *ABCD* ajratib olingan kichik element keltirilgan va unga $\sigma_1 = -\sigma_2 = \sigma$ kuchlanishi ta'sir qilsin. Demak o'zaro perpendikulyar yo'nalishda cho'zuvchi va siquvchi kuchlanishlar ta'sir qilishining xusiy holini ko'rib chiqamiz, ya'ni *ABCD* ajratib olingan elementning tomonlari σ_1 kuchlanishiga 45^0 burchak ostida qiya bo'lgani uchun normal kuchlanishlar bo'lmaydi:



6.3-chizma.

Siljish tufayli As diagonalning cho'zilishi $\Delta s = \delta \cos 45^0 = \frac{\sqrt{2}}{2} a\gamma$. Unda tomoni uzunlign

$$a = s\cos 45 = \frac{\sqrt{2}}{2} s \text{ va } \gamma = \frac{\tau}{G}$$

Bo'lganligi sababli quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta s = \frac{\tau}{2G} s$$

Ikkinchi tomondan Guk qonuni bo'yicha AS tomon nisbiy deformasiyasi :

$$\varepsilon_1 == \frac{\Delta s}{s} = \frac{\sigma_1}{E} - \mu \frac{\sigma_2}{E}$$

Bu ifodaga $\sigma_1 = \tau,\ \sigma_2 = -\tau$,larni qo'yib quyidagini aniqlaymiz:

$$\Delta s = \frac{(1+\mu)\tau}{E} s$$

Ikki xil yozilgan Δs larning chap tomonlarini tenglab quyidagini hosil qilamiz:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

Sof siljishda Guk qonuni qo'yidagicha ifodalanadi:

$$\tau = G \cdot \gamma$$

Siljish moduli G ma'no jihatdan bo'ylama elastiklik moduliga o'xshaydi va kuchlanish o'lchami [Pa] yoki [MPa] hamda [N/M^2] larda o'lchanadi.

Yuqoridagi $\tau = G \cdot \gamma$ -Guk qonuniga $\tau = Q/A$ va $\gamma = \Delta S/a$ ni qo'yib, Guk qonuning boshqa ko'rinishini hosil qilamiz:

$$\Delta S = \frac{Q \cdot a}{G \cdot A}$$

Bundagi $G \cdot A$ -ga *siljishdagi bikirlik* deb ataladi; Siljish moduli G ning qiymati MPa da o'lchanadi va quyidagi qiymatlarga ega:

pulat $(0,8 \div 0,81) \cdot 10^5$
mis $(0,4 \div 0,49) \cdot 10^5$
chuyan $(0,45 \cdot 10^5)$
alyumin $(0,26 \div 0,27) \cdot 10^5$

Qirqilish va ezilishga ishlayotgan materiallar hisoblar

Amalda siljish deformasiyasiga ishlaydigan birikmalar juda ko'p uchraydi, bo'larga eng oddiy misol qilib, parchin mixli (yoki boltli) va payvand birikmalarni olish mumkin.

Parchin mixli birikmalar ko'pincha kesilish yoki yorilish kabi deformasiyalar tarzida namoyon bo'ladi va ikki elementni bir-biriga biriktiruvchi bolt materiallarida hosil bo'ladi.

Parchin mix, bolt va hakozalar, ko'pincha o'z o'qiga tik yo'nalgan kuch ta'sirida bo'lib, bunday kuchlar kesuvchi kuchlar deb ataladi.

Inshoot va mashina elementlarini bir-biriga biriktiruvchi detallar,masalan, parchin mix, bolt va hokazolarda tashqi kuchlar ko'pincha, detal ko'ndalang kesim yuzalariga nisbatan parallel yo'nalgan bo'ladi (4.7-chizma).

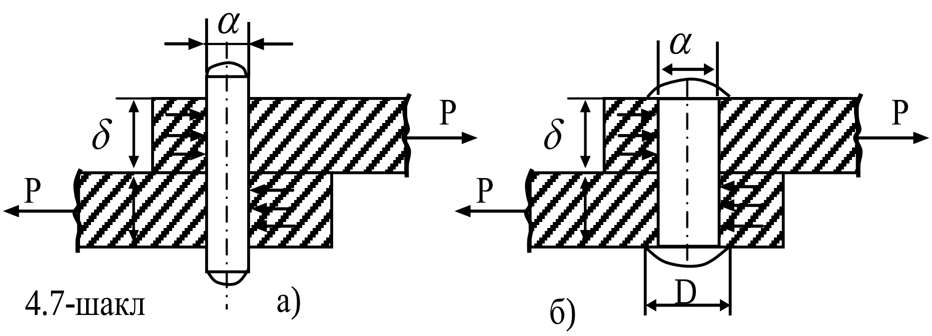
Bu detallarning amaliy hisobi juda ham shartli bo'lib, quyidagi cheklanishlarga asoslanadi:

a) Bunday detallarning ko'ndalang kesimlarida kesuvchi kuch ta'siridan hosil bo'ladigan urinma kuchlanishlar kesim yuzi bo'yicha tekis taqsimlangan deb qaraladi.

b) Ikki elementni biriktirishda bir xil detaldan, masalan, boltdan bir nechtasi qo'yilgan bo'lsa, ularning hammasi baravar yuklangan deb qaraladi..

4.8-chizmada ko'rsatilgan parchin mixli birikmaning pastki qismi uchun muvozanat tenglamasini yozamiz:

$$\sum X = 0; \; P = \tau_{kec} \, nF = 0; \; \tau_{kec} = \frac{P}{nF}$$



4.7-шакл

Parchin mixning kesilishga xavf-xatarsiz qarshilik ko'rsatish tenglamasi, ya'ni mustahkamlik sharti quyidagicha bo'ladi:

$$\tau = \frac{P}{n\frac{\pi d^2}{4}} \le [\tau] \, , \qquad (4.14)$$

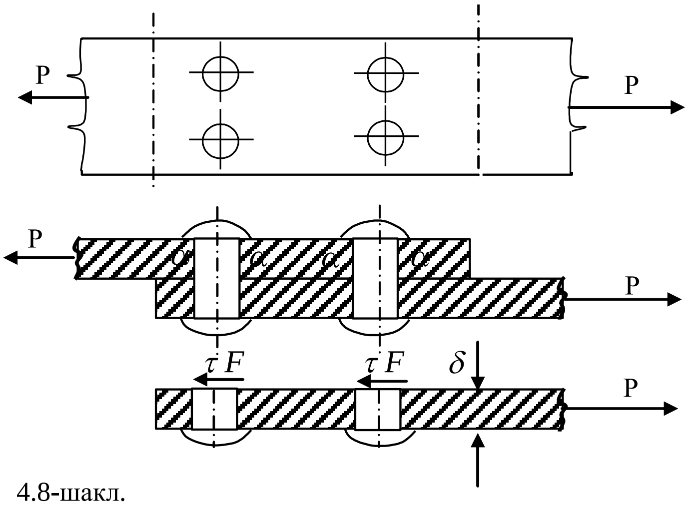
bunda n - parchin mixlar soni,

$F = \frac{\pi d^2}{4}$ -parchin mixning ko'ndalang kesim yuzi,

d -parchin mixning diametri,

$[\tau]$-parchin mix materiali uchun ruxsat etilgan urinma kuchlanish.

List teshigining devori bilan parchin mix yopishgan sirtda siquvchi kuch ta'siridan hosil bo'lgan kuchlanish ezuvchi kuchlanish deyiladi va u $\sigma_{\text{эз}}$ bilan belgilanadi.



4.8-шакл.

Parchin mix sterjenni ezishga hisoblashda shartli ezuvchi kuch detallarning yopishgan sirti bo'ylab tekis taqsimlangan deb faraz qilinadi va ezilishning mustahkamlik sharti bunday yoziladi:

$$\sigma_{\text{эз}} = \frac{P}{nF_{\text{эз}}} \leq [\sigma_{\text{эз}}], \qquad (4.15)$$

bunda $F_{\text{эз}}$ ezilishga hisoblanadigan sirtning yuzi,

$[\sigma_{\text{эз}}]$ -ezilish uchun ruxsat etilgan kuchlanish.

Odatda, $[\sigma_{\text{эз}}]$ oddiy cho'zilish uchun ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]$ ga nisbatan quyidagicha olinadi:

$$[\sigma_{\text{эз}}] = (2{,}0 \div 2{,}5)[\sigma]$$

Keyingi vaqtlarda payvanlash texnologiyasi shu qadar takomillashdiki, u ko'pdan-ko'p konstruksiyalarda parchin mix o'rnida ishlatiladigan bo'ldi. Payvand chokning parchin mixli birikmadan afzalligi shundaki, payvandlangan elmentning ko'ndalang kesim yuzasidan to'la foydalaniladi, elementning og'irligi kamayadi, choklari zich bo'lib, suyuqlik va gazlarni o'tkazmaydigan bo'lib qoladi va konstruksiya soddalashadi, hamda texnologiya prosessi arzonlashadi.

Payvandlashning asosan ikki usuli bor: uchma-uch va ustma-ust payvandlash. Uchma-uch payvandlash eng oson va ishonchli bo'lganligi uchun bu usul ko'p qo'llaniladi (4.9-chizma).

Choklar asosan, ko'ndalang va bo'ylama bo'lishi mumkin. Uchma-uch payvandlangan ko'ndalang chokning cho'zilish yoki siqilishga qarshilik ko'rsatishdagi mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi:

$$\sigma = \frac{P}{\ell\delta} \leq [\sigma_{\text{э}}], \qquad (4.16)$$

bunda ℓ - chokning hisoblashdagi uzunligi;

δ - payvandlanadigan elementning qalinligi.

$[\sigma_{\text{э}}]$- elektr payvandlash uchun ruxsat etilgan kuchlanish.

Listlarni payvandlashning ikkinchi usuli ustma-ust qo'yib payvandlash bo'lib, unda listlar valiksimon chok bilan payvandlanadi (4.10-chizma). Valiksimon chokning mustahkamlik shartini yozishda uning kesim yuzasi $F = \ell \cdot h$ qilib olinadi, uzunligi bilan balandligi esa quyidagicha olinadi:

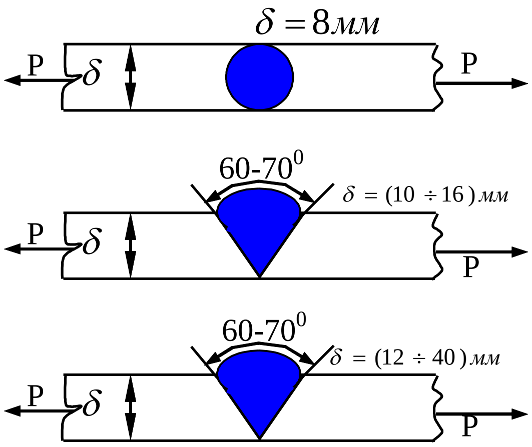
$$\ell = b - 10\,мм;\; h = \delta \cdot \cos 45^0 \cong 0{,}7\delta.$$

Listlarni ustma-ust qo'yib payvandlashdagi chokning mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi:

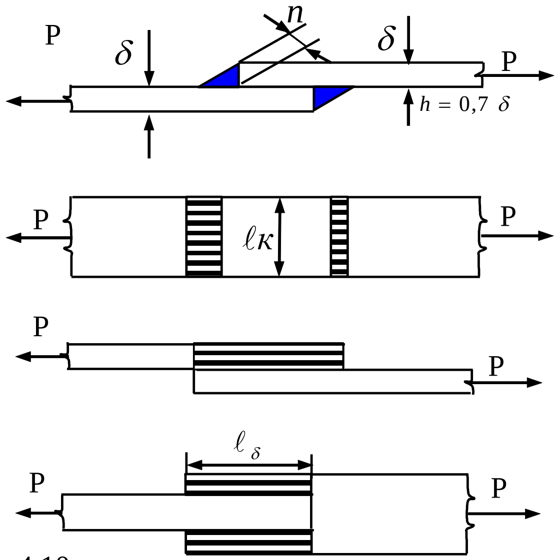
$$\tau = \frac{P}{0{,}7\,d\delta} \le [\tau_э], \qquad (4.17)$$

Bunda $[\tau_э]$- elektir payvand chokning kesilishiga ruxsat etilgan kuchlanish.

Payvandlash 4.10-chizmada ko'rsatilgandek bajarilsa, zo'riqish kuchiga ikkita chok qarshilik ko'rsatgani uchun mustahkamlik sharti



4.9-шакл



4.10-шакл

quyidagicha bo'ladi:

$$\tau = \frac{P}{1{,}4\ell\delta} \le [\tau_э]$$

15-Mavzu: **BURALISH**

Reja:

1.Asosiy tushunchalar. Doiraviy kesimli sterjenlarning buralishida kuchlanish va deformasiya. Varning mustahkamlik sharti

2. Buralish burchak epyurasini qurish. Buralishda potensial energiya. Buralishda statik aniqmas masalalar.Kesimi doiraviy bulmagan sterjenlarning buralishi

3. To'sin va tayanch turlari. Tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash

4. . Eguvchi moment, ko'ndalang kuch va yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differensial bog'lanishlar.Eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralarini qurish

Sterjenning ko'ndalang kesimi yuzalarida faqat burovchi momentlargina hosil bo'ladigan deformasiyalanish holatiga *buralish* deformasiyasi deyiladi. Buralish deformasiyasi amalda juda ko'p uchraydi. Masalan: mashina detallari, inshoot elementlari, vagonlarning o'qlari, tirsakli vallar, fazoviy konstruksiya elementlari, prujinalarning o'ramlari, boltlar va shunga o'xshashlar buralish deformasiyasiga qarshilik ko'rsatadi. Mashina va inshoot elementlari buralishga ishlashi bilan birga ayrim hollarda egilish yoki siqilishga ham ishlaydi. Ko'ndalang kesim yuzasi turlicha bo'lgan buralishga ishlaydigan sterjenlar ichida texnikada ko'p uchraydigan doiraviy va xalqasimon ko'ndalang kesim yuzasiga ega bo'lgan sterjenlar muhim o'rinni egallaydi.

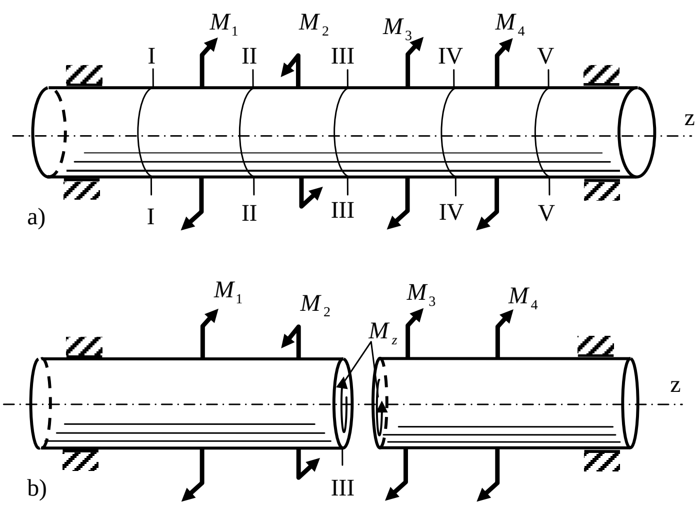
Bir uchi bilan mahkamlangan silindrik sterjenning, ikkinchi uchining ko'ndalang kesimiga juft kuch ta'sir ettirilsa, sterjenninng erkin ko'ndalang kesimi mahkamlangan kesimga nisbatan aylanib natijada sterjen buraladi. Sterjenning ko'ndalang kesimiga qo'yilgan juft kuch momenti *burovchi moment* deyiladi va $M_б$ bilan belgilanadi (6.1-chizma).

Sterjen buralganda uning ixtiyoriy ko'ndalang kesimidagi burovchi moment kesish usulidan foydalanib aniqlanadi.

Sterjenning qoldirilgan qismidagi tashqi momentlarning kesimga nisbatan algebraik yig'indisiga shu kesimdagi burovchi moment deb ataladi.

Buralishga ishlovchi silindrik sterjenlarga *val* deyiladi.

Valning mustahkamligini tekshirish, ya'ni uning xavfli kesimini topish uchun sterjen o'qi bo'ylab burovchi momentning o'zgarish qonunini ifodalovchi grafik chizish kerak. O'zgarmas ko'ndalang kesimli sterjenlarning maksimal burovchi moment hosil bo'lgan kesimi xavfli hisoblanadi.



6.1-chizma.

Burovchi momentni sterjen o'qi bo'ylab o'zgarish qonunini ko'rsatuvchi grafikka *burovchi moment epyurasi* deyiladi. Buralish epyurasini qurish bo'ylama kuch epyurasini qurishdan farq qilmaydi. Burovchi momentni hisoblash qoidasidan foydalanib burovchi moment epyurasi quriladi.

Doiraviy kesimli sterjenlarning buralishida kuchlanish va deformasiya.

Sterjen buralganda hosil bo'ladigan deformasiyalarni aniqlashdan oldin, bu sohada o'tkazilgan tajribalarning natijalari bilan tanishamiz: doiraviy kesimli silindrik sterjenlar buralishga sinalganda quyidagi xulosalar chiqarilgan:

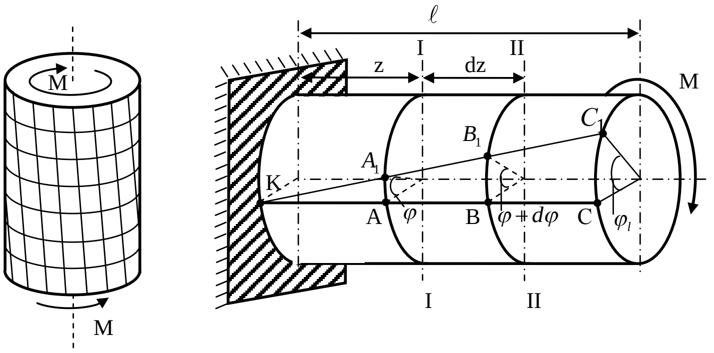
a) Deformasiyagacha bo'lgan tekis ko'ndalang yuzasi, sterjen buralgandan keyin ham tekisligicha, kesim gardishi aylanaligicha, radiusi esa to'g'ri chiziqligicha qoladi.

b) Har bir ko'ndalang kesim qo'shni kesimga nisbatan sterjen o'qi atrofida ma'lum burchakka aylanadi. Bu burchak buralish burchagi deyiladi. Buralish burchagi burovchi momentga va ko'ndalang kesimlar oralig'iga proporsionaldir.

v) Sterjenning barcha yasovchilari bir xil burchakka og'adi va silindr sirtiga chizilgan kvadratlar bir xilda qiyshayib romb shaklini oladi.

Keltirilgan bu tajribalarning natijalaridan foydalanib doiraviy silindr uchun buralishda hosil bo'ladigan deformasiya va kuchlanishlarning ko'ndalang kesim yuzasi bo'yicha qanday qonun bilan o'zgarishini aniqlashimiz mumkin .

6.2- chizmadan ko'rinadiki, deformasiyadan keyin sterjenning yonma-yon bo'lgan ko'ndalang kesimlari bir-biriga nisbatan siljiydi; qaralayotgan kesim qistirib mahkamlangan kesimdan qancha uzoq bo'lsa, shu kesimning siljishi shuncha ko'p bo'ladi. Masalan, tayanchdan z oraliqdagi ko'ndalang kesim mahkamlangan kesimga nisbatan φ ga burilgan bo'lsa, tayanchdan $z + dz$ oraliqdagi kesim esa $\varphi + d\varphi$ burchakka buriladi (6.2- chizma).



6.2-chizma.

$d\varphi$ burchak II kesimining I kesimga nisbatan og'ish burchagi, ya'ni dz oraliqdagi elementning buralish burchagidir.

Umuman, istalgan kesimning og'ish burchagi shu kesim bilan mahkamlangan kesim orasidagi elementning buralish burchagiga tengdir.

Shunday qilib, sterjen uchidagi kesimning og'ish burchagi tekshirilayotgan sterjenning buralish burchagiga tengdir.

Demak, buralish deformasiyasi, sterjenning yonma-yon turgan kesimlarining bir-biriga nisbatan siljishidan iborat ekan, shu sterjen kesim yuzalarida urinma kuchlanishlar hosil bo'ladi.

Endi buralgan sterjendan I va II kesimlar bilan ajratilgan elementni tekshiramiz (6.3-chizma).

$BB_1 = r \cdot d\varphi$

$< BAB_1 = \gamma$ burchak element II kesimning I kesimga nisbatan nisbiy siljishi bo'ladi

$BB_1 = \gamma \cdot dz; \; \gamma \cdot dz = r \cdot d\varphi; \; \gamma = r\dfrac{d\varphi}{dz}$

$\dfrac{d\varphi}{dz} = \theta$ sterjenning uzunlik birligiga to'g'ri keladigan buralish burchagidir.

$$\gamma = r\theta \qquad (6.1)$$

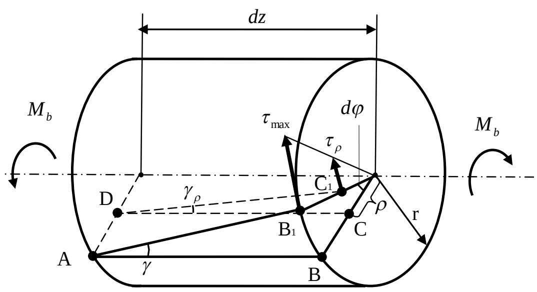
Bu formuladan ko'rinadiki, silindrik sterjenning buralishidan hosil bo'ladigan nisbiy siljish shu sterjen kesimi yuzasining radiusiga proporsionaldir.

Yuqoridagi xulosalarning a) siga binoan, bu elementning ichidan ajratilgan ρ radiusli elementning nisbiy siljishi quyidagicha bo'ladi:

$\gamma_\rho = \rho \cdot \theta$

Buralgan sterjenning ko'ndalang kesimlaridagi urinma kuchlanishlarni siljishdagi Guk qonunidan foydalanib aniqlaymiz. Kesim markazidan ρ masofadagi nuqtaning urinma kuchlanishi (6.4-chizma), quyidagicha topiladi:

$$\tau_\rho = G\gamma_\rho = G\rho\theta, \qquad (a)$$



6.3-chizma.

bunga binoan urinma kuchlanish ρ ga to'g'ri proporsional bo'lar ekan. Demak, valning ko'ndalang kesimi bo'yicha urinma kuchlanish to'g'ri chiziq qonuni bilan o'zgarar ekan (6.4-chizma).

Kesimdan ajratilgan elementar yuzacha (dA) ga to'g'ri keladigan zo'riqish kuchi quyidagicha bo'ladi:

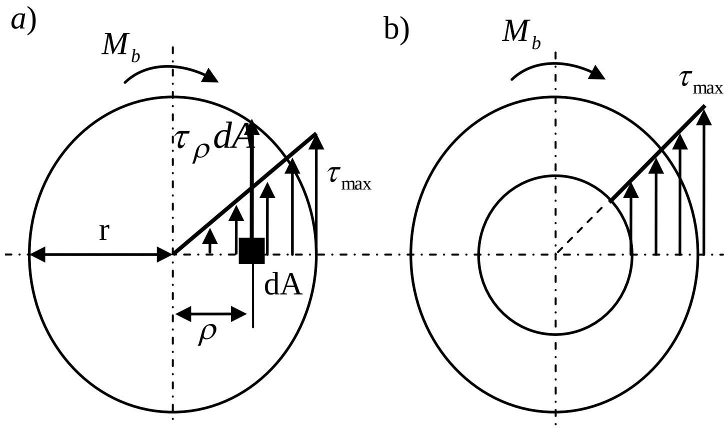
$$\tau_\rho dA = G \cdot \theta \cdot \rho \cdot dA$$

Bu elementar zo'riqish kuchlarining yo'nalishlari kesim radiusiga tik bo'ladi, chunki siljish ham shu yo'nalishda vujudga keladi.

Elementar zo'riqish kuchning sterjen o'qiga nisbatan olingan momenti quyidagicha bo'ladi:

$$dM = G \cdot \theta \cdot \rho^2 dA$$

Sterjen buralganda deformasiyadan keyingi muvozanat holati uchun ko'ndalang kesim yuzida to'plangan bu elementar zo'riqish kuchlari momentlarining yig'indisi tashqi burovchi momentga teng bo'ladi:



6.4-chizma.

$$M_b = \int_\rho dM = \int_\rho G \cdot \theta \cdot \rho^2 \cdot dA$$

Bu formuladagi $G\theta$ o'zgarmas miqdorni integral tashqarisiga chiqarib va $\int_\rho \rho^2 \cdot dA$ integral kesim yuzining polyar inersiya momenti ekanligini e'tiborga olsak u quyidagi ko'rinishni oladi:

$$M_б = G\theta J_\rho .$$

Bundan sterjenning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan buralish burchagi (θ) ni topamiz:

$$\theta = \frac{M_б}{GJ_\rho}, \qquad (6.2)$$

bunda $GJ_\rho -$ buralgan sterjenning bikrligini ifodalaydi, uning val materialining fizik xossasi va ko'ndalang kesim o'lchamlarining buralish deformasiyasiga qanday ta'siri borligi quyidagicha topiladi:

$$\varphi = \theta \ell = \frac{M_б \ell}{GJ_\rho}. \qquad (6.3)$$

Bundan ko'rinadiki, buralgan sterjenning to'la buralish burchagi burovchi moment bilan sterjen uzunligiga to'g'ri proporsional va bikrligiga teskari proporsionaldir.

(6.3) formuladan to'la buralish burchagining qiymati radian hisobida chiqadi, uni gradusga aylantirish uchun $\frac{180^0}{\pi}$ ga ko'paytirish kerak:

$$\varphi^0 = \frac{180^0}{\pi}\frac{M_б \ell}{GJ_\rho}. \tag{6.4}$$

Urinma kuchlanishni topish uchun (a) formulaga θ ning qiymatini (6.2) formuladan qo'yamiz:

$$\tau_\rho = G\rho \cdot \frac{M_б}{GJ_\rho}. \qquad \tau_\rho = \frac{M_б}{J_\rho}\cdot\rho . \tag{6.5}$$

Bu formuladan ko'ndalang kesimning ixtiyoriy nuqtasidagi urinma kuchlanish topiladi.

Maksimal urinma kuchlanish sterjen ko'ndalang kesimining chetki nuqtalarida hosil bo'ladi;

$$\tau_{\max} = \frac{M_б \cdot r}{J_\rho} = \frac{M_б}{\frac{J_\rho}{r}}. \tag{6.6}$$

Kuchlanish diagrammasi (6.4-chizmada ko'rsatilgan).

(6.6) formulaning maxrajidagi kasirni W_ρ bilan belgilaymiz va u sterjen ko'ndalang kesim yuzining polyar qarshilik momenti deyiladi

$$W_\rho = \frac{J_\rho}{r}. \tag{6.7}$$

(6.7) formuladan ko'rinadiki, tekis chizmalarning polyar qarshilik momentlari uzunlik o'lchovining uchinchi darajasi bilan o'lchanar ekan va kesim yuzining polyar *qarshilik momenti* deb ataladi. (6.7) formulani hisobga olib (6.6) formulani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\tau_{\max} = \frac{M_б}{W_\rho}. \tag{6.8}$$

Silindrik serjenlarning buralish nazariyasida (6.3) va (6.8) formulalar muhim ahamiyatga egadir.

Valning buralishdagi mustahkamlik sharti

Buralishning mustahkamlik sharti shundan iboratki, maksimal urinma kuchlanish $(\tau_{\max})$ tsgishli ruxsat egilgan kuchlanishdan oshmasligi kerak:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{б_{\max}}}{W_p} \le [\tau]. \tag{7.11}$$

Bunda M_b valning eng xavfli kesimiga tegishli burovchi momentdir. Uni biz burovchi moment epyurasidan topamiz.

Bu tenglama ham cho'zilish va siqilishdagi yoki siljishdagi mustahkamlik shartlariga juda o'xshashdir, biroq, kuch o'rniga moment, kesim yuzi o'rniga esa kesim yuzining qarshilik momenti oliigan. Bu formulani faqat silindrik sterjenlar uchungina tatbiq qilish mumkin.

Bu tenglama yordamida cho'zilish yoki siqilishdagi mustahkyamlik shartidagi kabi uch xil masalani yechish mumkpn. Ulardan eng muhimi vallarning diametrini topishdir. Buniig uchun (7.11) formuladan kesim yuzasining qarshilil momenti W_p qiymatini topamiz:

$$W_p = \frac{M_{б_{\max}}}{[\tau]} . \tag{7.12}$$

Bunga (7.9) dan W_p ni qiymatini qo'ysak,

$$\frac{\pi d^3}{16} \geq \frac{M_б}{[\tau]}; \qquad d \geq \sqrt[3]{\frac{16M_б}{\pi[\tau]}} = 1{,}72 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_б}{[\tau]}}. \qquad (7.13)$$

kelib chiqadi.

Agar M_b ning o'rniga uning quvvat orqali ifodalangan ifodasini qo'ysak:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{71620 \cdot N \cdot 16}{\pi \cdot [\tau] \cdot n}} = 72 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{[\tau] \cdot n}}.$$

(7.13)

Kovak vallar uchun:

$W_p = \frac{\pi D}{16}\left(1 - c^4\right)$ bo'lganidan, bundan:

$$D \geq \sqrt{\frac{16M_б}{\pi\left(1-c^4\right)[\tau]}} = 1{,}72 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_б}{\left(1-c^4\right)[\tau]}} \qquad (7.14)$$

yoki

$$D \geq 72 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n\left(1-c^4\right)[\tau]}}. \qquad \text{bo'ladi.} \qquad (7.15)$$

Bunda N - quvvat (ot kuchida olinadi)

n — valning bir minutga aylanishlar soni

(7.13) va (7.15) formulalardan ko'rinadiki, quvvat o'zgartirilmagan holda valning aylanishlar soni oshirilsa, val diametri kichrayishi mumkin.

Siljish uchun ruxsat etilgan kuchlanish $[\tau] = (0{,}5 - 0{,}6)[\sigma]$ formula yordamida olinadi. Bunda valga yuklar statik ravishda qo'yilgan deb qaraladi.

Biz yuqorida buralgan sterjenning ko'ndalang va bo'ylama kesimlarida faqat urinma kuchlanishlar ta'sir qilishini qayd qilib o'tgan edik (6.4- chizma.).

Endi bunday sterjenlarning qiya kesimlarida qanday kuchlanishlar paydo bo'lishini tekshiramiz.

Buralgan silindrik sterjenlarning qiya yuzalarida urinma kuchlanishlardan tashqari normal kuchlanishlar ta'sir qilishini ko'ramiz. Bu normal kuchlanishlar quyidagi

$$\sigma_{1,3} = \frac{1}{2}\left[\left(\sigma_\alpha + \sigma_\beta\right) \pm \sqrt{\left(\sigma_\alpha + \sigma_\beta\right)^2 + 4\tau_\alpha^2}\right]. \qquad (7.16)$$

formula bilan aniqlanadi. Bu formula bosh kuchlanish formulasi bo'lib juda katta ahamiyatga ega.

Biz tekshirayotgan hol uchun $\sigma_\alpha = \sigma_\beta = 0$ bo'ladi, binobarin $\sigma_1 = \sigma_{\max} = \tau$ va $\sigma_3 = -\sigma_{\min} = -\tau$ ga teng bo'ladi. Ulardan birinchisi cho'zuvchi va ikkinchisi esa siquvchi normal kuchlanishlardir. Bosh yuzlarni esa ushbu

$$tg\,2\alpha_0 = -\frac{2\tau_\alpha}{\sigma_\alpha - \sigma_\beta} \qquad (7.17)$$

formula orqali topiladi.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, mo'rt materiallar, masalan, cho'yan sterjen o'qiga 45^o burchak qiyaligidagi tekislik bo'yicha, ya'ni ancha katta cho'zuvchi kuchlanish ta'sir qilgan yuza bo'yicha yemiriladilar.

Demak, sterjen buraladigan bo'lganda uning o'qidan boshqa barcha nuqtalarida tekis kuchlanish holati, ya'ni sof siljish hosil bo'ladi. Buralishda sterjenlarning sirtidagi materiallari o'q oldidagi materiallarga qaraganda katta kuchlanishga ega bo'ladi. Shu tufayli sterjen bir xilda kuchlanmaydi. Agar yupka devorli sterjenlar buralsa, devorning barcha nuqtalarida bir xil kuchlanish hosil bo'ladi deb hisoblanadi. Bunga trubalar ham misol bo'la oladi. Bu holda kuchlanish holati bir jinsli bo'ladi. Bunday trubalar sof siljish deformasiyasini tekshirishda qo'l keladi, masalai siljishdagi oquvchanlik chegarasi $\left(\tau_{oq}\right)$ ni topishda ishlatiladi.

Buralishga ishlovchi bruslar mustahkam bo’lishi bilan birgalikda bikir bo’lishi ham shart. Bikirlik sharti quyidagicha ifodalanadi:

$$\theta = \frac{M_b}{GI_\rho} \le [\theta]$$

Bunda $[\theta]$ brusning birlik uzunligiga to’g’ri keluvchi ruxsat etilgan buralish burchagi.

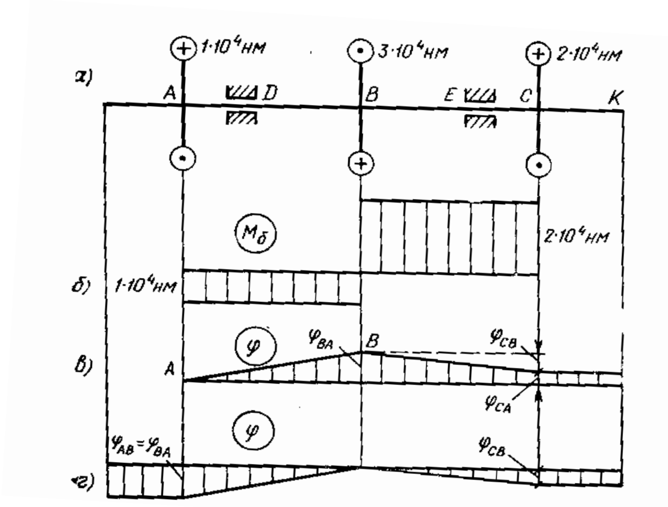
4.Buralish burchak epyurasini qurish

Valning uzunasi bo’ylab buralish burchagiping o’zgarish qonunini bilish maqsadida shu burchakning epyurasi chiziladi.

Bunday epyura chizish usulini quyidagi misolda ko’rsatamiz.

Val *D* va *Ye* podshipniklarga o’rnatilgan (6.5- chizma, *a)* bo’lib, uning *A* va *V*, *S* kesimlariga qo’yilgan burovchi momeitlar ta’siridan muvozanatda turadi. Shu val uchun burovchi momentning va buralish burchagining epyuralari chizilsin.

Burovchi moment epyurasini chizish uchun kesish metodidan foydalanib, valning har bir uchastkasi uchun burovchi moment tenglamasini topamiz (6.5- chizma, b).



6.5-chizma.

Buralish burchagi epyurasini chzish uchun biror nuqtadagi, masalan, *A* nuqtadagi kesimi qo’g’almas deb faraz qilamiz. *A* kesimga nisbatan *V* kesimning buralish burchagini (7.18) formula yordamida topzmiz. *AV* uchastkaning buralish burchagi kesimlarda hosil bo’lgan burovchi moment M'_b = 10^4N ta’siridan aniqlanadi:

$$\varphi_{BA} = \frac{M_б \cdot l_{AB}}{GJ_p}$$

Agar chapdan o’ngga qaraganda burovchi moment ta’siridan sterjen kesimlari soat strelkasi yurishiga qapa6 buralsa, φ burchakni musbat deb qabul qilamiz. Biz tekshirayetgan holda φ_{BA} burchak musbat qiymatga ega. Buralish burchagi φ_{BA} ni ma’lum masshtabda ver-tikal chiziqqa qo’yib *V* nuqtani topamiz (139- chizma *v*). *V* va *A* nuq-talarni tug’ri chiziq bilan tutashtiramiz, chunki buralish burchaklarining qnymati valning uzunasi bo’ylab tug’ri chiziq qonuni bilan o’zgaradi. Endi *V* kesimga nisbatan S kesimning buralish burchagini topamiz:

$$\varphi_{CB} = \frac{M_б \cdot l_{CD}}{GJ_p}, \qquad \text{bunda} \qquad M_б = 2 \cdot 10^4 Hм.$$

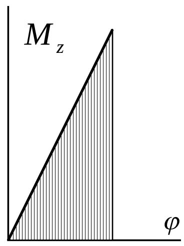
V kesim qo’g’aluvchi bo’lganligidan *S* kesimning *A* kesimga nisbatan buralish burchagi quyidagi bog’lanishdan topiladi:

$$\varphi_{CA} = \varphi_{BA} + \varphi_{CB} = \frac{M_б \cdot l_{AB}}{GJ_p} - \frac{M_б \cdot l_{CD}}{GJ_p}.$$

By ifodadagi φ_{CA} buralish burchagi musbat, manfiy, xususiy holda esa nol qiymatlarga ega bulishi mumkin.Biz tekshirayotgan hol uchun φ_{CA} burchanii musbat deb faraz qilaylik. U holda bu burchakni o'qdan yuqoriga ma'lum masshtabda qo'yib *S* nuqtani topamiz, *V* va S nuqtalarni tutashtirib *VS* uchastka uchun buralish burchagi φ ning epyurasini chizamiz. *SK* uchastka davomida burozchi moment nolga teng bo'lganligidan buralish hosil bo'lmaydi, bu uchastkaning hamma kesimlari *S* kesimning buralish burchagi kattaligida aylanadi. Demak, *SK* uchastka davomida φ burchakning epyurasi gorizontal chiziq ko'rinishida davom etadi. (139- chizma, *v).* Agar *V* kesimni qo'zg'almas deb hisoblasak, u holda buralish burchagining epyurasi 139- chizma, *g* da ko'rsatilganidek bo'lar edi.

Buralishdagi deformasiyaning potensial energiyasi. Cho'zilish va siqilish yoki boshqa xil deformasiyalardagidek, buralishda ham burovchi momentning ta'siridan sgerjenda ma'lum miqdorda deformasiyaning potensial energiyasi to'planadi. Agar elastik sterjenni elastiklik chegarasida biror burchakka burab, uni tashqi kuch (burovchi moment) ta'siridan ozod qilsak, sterjen oldingi ho-latiga qaytadi. Oldingi holatiga qaytish prosessi to'plangan potensial energiya hisobiga bajariladi.

Bir uchi mahkamlangan silindrik sterjenlarning erkin uchiga statik ta'sir qiluvchi juft kuch M_b qo'yilgan bo'lsin (6.6- chizma). Sekin-asta o'zgaradigan burovchi moment orta borgan sari sterjenning erkin mahkamlangan uchiga nisbatan biror burchakka buriladi.



6.6-chizma.

Agar abssissalar o'qi bo'ylab deformasiyani, ordinatalar o'qi bo'ychsa burovchi M_b momentni qo'ysak, bu ikki miqdor orasidagi bog'lanish *OA* to'g'ri CHIZIG'I bilan tasvirlanadi (6.6- chizma).

Burovchi momentning bajargan ishi 6.6- chizma da keltirilgan uchburchak yuzasi bilan aniqlanadi;

$$A = \frac{1}{2} M_б \cdot \varphi . \qquad \text{(a)}$$

Bu formulaning oldidagi $\frac{1}{2}$ ko'paytma juft kuchning statik ravishda qo'yilgani tufayli hosil bo'lganligini esdan chiqarmaslik kerak. Bajarilgan *A* ish deformasiyaning potensial energiyasiga tengligini ko'zda tutib, buralish burchagi φ ning qiymatini (7.18) dan (a) ga keltirib qo'ysak, buralish deformasiyasining potensial energiyasini topamiz:

$$U = \frac{M_б^2 \cdot l}{2GJ_p} . \qquad (7.24)$$

Potensial energiyani buralish deformasiyasi orqali ifodalash mumkin, buning uchun $U_б$ ning o'rniga (7.18) formuladan M_6 ni qiymatini qo'ysak:

$$M_б = \frac{GJ_p}{l}\varphi \quad \text{ifodani hosil qilamiz, u holda, } U = \frac{GJ_p\varphi^2}{2l} \qquad (7.25)$$

bo'ladi.

(7.24) va (7.25) formulalardan ko'rinadiki, potensial energiya burovchi moment yoki deformasiyaning kvadratik funksiyasidir.

Agar val pog'onali bo'lsa, (7.24) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$U = \sum_{i=1}^{n} \frac{M_{\delta}^{2} l_i}{2GJ_p}, \qquad (7.26)$$

bunda n – pog'onalar soni.

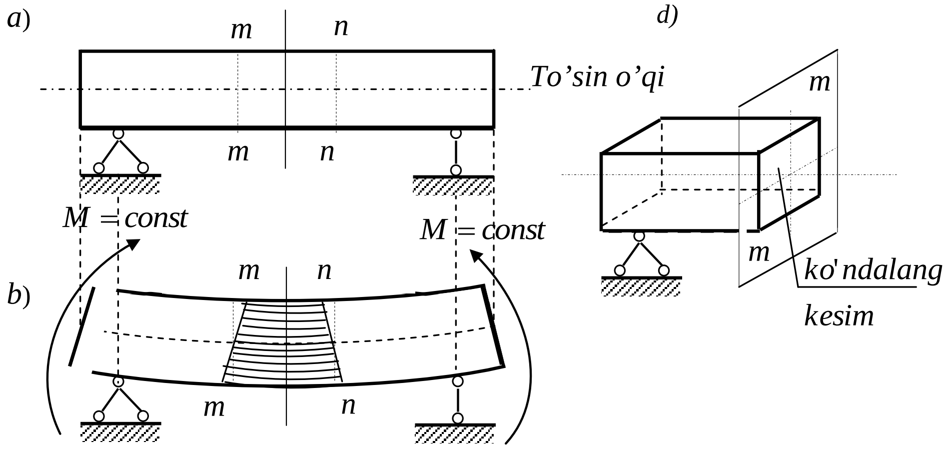
16-Mavzu: **EGILISH**

Reja:

1. Egilish deformatsiyasi haqida tushuncha.
2. To‘g`ri egilish. Sof va ko‘ndalang egilish.
3. Tayanch va tayanch reaktsiya kuchlari.
4. Ko‘ndalang kuch va eguvchi moment epyurasi.
5. Sof egilishdagi normal kuchlanish va deformatsiya

To’g’ri o’qli bruslarning markaziy cho’zilishi, siqilishi va buralishida dastlabki to’g’ri o’qi, deformasiyadan keyin ham to’g’riligicha qolishi materiallar qarshiligi faning cho’zilish (siqilish) va buralish boblaridan ma’lum. Bu deformasiyalar turlaridan farqli ravishda, bruslar egilganda ko’ndalang kesim og’irlik markazlarini tutashtiruvchi to’g’ri o’q ustida yotgan barcha nuqtalar shu o’qqa vertikal yo’nalish bo’yicha ko’chadi va ko’ndalang kesimlar biri biriga nisbatan ma’lum bir burchakka og’adi, natijada to’g’ri chiziqli o’q egri chiziqqa o’tadi (1.1-chizma). Shuning uchun ham egilishni o’rganish murakkab masalalardandir.

Egilish, brus ko’ndalang kesimlarida eguvchi momentning hosil bo’lishi bilan bog’liq. Egilishga qarshilik ko’rsatuvchi bruslar *to’sinlar* deb ataladi.



2.1-chizma.Tashqi kuchlar ta’sirida to’sinning egilishi.

Tashqi yuklarning qo’yilish va to’sinlarning tayanchlarga mahkamlanish usullari bo’yicha egilish quyidagi turlarga bo’linadi:

- *qiyshiq egilish* - deb, to’sinning o’qiga tik yo’nalgan va uning birorta simmetriya tekisligida yotmagan tashqi yuklar ta’sirida egilishiga aytiladi;

- *qiyshiq sof egilish* - deb, to’sinning o’qiga tik yo’nalgan va uning birorta simmetriya tekisligida yotmagan tashqi yuklar ta’siridan ko’ndalang kesimlarida faqat eguvchi moment hosil bo’lgan egilishga aytiladi;

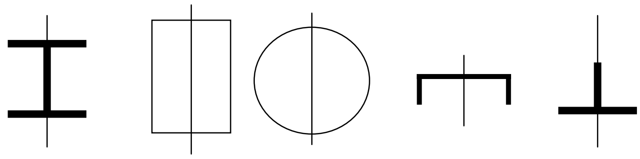
-*tekis ko’ndalang egilish* – deb, to’sinning simmetriya tekisligida yotgan tashqi yuklar ta’siridan egilishiga aytiladi;

-*sof egilish* - deb, to’sinning ko’ndalang kesimlarida ichki zo’riqish kuchlari nolga teng bo’lgan va faqat o’zgarmas miqdorli eguvchi moment hosil bo’lgan egilishiga aytiladi.

Quyidagi shartlarni qanoatlantiruvchi to’sinlar masalalarini qaraymiz:

1.ko’ndalang kesimlari hyech bo’lmaganda bitta simmetriya o’qiga ega bo’lishi lozim (2.2-chizma);

2.barcha tashqi kuchlar simmetriya tekislishida yotishi lozim.

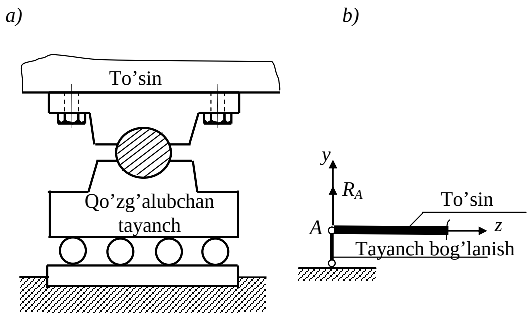


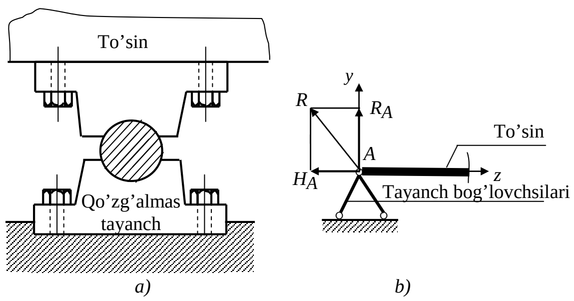
2.2-chizma.To’sin ko’ndalang kesim yuzalari.

To’sin va tayanch turlari

Amalda berilgan yuklar o’zaro muvozanatda bo’lmaydi, bu yuklar ta’sirida bo’lgan konstruksiyalar qo’zg’almasligi, uni asos bilan tutashtiruvchi tayanchlar mavjudligi evaziga ta’minlanadi. To’sinlar tashqi yuklarni qabul qilib, ular ta’sirini asosga uzatishi uchun tayanch bog’lanishlar bilan birlashgan bo’lishi lozim. Nazariy mexanikadan ma’lumki, tekislikda har qanday sistema uchta erkinlik darajasiga ega. Shuning uchun ham to’sinlarning geometrik o’zgarmasligini ta’minlash maqsadida uchta tayanch bog’lanishlar qo’yilishi lozim. Tayanchlar uch turga bo’linadi:

1.Sharnirli qo’zg’aluvchan tayanch (2.3,a-chizma). Bunday tayanch, to’sinning tayanch ustidagi uchining tayanch bog’lanishiga perpendikulyar bo’yicha ko’chishga va ko’ndalang kesimning sharnir atrofida aylanishga imkon beradi, lekin tayanch bog’lanishi bo’ycha ko’chishga yo’l qo’ymaydi. Sharnirli qo’zg’aluvchan tayanch sxema tasviri 2.3,b-chizmada ko’rsatilgan va tayanch R_a reaksiya kuchi tayanch bog’lanishi bo’ylab yoki asosga perpendikulyar yo’naladi.

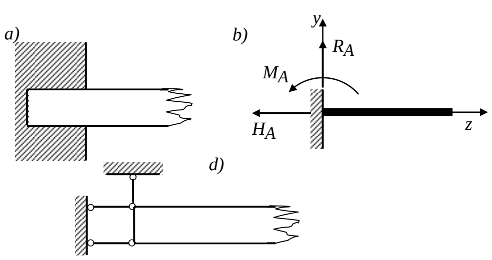


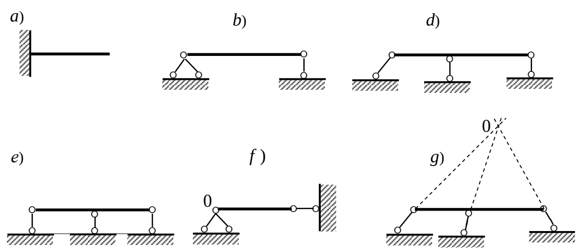


2.3-chizma. Sharnirli qo’zg’aluvchan tayanch. 2.4-chizma. Sharnirli qo’zg’almas tayanch.

2. Sharnirli qo’zg’almas tayanch (2.4,a-chizma). Bunday tayanch, to’sinning tayanch ustidagi ko’ndalang kesimning sharnir atrofida aylanishga imkon beradi, lekin to’sin uchining chiziqli ko’chishlariga yo’l qo’ymaydi. Sharnirli qo’zg’almas tayanch sxema tasviri 2.4,b-chizmada ko’rsatilgan va tayanch reaksiyasini vertikal R_A va gorizantal H_A tashkil etuvchi tayanch reaksiya kuchlariga ajratish mumkin.

3. Qistirib mahkamlangan tayanch (2.5,a-chizma). Bunday tayanchda, qistirilgan uchining chiziqli ko’chishlariga va qistirilgan ko’ndalang kesimning aylanishiga yo’l qo’ymaydi. Qistirib mahkamlangan tayanch sxema tasviri 2.5,b-chizmada ko’rsatilgan. Qistirib mahkamlangan tayanchda vertikal chiziqli ko’chishga qarshilik ko’rsatuvchi vertikal R_A, gorizantal chiziqli ko’chishga qarshilik ko’rsatuvchi gorizantal H_A tayanch reaksiya kuchlari va qo’ndalang kesimning aylanishiga qarshilik ko’rsatuvchi reaktiv moment M_A hosil bo’ladi.





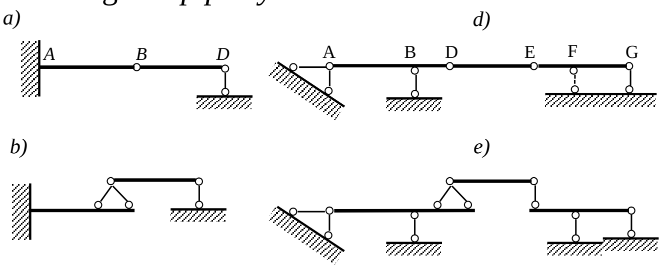
2.5-chizma. Qistirib mahkamlangan tayanch. 2.6-chizma. To'sinlar sxemasi.

Yuqorida keltirilgan tayanch sxema tasvir chizmalardan ko'rinadiki, to'sin geometrik o'zgarmas bo'lishi uchun, uning tayanch reaksiya kuchlari tashkil etuvchilari soni nechta bo'lsa, tayanch bog'lanishlar soni ham shuncha bo'lishi shart.

Bunga bitta qistirib mahkamlash bilan (2.6,a-chizma, konsol) yoki bitta sharnirli qo'zg'almas va sharnirli qo'zg'aluvchi tayanch bilan (2.6,b-chizma, oddiy to'sin) yoki reaksiyalar yo'nalishlari bitta nuqtada kesishmaydigan uchta sharnirli qo'zg'aluvchi tayanchlar bilan (2.6,d-chizma) erishish mumkin. 2.6,e-chizmada ko'rsatilgan sistema uchta tayanch bog'lanishlari bir-biriga parallel bo'lganda to'sin o'zi yo'nalishi bo'yicha ko'chishi mumkin, 2.6,f,g-chizmada ko'rsatilgan tizimlarning uchala tayanch bog'lanishlari bitta (misol uchun 0) nuqtada kesishsa, to'sin shu nuqta atrofida aylanishga ega bo'lishi mumkin, demak bu tizimlar geometrik o'zgaruvchi tizimlardir. Bunga yo'l qo'yib bo'lmaydi.

To'sin bitta tekislikda yotgan tashqi kuchlar ta'sirida bo'lgani uchun, uni shu tekislikda tayanch bog'lanishlari bilan mahkamlash zarur. To'sinlar bitta tekislikda qo'zg'almas bo'lishini ta'minlash uchun tayanch bog'lanishlar soni uchtaga teng bo'lishi shart.

Bir nechta to'sinlarni sharnirlar vositasida tutashtirish natijasida geometrik o'zgarmas tizimlar (2.7,a-chizma) hosil qilish mumkin. Misol uchun 2.7,a-chizmada ikkita (AB va BD) to'sindan tashkil topgan va har biriga uchta tayanch bog'lanish qo'yilgan to'sin keltirilgan. BD to'singa D nuqtasining ko'chishiga qarshilik ko'rsatuvi DE tayanch bog'lanish va B sharnirga, uning vertikal hamda gorizontal ko'chishlariga qarshilik ko'rsatuvchi ikkita tayanch bog'lanish qo'yiladi (2.7,b-chizma). Uchta (AD, DE va EG) to'sini sharnirlar vositasida tutashtirishdan tashkil topgan geometrik o'zgarmas sistema 2.7,d-chizmada keltirilgan. Har bir to'singa uchtadan tayanch bog'lanish qo'yilgan. Masalani D sharnir DE to'sin ustiga vertikal va gorizontal ko'chishlariga qarshilik ko'rsatuvchi ikkita tayanch bog'lanishni, E sharnir esa to'sin ustiga vertikal ko'chishlariga qarshilik ko'rsatuvchi bitta tayanch bog'lanishni qo'yadi (2.7,ye-chizma). Bunday to'sinlarga *ko'p prolyotli sharnirli to'sinlar* deb ataladi.



2.7-chizma. Ko'p prolyotli sharnirli to'sinlar.

Tayanch reaksiyalarini faqat statika muvozanat tenglamalari yordamida aniqlash mumkin bo'lsa, bunday to'sinlar *statik aniq to'sinlar* deb ataladi.

Tayanch reaksiyalari soni statika muvozanat tenglamalari sonidan ortiq bo'lsa, bunday to'sinlarga *statik aniqmas to'sinlar* deb ataladi. Noma'lum reaksiyalar soni statika muvozanat tenglamalar sonidan nechta ortiq bo'lsa, to'sin shuncha marta statik aniqmas bo'ladi. Statik aniqmas to'sin masalasini yechish uchun statika muvozanat tenglamalariga qo'shimcha sifatida to'sin deformasiyalanish shartidan tuziladigan tenglamalardan foydalaniladi.

Statik aniqmas to'sin masalalarini keyingi boblarda ko'rib chiqamiz.

Tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash

Berilgan tashqi kuchlar ta'sirdagi to'sinni hisoblash uchun tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash talab etiladi. Nazariy mexanika fanidan ma'lumki, umumiy holda tekislikda statika muvozanat tenglamalari uch xil variantda ifodalanadi:

birinchi variantda muvozanat tenglamalari bir-biriga parallel bo'lmagan ikkita ixtiyoriy o'qlarga nisbatan barcha kuchlar proyeksiyalari algebraik yig'indisi va tekislikdagi istalgan 0 nuqtaga nisbatan barcha kuchlardan olingan momentlar algebraik yig'indisi ko'rinishida ifodalanadi:

$$\sum z = 0; \quad \sum Y = 0; \quad \sum m_0 = 0; \tag{1.1}$$

2) ikkinchi variantda muvozanat tenglamalari ixtiyoriy o'qqa nisbatan barcha kuchlar proyeksiyalari algebraik yig'indisi va tekislikdagi istalgan ikkita nuqtaga nisbatan barcha kuchlardan olingan momentlar algebraik yig'indisi ko'rinishida ifodalanadi ($0z$ o'q AB to'g'ri chiziqqa perpendikulyar bo'lmasligi lozim):

$$\sum m_A = 0; \quad \sum m_B = 0; \quad \sum Z = 0; \tag{1.2}$$

3) uchinchi variantda muvozanat tenglamalari tekislikda bitta to'g'ri chiziqda yotmagan istalgan uchta nuqtaga nisbatan barcha kuchlardan olingan momentlar algebraik yig'indisi ko'rinishida ifodalanadi:

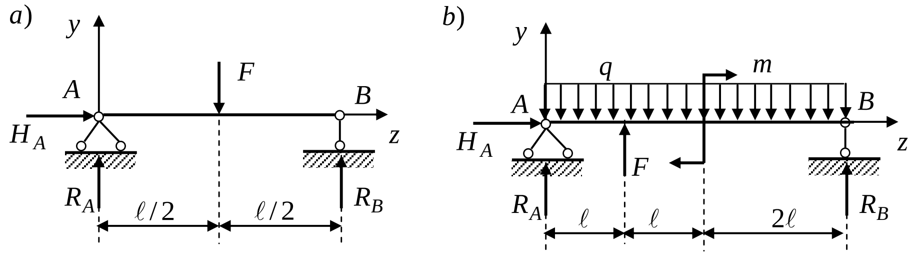
$$\sum m_A = 0; \quad \sum m_B = 0; \quad \sum m_D = 0; \tag{1.3}$$

To'sinlar tayanch reaksiyalarini topish soddaroq bo'lishi uchun statika muvozanat tenglamalarini shunday tuzish lozimki, tenglamalarning har biridagi no'malumlar soni bittadan ortiq bo'lmasin. Buning uchun ikkinchi variantdan foydalanish maqsadga muvofiqdir, ya'ni to'singa ta'sir etayotgan barcha kuchlardan tayanch nuqtalariga nisbatan olingan moment tenglamalari tuziladi. Bu tenglamalardan R_A va R_B reaksiya kuchlari aniqlangandan keyin, quyidagi tenglamadan reaksiya kuchlarining to'g'ri aniqlanganligi tekshirib ko'riladi:

$$\sum Y = 0. \tag{1.4}$$

Demak, to'sin muvozanatda bo'lishi uchun unga vertikal ta'sir etayotgan barcha tashqi kuchlarning yig'indisi barcha vertikal reaksiya kuchlarning yig'indisiga teng bo'lishi lozim ekan.

1-masala. 2.8,a-chizmada keltirilgan tashqi kuchlar tasiridagi oddiy to'sin reaksiya kuchlari aniqlansin.



2.8-chizma. Tashqi kuchlar ta'siridagi oddiy to'sin.

Yechish: To'sin tayanchlarni tashlab yuborib, ularning ta'sirini reaksiya kuchlari R_A, R_B, H_A bilan almashtiramiz (2.8,a-chizma). To'sinning B nuqtadagi qo'zg'aluvchi tayanchini vartikal R_B reaksiya kuchi bilan A nuqtadagi qo'zg'almas tayanchini esa gorizontal H_A va vartikal R_A reaksiya kuchlari bilan almashtiramiz.

Reaksiya kuchlar (to'sin o'qiga yoki to'sin o'qidan) yo'nalishlari ixtiyoriy olinadi, agar hisob natijalarida birorta reaksiya kuchi manfiy ishora bilan chiqsa, unda uning yo'nalishi qabul qilingan yo'nalishga nisbatan teskari tomonga o'zgartiriladi. Qaralayotgan masalada reaksiya kuchlarining har ikkilasi ham yuqoriga yo'nalgan deb qabul qilingan.

Reaksiya kuchlarni aniqlash uchun yuqorida keltirilgan formulalarining ikkinchi varianti (1.2) dan foydalanamiz.

To'singa ta'sir etayotgan barcha kuchlarning gorizantal z o'qiga nisbatan proyeksiyalari algebraik yig'indisi nolga teng bo'lishi lozim (2.8a-chizma):

$$\sum Z = H_A = 0.$$

Bundan ko'rinadiki, to'singa faqat vertikal kuchlar ta'sir etsa gorizantal reaksiya kuchi nolga teng bo'lar ekan.

To'sinning R_A reaksiya kuchini aniqlash uchun B nuqtaga nisbatan barcha kuchlardan olingan momentlar algebraik yig'indisi nolga tenglashtiriladi (2.8,a-chizma):

$$\sum M_B = R_A \cdot \ell - F \cdot \ell / 2 = 0; \quad bundan \quad R_A = \frac{F}{2}.$$

Shuningdek, B nuqtaga nisbatan barcha kuchlardan olingan momentlar algebraik yig'indisi nolga tenglanib R_B reaksiya kuch aniqlanadi:

$$\sum M_A = -R_B \cdot \ell + F \cdot \ell / 2 = 0; \quad bundan \quad R_B = \frac{F}{2}.$$

Reaksiya kuchlarning to'g'ri aniqlanganligini tekshirish uchun barcha kuchlarning vertikal o'qqa proyeksiyalari algebraik yig'indisi nolga tenglanadi:

$$\sum Y = R_A - F + R_B = 0;$$

$$\frac{1}{2}F - F + \frac{1}{2}F = 0. \quad 0 \equiv 0.$$

Tuzilgan muvozanat tenglamani qanoatlantiradi. Demak, bu reaksiya kuchlari to'g'ri aniqlanganligini ko'rsatadi.

Bu hisoblardan ko'rinadiki, agar tashqi vertikal F kuch to'sin uzunligining o'rtasiga qo'yilgan bo'lsa, gorizontal reaksiya kuchi $H_A = 0$ ga va vertikal reaksiya kuchlari $R_A = R_B = F/2$ ga teng bo'lar ekan.

2-masala. Ko'rib chiqilgan to'sin masalasini bir oz murakkablashtirib 2.8,b-chizmadagi to'sin reaksiya kuchlarini aniqlaymiz.

Yechish: To'sinning B nuqtadagi qo'zg'aluvchi tayanchini vartikal R_B reaksiya kuchi bilan A nuqtadagi qo'zg'almas tayanchini esa gorizontal H_A va vartikal R_A reaksiya kuchlari bilan almashtiramiz (2.8,b-chizma).

To'singa ta'sir etayotgan barcha kuchlarning gorizantal z o'qiga nisbatan proyeksiyalari algebraik yig'indisi nolga teng bo'lishi lozim:

$$\sum Z = H_A = 0.$$

Demak, bundan ko'rinadiki, agar to'singa faqat vertikal kuchlar ta'sir etsa gorizantal reaksiya kuchi nolga teng bo'lar ekan.

To'sinning R_A reaksiya kuchini aniqlash uchun B nuqtaga nisbatan barcha kuchlardan olingan momentlar algebraik yig'indisi nolga tenglashtiramiz:

$$\sum M_B = R_A \cdot 4\ell + F \cdot 3\ell + m - q \cdot 4\ell \cdot 2\ell = 0.$$

Bundan:

$$R_A = \frac{q \cdot 4\ell \cdot 2\ell - F \cdot 3\ell - m}{4\ell} = 2q\ell - \frac{3}{4}F - \frac{m}{4\ell}.$$

Bunda $q \cdot 4\ell$ to'sin uzunligi 4ℓ bo'yicha tekis tarqalgan intensivligi q bo'lgan yukning teng tasir etuvchisi bo'lib, yukning tekis tarqalgan uzunligi o'rtasi 2ℓ ga qo'yilgan deb qarash lozim. Shuningdek, B nuqtaga nisbatan barcha kuchlardan olingan momentlar algebraik yig'indisi nolga tenglanib R_B reaksiya kuch aniqlanadi:

$$\sum M_A = -R_B \cdot 4\ell - F \cdot \ell + m + q \cdot 4\ell \cdot 2\ell = 0.$$

Bundan:

$$R_B = \frac{q \cdot 4\ell \cdot 2\ell - F \cdot \ell + m}{4\ell} = 2q\ell - \frac{1}{4}F + \frac{m}{4\ell}.$$

Reaksiya kuchlarning to'g'ri aniqlanganligini tekshirish uchun barcha kuchlarning vertikal o'qqa proyeksiyalari algebraik yig'indisi nolga tenglashtiriladi, ya'ni quyidagi muvozanat tenglamani tuzamiz:

$$\sum Y = R_A + F - q \cdot 4\ell + R_B = 0;$$

$$2q\ell - \frac{3}{4}F - \frac{m}{4\ell} + F - q4\ell + 2q\ell - \frac{1}{4}F + \frac{m}{4\ell} = 0. \quad 0 \equiv 0.$$

Muvozanat tenglamaning ikkala (chap va o’ng) tomonlari nolga teng. Demak reaksiya kuchlari to’g’ri aniqlangan.

To’sin egilishidagi ichki kuchlari

Qaralayotgan to’sinlar uchun reaksiya kuchlari aniqlagandan keyin ixtiyoriy kesimda hosil bo’lgan ichki kuchlarning (zo’riqish kuchlarning) teng ta’sir etuvchilari kesish usulidan foydalanib aniqlanadi. Bu usul bilan ichki kuch omillarini aniqlash uchun to’sin fikran bo’ylama o’qiga perpendikulyar bo’lgan birorta S_v tekislik bilan kesib (chap va o’ng) ikki qismga ajratiladi va bu qismlardan birining (chap yoki o’ng) muvozanati tekshiriladi.

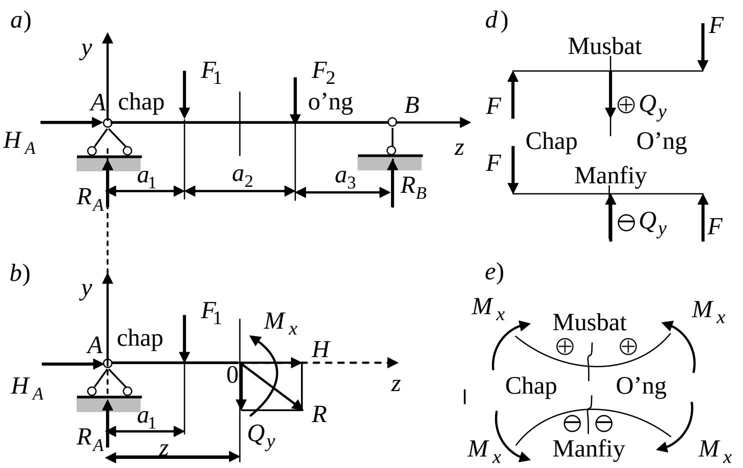
2.9,a-chizma ikkita vertikal F_1, F_2 kuchlar bilan yuklangan to’sin keltirilgan 2.9,b-chizmada esa kesish usulidan foydalanib ikki qismga ajratilgan to’sinning chap qismi muvozanat holati keltirilgan. Bunda tashlab yuborilgan o’ng qism ta’siri bir bosh vektor R va M zo’riqishlar bilan almashtirilgan. Bosh vektor R bo’ylama H va ko’ndalang kuch Q_y bilan almashtiriladi (2.9,b-chizmada kuch omillari musbat yo’nalishlari keltirilgan). Bo’ylama kuch cho’zuvchi bo’lsa ishorasini musbat deb qabul qilamiz, aks holda manfiydir. Ko’ndalang kuch qaralayotgan qismni soat millari harakat yo’nalishi bo’yicha aylantirishga intilsa (chap qismida tashqi kuch pastdan yuqoriga, o’ng qismida esa yuqoridan pastga yo’nalgan bo’lsa), uning ishorasini musbat deb qabul qilamiz, aks holda manfiydir (2.9,d-chizma). To’singa qo’yilgan kuchlardan hosil bo’lgan eguvchi moment to’sin pastki tolalarini cho’zib yuqorigi tolalarini siqsa, uning ishorasini musbat deb qabul qilamiz, aks holda-manfiydir (2.9,e-chizma).

To’sin ko’ndalagan kesimida hosil bo’lgan ichki kuchlarni aniqlash uchun, undan kesib olib qolingan chap (o’ng) qismining muvozanatini tekshiramiz (2.9,b-chizma).

To’sinning ixtiyoriy kesimida hosil bo’ladigan ichki kuchlarni aniqlash uchun statika muvozanat tenglamalarini tuzamiz:

1. $\sum\limits_{chap} Z = 0. \quad -H_A - H = 0.$

Bundan: $H = -H_A.$



2. $\sum\limits_{chap} mom_0 = 0. \quad R_A z - F_1(z - a_1) - M_x =$

Bundan:

$M_x = R_A z - F_1(z - a_1).$

3. $\sum\limits_{chap} Z = 0. \quad R_A - F_1 - Q_y = 0.$

Bundan:

$Q_y = R_A - F_1.$

2.9-chizma. Muvozanatdagi oddiy to’sin.

2. $\sum\limits_{chap} mom_0 = 0. \quad R_A z - F_1(z - a_1) - M_x = 0.$

Bundan: $M_x = R_A z - F_1(z - a_1).$

$$\sum_{chap} Z = 0. \qquad R_A - F_1 - Q_y = 0.$$

. Bundan: $Q_y = R_A - F_1.$

Demak, bular asosida quyidagi qoidalarni qabul qilish mumkin:

To'sinning ixtiyoriy kesimida hosil bo'ladigan eguvchi moment, shu kesimdan chap tomonda ta'sir etayotgan barcha kuchlardan kesim og'irlik markaziga nisbatan olingan momentlarning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi. Yoki shu kesimdan o'ng tomonda ta'sir etayotgan barcha kuchlardan kesim og'irlik markaziga nisbatan teskari ishorasi bilan olingan momentlarning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi.

$$M_x = \sum_{chap} mom_0 F_i = -\sum_{o'ng} mom_0 F_i. \tag{1.5}$$

To'sinning ixtiyoriy kesimida hosil bo'lgan ko'ndalang kuch, shu kesimdan chap tomonda ta'sir etayotgan barcha kuchlardan to'sin o'qiga tik o'qqa nisbatan olingan proyeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng bo'ladi. Yoki shu kesimdan o'ng tomonda ta'sir etayotgan barcha kuchlardan to'sin o'qiga tik o'qqa nisbatan teskari ishorasi bilan olingan proyeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng bo'ladi.

$$Q_y = \sum_{chap} F_i = -\sum_{o'ng} F_i. \tag{1.6}$$

To'sinning ixtiyoriy kesimida hosil bo'lgan bo'ylama kuch, shu kesimdan chap tomonda ta'sir etayotgan barcha kuchlardan to'sin o'qiga nisbatan olingan proyeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng bo'ladi, yoki shu kesimdan o'ng tomonda ta'sir etayotgan barcha kuchlardan to'sin o'qiga nisbatan teskari ishorasi bilan olingan proyeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng bo'ladi.

$$H_z = \sum_{chap} F_i = -\sum_{o'ng} F_i. \tag{1.7}$$

Eguvchi moment, ko'ndalang kuch va yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differensial bog'lanishlar

Eguvchi moment M_x, ko'ndalang kuch Q_y va yoyilgan kuch intensivligi q orasidagi differensial bog'lanishni aniqlash uchun, 2.10,a-chizmada keltirilgan to'sinning yoyilgan kuch qo'yilgan oralig'idan z va $z+dz$ tekisliklari bilan uzunligi dz bo'lgan birorta cheksiz kichik elementni fikran ajratib olamiz (2.10,b-chizma). Ajratib olingan elementning dz uzunligiga ta'sir etayotgan yoyilgan kuchni $q(z) = q = const$ tekis taqsimlangan deb olish mumkin. To'sindan kesib olingan cheksiz kichik elementning chap va o'ng tomonlaridagi qismlarning ta'sirini ichki zo'riqishlar bilan almashtiramiz (2.10,b-chizma). Bu element uchun statikaning muvozanat tenglamalarini tuzamiz.

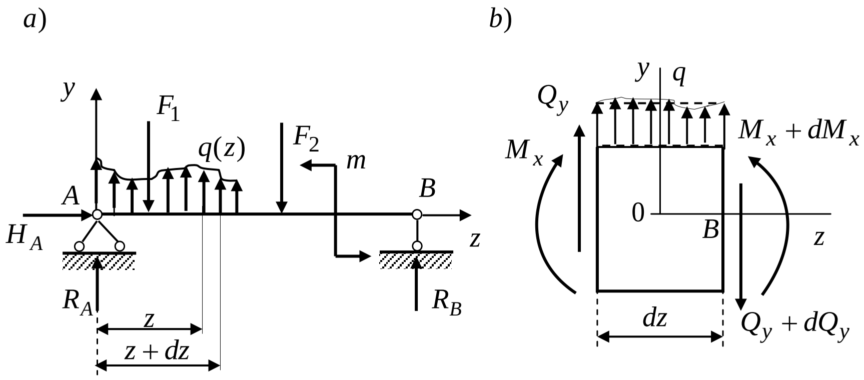
Ajratib olingan cheksiz kichik elementga ta'sir etayotgan barcha kuchlarning to'sin o'qiga tik o'qqa nisbatan olingan proyeksiyalarining algebraik yig'indisi nolga teng bo'lishidan:

$$\sum Y = Q_y + qdz - (Q_y + dQ_y) = 0.$$

Bu tenglamadan quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{dQ_y}{dz} = q. \tag{1.8}$$

Demak, bundan ko'rinadiki, ko'ndalang kuchdan abssissa o'qi z bo'yicha olingan birinchi hosila yoyilgan kuch intensivligiga teng. Bunga Juravskiyning birinchi teoremasi deb ham yuritiladi.



.10-chizma. To’sindan ajratib olingan kichik element.

Ajratib olingan cheksiz kichik elementga ta’sir etayotgan barcha kuchlarning o’ng kesim og’irlik markazi B ga nisbatan olingan momentlarining algebraik yig’indisi nolga teng bo’lishidan:

$$\sum mom_B = M_x - \left(M_x + dM_x\right) + Q_y dz + qdz\frac{1}{2}dz = 0.$$

Bu tenglamadagi oxirgi hadi boshqa hadlarga nisbatan ikkinchi tartibli kichik qiymat bo’lgani uchun e’tiborga olmasa ham bo’ladi, unda quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$\frac{dM_x}{dz} = Q_y. \qquad (1.9)$$

Demak, bundan ko’rinadiki, eguvchi momentdan abssissa o’qi z bo’yicha olingan birinchi hosila ko’ndalang kuchga teng. Bunga Juravskiyning ikkinchi teoremasi deb ham yuritiladi.

Bu ikki (1.8-1.9) formulalardan quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{d^2M_x}{dz^2} = \frac{dQ_y}{dx} = q. \qquad (1.10)$$

Demak, eguvchi momentdan abssissa o’qi z bo’yicha olingan ikkinchi tartibli hosila yoyilgan kuch intensivligiga teng.

Eguvchi moment va ko’ndalang kuch epyuralarini qurish

Tashqi kuchlar ta’sirida bo’lgan to’sinni mustahkamlikka hisoblash uchun, uning uzunligi bo’yicha kesimlarida hosil bo’ladigan ichki kuchlarning o’zgarish qonuni bilish lozim. Ichki kuchlarning o’zgarish qonunini analitik bog’lanish ko’rinishida ifodalash yoki uni *epyura* deb ataluvchi maxsus grafik ko’rinishida tasvirlash ham mumkin.

Eguvchi momentning to’sin uzunligi bo’yicha o’zgarish qonunini tasvirlovchi grafika *eguvchi moment epyurasi* deb ataladi.

Ko’ndalang kuchning yoki bo’ylama kuchning to’sin uzunligi bo’yicha o’zgarish qonunini tasvirlovchi grafikka *ko’ndalang kuch yoki bo’ylama kuch epyurasi* deb ataladi. Epyura ordinatalari tegishli kesimdagi eguvchi moment, ko’ndalang kuch yoki bo’ylama kuch qiymatlarini bildiradi.

Eguvchi moment, ko’ndalang kuch va bo’ylama kuchlarning epyuralarini qurishdan maqsad:

1)Eng katta eguvchi moment, ko’ndalang kuch va bo’ylama kuchlar qiymatlarini xatosiz aniqlash;

2) Eguvchi moment, ko’ndalang kuch va bo’ylama kuchlarni to’sin uzunligi bo’yicha o’zgarishi qonunini taxlil qilish.

To’singa faqat vertikal kuchlar ta’sir etsa, bo’ylama kuch nolga teng bo’ldi. Unda to’sin uchun eguvchi moment va ko’ndalang kuch epyuralari quriladi.

Kelgusida to’sinlarni hisoblash masalalarini hal qilishda eguvchi moment va ko’ndalang kuch epyuralarni qurish quyidagi tartibda bajarish tavsiya etiladi:

1) to'sin uchun tuzilgan statik muvozanat tenglamalaridan tayanch reaksiya kuchlari aniqlanadi va ularning to'g'ri topilganligi tekshirib ko'riladi;

2) to'singa tegishli oraliqlar aniqlanadi va ular tartib bilan to'sin uzunligi bo'yicha raqamlar orqali belgilanib, o'zgarish chegaralari ko'rsatiladi;

3) har bir oraliqning ixtiyoriy kesimi uchun ko'ndalang kuch va eguvchi momentlar (2.3-§ paragrafda qabul qilgan ishoralarni e'tiborga olib) anilitik ifodalari (1.5), (1.6) formulalar asosida yoziladi;

4) har bir oraliqdagi ko'ndalang kuch va eguvchi moment ifodalari tarkibidagi o'zgaruvchiga oraliq boshidagi va oxiridagi qiymatlar berilib, ko'ndalang kuch va eguvchi momentlarning tegishli qiymatlari aniqlanadi;

5) eguvchi moment epyuralarini qurish uchun to'sin o'qi (abssissa) ga paralel bo'lgan sanoq chizig'i (nol chizig'i) olinadi va to'sin cho'zilgan tolalari tomoniga eguvchi momentning musbat qiymatlari, siqilgan tolalari tomoniga manfiy qiymatlari sanoq chizig'iga perpendikulyar ravishda oraliq boshidagi va oxiridagi aniqlangan qiymatlar biror masshtabda o'lchab qo'yilib, ular chiziqlar bilan tutashtiriladi;

6) ko'ndalang kuch epyuralarini qurish uchun to'sin o'qi (abssissa) ga paralel bo'lgan sanoq chizig'i (nol chizig'i) olinadi va ko'ndalang kuchning musbat qiymatlarini sanoq chizig'i ustiga, manfiy qiymatlari esa sanoq chizig'i pastki tomoniga perpendikulyar ravishda oraliq boshidagi va oxiridagi aniqlangan qiymatlar biror masshtabda o'lchab qo'yilib, ular chiziqlar bilan tutashtiriladi;

7) qurilgan epyuralar sanoq chizig'iga perpendikulyar chiziqlar bilan shtrixlanadi.

Bu tavsiyalardan tashqari eguvchi moment, ko'ndalang kuch epyuralarini qurishda Juravskiy teoremalaridan kelib chiqadigan xulosalardan foydalaniladi.

I.Eguvchi moment, ko'ndalang kuch epyuralarini qurish qoidalari:

1.Differensial $\frac{dM_x}{dz} = Q_y$ bog'lanishning geometrik ma'nosi shuki, u eguvchi moment epyurasini chegaralovchi egri chiziqqa o'tkazilgan urinma bilan abssissa o'qi orasidagi burchak tangensini ifodalagani uchun noldan katta, ya'ni $Q_y = tg\alpha > 0$ bo'lgan oraliqda eguvchi moment o'suvchi, aks holda, ya'ni $Q_y = tg\alpha < 0$ bo'lganda kamayuvchi bo'ladi.

17-Mavzu: **MURAKKAB QARSHILIK**.

Reja:

1.Asosiyy tushinchalar.
3.qiyshiq egilish va qiyshiq egilishda deformasiya.
4.Cho'zilish bilan egilishning birgalikdagi ta'siri.
5.Markaziy bo'lmagan siqilish yoki cho'zilish.
6.Kesim yadrosi.

Murakkab qarshilak deganda ikki yoki undan ortiq deformasiyani birgalikda uchrashi tushuniladi.

Masalan: Egilish bilan buralish, cho'zilish bilan egilish, qiyshiq egilish va markazlashmagan siqilish.

Bunday masalalar quyidagi tartibda yechiladi:

Ichki kuchlar kesish usuli orqali aniqlanadi, so'ng xavfli kesimni topishga imkon beruvchi epyuralar chiziladi va xavfli kesim aniqlanadi.

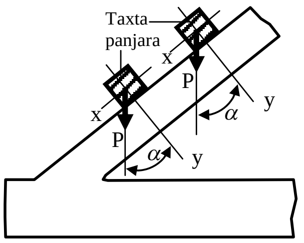
Xavfli kesimda kuchlanishlar tarqalish xarakteriga qarab turib (har bir ichki kuch faktoridan alohida) xavfli nuqta topiladi, ya'ni har qaysi zo'riqish kuchidan σ va τ lar topiladi va shu xavfli kesim uchun xavfli nuqta belgilanib shu nuqta uchun mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$\sigma_r \leq [\sigma]$ (24.1)

bu yerda σ_r - keltirilgan kuchlanish u qaysi mustahkamlik nazariyasini qabul qilishimizga bog’liq bo’ladi.

3. Qiyshiq egilish

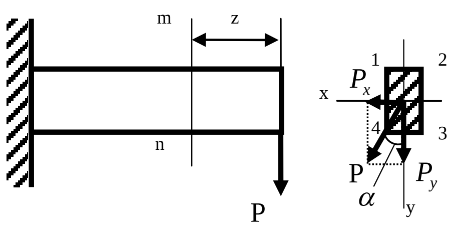
To’sin o’qiga tik yo’nalgan va bosh inersiya o’qlariga paralell tekisliklarda bo’lmagan kuchlar ta’sir ida hosil bo’ladigan egilish qiyshiq egilish deb ataladi.



2.чизма.

Bunda ixtiyoriy z kesimda hosil bo’ladigan eguvchi moment quyidagiga teng bo’ladi

M=R·z (24.2)



3-чизма.

R kuchini bosh inersiya o’qlariga paralel tekisliklardagi tashkil etuvchilari quyidagicha bo’ladi.

$$Px = P\sin\alpha$$

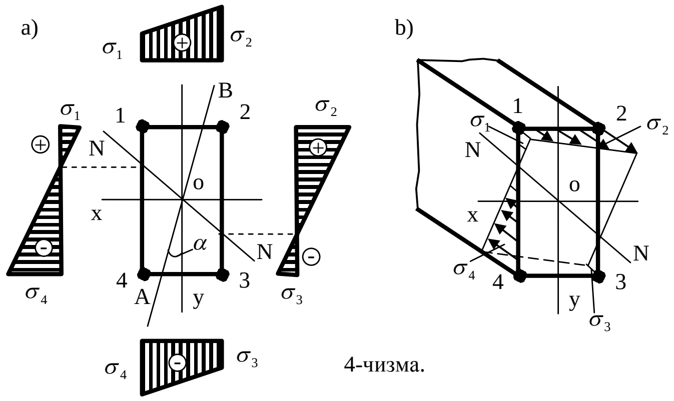
$$Py = P\cos\alpha \qquad (24.3)$$

u holda

$$Mx = Py \cdot Z = P \cdot Z\cos\alpha = M \cdot \cos\alpha$$

$$My = Px \cdot Z = P \cdot Z\sin\alpha = M \cdot \sin\alpha \qquad (24.4)$$

Mx va Mu lar to’sin bosh tekisliklariga ta’sir etayapti, bulardan hosil bo’ladigan kuchlanishlar quyidagicha bo’ladi.



4-чизма.

demak ixtiyoriy z kesmadagi kuchlanish 4 hisobga olgan xolda

$$\sigma = \sigma x + \sigma y \frac{Mx}{Jx} y + \frac{My}{Jy} x = \frac{M \cdot \cos\alpha}{Jx} y + \frac{M \cdot \sin\alpha}{Jy} x = M\left(\frac{y \cdot \cos\alpha}{Jx} + \frac{x \cdot \sin\alpha}{Jy}\right)$$

$$\sigma = M\left(\frac{y \cdot \cos\alpha}{Jx} + \frac{x \cdot \sin\alpha}{Jy}\right) \qquad (24.5)$$

bu yerda

x,u - lar ixtiyoriy A nuqtaning koordinatalari.

Bizga ma’lumki neytral o’qda kuchlanish “0”ga teng , u holda (11.5) da σ=0 deb neytral chiziq xolatini aniqlash mumkin neytral chiziq koordinatalarini X_N va Y_N deb belgilaymiz.

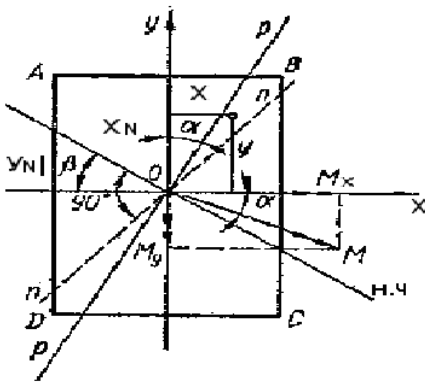
$$\sigma_\kappa = M\left(\frac{y_N \cos\alpha}{Jx} + \frac{X_N \sin\alpha}{Jy}\right) = 0 \qquad (24.6)$$

(24.6) da M≠0, u holda

$$\frac{y_N \cos\alpha}{Jx} + \frac{X_N \sin\alpha}{Jy} = 0 \qquad (24.7)$$

bo’lishi kerak.

Shakldan



24.5. shkal

$$tg\beta = \frac{y_N}{X_N} \qquad (24.8)$$

(24.7) dan quyidagiga ega bo’lamiz.

$$tg\alpha = -\frac{Jx}{Jy} tg\beta \qquad (24.9)$$

(24.9) dan ko’rinadiki neytral chiziq xolati kesim yuzasi shakliga bog’liq ekan.

Neytral chiziq kuch tekisligi bilan Jx≠Jy xolatida bo’lmas ekan. Jx≠Jy α=φ bo’lib kvadrat, doira shaklda qiyshiq egilish bo’lmaydi. Maksimal kuchlanish:

$$\sigma_{\max} = M\left(\frac{\cos\alpha}{Jx} \cdot J_{\max} + \frac{\sin\alpha}{Jy} X_{\max}\right) = M\left(\frac{\cos\alpha}{\frac{Jx}{Y_{\max}}} + \frac{\sin\alpha}{\frac{Jy}{X_{\max}}}\right) = M\left(\frac{\cos\alpha}{\omega_x} + \frac{\sin\alpha}{\omega_y}\right)$$

demak:

$$\sigma_{\max} = M\left(\frac{\cos\alpha}{W_x} + \frac{\sin\alpha}{W_y}\right) \qquad (24.10)$$

(24.10) da

$$W_x = \frac{Jx}{Y_{\max}}; \quad W_y = \frac{Jy}{X_{\max}} \qquad (24.11)$$

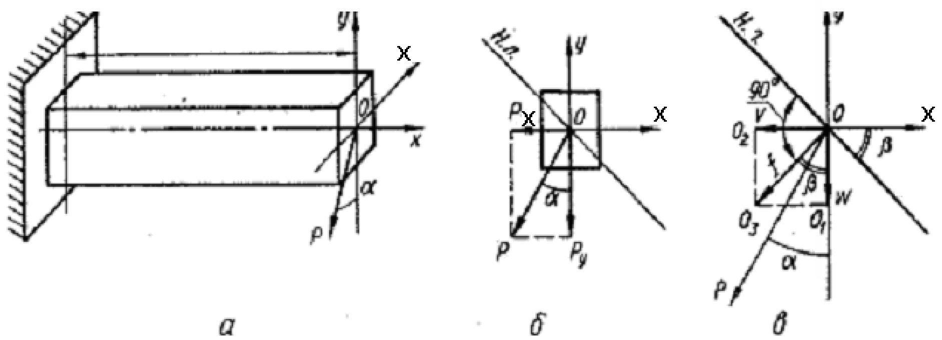
kesim qarshilik momentlaridir.

X_{max}, u_{max} – lar Neytral chiziqdan eng uzoqdagi masofalar, u holda qiyshiq egilishda mustahkamlik sharti quyidagicha bo'ladi.

$$\sigma_{\max} = \pm M_{\max}\left(\frac{\cos\alpha}{W_x} + \frac{\sin\alpha}{W_y}\right) \le [\sigma]$$

$$\sigma_{\max} = \left(\frac{Mx}{W_x} + \frac{My}{W_y}\right) \le [\sigma] \qquad (24.12)$$

Qiyshiq egilishda deformasiyani aniqlash.



24.6. shakl

$$f_{\max} = \frac{P\ell^3}{3EJ} \qquad f_{\max} = \sqrt{y^2{}_{\max} + x_{\max}}$$

$$y_{\max} = \frac{P\ell^3}{3EJx} = \frac{P\cos\alpha\ell^3}{36Jx} \qquad x_{\max} = \frac{P\ell^3}{3EJy} = \frac{P\cos\alpha\ell^3}{36Jy}$$

u holda

$$tg\beta = \frac{x_{\max}}{y_{\max}} = \frac{P\sin\alpha\ell^3}{36EJy}\cdot\frac{36EJx}{P\cos\alpha\ell^3} = -\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}\cdot\frac{Jx}{Jy} = -tg\alpha\frac{Jx}{Jy} \qquad (24.13)$$

Olingan (24.13) formula (24.9) ga o'xshashdir

$$tg\beta = \frac{Jx}{Jy}tg\alpha \qquad (24.14)$$

bundan β=φ ekanligi kelib chiqadi. Demak salqilik yo'nalishi doimo neytral chiziqqa perpendikulyar bo'ladi.

Bundan kuch yo'nalishi bilan salqilik yo'nalishi mos kelmaydi, demak bunday egilish qiyshiq egilish deyiladi.

Xususiy xollar 1) Jx=Jy – kesimlar (doira, kvadrat) (24.14) ga asosan.

tgβ=1·tgα β=α

Kuch yo'nalishi bilan salqilik yo'nalishi ustma-ust tushadi, bu holda hyech qachon qiyshiq egilish sodir bo'lmaydi. Demak Jx=Jy – qiyshiq egilish bo'lmaydi juda ham balandligi katta bo'lgan to'sin larda Jx>>Jy β va α orasidagi farq katta bo'ladi. Shuning uchun ularda doimo qiyshiq egilish sodir bo'ladi.

Markazlashmagan siqilish. Umumiy tushunchalar.

Bunday holdagi deformasiyada tashqi kuchlarni teng ta'sir etuvchi sterjen bo'ylama o'qi bilan ustma ust tushmaydi, Z o'qiga paralell holda siljigan bo'ladi.

Aytaylik siquvchi kuch R,AA ga paralell 100 chiziq bo’yicha ta’sir etadi deylik. (12.1-shakl,a) O nuqtadan A kuch ta’sir etayotgan nuqtagacha bo’lgan (OA)-ekssentriyent deb yuritiladi.

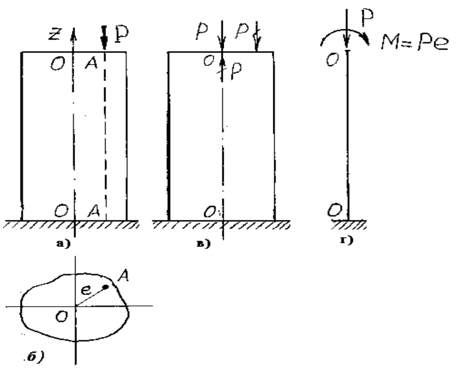
ye=Oa

Kuchni kesim og’irlik markaziga ko’chirsak (10.1-shakl,v)markazlashmagan siqilish: markaziy siqilish bilan sof qiyshiq egilishdan iborat bo’ladi.

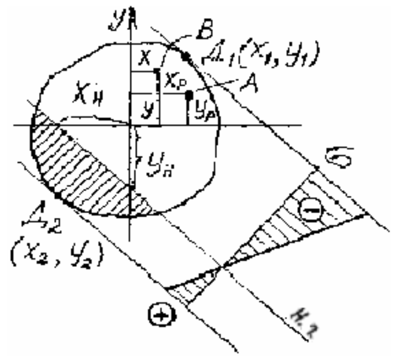
Markazlashmagan cho’zilish, siqilishda kuchlanishlarni aniqlash.

Ihtiyoriy kesimni tekshiramiz.(12.2-shakl) OX va OU o’qidagi bosh o’qlar bo’lsin. A nuqtadagi koordinatalari Xr,Ur ga teng. V nuqtani X,U koordinatalar o’qiga nisbatan yo’nalishida aniqlaymiz. Ko’ndalang kesimda ta’sir etuvchi ichki kuch faktorlari quyidagilardan iborat.

N=-P ; Mx=-R ur; Mu=-R xr.



24.7 -shakl



24.8 -shakl

U holda ihtiyoriy V nuqtadagi kuchlanish quyidagiga teng bo’ladi.

$$\sigma = \frac{P}{F} - \frac{Py_P \cdot y}{Ix} - \frac{Px_p \cdot x}{Iy} \qquad (24.15)$$

Bosh inersiya momentlarni inersiya radiuslari orqali ifodalasak

Ix=F i x2 ; Iy=F i u2.

U holda $$\sigma = -\frac{P}{F}\left(1 + \frac{y_p y}{i_x^2} + \frac{x_p x}{i_y^2}\right) \qquad (24.16)$$

Neytral o’q holatini aniqlash.

Maksimal kuchlanishlarni $\sigma_{\max}$ -ni aniqlash uchun neytral o’q holatini aniqlamiz. $\sigma = 0$ da; $-\mathrm{P}/F \neq 0$

U holda $$1 + \frac{y_p y}{i_x^2} + \frac{x_p x}{i_y^2} = 0 \qquad (24.17)$$

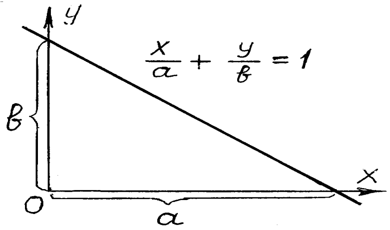
Bu yerda X0,U0- neytral chiziq koordinatalari (24.16)dan XN,=0,UN=0 bundan neytral o’qni og’irlik markazidan o’tmasligi kelib chiqadi(24.17) ifodani koordinata o’qlaridan ajratgan kesmalarini aniqlash formulasi sifatida qo’llash qulaydir (24.18-shakl)(24.19)ni quyidagicha ifodalaymiz.

$$x_0 \quad + y_0 \quad = 1$$

$$-\frac{i_y^2}{x_p} \quad -\frac{i_x^2}{y_p}$$

Bunda quyidagicha belgilar kiritamiz.

$$\left.\begin{aligned} x_{н} &= -\frac{i_y^2}{x_p}; \\ y_{н} &= -\frac{i_x^2}{y_p}; \end{aligned}\right\} (12.4)$$



24.9-shakl

Bu yerda xN,uN-neytral chiziqni x,u o'qlaridan ajratgan kesmalari. U holda neytral chiziq tenglamasi (24.20) hisobga olgan holda quyidagicha ko'rinishga keladi.

$$\frac{x_0}{x_н} + \frac{y_0}{y_н} = 1. \qquad (24.21)$$

(24.21) dagi xN,uN larni manfiy ishoralari shuni ko'rsatadiki neytral chiziqni og'irlik markazidan R kuch qo'yilgan A nuqtaga nisbatan qarama qarshi tomonla joylashishini bildiradi. Neytral chiziq kesimni cho'zilgan va siqilgan sohalarga ajratadi 24.9-shaklda cho'zilgan soha shtrixlangan. Kesim konturiga urinma o'tkazib D1 va D2 nuqtalarni hosil qilamiz. Qaysiki bu nuqtalarda kuchlanishlar eng katta qiymatlarga erishdi. Bu nuqtalar koordinatalari x1,2 va y1,2 larni (24.1) yoki (24.2)ga qo'yib mustahkamlik shartini quyidagicha hosil qilamiz.

$$|\sigma_{\max}| = \frac{P}{F} + \frac{P y_p y_{1,2}}{Ix} + \frac{P x_p x_{1,2}}{Iy} \le [\sigma] \qquad (24.22)$$

Simetrik kesimlar (to'rtburchak, qo'shtavr va boshqa) da xar ikki o'qlar simetriya o'qlari hisoblanadi. Bunday kesimlar uchun u1.2=umax va x1,2=xmax. bo'ladi. Bunday holda (24.6) soddallashib quyidagicha ko'rinishga keladi.

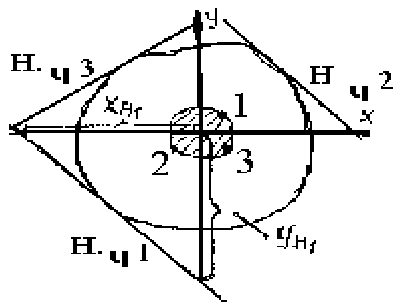
$$|\sigma_{\max}| = P\left[\frac{1}{F} + \frac{y_p}{W_x} + \frac{x_p}{W_y}\right] \le [\sigma] \qquad (24.23)$$

Agar brus materiali cho'zilish va siqilishga xar hil qarshilik ko'rsatuvchi materialdan iborat bo'lsa, cho'zilish va siqilishga alohida (24.7) ga asosan mustahkamlikka tekshirilib ko'riladi. (24.4) dan ko'rinadiki $x_r=0$, $u_r=0$ da markaziy siqilish qosil bo'lib neytral chiziq cheksizlikdan o'tadi. x_r , u_r larni ortira borib x_N va u_N larni kamaytira boramiz va u kesm markazga yaqinlasha boradi. Bundan ko'rinadiki markazlashmagan siqilish yoki cho'zilishda neytral o'q kesimni kesib o'tib uni ichidan o'tar ekan. Bu holda ko'ndalang kesmada cho'zuvchi va siquvchi kuchlanishlar hosil bo'ladi, $x_r=0$, $u_r=0$ da bir xil ishorali kuchlanishlar hosil bo'lar ekan.

Kesim yadrosi

Cho'zilishdagi deformasiyasiga yomon qarshilik ko'rsatuvchi materiallar (masalan: beton,g'isht,tosh,sopol) ni ishlatishda shunga ahamiyat qilish kerakki uning xamma kesimlari faqat siqilishga ishlasin. Buning uchun siquvchi kuchni kesim markazidan uzoqlashtirilishiga xarakat qilish kerak ya'ni ekssentrisitetni kattalashtirishga yo'l qo'ymaslik kerak.

Kesim og'irlik markazidagi, qaysiki uning ichiga R kuch qo'yilsa ko'ndalang kesimda faqat bir xil ishorali kuchlanishlar hosil bo'ladi.



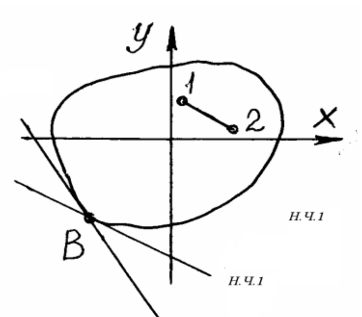
24.10 - shakl

Bu soxa kesim yadrosi deb yuritiladi. Kesim yadrosini qurish uchun kesimga urinib o'tuvchi bir necha neytral o'qlarni holatini berish kerak (24.4 shakl) va ularga asosan x va u koordinata o'qlaridan neytral x_N va u_N ajratgan kesmalarni aniqlash kerak so'ngra (24.4) formula asosida. x_r, u_r kuch qo'yilgan nuqta koordinatalari (kesim yadrosi konturi) aniqlanadi.

Kesim yadrosini qurishni osonlashtirish maqsadida neytral chiziqni quyidagi xususiyatlaridan foydalanamiz. Konturni biror qo'zg'almas nuqtasidagi neytral chiziqni aylantirsak kuch qo'yilgan qutb nuqtalari 24.10 shaklda ko'rsatilgan chiziq yo'nalishida o'zgarar ekan.

$$\left.\begin{aligned} x_P &= -\frac{i_y^2}{x_H}; \\ y_P &= -\frac{i_x^2}{y_H}; \end{aligned}\right\} \qquad (24.23)$$

Buni tasdiqlash uchun 24.3 formuladagi x_0, u_0 lar o'rniga V nuqta koordinatalarini qo'yamiz. $a = \frac{y_в}{i_x^2}$ $в = \frac{x_в}{i_y^2}$ deb belgilab quyidagini hosil qilamiz. $1+au_r+vx_r=0$, R (x_r i u_r). Kuch qo'yilgan nuqtaga nisbatan tekislikdagi to'g'ri chiziqni tenglamasini ifodalaydi.



24.11- shakl

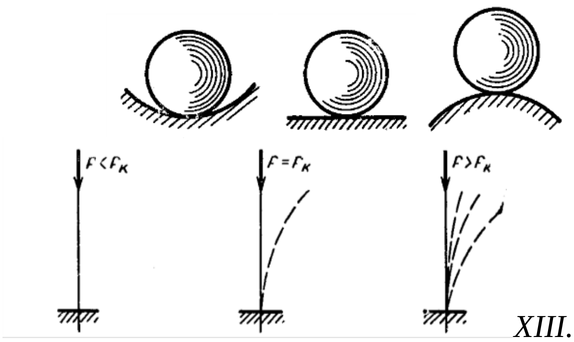
18-Mavzu: BO'YLAMA EGILISH

Reja:

1. *Muvozanatning ustivor va noustivor shakllari to'g'risida tushuncha;*
2. *Bo'ylama egilish. Markaziy qisilgan sterjen uchun kritik kuchni aniqlash. Eyler formulasi;*
3. *Eyler formulasidan foydalanish chegaralari. Yassinskiy formulalari;*
4. *Sterjenning egiluvchanligi. Markaziy qisilgan sterjenlarni ustivorlikka hisoblash.*

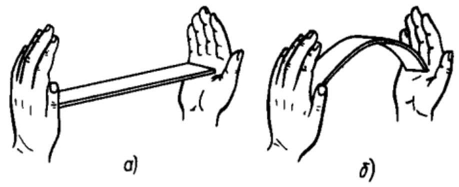
Nazariy mexanika kursidan ma'lumki, absolyut qattiq jismlarning muvozanat holati uch xil bo'ladi: ustivor, befarq va noustivor. Masalan, botik sirtda yotgan sharning muvozanati ustivor bo'ladi. Agar shar bir oz qo'zg'atilsa, u yana o'zining avvalgi holatiga qaytib keladi (*XIII.1*-shakl,*a*). Gorizontal tekislikda yotgan sharning muvozanati befarq bo'ladi, chunki sharni tekislikning har bir no'qtasiga ko'ysak ham shu joyda turib qola beradi (*XIII.1*- shakl, *b*). Nihoyat qavariq sirt stida turgan sharning muvozanat holati 5ustivor (turg'o'n) bo'lmaydi

(*XIII.1*- shakl,*v*). Shunga o’xshash misollarni deformasiyalanuvchi jismlar sohasida ham keltirish mumkin.



XIII.1- shakl

Absolyut qattiq jismlar mexanikasining masalalari shu bilan xarakterliki, qattiq jismlarning ustivorligi unga ta’sir qilgan kuchga bog’liq bo’lmaydi. Masalan, yuqorida tekshirilgan misolda sharning ustivorligi uning og’irligiga bog’liq emas. Materiallar qarshiligidagi, ya’ni deformasiyalanuvchi jismlar mexanizmida esa konstruksiya qismlariga ta’sir qilgan kuchlarning qiymatiga qarab ustivorlikning muvozanat turini belgilash asosiy omillardan hisoblanadi.



XIII.2- shakl

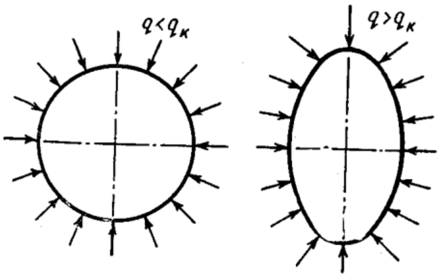
To’g’ri chiziqli uzun va ingichka sterjen ko’ndalang kesimining markaziga qisuvchi kuch qo’yilgan bo’lsin (*XIII.1*- shakl,*g*). Agar sterjenni ko’ndalang kuch yoki barmoq bilan yon tomonga to’rtib yuborsak, u o’zining ilgarigi to’g’ri chiziqli muvozanat holiga darhol qaytadi. Demak, sterjenning kuchni sekin-asta oshira borsak, uning to’g’ri chiziqli muvozanat holatiga qaytish muddati kamaya boradi. Shunga qaramasdan sterjenning to’g’ri chiziqli muvozanat holati hamon ustivorligicha qoladi. Qisuvchi kuchni yana oshirsak, nihoyat uning biror qiymatini topamizki, uning bu qiymatida ko’ndalang kuch bilan to’rtib egilgan sterjen o’zining avvalgi to’g’ri chiziqli muvozanat holatiga qaytmasdan, yangi egri chiziqli shakliga kiradi va uning bu shakli ustivor bo’lib qoladi (*XIII.1*- shakl, *d*). Agar sterjenni to’g’rilab ko’ysak, u o’zining avvalgi to’g’ri chiziqli muvozanat holatiga qaytib, bu holatda ustivor bo’lib qola oladi, qisuvchi kuchni endi orttirib bo’lmaydi, mabodo salgina orttirilsa ham sterjen butunlay egilib, ustivorligini yo’qotadi (*XIII.1*-shakl, *e*).

Shunday qilib, sterjenning ham to’g’ri chiziqli, ham egri chiziqli muvozanat holatlari ustivor bo’lgan vaqtga to’g’ri kelgan qisuvchi kuch *kritik kuch* deyiladi.

Kuch kritik qiymatga erishganda sterjenning to’g’ri chiziqli hamda egri chiziqli muvozanat holati ustivor bo’lib, bunday holat *befarq holat* deyiladi va sterjen tashqi sababsiz o’z-o’zidan egiladi.

Sterjenlarning to’g’ri chiziqli muvozanat holatidagi ustivorligini yuqotishi tufayli egilish *bo’ylama egilish* deyiladi.

Shunday qilib, qisuvchi kuch kritik qiymatga yotmaganda sterjen faqat sof qisilishga va kritik qiymatga ortganidan keyin sterjen qisilish bilan egilishga qarshilik ko’rsatadi. Qisuvchi kuch kritik kuchdan salgina ortgandan keyin sterjenning egilishi usishda davom etib, oxiri yemirilishi ham mumkin. Shuning uchun amaliy no’qtai nazardan kritik kuch yemiruvchi sifatida olinadi. Kritik kuch F_k bilan belgilanadi. Kritik kuch ta’sirida elastik muvozanat ustivorligini yuqotish faqat qisilgan sterjenlargagina xos bo’lmay, balki konstruksiyaning boshqa xildagi elementlarida ham uchraydi. Masalan, radial yo’nalgan kuchlar ta’sirida qisilgan halqa yoki qobiqlar *XIII.3* - shakl, *a*, *b* da ko’rsatilgan shaklga o’tishi mumkin. Uning tashqi kuchga qarshilik qilish xarakteri tubdan o'zgaradi. Qisuvchi kuch kritik kuchga yotmaganda halqa faqat qisilishga qarshilik ko'rsatsa, u kritik qiymatga yotganda halqa qisilish bilan egilishga qarshilik ko'rsatadi.

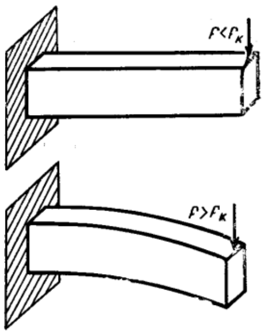


XIII.3- shakl

To'g'ri va tekis egilishga qarshilik ko'rsatuvchi to'g'ri to'rtburchak kesimli yupka konsol (*XIII.4* -shakl,*a*) kuch kritik qiymatga yotgandan keyin egilish bilan buralishga qarshilik ko'rsatadi (*XIII.4* -shakl, *b*).

Shunday qilib, ustivorlik uchun hisoblanadigan hamma masalalar kuch kritik qiymatga erishganda konstruksiya elementlarining deformasiyasining xarakteri sifat jihatdan o'zgaradi. Demak, konstruksiya elementlarini ustivorlikka hisoblash degan so'z, bu elementlarni avvalgi ustivor shaklining saqlanishini ta'minlash demakdir.

Yuqorida aytilganlardan bunday xulosa kelib chiqadi: qisilgan sterjenning o'lchamlari shu sterjen materialining xarakteristikalari va unga ta'sir qiluvchi kuch va boshqalar orasida shunday munosabatlarni topish kerakki, toki qisilgan sterjenning bo'ylama egilish xavfsizligi ta'minlansin. Demak, sterjenga qo'yilgan qisuvchi kuch kritik kuchdan bir necha marta kichik bo'lishi kerak.



XIII.4- shakl

Qisilgan sterjenlar xavfsiz ishlashi uchun albatta ruxsat etilgan kuch shubxasiz kritik kuchdan anchagina kichik bo'lishi kerak:

$$[F] = \frac{F_k}{n_y}, \qquad (XIII.1)$$

bunda n_y - ustivorlikning extiyot koeffisiyenti.

Odatda ustivorlik uchun qabul qilinadigan extiyot koeffisiyenti mustahkamlik uchun qabul qilinadigan extiyot koeffisiyentidan kattarok olinadi, chunki bu holda bir qancha qo'shimcha noqo'layliklar: sterjenning boshlang'ich davridagi egriligi, kuchning ekssentrik ta'siri kabi va boshqalar e'tiborga olinadi.

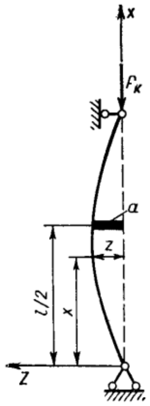
Kritik kuchni aniqlash, eyler formulasi. Yuqorida bayon qilganimizdek, ustivorlik masalasi amalda ko'p uchrab turadigan hollardandir. Bu masalani hal qilish uchun kritik kuchni topish juda ham zarur. Markaziy qisilgan va egiluvchi sterjenlarning kritik kuchini topish masalasini birinchi marta L.Eyler nazariy hal qilgan edi.

Ikki uchi bilan sharnir yordamida mahkamlangan sterjenni olamiz (*XIII.5* - shakl). Bu sterjen markaziy qo'yilgan F kuch bilan qisilgan va bu kuch ta'siridan sterjen o'zining kichik bikrlik tekisligida juda ham oz egilgan bo'lsin. Bu holda qisuvchi F kuch o'zining kritik qiymatiga yotgan bo'ladi, shu tufayli sterjen egri chiziqli muvozanat holatida yotadi. Shunday qilib, sterjenning deformasiyalangan holatini tekshiramiz.

Pastki sharnirli tayanchdan z masofada turgan no'qta (kesim) uchun qo'yidagi tenglamani yozish mumkin: $M_x = F_k z$, *(XIII.2)*

Bu sterjenning elastik chizig'ining differensial tenglamasini yozamiz, buning uchun ko'ndalang egilishdagi elastik chiziqning differensial tenglamasidan foydalanamiz:

$EJ_y z'' = -M$, *(XIII.3)*



XIII.5- shakl

XIII.5- shaklda tanlangan koordinatalar sistemasiga asosan (*XIII.3)* formulaning o'ng tomoniga minus ishorasini, J_y o'rniga J_{min} ni olish kerak, chunki bo'ylama egilishda sterjenlar hamma vaqt kichik bikrlik tekisligida egiladi. Demak, (*XIII.2)* ni (*XIII.3)* tenglamaga qo'yib qo'yidagini hosil qilamiz: $EJ_{\min} z'' = -F_k \cdot z$, *(XIII.4)*

Agar ushbu $k^2 = \dfrac{F_k}{EJ_{\min}}$. *(XIII.5)*

belgilanishni qabul qilsak, (*XIII.4)* tenglamani qo'yidagicha yozish mumkin:

$z'' + k^2 z = 0.$ *(XIII.6)*

Bu differensial tenglamaning umumiy integrali bizga ma'lum bo'lgan qo'yidagi ifoda bilan aniqlanadi: $z = C_1 \sin kx + C_2 \cos kx$ (*XIII.7)*

Bu ifodaga kirgan ixtiyoriy o'zgarmas C_1 va C_2 larni sterjen uchlarining mahkamlanish shartlaridan aniqlaymiz: $x = 0$ bo'lganda $z = C_1 0 + C_2 = 0$, *(XIII.8)*

Va $x = l$ bo'lganda $z = C_1 \sin kl + C_2 \cos kl = 0$, (*XIII.9)*

(*XIII.8)*dan $C_2 = 0$ hosil bo'ladi va (*XIII.7)* tenglama qo'yidagi ko'rinishga keladi:

$z = C_1 \sin kx$. *(XIII.10)*

(*XIII.9)*dan $C_1 \sin kl = 0$, *(XIII.11)*

hosil bo'ladi. Bu tenglamada ikki hol bo'lishi mumkin $C_1 = 0$ yoki $\sin kl = 0$. Birinchi holda (*XIII.10)* ga asosan $z = 0$ bo'lib, sterjenning to'g'ri chiziqli muvozanat holiga to'g'ri keladi. Bu esa masalani qo'yilishiga ziddir. Demak, sterjenning egilgan shaklining muvozanatiga to'g'ri kelgan hol qo'yidagicha ifodalanadi:

$\sin kl = 0$, *(XIII.12)*

Bundan sterjenning kritik holatiga xos bo'lgan shartlar kelib chiqadi.

$kl = n\pi$. yoki $k = \dfrac{n\pi}{l}(n = 1,2,3,...)$. *(XIII.13)*

Sterjenning egilgan o'qining tenglamasi qo'yidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$z = C_1 \sin \dfrac{n\pi}{l} x$, *(XIII.14)*

(*XIII.5)* va (*XIII.13)* formulalarga asosan kritik kuchning qiymati qo'yidagicha yoziladi:

$$F_k = EJ_{\min} k^2 = \frac{n^2\pi^2}{l^2} EJ_{\min}, \qquad (XIII.15)$$

Agar $n = 1$ bo'lsa, kritik kuchning qiymati barcha kritik kuchlar orasidan eng kichik bo'lib, bu amaliy ahamiyatga ega: $F_k = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{l^2}$, (*XIII.16)*

Bu holda sterjenning elastik chizig'i tenglamasi shunday yoziladi:

$$z = C_1 \sin\frac{\pi}{l} x, \qquad (XIII.17)$$

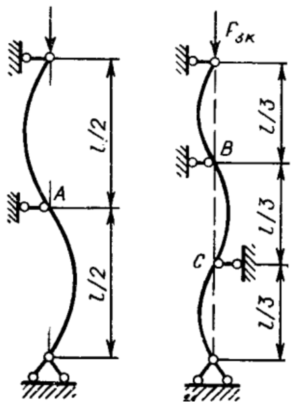
Demak, bu holda sterjenning egilgan o'qi bir to'lqinli sinusoida chizig'idan iboratdir. (*XIII.16)* formula *Eyler formulasi* deyiladi.

Agar $x = \frac{l}{2}$ bo'lsa (*XIII.17)*formuladan, $C_1 = z_{\frac{l}{2}} = a$ bo'ladi (*XIII.6* - shakl) va (*XIII.17)* formula bunday yoziladi: $z = a\sin\frac{\pi}{l} x$, (*XIII.18)*

Demak, C_1 egilgan sterjenning o'rtasiga to'g'ri kelgan maksimal solqilikdan iboratdir.

Agar $n = 2$ va $n = 3$ bo'lsa, sterjen ikki va uch to'lqinli sinosoida bo'yicha egiladi (*XIII.6*- shakl, *a, b*) va kritik kuchlarning qiymatlari qo'yidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$F_{2,\kappa} = \frac{4\cdot\pi^2 EJ_{\min}}{l^2}, \qquad z = a\cdot\sin 2\frac{\pi}{l} x \qquad (XIII.19)$$



XIII.6- shakl

$$F_{3,\kappa} = \frac{9\cdot\pi^2 EJ_{\min}}{l^2}, \qquad z = a\cdot\sin 3\frac{\pi}{l} x$$

Umuman aytganda, sterjen uchlari biz tekshirgan holdan boshqacha mahkamlangan bo'lsa, shu hollar uchun ham tegishli differensial tenglamalar tuzib, kritik kuchning qiymatlarini topish mumkin.

Sterjenlarning uchlari qanday mahkamlangan bo'lmasin, kritik kuchning umumiy ifodasi qo'yidagicha yoziladi:

$$F_k = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(\mu l)^2}, \qquad (XIII.20)$$

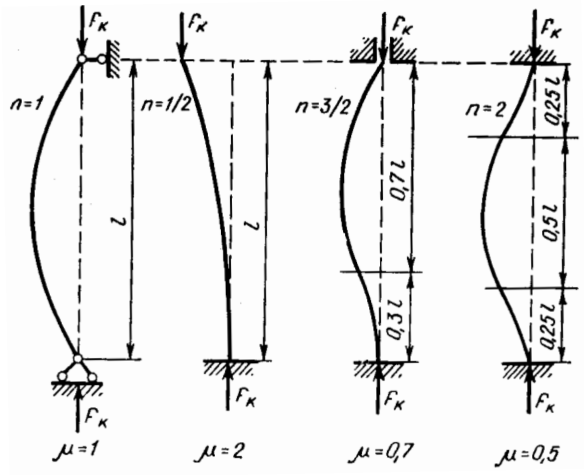
Agar sterjen tekshirganimizdek, F kuch bilan yuklangan bo'lsa va uning uchlari *XIII.7*-shakl, *a, b, v, g* da ko'rsatilgandek mahkamlangan bo'lsa, $\mu = \frac{1}{n}$ bo'ladi, bunda n - sterjenning butun uzunligi davomida hosil bo'lgan sinusoida yarim to'lqinlari soni. Bu bog'lanish (*XIII.15)* va (*XIII.20)* formulalarni solishtirishdan hosil bo'ladi: $n^2 = \frac{1}{\mu^2}$ yoki

$$n = \frac{1}{\mu}, \qquad (XIII.21)$$

XVI.7- shaklda ko’rsatilgan sterjen uchlarining mahkamlanish hollari uchun qo’yidagilarni olamiz:

1 – h o l. Ikki uchi sharnirlar vositasida mahkamlangan bo’lsin (*XIII.7*- shakl, *a*):

$$n = 1; \qquad \mu = 1; \qquad F_k = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{l^2}; \qquad z = a \cdot \sin\frac{\pi}{l}x, \qquad (XIII.22)$$



XIII.7- shakl

2- h o l. Bir uchi qistirib mahkamlangan, ikkinchi uchi erkin bo’lsin (*XIII.7*- shakl, *b*):

$$n = \frac{1}{2}; \qquad \mu = 2 \qquad F_k = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(2l)^2}, \qquad (XIII.23)$$

3- h o l. Bir uchi bilan qistirib va ikkinchi uchi sharnir vositasida mahkamlangan bo’lsin (*XIII.7*- shakl, *v*):

$$n = \frac{3}{2}; \qquad \mu = \frac{2}{3} \cong 0{,}7; \quad F_k = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(0{,}7l)^2},$$

(*XIII.24)*

4- h o l. Ikki uchi bilan qistirib mahkamlangan bo’lsin (*XIII.7* -shakl, *g*):

$$n = 2; \qquad \mu = \frac{1}{2}; \quad F_k = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(0{,}5l)^2}, \qquad (XIII.25)$$

Yuqoridagilarni hisobga olib, kritik kuch formulasini hamma hol uchun bitta qilib yozish mumkin:

$$F_k = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{\mu l} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(l_{kel})^2}, \qquad (XIII.26)$$

bunda $l_{kel} = \mu l$ keltirilgan yoki erkin uzunlik. Bu uzunlikka sinusoidaning bitta yarim to’lqini joylasha oladi;

μ - uzunlikning keltirish koeffisiyenti, bu koeffisiyenti sterjen uchlarining mahkamlanish usulini hisobga oladi.

Kritik kuchlanish va Eyler formulasini ishlatish chegarasi. Agar sterjenga ko’ndalang to’rtqilar ta’sir qilmasa, qisilgan sterjen kritik holatda ham o’zining to’g’ri chiziqli muvozanat holatini saqlaydi, shuning uchun kritik kuchlanishni qo’yidagi formuladan topsak bo’ladi:

$$\sigma_k = \frac{F_k}{A} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{l_{kel}^{\,2} \cdot A} = \frac{\pi^2 E r_{\min}^2}{l^2_{kel}} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{l_{kel}}{r_{\min}}\right)^2}, \qquad (XIII.27)$$

bunda $r_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}}$ - sterjen ko’ndalang kesimining minimal inersiya radiusi.

(*XIII.27)* formulaning maxrajidagi miqdorini λ bilan belgilaymiz va uni bunday yozamiz:

$$\lambda = \frac{l_{kel}}{r_{\min}} = \frac{\mu l}{r_{\min}}, \qquad (XIII.28)$$

λ - sterjenning egiluvchanligi deyiladi. (*XIII.28)* formulani nazarda tutib (*XIII.27)* ni bunday yozamiz: $$\sigma_k = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2},\qquad (XIII.29)$$

Eyler formulasidan hamma vaqt ham foydalanib bo'lavermaydi, chunki biz uni chiqarganda sterjen materiali elastik va undagi kuchlanish proprsionallik chegarasidan ortib ketmasligini e'tiborga olgan edik. Binobarin, Eyler formulasidan foydalanish uchun ushbu shart bajarilishi zarur:

$$\sigma_k = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \le \sigma_{p.ch},\qquad (XIII.30)$$

bunda σ_p - sterjen materialining proporsionallik chegarasi.

(*XIII.30)* formuladan egiluvchanlik λ ni topib, Eyler formulasini ishlatish chegarasini shu ko'rinishda olamiz: $$\lambda \ge \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{p.ch}}} = \pi\sqrt{\frac{E}{\sigma_{p.ch}}},\qquad (XIII.31)$$

Masalan, St.3 markali po'lat uchun $\sigma_{p.ch}$ *=200 MPa* bo'lsa, Eyler formulasini ishlatish chegarasi qo'yidagicha aniqlanadi: $$\lambda = \sqrt{\frac{(3{,}14)^2\, 2\cdot 10^{11}}{10^5\cdot 2000}} = 100,\qquad (XIII.32)$$

Demak, *St.3* markali po'latdan yasalgan sterjenlar uchun Eyler formulasi, eiguvchanlik *100* dan katta bo'lgandagina ishlatilishi mumkin ekan. Shunga o'xshash boshqa xildagi materiallar uchun ham Eyler formulasini ishlatish chegaralarini topish mumkin. Masalan, cho'yan uchun $\lambda \ge 80$ va yog'och uchun $\lambda \ge 100$.

Ko'pincha amalda egiluvchanlik yuqorida ko'rsatilgan chegaralardan kichik bo'lgan hollar uchrab turadi. Bunday hollarda Eyler formulasidan foydalanib bo'lmaydi, chunki kritik kuchlanish proporsionallik chegarasidan ortib ketib, Guk qonuni o'z kuchini yo'qotadi.

Bunday hollarda egiluvchanlik tadqiqotchilarning qilgan tajribalariga asoslanib topiladi, ko'pincha rus olimi F.S.Yasinskiy tomonidan berilgan ushbu emperik formuladan foydalaniladi:

$$\sigma_k = a - b\lambda,\qquad (XIII.33)$$

bunda a va b - materiallarning xossasiga bog'liq koeffisiyentlar, ular tajribalarga asoslanib topiladi. Masalan, *St. 3* markali po'lat uchun $40 \le \lambda \ge 100$ bo'lganda $a=3100\ 10^5$ *MPa* bo'ladi. $\lambda \le 40$ bo'lganda, ya'ni kalta sterjenlar faqat mustahkamlik uchungina hisoblanadi.

St.3 markali po'lat uchun kritik kuchlanishning to'la grafigi *XVI.7*-shaklda ko'rsatilgan (*XVI.29)* formulalarga asosan $100 \le \lambda \ge 200$ gacha bo'lgan uchastkada giperbola egri chizig'i hosil bo'ladi (λ *=100* bo'lganda σ =2000 10^5 *Mpa* va λ *=200* bo'lganda σ =500 10^5 *Mpa)*. Bu egri chiziq *Eyler giperbolasi* deyiladi (*XIII.7* -shakl).

Bu uchastkada katta egiluvchanlik kobiliyatiga ega bo'lgan sterjenlar uchun hisoblash zonasi hosil bo'ladi, bu zonada elastik egilish mavjud bo'ladi. Punktir chiziq bilan davom ettirilgan Eyler giperbolasi kritik uchun keragidan ortiqcha qiymat beradi; shuning uchun $\lambda \le 100$ bo'lganda kritik kuchni topish uchun Eyler formulasi yarmaydi.

O'rtacha egiluvchanlik kobiliyatiga ega bo'lgan sterjenlarni hisoblash zonasi, ya'ni $40 \le \lambda \ge 100$ bo'lgan chizilgan: bu Yasinskiy to'g'ri chizig'idir. Bu uchastkada sterjenlar elastik yoki plastik egilish holatida bo'ladi. $\lambda \le 40$ bo'lganda kritik kuchlanish grafigi gorizontal to'g'ri chiziqka yakin to'g'ri chiziq bo'lib, bunda kalta sterjenlarni hisoblash zonasi hosil bo'ladi. Demak, bu uchastkada oddiy qisilish mavjud bo'lib, xavfli holati qisuvchi kuchlanish oquvchanlik chegaraga yotganda ($\sigma = \sigma_{ok}$ da) hosil bo'ladi.

Qisilgan sterjenlarni amalda hisoblash usuli. Qisilgan sterjen tashqi qisuvchi kuchga yetarlicha qarshilik ko'rsata olishiga ishonish uchun qo'yidagi shartlar ta'minlangan bo'lishi kerak.

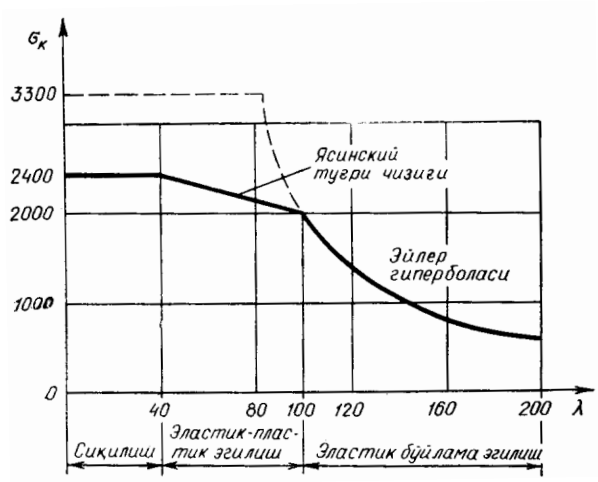
Mustahkamlik sharti: $\sigma = \frac{F}{A_{нет}} \le [\sigma]$, bunda $[\sigma] = \frac{\sigma_{p.ch}}{n}$ (*XIII.35)*

Ustivorlik sharti: $\sigma = \frac{F}{A_{bryt}} \leq [\sigma_y]$, bunda $[\sigma_y] = \frac{\sigma_k}{n_y}$

(*XIII.36)*

bunda n - mustahkamlik uchun berilgan extiyot koeffisiyenti;

n_y - ustivorlik uchun berilgan extiyot koeffisiyenti.



XIII.7- shakl

Amalda hisoblash ishlarini osonlashtirish maqsadida ustivorlik ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma_y]$ bilan, mustahkamlik esa ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]$ bilan bog'lanadi, bundan:

$$\varphi = \frac{[\sigma_y]}{[\sigma]} = \frac{\sigma_к \cdot n}{n_y \cdot \sigma_m}; \qquad [\sigma_y] = \varphi \cdot [\sigma], \qquad (XIII.37)$$

Bunda φ - mustahkamlik uchun berilgan asosiy ruxsat etilgan kuchlanishni kamaytirish koeffisiyenti. (*XVI.37)* formuladan ko'rinadiki, φ koeffisiyent faqat sterjenning materiali va uning egiluvchanligiga bog'liqdir. Har bir material uchun φ koeffisiyent (*XIII.37)* formuladan, ya'ni qabul qilingan σ, σ_u va σ_m hamda shu material uchun σ_k va λ orasidagi bog'lanishdan foydalanib aniqlanadi.

Shunday qilib, qisilgan sterjenlarning ustivorlik sharti qo'yidagicha yoziladi:

$$\sigma = \frac{F}{A_{bryt}} \leq \varphi[\sigma], \qquad (XIII.38)$$

Sterjenning egiluvchanligiga bog'lab, φ koeffisiyentning miqdorlari uchun jadval tuziladi. Bunday jadvallar spravochniklarda beriladi. Masalan, qo'rilish normasida berilgan bunday jadval *XVI.1*- jadvalda keltirilgan.

Agar qisilgan sterjenning ko'ndalang kesim o'lchamlari ma'lum bo'lsa, uning ustivorligini (*XIII.38)* formulaga asosan tekshirish uncha qiyin emas, dastavval r_{min} inersiya radiusi va $\lambda = \frac{l_{кел}}{r_{\min}}$ egiluvchanlik hisoblanib, *XIII.1*- jadval bo'yicha koeffisiyent φ topiladi, so'ngra ustivorlik uchun ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma_y] = \varphi \cdot [\sigma]$, (*XIII.39)* formuladan aniqlanadi.

Agar qisilgan sterjenlarning ko'ndalang kesimlarini tanlashga to'g'ri kelsa, u holda masala ketma-ket yakinlashish yo'li bilan yechiladi, chunki (*XIII.39)* formulaga ikkita noma'lum A_{bryt} bilan φ miqdorlar kiradi.

Tekshirish uchun savollar:

1. *Qisilgan sterjenlar ustivorligining yuqolish belgilari nimadan iborat?*
2. *Qanday kuch kritik kuch deb ataladi? Kritik kuchlanish nima?*
3. *Eyler formulasini chiqarishda egilish nazariyasining qanday differensial tenglamasidan foydalanilgan edi?*

4. *Sterjenlarning egiluvchanligi nima?*
5. *Eyler formulasi qanday ko'rinishga ega?*
6. *Sterjenning uzunligi bilan uning kesim bikrligi kritik kuch qiymatiga qanday ta'sir ko'rsatadi?*
7. *Uzunlikni keltirish koeffisiyenti nima?*
8. *Eyler formulasining ishlatilish chegarasi qanday topiladi?*
9. *Egiluvchanlikning chegarasi nimaga bog'liq?*
10. *Kritik kuchlanishni topish uchun Yasinskiy formulasi qanday ko'rinishga ega?*

19-Mavzu: **DINANIK YUKLANISHLARDA MUSTAHKAMLIK**

Reja:
1. *Konstruksiyalar va mashina qismlariga ta'sir etuvchi dinamik kuchlarning turlari;*
2. *Konstruksiya elementlarida tezlanish va aylanma harakat natijasida hosil bo'ladigan kuchlar;*
3. *Sterjenni zarbaviy ta'sirga xisoblash;*
4. *Bir massali elastik sistemaning erkin va majburiy tebranishlari;*
5. *Dinamik koeffisent, dinamik kuchlanishlar.*

Konstruksiyalar va mashina qismlariga ta'sir etuvchi dinamik kuchlarning turlari. Biz shu paytgacha faqat statik kuchlar ta'siridagi elementlarning mustahkamligini, bikrligini va ustivorligini hisoblashni ko'rib chiqdik. Ma'lumki, statik kuch elementlarga to'satdan qo'yilmasdan, balki u o'zining oxirgi qiymatiga asta-sekin usib boradi.

Ammo texnikada konstruksiya qismlari, ko'pincha, dinamik kuchlar ta'sirida bo'ladi. Bunday kuchlar jumlasiga inersiya, zarba va davriy o'zgaruvchan kuchlar kiradi. Masalan, trosga osilgan biror yuk tasir qiladi; agar yuk ma'lum tezlanish bilan ko'tarilsa, yuk trosga dinamik ta'sir qiladi. Dinamik kuchlar ta'siridan konstruksiya elementlarining zarralarida tezlanish hosil bo'ladi.

Agar biror konstruksiya elementi tezlanish bilan ilgarilama yoki aylanma harakatda bo'lsa, uning o'z og'irlik kuchidan boshqa yana inersiya kuchlari ta'sir qiladi. Masalan, tekis aylanma harakatda bo'lgan g'ildirak tuginlarida hosil bo'lgan markazdan qochirma kuch inersiya kuchidir.

Dinamika kuchlar ta'siri ostida detalda dinamik kuchlanish va deformasiya hosil bo'ladi. Dinamik kuchlar ta'siridan hosil bo'ladigan deformasiya va kuchlanishlar orasida juda katta farq bo'lishini tajribalar ko'rsatadi.

Dinamik kuchlar ta'siridan materiallar mexanik xossalarining o'zgarishi haqida tajriba sinovlari qo'yidagi natijalarni chiqarishga imkon beradi:

1. Kristallardan tuzilgan metall va boshqa qattiq jimslarda hosil bo'ladigan elastik konstantalarning qiymatlari kuch statik ta'sir qilgan paytda hosil bo'ladigan elastik konstantalarning qiymatlaridan juda kam farq qiladi;

2. Kristallardan tuzilgan plastik materialning dinamik kuch ta'siridan cho'zilishida uning oquvchanlik chegarasi, vaqtli qarshiligi ortib qoldiq deformasiya kamayadi.

3. Oquvchanlik chegarasidan ortiq kuchlanish qo'zg'atadigan zarb kuchi ta'siridan plastik deformasiya darhol hosil bo'lmay, balki bir qancha vaqt o'tgandan keyin hosil bo'ladi, bu hodisa oquvchanlikning kechikishi deyiladi.

Yuqorida aytilganlarga ko'ra, dinamik kuch ta'sirida bo'lgan detallardagi kuchlanish va deformasiyalarni to'g'ri topish bilan bir qatorda, materiallarning mexanik xossalarini ham e'tiborga olish zarur.

Konstruksiya elementlarida tezlanish va aylanma harakat natijasida hosil bo'ladigan kuchlar. *1- hol.* Og'irligi Q ga teng yukni a tezlanish bilan ko'tarayotgan trosni ko'rib chiqaylik (*XIV.1-* shakl, *a*). Agar yuk yuqoriga qarab harakat qilsa, trosga pastga qarab ta'sir qiluvchi og'irlik kuchidan tashqari, yana inersiya kuchi $F_i = -\dfrac{Q+\gamma Ax}{g}a$ ham ta'sir qiladi.

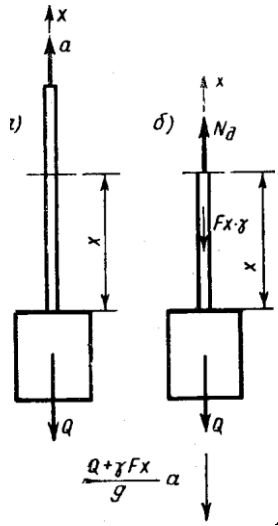
Trosning qirqilgan qismiga qo’yilgan ichki kuch N_d *Dalamber prinsipiga* asosan, pastga yo’nalgan kuchlar bilan muvozanatda bo’lishi kerak (*XIV.1* -shakl, *b*):

$$\sum F_x = 0; \qquad N_d - (Q + \gamma Ax) - \frac{Q + \gamma Ax}{g} a = 0, \qquad (XIV.1)$$

bunda: *a* - trosning ko’ndalang kesim yuzi, *g*- og’irlik kuchining tezlanishi.

(*XIV.1)* tenglamadan dinamik bo’ylama N_d kuchni aniqlaymiz:

$$N_d = (Q + \gamma Ax)(1 - \frac{a}{g}), \qquad (XIV.2)$$



XIV.1 - shakl

Endi trosning ko’ndalang kesimida hosil bo’ladigan dinamik normal kuchlanishni topamiz:

$$\sigma_d = \frac{N_d}{A} = \frac{Q + \gamma Ax}{g}(1 + \frac{a}{g}), \qquad (XIV.3)$$

bunda $\frac{Q + \gamma Ax}{g} = \sigma_c$ bo’lib, tros ko’ndalang kesimida hosil bo’lgan statik kuchlanishdir.

Buni e’tiborga olib (*XIV.3)* ifodani qo’yidagicha yozamiz: $\sigma_d = \sigma_c\left(1 + \frac{a}{g}\right)$, (*XIV.4)*

Bu formulaga qo’yidagi belgilanishni kiritamiz: $k_d = 1 + \frac{a}{g}$, (*XIV.5)*

bu holda (*g*) ni shunday yozsak bo’ladi: $\sigma_d = k_d \sigma_c$ (*XIV.6)*

Bunda k_d - dinamik koeffisiyent deb ataladi va (*XIV.5)* formula bilan aniqlanadi.Trosning mustahkamlik sharti qo’yidagicha yoziladi: $\sigma_d = \frac{N_d}{F} \le [\sigma]$, (*XIV.7)*

Yoki $\sigma_{d\max} = k_d \sigma_{c\max} \le [\sigma]$ (*XIV.8)*

bundan $\sigma_{c,\max} = \frac{[\sigma]}{k_d}$, (*XIV.9)*

Shunday qilib, ko’p hollarda dinamik kuch ta’sirida bo’lgan konstruksiya qismlarining materiali uchun ruxsat etilgan kuchlanishni k_d qadar kamaytirib, dinamik kuch ta’siridagi detalni statik hisoblash usuli dinamik koeffisiyentini nazariy yo’l bilan topish qiyin bo’lib, uning faqat eksperimental usulda topilgan qiymatlaridan foydalanishga to’g’ri kelgan paytlarda ishlatiladi.

Sterjenni zarbaviy ta’sirga xisoblash. Dastlabki ma’lumotlar. Juda ham qisqa muddat ichida qo’yilgan va tezligi bir onda nolga tenglashuvchi yuk *zarbli yuk* deb ataladi. Zarb bir jismning ikkinchi jismga urilishidan hosil bo’ladi. Zarb beruvchi yukning tezlik miqdori tez vaqt ichida nolga tenglashadi. Bu vaqtda zarb yegan jismning kuchlanish va deformasiyasi eng katta qiymatga erishadi, shundan keyin zarblaguvchi jismda asta-sekin sunuvchi tebranish hosil bo'lganidan so'ng unda muvozanat karor topadi: zarblanuvchi jismning kuchlanishi bilan deformasiyasining miqdorlari zarb kuchi F shu jismga statik ravishda qo'yilganda hosil bo'ladigan kuchlanish va deformasiyaning miqdorigacha kamayadi.

Zarb kuchining ta'siridan cho'zilish yoki qisilish, bo'ylama zarb, egilish, ko'ndalang zarb, buralish va murakkab deformasiyalar hosil bo'lishi mumkin.

Zarb yuki ta'sir qilgan sterjenda hosil bo'ladigan deformasiya va kuchlanishlarni aniqlash juda kiyin. Buni osonlashtirish maqsadida qo'yidagi cheklanishlar ishlatiladi:

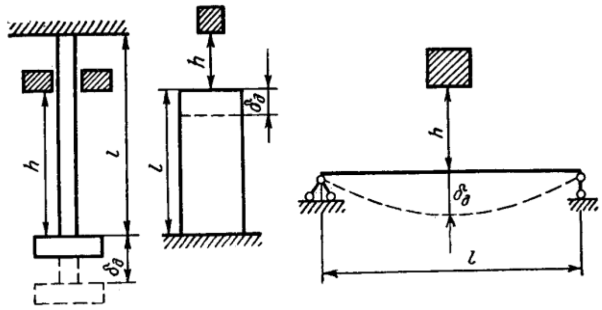
1. Zarbdan hosil bo'lgan kuchlanishlar proporsionallik chegarasidan o'tmaydi, binobarin, zarb jarayonida Guk qonuni o'z kuchini saqlaydi.

2. Zarb beruvchi jism noelastik jismdan yasalgan deb qaraladi, bu cheklanish zarb beruvchi jism sterjenga urilgandan keyin zarbning avvalidan oxirigacha u bilan birga qoladi, ya'ni sterjendan ajralmaydi.

Zarblanuvchi sterjenning kuchlanish va deformasiyalarini topish uchun energiyaning saqlanish qonunida foydalaniladi, bu qonunga asosan, sterjen deformasiyasining potensial energiyasi zarb beruvchi jismning kinetik energiyasiga teng bo'ladi, ya'ni: $T = U_d$ (*XIV.10)*

bundan $T = A_d = Q(h+\delta_d)$, (*XIV.11)*

Bo'ylama va ko'ndalang zarb ta'siri. Bo'ylama zarb ta'siridan sterjenlar cho'zilishi yoki qisilishi mumkin; ko'ndalang zarbda sterjen ustiga to'shadi (*XIV.2* -shakl, *a, b, v*).



XIV.2- shakl

Ko'rsatilgan masalalarni hal qilish uchun (*XIV.10)* formuladan foydalanamiz:

$T = U_d$, (*XIV.12)*

bunda T - h balandlikdan to'shayotgan jismning kinetik energiyasi, bu energiya jism og'irligi Q ning bajargan ishiga teng bo'lib, (*XIV.11)* formula orqali aniqlanadi; U_d- zarb oluvchi sterjenning dinamik kuch ta'siridan hosil bo'lgan deformasiyasining potensial energiyasi, uning miqdori birinchi cheklanishga asosan qo'yidagicha aniqlanadi: $U_d = \frac{1}{2} Q_d \cdot \delta_d$. (*XIV.12*)*

(*XIV.11)* va (*XIV.12)* ifodalarni e'tiborga olib, (*XIV.10)* ni bunday yozamiz:

$$Q(h+\delta_d) = \frac{1}{2} Q_d \cdot \delta_d. \qquad (XIV.13)$$

Hosil bo'lgan bu tenglamaning ikkala tomonini $\frac{2}{Q}$ ga ko'paytirib, qo'yidagi ifodani

yozamiz: $$2h + 2\delta_d = \frac{Q_d}{Q}\delta_d, \qquad (XIV.14)$$

endi $\frac{Q_d}{Q}$ nisbatni deformasiyalar orqali ifodalaymiz. Statik deformasiya *XIV.2* -shakl, *a, b* da ko'rsatilgan hol uchun qo'yidagicha aniqlanadi: $$\delta_c = \Delta l = \frac{Ql}{EA}, \qquad (XIV.15)$$

va $XIV.2$ -shakl, v da ko'rsatilgan hol uchun esa $\delta_c = f = \dfrac{Ql^3}{48EJ}$,

($XIV.16)$
formuladan topiladi.

Bu formulalarning umumiy ifodasini bunday yozish mumkin: $\delta_c = \dfrac{Q}{c}$, ($XIV.17)$

Birinchi hol uchun $c = \dfrac{EF}{l}$, ikkinchi hol uchun esa $c = \dfrac{48EJ}{l^3}$, agar to'sin konsol bo'lsa, $c = \dfrac{3EJ}{l^3}$ bo'ladi. Bu yerda s-bikrlik koeffisiyenti.

Birinchi cheklanishga asosan: $\delta_д = \dfrac{Q_д}{c}$, ($XIV.18)$ deb yozish mumkin.

Shunday qilib, ($XIV.17)$ va ($XIV.18)$ ifodalarga asosan: $\dfrac{Q_д}{Q} = \dfrac{\delta_д}{\delta_c}$, ($XIV.19)$

Endi ($XIV.19)$ ni e'tiborga olib, ($XIV.19)$ ifodani qo'yidagicha yozamiz:

$\delta_д^2 = 2\cdot\delta_c\cdot\delta_д - 2\cdot\delta_c\cdot h = 0$, ($XIV.20)$

bundan, $\delta_d = \delta_s \pm \sqrt{\delta_s^2 + 2\cdot h\cdot\delta_s} = \delta_s\left(1 \pm \sqrt{1 + \dfrac{2\cdot h}{\delta_s}}\right) = \delta_s\cdot k_d$, ($XIV.21)$

hosil bo'ladi, bunda $k_d = \left(1 \pm \sqrt{1 + \dfrac{2\cdot h}{\delta_s}}\right)$, ($XIV.22$)

k_d - dinamik koeffisiyent.

Dinamik koeffisiyent hamma vaqt birdan katta bo'lganligidan ($XIV.22)$ ifodaning o'ng tomonidagi ildiz oldidagi ishoralardan faqat mo'sbat ishorani qoldiramiz. U holda dinamik koeffisiyent: $k_д = \left(1 + \sqrt{1 + \dfrac{2\cdot h}{\delta_c}}\right)$, ($XIV.23$)

$\dfrac{2\cdot h}{\delta_{cm}}$ nisbatni qo'yidagi ko'rinishiga keltirish mumkin: $\dfrac{2\cdot h}{\delta_c} = \dfrac{Q\cdot h}{\frac{1}{2}Q\cdot\delta_c} = \dfrac{T_0}{u_c}$,

($XIV.24$)

bunda T_0 - zarb boshlanish davridagi kinetik energiya, u_c - Q kuch sterjenga statik qo'yilgan holda, unda hosil bo'lgan deformasiyaning potensial energiyasi.

Endi ($XVII.24$) ni shu tariqa yozamiz: $k_д = \left(1 + \sqrt{1 + \dfrac{T_0}{u_c}}\right)$, ($XIV.25$)

Va $\sigma_d = \sigma_s\cdot k_d$, $\delta_d = \delta_s\cdot k_d$, ($XIV.26$)

Endi ba'zi xususiy hollarni tekshiramiz.

1-h o l. Yuk to'satdan qo'yilgan hol. Agar Q yuk to'satdan qo'yilsa, bu hol zarb yukini $h=0$ balandlikdan tushgan holiga taqqoslasa bo'ladi. Bu holda dinamik koeffisiyent ($XIV.23$) formulaga asosan 2 ga teng ($k_d = 0$) bo'ladi.

Demak, bu hol uchun dinamik deformasiya, kuchlanish va yuklamalarning qiymatlari qo'yidagi bog'lanishlardan topiladi: $\sigma_д = \sigma_c\cdot 2$, $\delta_д = \delta_c\cdot 2$

Shunday qilib, konstruksiya qismlariga birdaniga qo'yilgan yuk ta'siridan ularda hosil bo'ladigan kuchlanish va deformasiya statik ravishda qo'yilgan yuklardan hosil bo'ladigan kuchlanish va deformasiyalardan ikki baravar katta bo'ladi.

2-h o l. Yuk balanddan tushib zarb bergan hol.

Bu holda (*XIV.23)* , (*XIV.25)* formulalarning ildizlari ostidagi *1* soni $\frac{2\cdot h}{\delta_c}=\frac{T_0}{u_c}$ miqdorga nisbatan e'tiborga olinmaydi, chunki, bu nisbatlar juda ham katta miqdor bo'ladi, u holda dinamik koeffisiyentlarning qiymatlari qo'yidagi formulalardan aniqlanadi:

$$k_\partial=\left(1+\sqrt{1+\frac{2\cdot h}{\delta_c}}\right)=1+\sqrt{\frac{T_0}{u_c}}$$

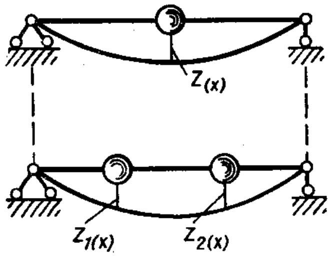
Bir massali elastik sistemaning erkin va majburiy tebranishlari. Texnikada konstruksiya qismlarining tebranma harakatini o'rganish muhim ahamiyatga ega.

Mashinaning ishlash jarayonida uning o'z detallarida tebranma harakat hosil bo'lish bilan birga, unga yopishgan qismlarda, xatto qo'shni konstruksiyalarda ham tebranma harakat hosil bo'ladi. Bu tebranma harakat ba'zi noqo'lay hollarda (*rezonans* hodisasi) konstruksiyaning yemirilishigacha olib boradi.

Shuning uchun statik va dinamik kuchlar ta'siridan konstruksiyalarni hisoblashda ularning faqat mustahkamligini, bikrligini va ustivorligini ta'minlash kifoya qilmay, balki ularda rezonans hodisasi ruy bermasligini ham ta'minlash lozim.

Tebranma harakat jarayoni tekshirilayotgan elastik sistemaning erkinlik darajasi soni bilan aniqlanadi.

Sistemaning har bir no'qtasiga tegishli bir-biriga bog'liq bo'lmagan koordinatalar funksiyalar soni *erkinlik darajasi soni* deb ataladi. Bu funksiyalar elastik sistema deformasiyalanganda uning massasining vaziyatini aniqlaydi. Demak, har qanday elastik sistema cheksiz ko'p erkinlik darajasiga ega bo'ladi. Biroq elastik sistema massiv yuklarni bog'lovchi elastik jismlardan iborat bo'lsa, u holda elastik sistemaning o'z massasi e'tiborga olinmaydi. Bu holda elastik sistemaning erkinlik darajasi har bir yukning vaziyatini aniqlovchi bir-biriga bog'liq bo'lmagan koordinatalar soniga teng bo'ladi.



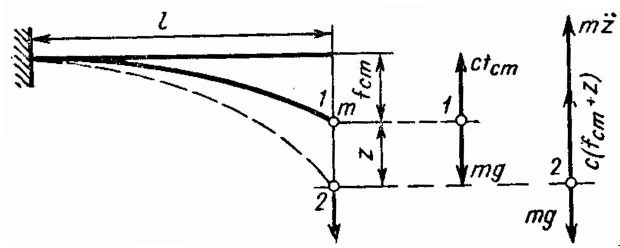
XIV.3- shakl

XIV.3- shakl, *a* da erkinlik darajasi bitta bo'lgan sistema ko'rsatilgan, chunki bunda yukning vaziyati bitta *z* koordinata bilan aniqlanadi, bu koordinata yukning vertikal ko'chishidan iboratdir. *XIV.3*- shakl, *b* da ko'rsatilgan sistemaning erkinlik darajasi ikkitadir, chunki bu sistema deformasiyalanganda yuklarning vaziyatlari bir-biriga bog'liqsiz ikkita koordinata (z_{1x}, z_{2x}) bilan aniqlanadi. Bu hollarning hammasida ham sterjenlarning o'z massalarini e'tiborga olmaymiz.

Erkinlik darajasi bitta bo'lgan elastik sistemaning erkin tebranma harakati. Bir uchi bilan mahkamlangan konsolning ikkinchi uchiga massasi *m* ga teng yuk qo'yilgan, bu konsolning erkin tebranishini tekshiramiz (*XIV.4*- shakl, *a*). *1* no'qta yukning muvozanat holatini aniqlaydi, deylik. Yukning bu vaziyatida uning og'irligi *mg* (*XIV.4*- shakl, *b*) to'sinning elastik reaksiyasi bilan muvozanatlashadi. To'sinning elastik reaksiyasi uning solqiligiga proporsional, ya'ni u cf_c ga tengdir. Bunda *c* - to'sinning vertikal ko'chishiga qarshilik ko'rsatish qobilyati bilan aniqlanadigan bikrlik koeffisiyenti; bu koeffisiyent biz tekshirayotgan hol uchun

$$c=\frac{3EJ_y}{l}, \qquad (XIV.27)$$

bunda EJ_y -to'sinning ko'ndalang egilishidagi bikrligi.



XIV.4- shakl

Yukning muvozanat holati qo'yidagi ifoda bilan aniqlanadi: $-c \cdot f_c + mg = 0$, (*XIV.28)*

Endi bu yuk harakatining differensial tenglamasini tuzamiz. Muhit va to'sin materialining ichki ishqalanishida hosil bo'ladigan qarshiliklarni e'tiborga olmaymiz. Biror vaqt ichida yukni turtib uning muvozanat holatidan chiqarib, uni o'z holiga qo'yib yubordik deylik. So'ngra yuk qisqa *t* vaqtda o'zining muvozanat holatidan *z* masofaga ko'chsin (*XIV.4*- shakl, *a* dagi *2* no'qta). Albatta bu onda to'sin muvozanatda bo'la olmaydi, chunki to'sinning elastik reaksiyasining miqdori oshib, u $c(f_s + z)$ ga tenglashadi va yukning og'irligi *mg* dan ortib ketadi (*XIV.4*– shakl, *v*). Endi muvozanat tenglamasi o'rniga harakat tenglamasini Dalamber prinsipiga asosan yozish mumkin:

$$-c(f_s + z) + mg = mz'', \qquad (XIV.29)$$

bu tenglamadagi z – koordinatadan *t* vaqt bo'yicha olingan ikkinchi differensial.

Hosil bo'lgan differensial tenglamaning chap tomonidagi qavsni ochib, *a* ifodani e'tiborga olgan holda qo'yidagi tenglamani yozamiz: $mz'' + cz = 0$, (*XIV.30)*

Qo'yidagi belgilashni qabul qilamiz: $\omega^2 = \frac{c}{m}$, (*XIV.31)*

Endi harakat tenglamasini qo'yidagi ko'rinishda yozamiz: $\ddot{z} + \omega^2 z = 0$, (*XIV.32)*

Bu differensial tenglamaning qo'yidagi intregali bizga ma'lum:

$z = C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t$ (*XIV.33)*

(*XIV.33)* tenglamani bunday yozsa ham bo'ladi $z = A\sin(\omega t + \alpha)$ (*XIV.34)*

(*XIV.32)* tenglama intergalining keyingi ikkala ko'rinishi ham bir-biriga ekvivalent bo'lib, ularning ikkovida ham ikkitadan ixtiyoriy o'zgarmas son C_1, C_2 va *A*, *α* bor. Bo'lar masalaning boshlang'ich shartlaridan aniqlanadi.

(*XIV.34)* tenglamadan ko'rinadiki, $\omega t + \alpha$ har *2 π* ^{1}*/sek* vaqt o'tishi bilan jarayon yangidan takrorlanadi, ya'ni: $\omega t + \alpha + 2\pi = \omega(t + T) + \alpha$ (*XIV.35)*

Bundan tebranish davri *T* ni topish mumkin: $T = \frac{2\pi}{\omega}$ (*XIV.36)*

bir sekunddagi tebranish soni: $n = \frac{1}{T}$, (*XIV.37)*

bo'ladi: bunda *n* – odatdagi takrorlik. Natijada qo'yidagi ifoda kelib chiqadi:

$\omega = 2\pi n = \frac{2\pi}{T}$. (*XIV.38)*

Bundan ko'rinadiki, ω elastik sistemaning *2π* sek ichida tebranish sonini ko'rsatadi, bu miqdor doiraviy takrorlik yoki takrorlik deyiladi. (*XIV.31)* formuladan ko'rinadiki, ω takrorlik elastik sistemaning xususiyatiga bog'liq bo'lib, tebranishni qo'zg'atuvchi boshlang'ich sababga bog'liq emas, bu muloxaza *T* davrga ham taallo'qlidir.

Takrorlik ω elastik sistemaning faqat o'z xususiyatlarigagina bog'liq bo'lganligidan, ko'pincha, xususiy takrorlik deb ham yurgiziladi.

(*XIV.31)* formuladan yana shu narsa ko'rinadiki, sistemaning bikrligi ortishi bilan uning takrorligi ham ko'payadi, sistemaning massasi ortishi bilan esa uning takrorligi kamayadi.

Endi xususiy takrorligini (*XIV.31)* formuladan topamiz. $\omega = \sqrt{\dfrac{c}{m}}.,$ (*XIV.39)*

(*XIV.28)* tenglamaga asosan $mg = cf$ hosil bo'ladi, bunga asosan (*XIV.39)* ni bunday yozish mumkin: $\omega = \sqrt{\dfrac{g}{f_{cT}}}.$ (*XIV.40)*

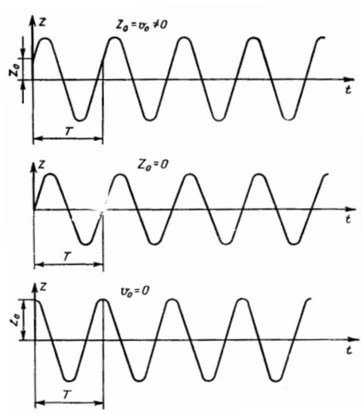
Agar bo'ylama kuchlar ta'siridan hosil bo'lgan tebranishdagi takrorlikni topishga to'g'ri kelsa, u holda (*XIV.40)* formuladagi f_{st} o'rniga $\Delta\ l_{st}$ statik absolyut cho'zilish yoki qisilishni olish kerak bo'ladi, chunki bo'ylama kuch ta'siridan hosil bo'ladigan tebranma harakat tenglamasi ham (*XIV.32)* tenglama bilan ifodalanadi.

Xususiy takrorlik elastik sistema dinamik xossalarining muhim harakteristikasidir.

Endi integrallashdan hosil bo'lgan ixtiyoriy o'zgarmas sonlarni topamiz: agar $t = 0$ bo'lganda $z = z_0$ va $z_0 = v_0$ ya'ni tebranuvchi elastik sistema harakat boshlanishidan avval z_0 boshlang'ich ko'chish bilan v_0 boshlang'ich tezlikka ega bo'lsa, u holda (*XIV.33)* formulaga asosan $t = 0$ bo'lganda $z_0 = c_2$ va $z= c_1\omega cos\omega t$ - $c_2 w\ sin\ \omega t$ dan $v_0 = c_1\omega$ yoki $c_1 = v_0./\ \omega$ ni aniqlaymiz.

Shunday qilib, (*XIV.33)* tenglama qo'yidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$z = \frac{v_0}{\omega}\sin\omega t + z_0\cos\omega t, \qquad (XIV.41)$$



XIV.5- shakl

Bu tenglamaning turlicha boshlang'ich shartlarga ega bo'lgan grafigi *XIV.5* - shaklda berilgan.

Erkinlik darajasi bitta bo'lgan elastik sistemaning majburiy tebranishi. Agar elastik sitemaga ma'lum qonun bilan o'zgaruvchi, ya'ni $F = F(t)$ kuch (bu kuch uyg'otuvchi kuch deyiladi) qo'yilsa, u majburiy ravishda tebranadi. Uyg'otuvchi kuchlar mashina va uning qismlariga tebranma harakat beruvchi sabablardandir. Majburiy tebranish masalasida tebranma harakatning amplitudasi muhim rol o'ynadi, chunki bu bilan tebranuvchi elementda hosil bo'ladigan kuchlanishlar aniqlanadi.

Majburiy tebranma harakatning differensial tenglamasi elastik sistemaning erkin tebranish harakat tenglamasi (*XIV.32)* ning o'ng tomoniga uyg'otuvchi kuchni kiritishdan hosil bo'ladi:

$$\ddot{z} + \omega^2 z = \frac{F(t)}{m}. \qquad (XIV.42)$$

(*XIV.42)* tenglama erkinlik darajasi bitta bo'lgan sistemaning majbur tebranma harakatining defferensial tenglamasidir. Bu differensial tenglamaning umumiy integrali qo'yidagicha yoziladi:

$$z = z_0\cos\omega t + \frac{v_0}{\omega}\sin\omega t + \frac{1}{m\omega}\int_0^t F(r)\sin\omega(t-\tau)d\tau\,, \qquad (XIV.43)$$

Bunda birinchi ikki had z_0 va v_0 sistemaning boshlang'ich sabablardan hosil bo'lgan erkin tebranishini ifodalaydi, oxirgi had esa uyg'otuvchi kuchdan hosil bo'lgan tebranish. Agar boshlang'ich sabablar nolga teng bo'lsa, u holda, yuqorida hosil bo'lgan tenglamani qo'yidagicha yozishimiz mumkin: $z = \frac{1}{m\omega}\int_0^t F(r)\sin\omega(t-\tau)d\tau$,

(XIV.44)

bunda τ- o'zgaruvchi vaqt bo'lib, u noldan t gacha o'zgaradi, ma'lum vaqt uchun t o'zgarmas deb hisoblanadi.

Masalan, uyg'otuvchi kuch garmonik qonun bilan o'zgarsin: $F=F_0 \sin\Omega t$. *(XIV.45)*

Agar mashina salgina bo'lsa ham o'z balansini yo'qotsa, unda inersiya kuchi hosil bo'lib, to'sinni tebrata boshlaydi. Bu inersiya kuchining vertikal tuzuvchisi (*XIV.45)* formuladan aniqlanadi.

Bunda Ω - rotorning aylanma burchak tezligidir. Bu kuch ta'sirida to'sinning tebranish xarakteri (*XIV.44)* formulaga asosan topiladi:

$$z = \frac{F_0}{m\omega}\int_0^t \sin\Omega t \sin\omega(t-\tau)d\tau \qquad (XIV.46)$$

Agar $\omega \neq \Omega$ bo'lsa, bu integralning natijasi qo'yidagicha yoziladi:

$$z = \frac{F_0}{m(\omega^2 - \Omega^2)}\left(\sin\Omega t - \frac{\Omega}{\omega}\sin\omega t\right) \qquad (XIV.47)$$

Agar $\omega^2 = \frac{c}{m}$ ekanishi nazarga olsak: $z = \frac{z_{ct}}{\left(1 - \frac{\Omega^2}{\omega^2}\right)}\left(\sin\Omega t - \frac{\Omega}{\omega}\sin\omega t\right)$. *(XIV.48)*

bo'ladi. Bunda z_{st} – o'zgarmas F kuch to'singa statik ta'sir qilganda hosil bo'lgan solqilikdir.

(*XIV.48)* formulaning o'ng tomonidagi qavsning birinchi hadi uyg'otuvchi kuch takrorligi bo'yicha to'sin tebranishini ifodalagani uchun bu harakat stasionar bo'ladi. Ikkinchi qism erkin tebranish takrorligi bo'yicha to'sin xarakterini ifodalaganidan bu tebranish tez so'nadi. Shuning uchun tebranma harakatning stasionar qisminigina tekshirish ma'quldir:

$$z = \frac{z_{ct}}{1 - \frac{\Omega^2}{\omega^2}}\sin\Omega t, \qquad (XIV.49)$$

Shunday qilib, majburiy tebranma harakatning amplitudasi: $A = \frac{z}{1 - \frac{\Omega^2}{\omega^2}}$, *(XIV.50)*

A – to'sinning majburiy tebranishidan hosil bo'lgan solqilik.

Dinamik koeffisiyentini qo'yidagicha belgilamiz: $k_\sigma = \frac{A}{z_{ct}} = \frac{1}{1 - \frac{\Omega^2}{\omega^2}}$, *(XIV.51)*

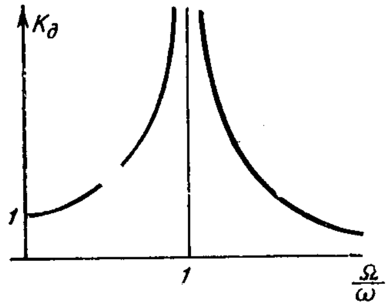
Demak, dinamik kuchlanishni topish uchun, avval F kuch ta'siridan hosil bo'lgan statik kuchlanishni aniqlab, so'ngra dinamik koeffisiyentga ko'paytiramiz:

$$\sigma_d = \sigma_{ñ} \cdot k_d, \qquad (XIV.52)$$

Dinamik koeffisiyent faqat takrorliklarning $\frac{\Omega}{\omega}$ nisbatiga bog'liqdir. Bu bog'lanish *XIV.6*-shakldagi grafikda ko'rsatilgan. Bu grafikdan ko'rinadiki, uyg'otuvchi kuchning takrorligi kichik bo'lsa, dinamik koeffisiyent *1* dan katta bo'ladi. ï takrorlikning kattalashuvi bilan dinamik koeffisiyent juda tez o'sadi, $\frac{\Omega}{\omega} = 1$, *(XIV.53)* bo'lganda esa u cheksiz kattalashadi. Bu holat rezonans hodisasiga to'g'ri keladi va elastik sistema uchun eng xavfli holat hisoblanadi, binobarin majburiy va erkin tebranish takrorliklarining bir-biriga yaqin qiymatga ega bo'lishiga yo'l qo'ymaslik uchun kerakli konstruktiv choralar ko'rish zarur.

Davriy o'zgaruvchan uyg'otuvchi kuch ta'sirida bo'lgan inshoatlarni hisoblashda ularda rezonans hodisasi ruy bermasligi uchun *щ* bilan *ї* orasida yetarlicha farq bo'lishini ta'minlash lozim.

Odatda bu farq taxminan qo'yidagi munosabat bilan aniqlanadi: $\Omega \leq 0{,}7 \cdot \omega$, (*XIV.54).*



XIV.6- shakl

Ba'zi mashinalarda *Ω>1,3ω* qilib olinishiga ruxsat etiladi, chunki, mashinalar tezlanish vaqtida rezonansdan sakrab o'tib ketadi.

Tekshirish uchun savollar:

1. Statik va dinamik yuklar orasida qanday farq bor?
2. Qanday yuk dinamik yuk deb ataladi?
3. Inersiya kuchlarining intensivligi qanday topiladi?
4. Qanday hodisa zarb deb ataladi?
5. Inersiya kuchi va zarb hodisalarida dinamik koeffisiyent nimaga teng?
6. Zarb yeydigan jism massasi e'tiborsiz qoldirilganda dinamik koeffisiyent formulasi chiqarilsin.
8. Sterjenlar sistemasining tekis aylanma harakatida markazdan qochirma inersiya kuchi qanday aniqlanadi?
9. Qanday yuk to'satdan qo'yilgan yuk deb ataladi va bunday yuk uchun dinamik koeffisiyent nimaga teng?
10. Zarb ta'siridan ko'chish va kuchlanish qanday topiladi?
11.Qanday tebranish erkin tebranish deyiladi?
12. Qanday tebranish majburiy tebranish deyiladi?
13. Sistema erikin yoki majburiy tebranayotganda, unga qanaqa kuchlar ta'sir qiladi?
14. Qanday sistemaga erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sistema deyiladi?
15. Erkin tebranish davri va takrorligi nima?
16. Tebranish to'lqinning amplitudasi nima?

Foydalanilgan asosiy darsliklar va o'quv qo'llanmalar ro'yxati

1. Xusanov Q. Nazariy mexanika (statika, kinematika). Toshkent -2012
2. Xusanov Q. Nazariy mexanika fanidan laboratoriya topshiriqlar to'plami. O'quv qo'llanma. Toshkent -2007
3. Bahodirov G'., Xusanov Q. Nazariy mexanika fanidan topshiriqlar to'plami. Toshkent -2010.
4. Shoobidov S.H. ba boshqalar. Nazariy mexanika. (statika, kinematika) Toshkent -2007
5. Ahmadxojaev B. Nazariy mexanika. O'quv qo'llanma. Toshkent -2009
6. Xasanov S. Materiallar qarshiligi – T.: O'qituvchi, 2005.
7. O'rozboyev M.T. Materiallar qarshiligi kursi.- T.: O'qituvchi, 1999, 510b.
8. Mansurov K.M. Materiallar qarshiligi.- T.: O'qituvchi, 1983, 504b.
9. Belyayev N.M. Soprotivleniye materialov.-M.: Mashinostroyeniye, 1979.
10. Feodoseyev B.M. Soprotivleniye materialov.-M.: Mashinostroyeniye, 1970.

11. Materiallar qarshiligi // A.F.Smirnov tahriri ostida. - T.: O'qituvchi, 1988, 464b.
12. R.S.Kinososhvili. Soprotivleniye materialov.- M.: Mashinostroyeniye, 1975.
13. N.M.Beleyav va boshf.Materiallar qarshiligidan masalalar to'plami. –T.: O'zbekiston, 1993.
14. Materiallar qarshiligi» fanidan mustaqil topshiriqlarni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma. III-qism.//Tuzuvchilar: M.M.Mirsaidov, B.Sh.Yul-doshev, T.Z.Sultonov.- T,: TIMI, 2004.
15. Darkov A.V., Shpiro G.S. Soprotivleniye materialov.- M.: 1975.
16. Soprotivleniye materialov. //Pod общ. red. A.F.Smirnova.- M.: Vысshaya shkola, 1975.
17. Ishmatov A.N., Xamrayev P. Tekis kesimning o'qlarga nisbatan inersiya momentlarini aniqlash.- T.: TIQXMII, 1995.
18. Ishmatov A.N., Xamrayev P. Cho'zilish -siqilish deformasiyasiga hisoblash.-T.: TIQXMII, 1995, 18b.
19. Qurbonov A.A, Gaynullina F.M. Materiallar qarshiligi fanidan laboratoriya ishlarini bajarish metodikasi.- T.: TIQXMII. 1990, 37b.

Saytlar:
http://books.listsoft.ru/book.asp?codq 866108rpq 48&upq 1
http://www.techno.edu.ru/db/msq/12561.html

Г Л О С С А Р И Й

Mexanik harakat: Harakatning oddiy turlardan biri mexanik harakatdir. Vaqt o'tishi bilan moddiy jismlarning bir birlariga nisbatan ko'chishiga mexanik harakat deyiladi.

Nazariy mexanika - moddiy jismlarning bir-biriga ta'siri va mexanik harakatning umumiy qonunlari haqidagi fandir.

Kuch: Mexanikada moddiy jismlar o'zaro ta'sirining miqdoriy o'lchoviga kuch deyiladi.

Statika: Statikada jismlarning muvozanati, ularga qo'yilgan kuchlarni sodda holga keltirish kabi masalalar bilan shug'ullanadi.

Kinematika: Kinematikada jismlarning harakati geometrik nuqtai nazardan, ya'ni harakatni vujudga keltiruvchi sababga bog'lamay o'rganiladi.

Dinamika: Dinamikada moddiy jismlarning harakati o'nga ta'sir etuvchi kuchlarga bog'liq ravishda tekshiriladi.

Absolyut qattiq jism: Kuchlar ta'sirida bo'lgan jismning ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa o'zgarmasa, bunday jismga absolyut qattiq jism deyiladi.

Moddiy nuqta: Nazariy mexanikada o'lchamlari e'tiborga olinmaydigan darajada kichik bo'lgan jismga moddiy nuqta deyiladi.

Kuchning ta'sir chizig'i: Kuch vektori yo'naltirilgan VS to'g'ri chiziqqa kuchning ta'sir chizig'i deyiladi.

Kuchlar sistemasi: Agar jismga bir nechta $\vec{F}_1, \vec{F}_2, ...\vec{F}_n$ kuchlar ta'sir etsa, bunday kuchlar to'plamiga kuchlar sistemasi deyiladi va $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, ..\vec{F}_n)$ deb belgilanadi.

Ekvivalent kuchlar sistemasi: Ta'sir etayotgan $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \ldots \vec{F}_n)$ kuchlar sistemasini boshqa biror $(\vec{P}_1, \vec{P}_2, \ldots, \vec{P}_m)$ kuchlar sistemasi bilan almashtirishda jism holati o'zgarmasa, bunday kuchlar sistemasiga ekvivalent kuchlar sistemasi deyiladi va quyidagicha yoziladi

$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \ldots \vec{F}_n) \sim (\vec{P}_1, \vec{P}_2, \ldots, \vec{P}_m)$$

Teng ta'sir etuvchisi: Agar $(\vec{P}_1, \vec{P}_2, \ldots, \vec{P}_m)$ kuchlar sistemasi bitta R kuchga ekvivalent, ya'ni $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \ldots \vec{F}_n) \sim$ R bo'lsa, bunday kuchga berilgan kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisi deyiladi.

Muvozanat holat: Kuchlar sistemasi ta'siridagi jism tinch holatda qolsa yoki inersion harakatda bo'lsa (masalan, jismning barcha nuqtalari o'zgarmas va bir xil tezlik bilan harakatlansa), jismning bunday holati muvozanat holat deyiladi.

Muvozanatlashgan kuchlar sistemasi: Kuchlar sistemasi ta'siridagi jism muvozanat holatida bo'lsa, bunday kuchlar sistemasi muvozanatlashgan kuchlar sistemasi yoki nolga ekvivalent sistema deyiladi:

Bog'lanishdagi jism: Berilgan jismning ko'chishi boshqa jismlar bilan cheklangan bo'lsa, u bog'lanishdagi jism deyiladi.

Bog'lanish: Berilgan jismning ko'chishini cheklovchi jismga bog'lanish deyiladi.

Bog'lanish reaksiya kuchi: Bog'lanishning jismga ko'rsatadigan ta'siriga bog'lanish reaksiya kuchi deyiladi.

Erkin jism: Harakati bog'lanishlar bilan cheklanmagan jism erkin jism deyiladi.

Kesishuvchi kuchlar sistemasi: Ta'sir chiziqlari bir nuqtada uchrashadigan kuchlar sistemasiga kesishuvchi kuchlar sistemasi deyiladi.

Parallel kuchlar sistemasi: Ta'sir chiziqlari o'zaro parallel bo'lgan kuchlar sistemasiga parallel kuchlar sistemasi deyiladi.
Juft kuch: Bir-biriga teskari yo'nalgan miqdor jihatidan teng ikkita parallel kuchlar sistemasi juft kuch (qisqacha juft) deb ataladi.

Juftning yelkasi: Juft kuch $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ bilan belgilanadi. Juft tashkil etuvchi kuchlarning ta'sir chiziqlari orasidagi eng qisqa masofaga juftning yelkasi deyiladi – h.

Juftning tekisligi: Juft yotgan tekislikka juftning tekisligi deyiladi.

$\vec{F}$ **kuchning 0 nuqtaga nisbatan momenti** - mos ishora bilan olingan kuch moduli F ni kuch yelkasi h ga ko'paytmasiga teng kattalikka aytiladi.

Juftning momenti - mos ishora bilan olingan juft tashkil etuvchilaridan birining miqdorini juft yelkasiga ko'paytmasiga teng kattalikka aytiladi.

Sirpanishdagi ishqalanish: Bir jism ikkinchi jism sirti bo'yicha harakatlanish jarayonida bu jism sirtlarining bir-biriga tegib turgan urinma tekisliklarida hosil bo'ladigan ishqalanish sirpanishdagi ishqalanish deyiladi.

Sirpanishdagi statik ishqalanish kuchi: Shuning uchun jismning nisbiy muvozanati holatida ishqalanish kuchining o'lchovi sifatida uning maksimal qiymati olinadi va u sirpanishdagi statik ishqalanish kuchi deyiladi.

Dinamik ishqalanish kuchlari: Bir-biriga nisbatan harakatdagi jismlar orasida sodir bo'ladigan ishqalanish kuchlari dinamik ishqalanish kuchlari deyiladi.

Tekislikdagi kuchlar tizimi: Agar jismga ta'sir etuvchi kuchlar bir tekislikda yotsa, unga tekislikdagi kuchlar tizimi deyiladi.

Qo'shilgan juft: Kuchni o'ziga parallel ravishda ko'chirishda hosil bo'lgan juftga qo'shilgan juft deyiladi.

Fazodagi kuchlar sistemasi: Ta'sir chiziqlari fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasiga fazodagi kuchlar sistemasi deyiladi.

Kuchning biror o'qqa nisbatan momenti - uning shu o'qqa perpendikulyar tekislikdagi proyeksiyasining o'q bilan mazkur tekislik kesishgan nuqtasiga nisbatan momentiga aytiladi.

Nuqtaning trayektoriyasi: Nuqta harakatlanganda uning berilgan sanoq sistemasiga nisbatan chizgan o'zoo'qsiz chizig'i nuqtaning trayektoriyasi deyiladi.

To'g'ri chiziqli harakat: Agar nuqta trayektoriyasi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lsa, uning harakati to'g'ri chiziqli harakat deyiladi.

Egri chiziqli harakat: Agar nuqta trayektoriyasi egri chiziq bo'lsa egri chiziqli harakat deyiladi.

Nuqtaning harakat tenglamasi: Nuqtaning biror sanoq sistemasiga nisbatan istalgan vaqtdagi holatini aniqlash usuli ma'lum bo'lsa, uning harakati aniqlangan yoki berilgan deyiladi, nuqtaning harakatini aniqlovchi ifoda uning harakat tenglamasi yoki harakat qonuni deyiladi.

Tebranish amplitudasi: Nuqtaning tebranish markazidan eng katta masofaga chetga chikishini ifodalovchi kattalik a tebranish amplitudasi, ωt tebranish fazasi, ω esa tebranishning doiraviy chastotasi deyiladi.

Tebranish davri: Nuqtaning bir marta to'liq tebranishi uchun ketgan vaqt oralig'i T tebranish davri deyiladi.

Tebranish takrorligi: Tebranish davrining teskari qiymati $\nu = \frac{1}{T}$ tebranish takrorligi deyiladi va u 1 sekunddagi to'la tebranishlar sonini ifodalaydi.

Ilgarilama harakat: Jismda olingan har qanday kesma harakat davomida doimo o'zining boshlang'ich holatiga parallel ravishda harakatlansa, jismning bunday harakati ilgarilama harakat deyiladi.

Qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat: Ikki nuqtasi doimo qo'zg'almasdan qoladigan jismning harakati qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat deyiladi. Qo'zg'almas nuqtalardan o'tuvchi o'q aylanish o'qi deyiladi.

Jismning burchak tezligi: jismning burchak tezligi aylanish burchagidan vaqt bo'yicha olingan hosilaga teng.

Jismning burchak tezlanishi: Vaqt birligi ichida jism burchak tezligining o'zgarishi bilan xarakterlanadigan kattalikka jismning burchak tezlanishi deyiladi.

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

Tezliklar oniy markazi: Tekis shaklning berilgan onda tezligi nolga teng bo'lgan nuqtasi tezliklar oniy markazi yoki aylanish oniy markazi deyiladi.

Qo'zg'almas sentroida: Tezliklar oniy markazining tekis shaklning harakat tekisligidagi geometrik o'rni qo'zg'almas sentroida deyiladi.

Qo'zg'aluvchi sentroida: Tezliklar oniy markazining tekis shaklga bog'langan tekisligidagi geometrik o'rni qo'zg'aluvchi sentroida deyiladi.

Tezlanishlar oniy markazi: Tezlanish berilgan onda nolga teng bo'lgan tekis shaklning (yoki tekis shaklga mahkam biriktirilgan va u bilan birgalikda harakatlanuvchi tekislikning) nuqtasi tezlanishlar oniy markazi deyiladi.

Sferik harakat: Harakat davomida bitta nuqtasi hamishiy qo'zg'almasdan koladigan qattiq jismning harakati qo'zg'almas nuqta atrofidagi aylanma harakat yoki sferik harakat deyiladi.

Qo'zg'almas aksoid: Jismning harakati tekshirilayotgan qo'zg'almas koordinatalar sistemasiga nisbatan aylanish oniy o'qlarining geometrik o'rni qo'zg'almas aksoid deyiladi.

Qo'zg'aluvchi aksoid: Aylanish oniy o'qlarining jismga biriktirilgan va u bilan birgalikda harakatlanuvchi qo'zg'aluvchi koordinatalar sistemasiga nisbatan geometrik o'rni konus sirtdan iborat bo'lib, qo'zg'aluvchi aksoid deyiladi.

Nisbiy harakat: Nuqtaning ko'zg'aluvchi koordinatalar sistemasiga nisbatan harakati nisbiy harakat deyiladi.

Dinamika: Dinamika yunoncha "dinamics" - kuch so'zidan olingan. Dinamikada moddiy nuqta, moddiy nuqtalar sistemasi va absolyut qattiq jismning harakati shu harakatni vujudga keltiruvchi kuchlar bilan birgalikda o'rganiladi.

Inersion massa: Qattiq jism tashkil topgan moddaning miqdori bilan xarakterlanuvchi va jismning inertlik o'chovini ifodalovchi kattalik inersion massa deyiladi.

Gravitasion massa: Jismning fizik xususiyatiga bog'liq bo'lgan va $\frac{P}{g} = m = const$ formula yordamida aniqlanadigan m kattalikka gravitasion massa deyiladi.

Moddiy nuqta dinamikasining birinchi asosiy masalasi - nuqtaning massasi va kinematik harakat tenglamalari berilganda shu harakatni vujudga keltiruvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisini aniqlashdan iborat. Bu masalaga nuqta dinamikasining to'g'ri masalasi deyiladi.

Moddiy nuqta dinamikasining ikkinchi asosiy masalasi - nuqtaning massasi va unga ta'sir etuvchi kuchlar berilganda nuqtaning kinematik tenglamalarini aniqlashdan iborat. Bu masala nuqta dinamikasining teskari masalasi deyiladi.

Qaytaruvchi kuch: Moddiy nuqtani muvozanat holatiga qaytarishga intiluvchi kuchga qaytaruvchi kuch deyiladi.

Kuchning impulse: Miqdor va yo'nalish jihatdan o'zgarmas bo'lgan **F** kuch bilan uning ta'sir vaqti t ning ko'paytmasiga teng $\vec{S} = \vec{F} \cdot t$ vektor kuchning impulsi deyiladi.

Nuqtaning kinetik energiyasi: Nuqta massasini uning tezligi kvadratiga kupaytmasining yarmiga teng skalyar kattalik $\frac{mv^2}{2}$ nuqtaning kinetik energiyasi deyiladi.

Ichki kuchlar: Mexanik sistemani tashkil etuvchi nuqtalarning o'zaro ta'sir kuchlari ichki kuchlar deyiladi.

Tashqi kuchlar: Mexanik sistema tarkibiga kirmaydigan nuqta yoki jismlarning berilgan sistema nuqtalariga ta'sir kuchlari tashqi kuchlar deyiladi.

Sistemaning massasi: Sistema tarkibiga kiruvchi nuqtalarning massalarini yig'indisiga teng $M=\Sigma m_v$ kattalikka sistemaning massasi deyiladi.

Sistemaning massalar markazi: Radius vektori $\vec{r}_c = \frac{\sum m_v \vec{r}_v}{M}$ formula yordamida aniqlanadigan geometrik S nuqtaga sistemaning massalar markazi deyiladi.

Nuqtaning o'qqa nisbatan inersiya moment: Moddiy nuqtaning massasini biror l o'qqacha bo'lgan masofa kvadratiga ko'paytmasiga teng kattalikka nuqtaning o'qqa nisbatan inersiya momenti deyiladi.

Nuqtaning harakat miqdorini: Nuqta dinamikasidan ma'lumki nuqta massasi m bilan berilgan ondagi tezligi υ ning ko'paytmasiga teng $q = m\vec{v}$ vektor nuqtaning harakat miqdorini ifodalaydi.

Sistemaning harakat miqdori : Mexanik sistema nuqtalari harakat miqdorlarining geometrik yig'indisiga teng vector $\vec{Q} = \sum m_\nu \vec{v}_\nu$ sistemaning harakat miqdori (yoki harakat miqdorining bosh vektori) deyiladi.

O'zgaruvchan massali jism: Vaqt o'tishii bilan moddiy zarralarning qo'shilishi yoki ajralishi natijasida massasi uzluksiz ravishda o'zgaradigan jism o'zgaruvchan massali jism deyiladi.

Sistemaning kinetik energiyasi : Mexanik sistema barcha nuqtalarining kinetik energiyalari yig'indisiga teng $T = \sum \frac{m_\nu v_\nu^2}{2}$ kattalik sistemaning kinetik energiyasi deyiladi.

Nuqtaning inersiya kuchi: Miqdor jihatdan nuqtaning massasi bilan uning tezlanishi ko'paytmasiga teng va nuqtaning tezlanishiga qarama-qarshi yo'nalgan kuch nuqtaning inersiya kuchi deyiladi.

Statik muvozanatlashgan jism: Qo'zg'almas aylanish o'qiga ega bo'lgan va og'irlik markazi aylanish o'qida yotuvchi jism statik muvozanatlashgan jism deyiladi.

Dinamik muvozanatlashgan jism: Dinamik reaksiya kuchlari nolga teng bo'lgan jism dinamik muvozanatlashgan jism deyiladi.

Analitik mexanika: Analitik mexanikada mexanik sistemalarning muvozanati va harakati o'rganiladi. Mexanikaning asosiy prinsiplarini bayon etish, ulardan harakat differensial tenglamalarini chiqarish, mazkur tenglamalarini izohlash va integrallash usullari analitik mexanikaning asosiy mavzuini tashkil etadi.

Analitik bog'lanishlar: Sistema nuqtalarining harakatini ularning harakat qonuniga bog'liq bo'lmagan va oldindan berilgan geometrik yoki kinematik shartlar bilan cheklovchi jismlarga bog'lanishlar yoki analitik bog'lanishlar deyiladi.

Bog'lanishdagi sistema: Agar sistema nuqtalariga bog'lanishlar qo'yilmagan bo'lsa, bunday sistema erkin sistema deyiladi. Aks holda sistema bog'lanishdagi sistema deyiladi.

Bo'shatmaydigan bog'lanishlar: Tenglamalar bilan ifodalanadigan bog'lanishlar bo'shatmaydigan bog'lanishlar deyiladi.

Bo'shatadigan bog'lanishlar: tengsizliklar bidan ifodalanadigan bog'lanishlar esa bo'shatadigan bog'lanishlar deyiladi.

Geometrik bog'lanishlar: Agar bog'lanishlar faqat sistema nuqtalarining koordinatalariga chek qo'ysa, bunday bog'lanishlar geometrik bog'lanishlar deyiladi.

Kinematik yoki differensialni bog'lanishlar: Agar bog'lanishlar sistema nuqtalarining koordinatalaridan tashqari tezligiga ham chek qo'ysa, ularga kinematik yoki differensialni bog'lanishlar deyiladi.

Golonomli bog'lanish: Agar bog'lanish tenglamalari integrallanadigan bo'lsa, bog'lanish golonomli bog'lanish deyiladi.

Begolonom bog'lanish: Agar bog'lanish tenglamalari integrallanmaydigan bo'lsa, begolonom bog'lanish deyiladi.

Stasionar bo'lmagan bog'lanish: Agar bog'lanishning analitik ifodasi vaqtga oshkora ravishda bog'liq bo'lsa, o'nga stasionar bo'lmagan bog'lanish deyiladi.

Stasionar bog'lanish: Agar bog'lanishning analitik ifodasi vaqtga oshkora ravishda bog'liq bo'lmasa, bunday bog'lanish stasionar bog'lanish deyiladi.

Mexanik sistemaning mumkin bo'lgan ko'chishi: Sistemaga qo'yilgan bog'lanishni qanoatlantirgan holda sistema nuqtalarining berilgan onda tasavvur qilinadigan cheksiz kichik ko'chishlari mexanik sistemaning mumkin bo'lgan ko'chishi deyiladi.

Sistemaning umumlashgan koordinatalari: Sistemaning fazodagi holatini bir qiymatli aniqlaydigan va maqsadga muvofiq ravishda tanlab olingan, bir-biriga bog'liq bo'lmagan kattaliklar sistemaning umumlashgan koordinatalari deyiladi.

Sistemaning erkinlik darajasi : Bo'shatmaydigan golonomli bog'lanishlar qo'yilgan mexanik sistema harakatini aniqlovchi bir-biriga bog'liq bo'lmagan umulashgan koordinatalar soni sistemaning erkinlik darajasi deyiladi.

Ideal bog'lanishlar: Agar sistema nuqtalariga qo'yilgan bog'lanish reaksiya kuchlarining sistemaning har qanday mumkin bo'lgan ko'chishidagi elementar ishlari yig'indisi nolga teng bo'lsa, bunday bog'lanishlar ideal bog'lanishlar deyiladi.

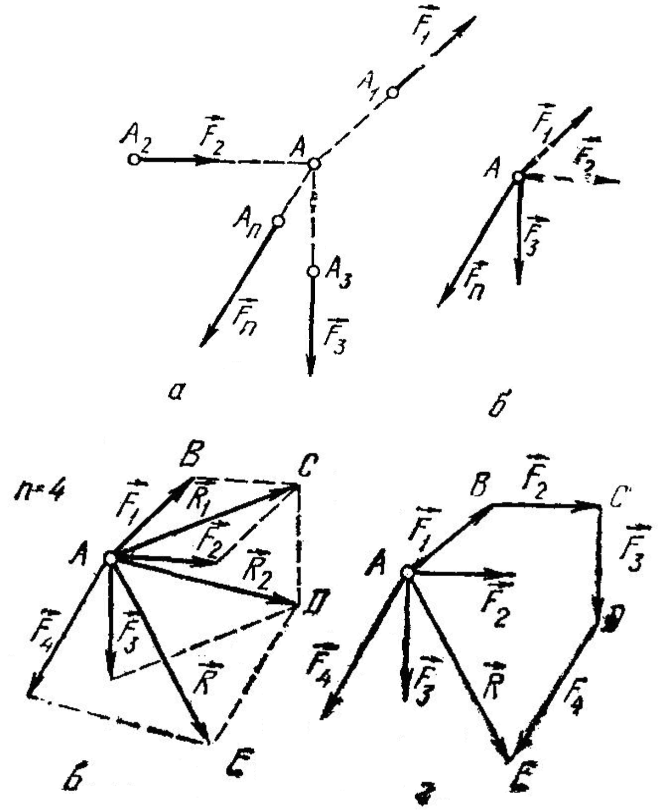
Ustuvor va noustuvor muvozanat: Agar muvozanat holatidagi mexanik sistema nuqtalariga kichik boshlang'ich qo'yish va kichik boshlang'ich tezlik berish natijasida sistema nuqtalari muvozanat holati yaqinida tebranma harakatda bo'lsa, sistemaning bunday muvozanati ustuvor muvozanat: muvozanat holatidan o'zoqlasha borsa, noustuvor muvozanat deyiladi.

Befarq muvozanat: Agar mexanik sistemani muvozanat holatidan kichik og'dirish natijasida mexanik sistema yangi holatda ham muvozanatda qolsa, sistemaning bunday holati befarq muvozanat deyiladi.

Zarba: Juda kichik vaqt ichida sistemaning ayrim yoki barcha nuqtalarining tezligi, binobarinh harakat miqdori chekli kattalikka o'zgarsa, bunday hodisa zarba deyiladi.

Zarbali kuch: Zarba davrida vujudga keluvchi va to'qnashuvchi jismlarga juda kichik vaqt ichida ta'sir, uta katta qiymatga erishadigan va impulsi chekli bo'lgan kuch zarbali kuch deyiladi.

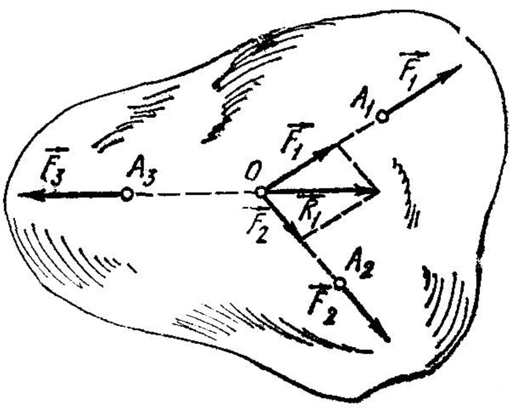
Mavzu:: **BIR NUQTADA KESISHUVCHI KUCHLAR SISTEMASI**



$$\vec{R}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\vec{R}_2 = \vec{R}_1 + \vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

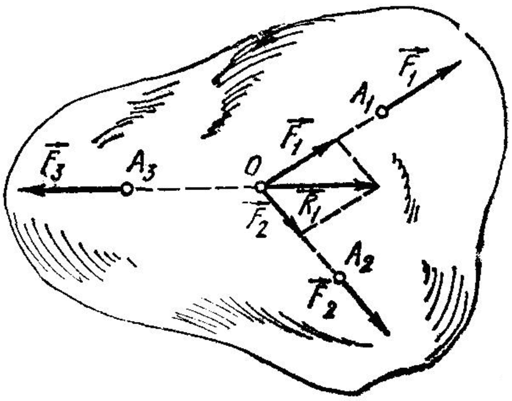
$$\vec{R} = \vec{R}_2 + \vec{F}_4 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$



R - teng ta’sir etuvchi kuch. *ABCDE* – kuch ko’pburchagi.

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n = \sum_{\nu=1}^{n} \vec{F}_\nu \qquad (3.1)$$

Uch kuchning muvozanati haqidagi teorema

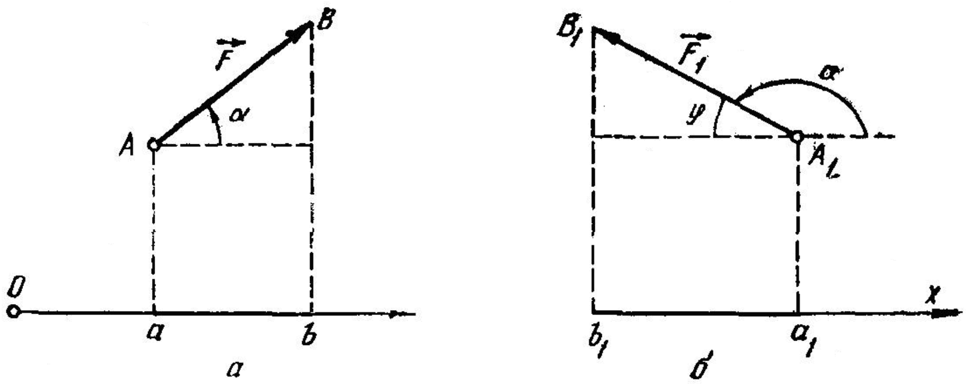


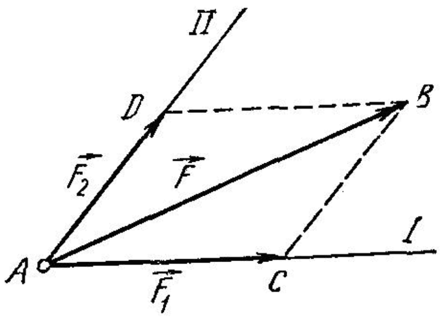
R - teng ta’sir etuvchi kuch. *ABCDE* – kuch ko’pburchagi.

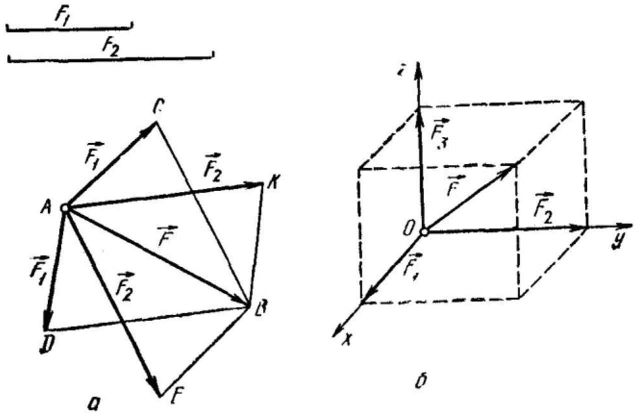
$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n = \sum_{\nu=1}^{n} \vec{F}_\nu \qquad (3.2)$$

$F_x = X = F\cos\alpha$

$X_1 = F_1 \cos\alpha = -F_1 \cos\alpha$







$$R_x = \sum_{\nu=1}^{n} X_\nu, \; R_y = \sum_{\nu=1}^{n} Y_\nu, \; R_z = \sum_{\nu=1}^{n} Z_\nu.$$

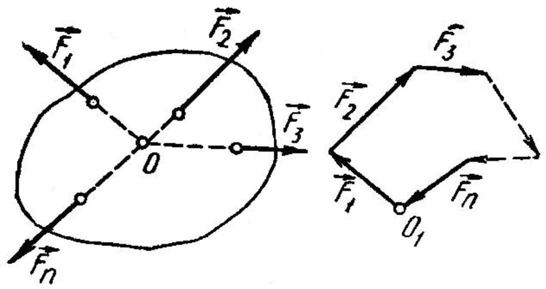
Teng ta’sir etuvchining moduli.

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} = \sqrt{\left(\sum_{\nu=1}^{n} X_\nu\right)^2 + \left(\sum_{\nu=1}^{n} Y_\nu\right)^2 + \left(\sum_{\nu=1}^{n} Z_\nu\right)^2}.$$

Yo’nalishi

$$\cos\left(\vec{R}\,\hat{}\,x\right) = \frac{R_x}{R}, \qquad \cos\left(\vec{R}\,\hat{}\,y\right) = \frac{R_y}{R}, \qquad \cos\left(\vec{R}\,\hat{}\,z\right) = \frac{R_z}{R}.$$

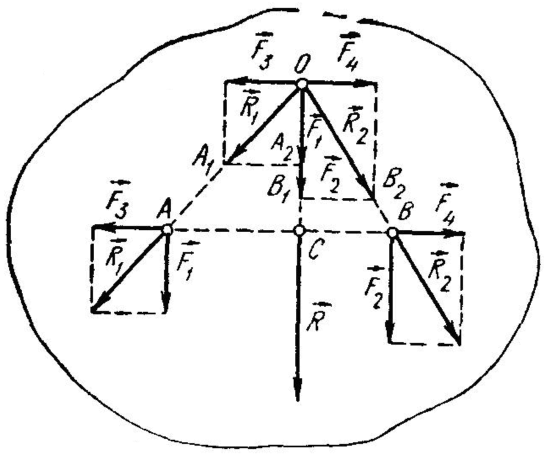
$$\sum_{\nu=1}^{m} \vec{F}_{\nu} = 0$$



$$\sum_{\nu=1}^{n} X_{\nu} = 0, \qquad \sum_{\nu=1}^{n} Y_{\nu} = 0, \qquad \sum_{\nu=1}^{n} Z_{\nu} = 0.$$

Mavzu. **PARALLEL KUCHLAR SISTEMASI**

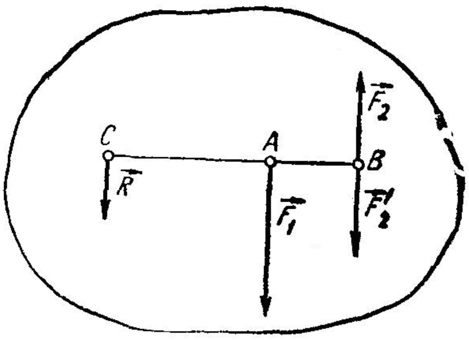
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{CB}{AC}$$



Proporsiyaning xossasiga ko'ra

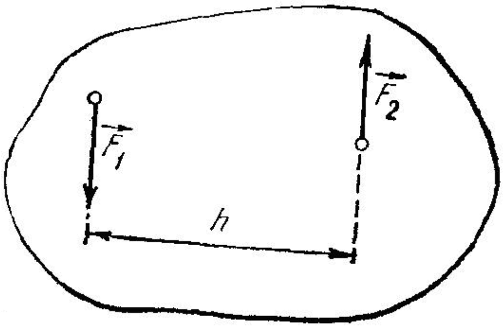
$$\frac{F_1}{CB} = \frac{F_2}{AC} = \frac{R}{AB}$$

$R=F_1-F_2$ va $\dfrac{F_1}{F_2} = \dfrac{BC}{AC}$



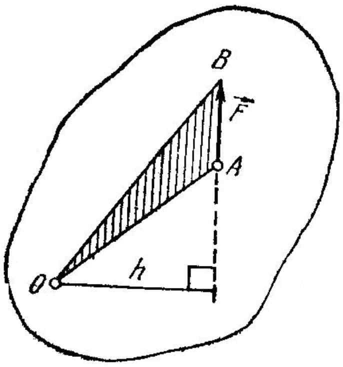
$$AC = \frac{F_2}{F_1 - F_2} AB$$

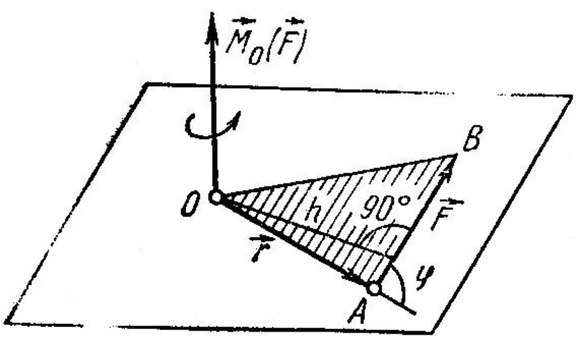
Juft kuch haqida tushuncha



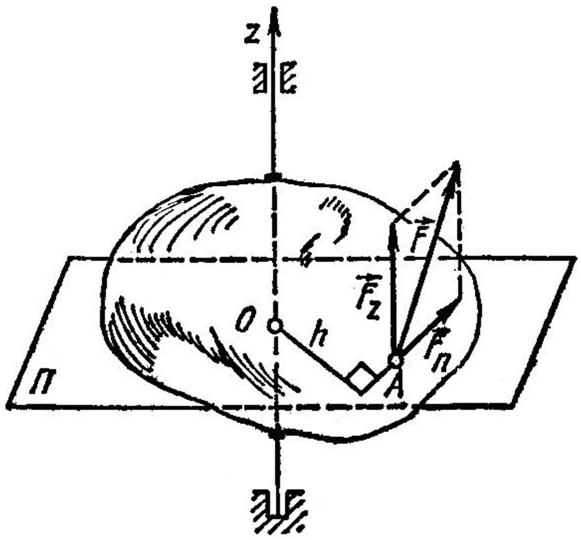
$$M_o(\vec{F}) = \pm F \cdot h,$$

$$\left| M_o(\vec{F}) \right| = 2S_{\Delta AOB}.$$





$$\vec{M}_o(\vec{F}) = \vec{r} x \vec{F}$$



$$\vec{M}_z(\vec{F}) = \vec{M}_o(\vec{F}_n) = \pm\vec{F}_n \cdot h.$$

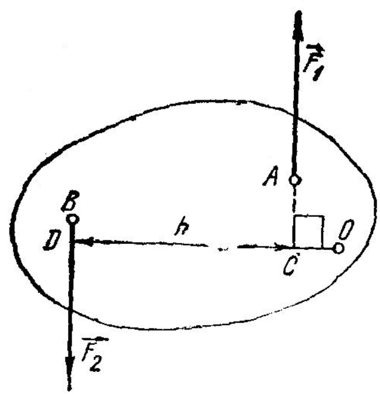
$$\left[\vec{M}_o(\vec{F}_n)\right]_z = M_z(\vec{F})$$

$$M_x(\vec{F}) = \left[\vec{M}_o(\vec{F}_n)\right]_x$$

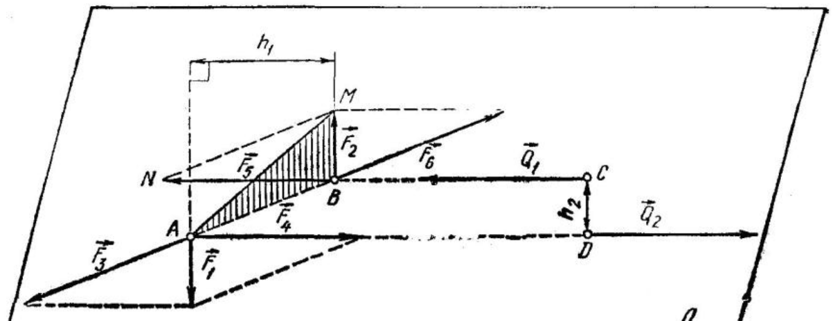
$$M_y(\vec{F}) = \left[\vec{M}_o(\vec{F}_n)\right]_y$$

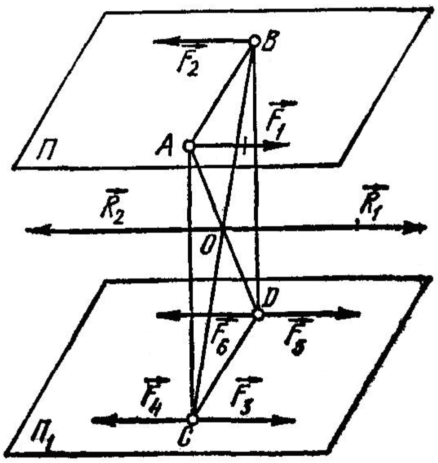
$$M_z(\vec{F}) = \left[\vec{M}_o(\vec{F}_n)\right]_x$$

M = ±F_1h = ±F_2h.



$$M = M_A(\vec{F}_2) = M_B(\vec{F}_1).$$



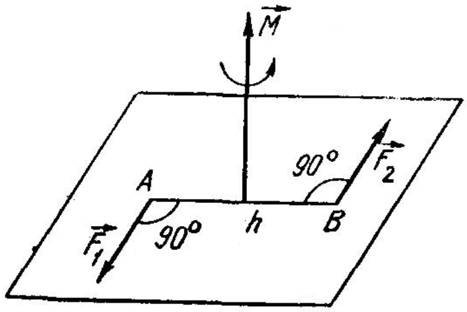


$$R_1 = F_1 + F_2 = 2F_1$$

$$R_1 = F_1 + F_2 = 2F_1$$

$$\left(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4, \vec{F}_5, \vec{F}_6\right) \infty \left(\vec{F}_3, \vec{F}_6\right)$$

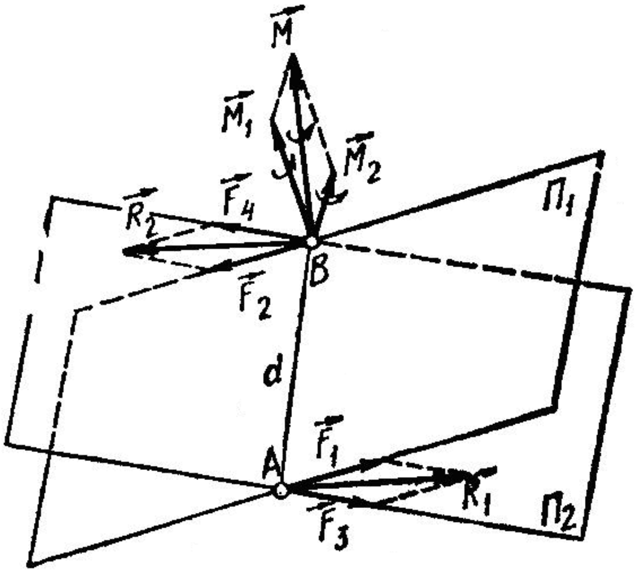
$$\left|\vec{M}\right| = F_1 \cdot h = F_2 \cdot h$$



$$\vec{M} = \vec{M}_A(\vec{F}_2) = \vec{M}_B(\vec{F}_1)$$

$$M_1 = F_1 \cdot d, \qquad M_2 = F_3 \cdot d$$

$$\vec{M} = M_1 + M_2$$

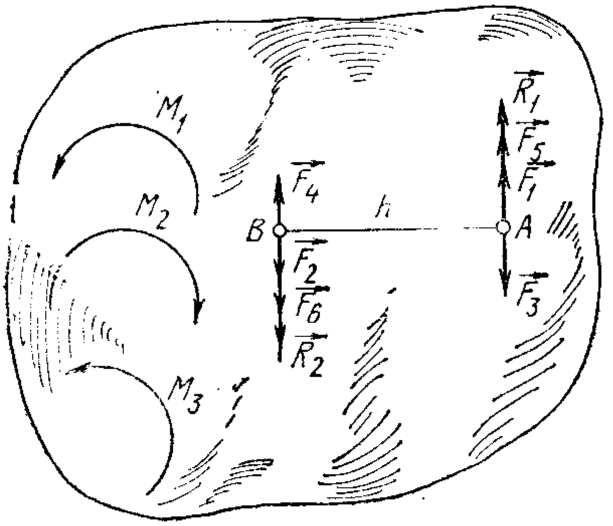


$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \ldots + \vec{M}_n$$

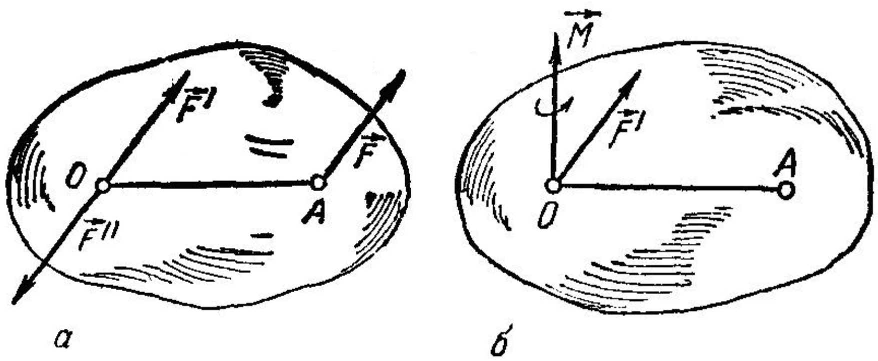
$$ёки \qquad \vec{M} = \sum M_\nu$$

$$M = M_1 + M_2 + \ldots + M_n = \Sigma M_\nu,,$$

$\Sigma M_\nu = 0.$

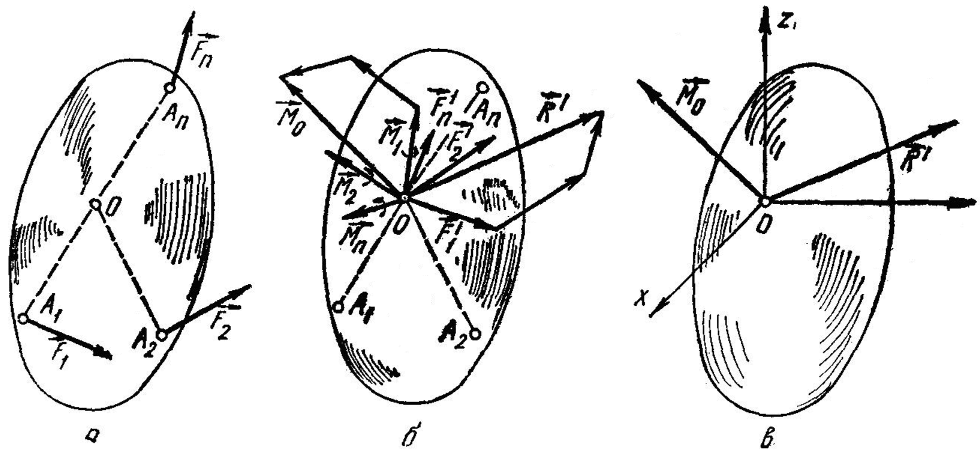


Mavzu. **TEKISLIKDA VA FAZODA IXTIYORIY JOYLASHGAN KUCHLAR SISTEMASI**



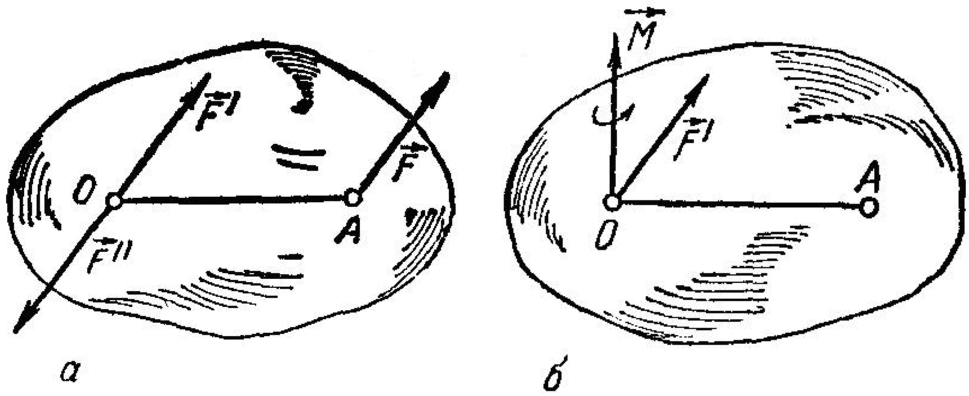
$$\vec{M} = \vec{M}_0(\vec{F})$$

$$\vec{M}_1 = \vec{M}_0(\vec{F}_1), \quad \vec{M}_2 = \vec{M}_0(\vec{F}_2), \quad \ldots, \quad \vec{M}_1 = \vec{M}_0(\vec{F}_1),$$



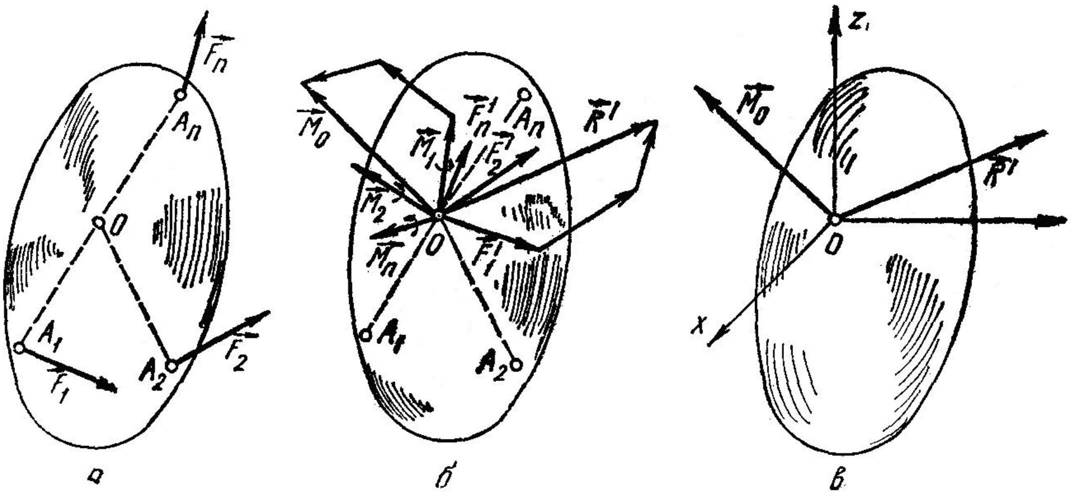
$$\vec{R}' = \sum \vec{F}_\nu$$

$$\vec{M}_o = \sum \vec{M}_o(\vec{F})$$



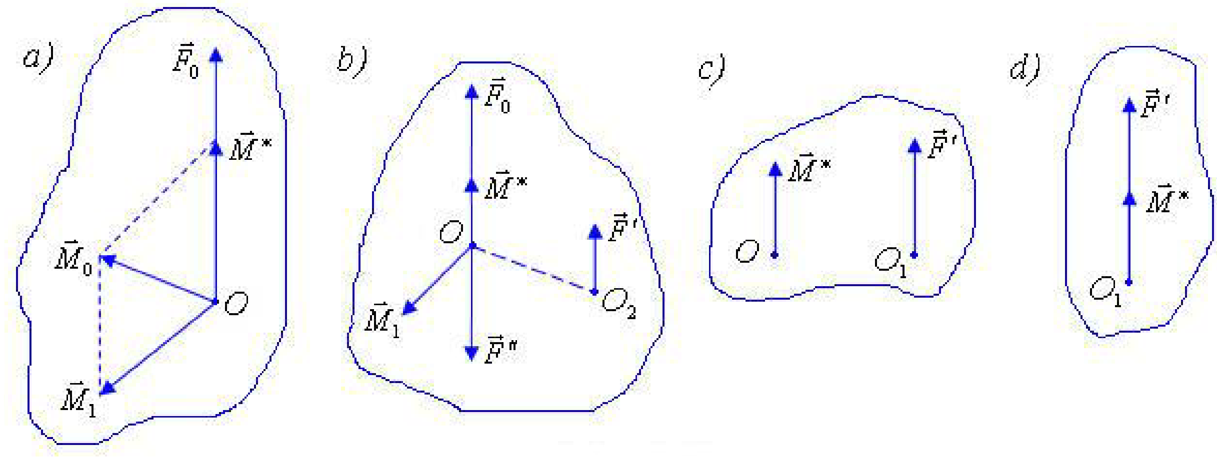
$$\vec{M} = \vec{M}_0(\vec{F})$$

$$\vec{M}_1 = \vec{M}_0(\vec{F}_1), \quad \vec{M}_2 = \vec{M}_0(\vec{F}_2), \quad \ldots, \quad \vec{M}_1 = \vec{M}_0(\vec{F}_1),$$



$$\vec{R}' = \sum \vec{F}_\nu$$

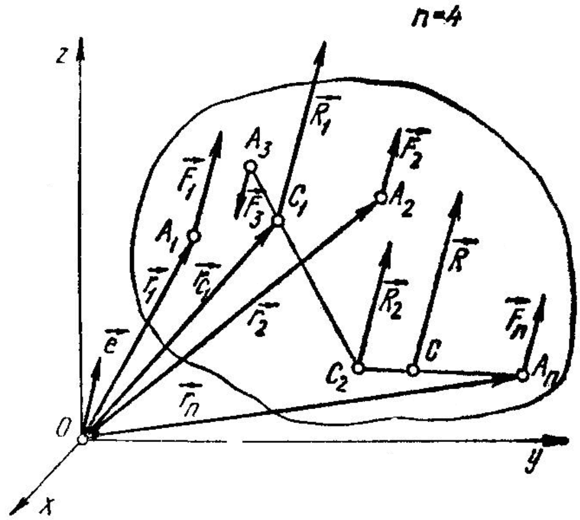
$$\vec{m}_0(\vec{R}) = \sum_{k=1}^{n} \vec{m}_0(\vec{F}_k) \quad . \tag{6.7}$$



1.43-rasm

6. Markaziy o’q tenglamasini tushuntiring.

Mavzu: **QATTIQ JISMNING OG`IRLIK MARKAZI**



$$\vec{R}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \qquad (1)$$

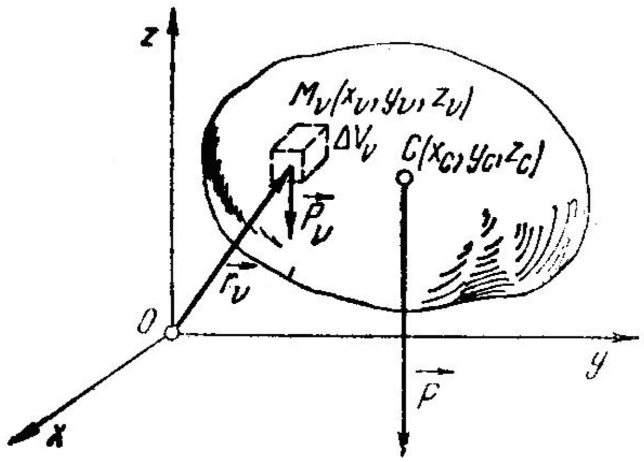
$$\frac{F_1}{C_1A_2} = \frac{F_2}{A_1C_1} \qquad \text{ёки} \qquad \frac{A_1C_1}{F_2} = \frac{C_1A_2}{F_1} \qquad (2)$$

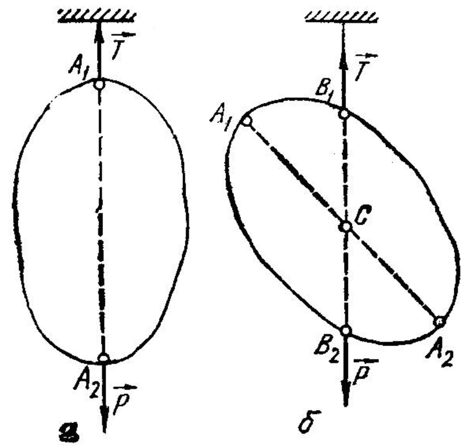
$$\overrightarrow{A_1C_1} = \vec{r}_{c_1} - \vec{r}_1, \qquad \overrightarrow{C_1A_2} = \vec{r}_1 - r_{c_1} \qquad (3)$$

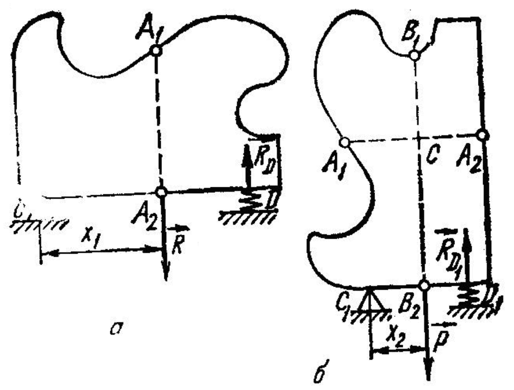
$$\overrightarrow{r_{C_1}} = \frac{F_1 \cdot \vec{r}_1 + F_2 \cdot \vec{r}_2}{F_1 + F_2} \qquad (4)$$

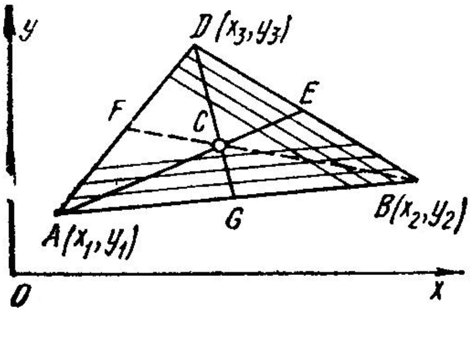
$$R_2 = R_1 - F_3 = F_1 + F_2 + F_3 = \sum_{\nu=1}^{3} F_\nu ,$$

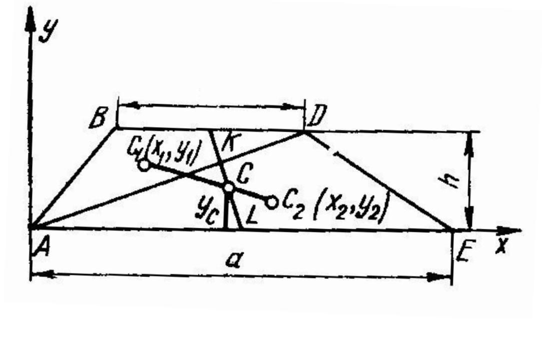
$$\frac{R_1 \cdot \overrightarrow{r_{C_1}} + F_3 \cdot \overrightarrow{r_3}}{R_1 + F_3} = \frac{F_1 \cdot \overrightarrow{r_1} + F_2 \cdot \overrightarrow{r_2} + F_3 \cdot \overrightarrow{r_3}}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{\sum_{\nu=1}^{3} F_\nu r_\nu}{\sum_{\nu=1}^{3} F_\nu}$$







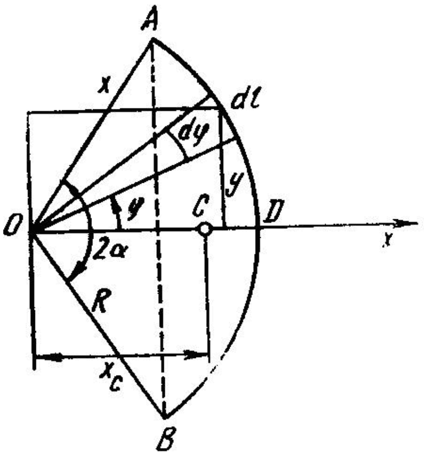


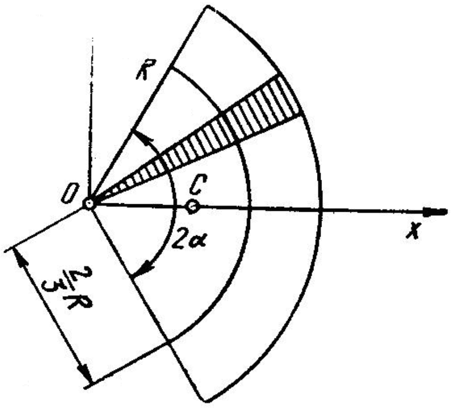


$$y_1 = \frac{2}{3}h, \quad S_1 = \frac{b \cdot h}{2}, \quad y_2 = \frac{1}{3}h, \quad S_2 = \frac{a \cdot h}{2}$$

$$y_c = \frac{y_1 S_1 + y_2 S_2}{S_1 + S_2} = \frac{h(a + 2b)}{3(a + b)}.$$

$$x_c = \frac{R\sin\alpha}{\alpha}.$$



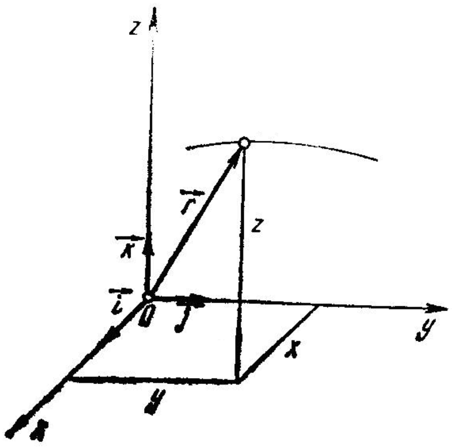


$$x_c = \frac{2R}{\pi} = 0{,}637R.$$

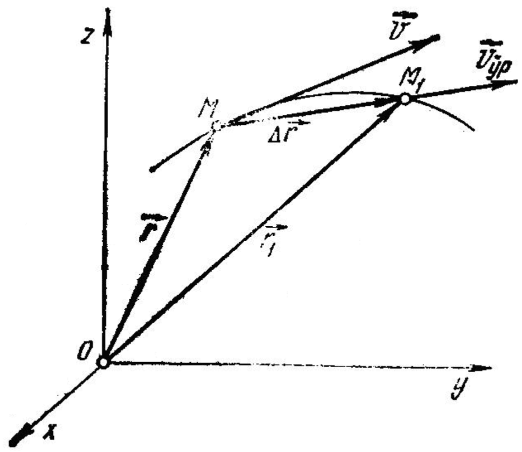
$$x_c = \frac{2}{3}\frac{R\sin\alpha}{\alpha}.$$

$$x_c = \frac{4}{3\pi}R = 0{,}424R.$$

Mavzu. **NUQTA KINEMATIKASI**



$$\left.\begin{aligned} x &= x(t), \\ y &= y(t), \\ z &= z(t) \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$



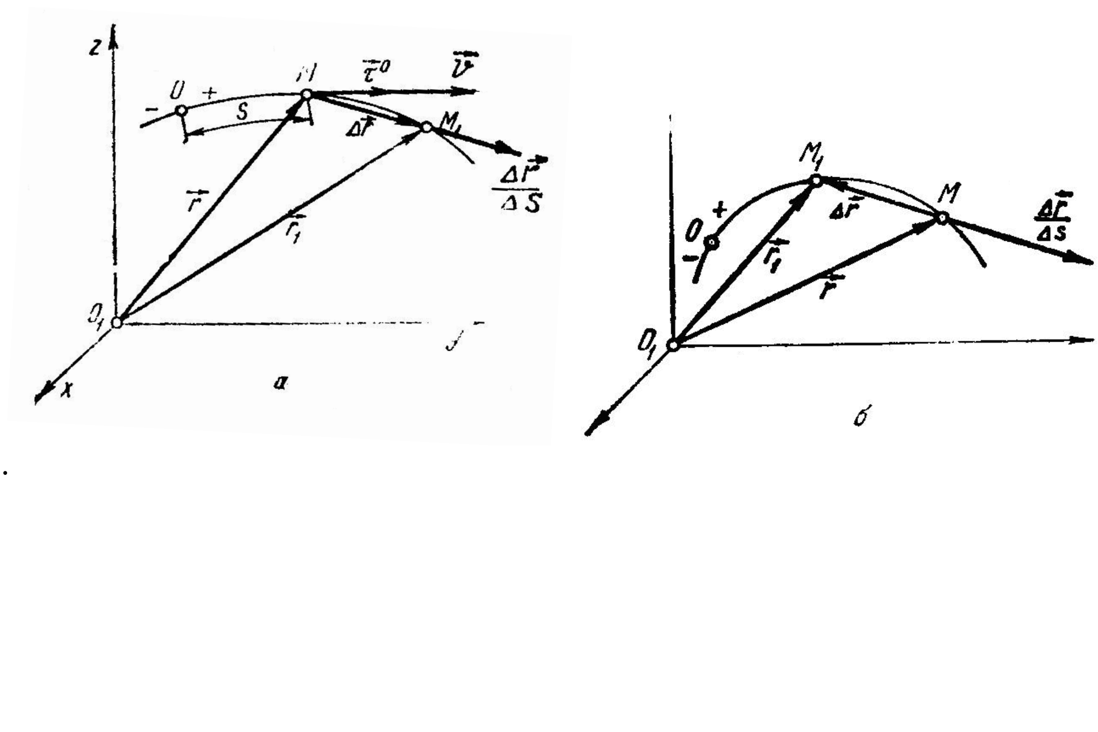
$$\vec{r}_1 = \vec{r} + \Delta\vec{r} \Rightarrow \Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}$$

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \Rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \qquad \text{ёки} \qquad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

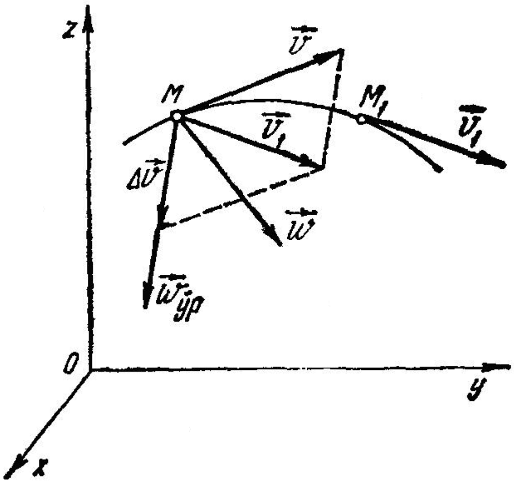
$$v_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}, \;\; v_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}, \;\; v_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$$

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

$$v = \frac{ds}{dt}$$



.

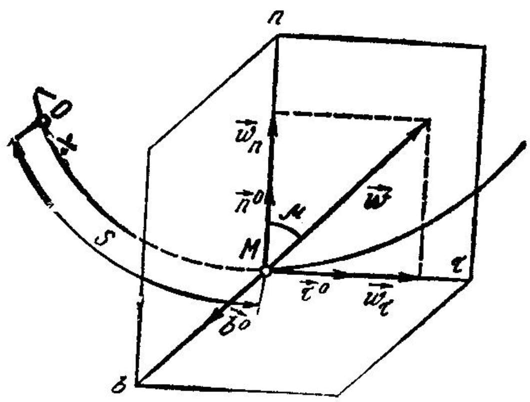


$$\vec{w}_x = \frac{d\vec{v}_x}{dt}, \quad \vec{w}_y = \frac{d\vec{v}_y}{dt}, \quad \vec{w}_z = \frac{d\vec{v}_z}{dt} \qquad (12)$$

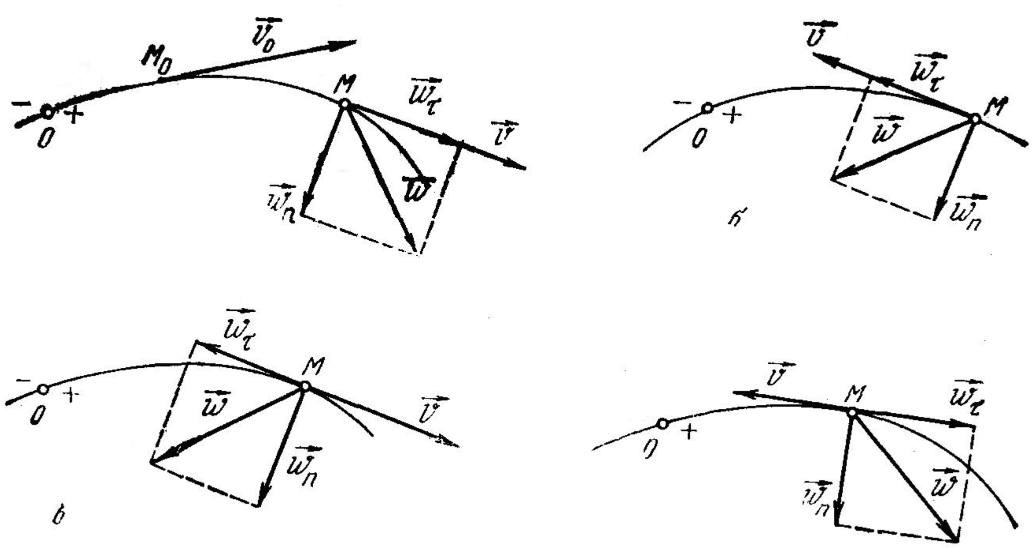
(8) ga asosan (12) ni quyidagicha yoza olamiz:

$$w_x = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}, \quad w_y = \frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{y}, \quad w_z = \frac{d^2z}{dt^2} = \ddot{z} \qquad (13)$$

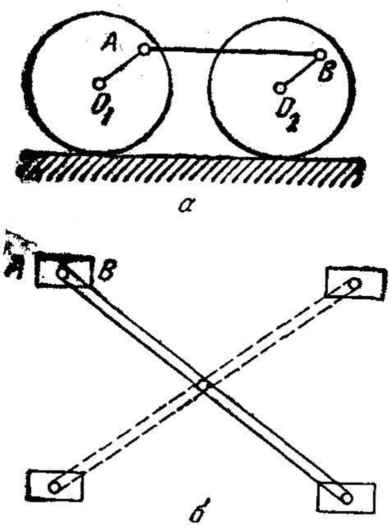
$$w = \sqrt{w_x^2 + w_y^2 + w_z^2} = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2 + \ddot{z}^2} \qquad (14)$$

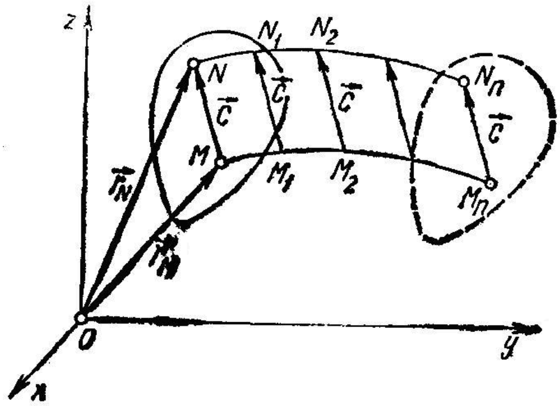


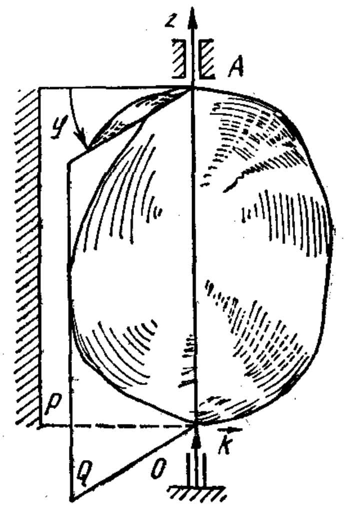
$$\vec{W} = \vec{W}_\tau + \vec{W}_n$$

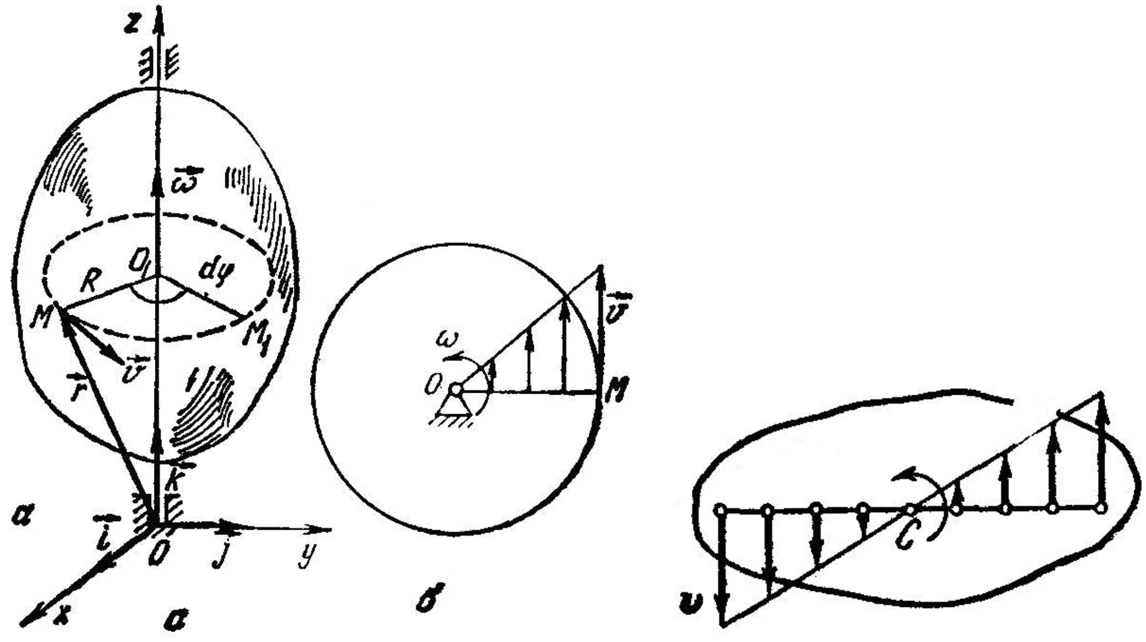


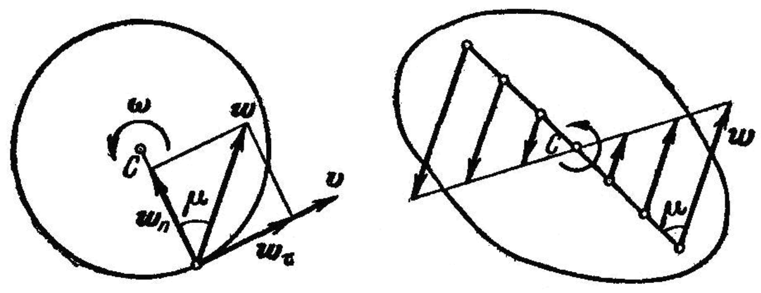
Mavzu. **QATTIQ JISM KINEMATIKASI**





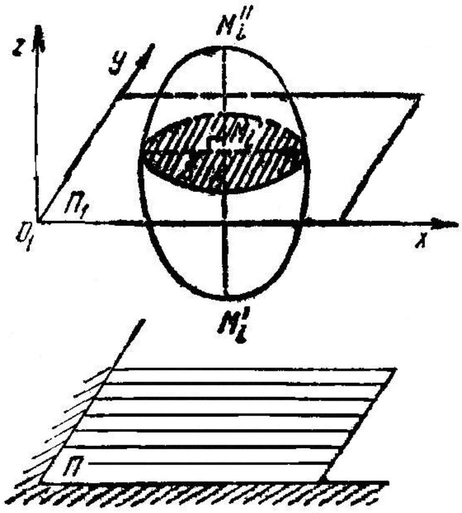


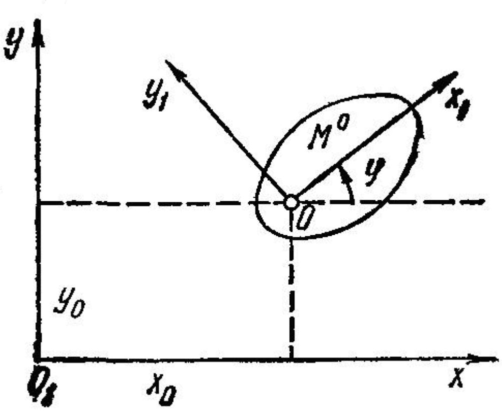


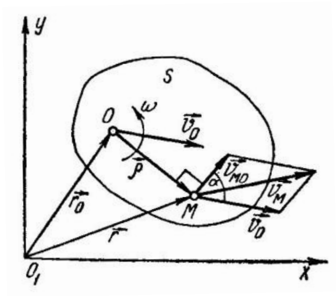


a) б)

Mavzu. **QATTIQ JISMNING TEKIS PARALLEL HARAKATI**





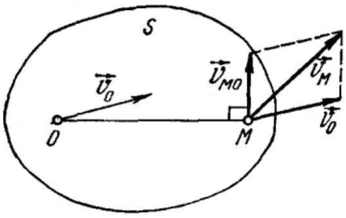


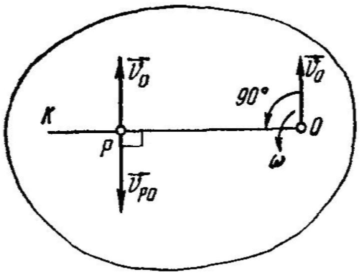
U holda

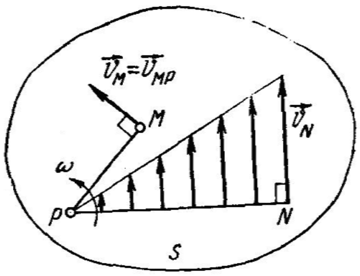
$$\vec{r} = \vec{r}_o + \vec{\rho}$$

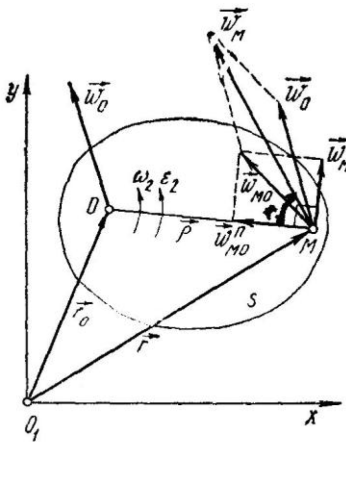
$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}_o}{dt} + \frac{d\vec{\rho}}{dt}$$

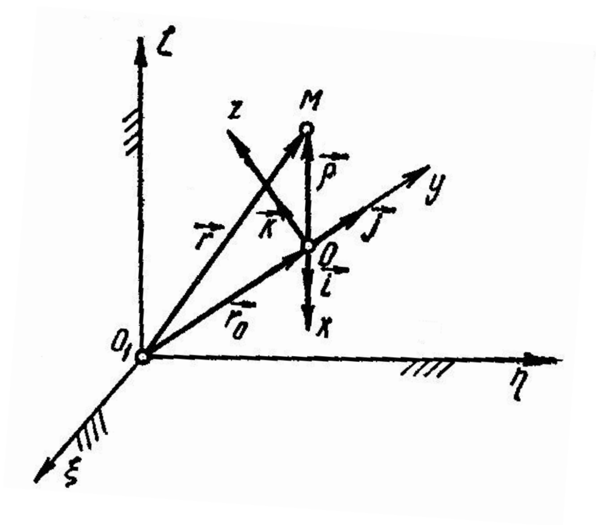
$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}_M \qquad \textit{ва} \qquad \frac{d\vec{r}_o}{dt} = \vec{v}_O$$

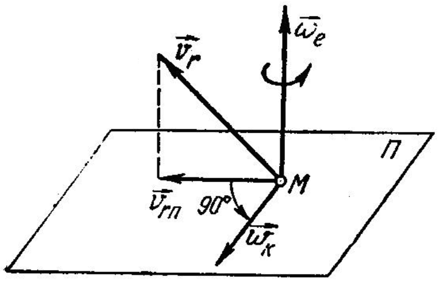


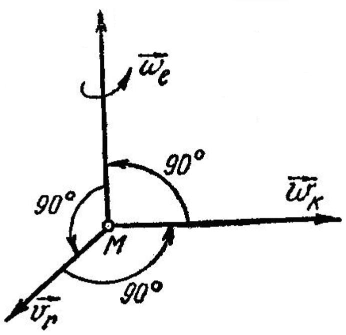




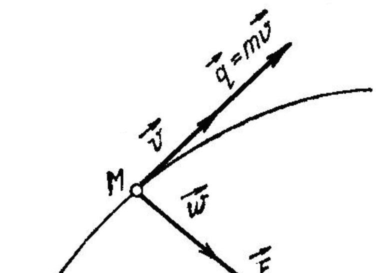


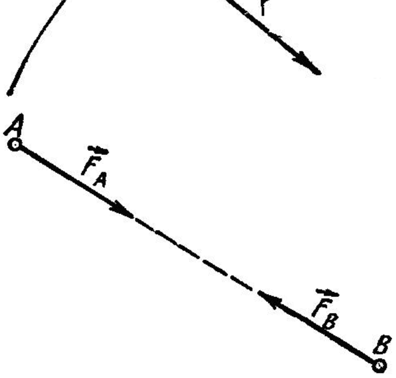


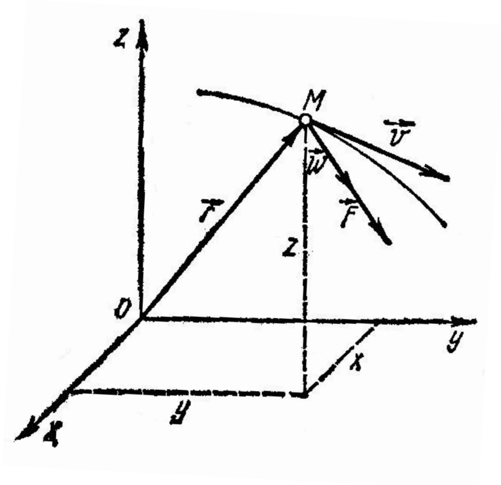


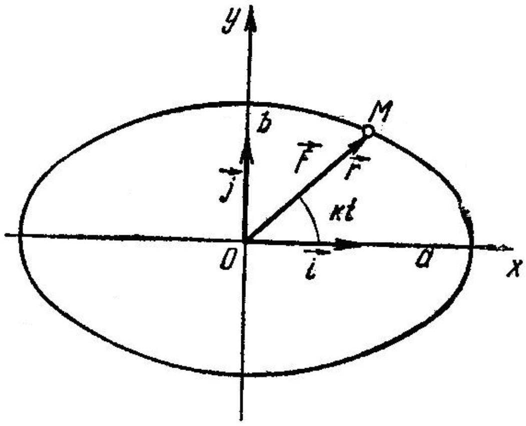


Mavzu. **DINAMIKA**

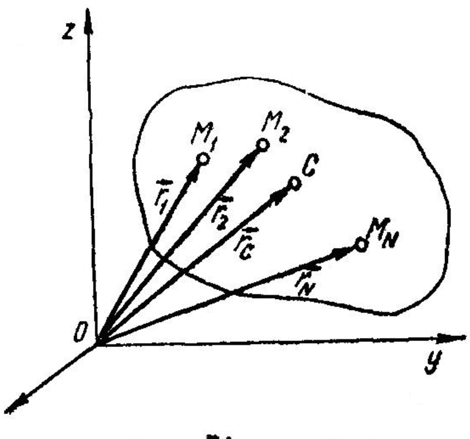


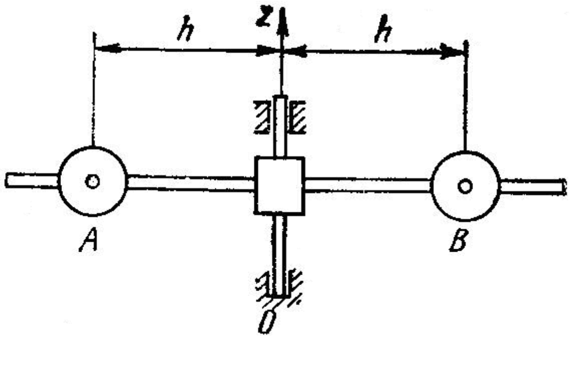


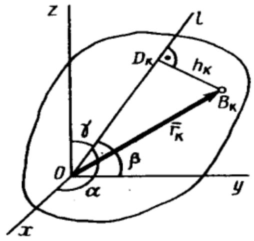




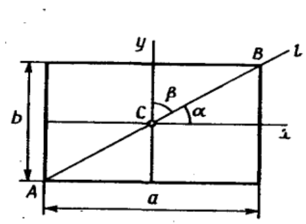
Mavzu. **JISMNING PARALLEL O'QLARGA NISBATAN INERSIYA MOMENTLARI**



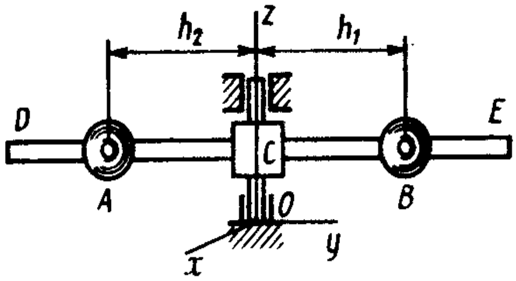




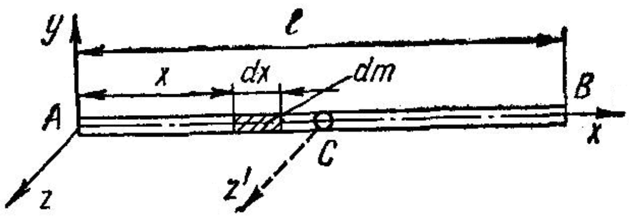
1-shakl

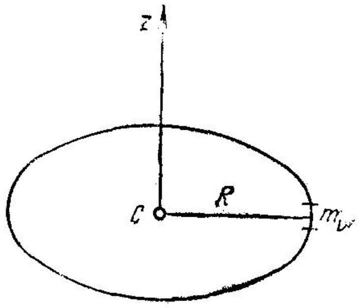


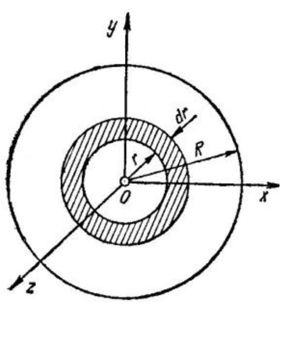
2-shakl.

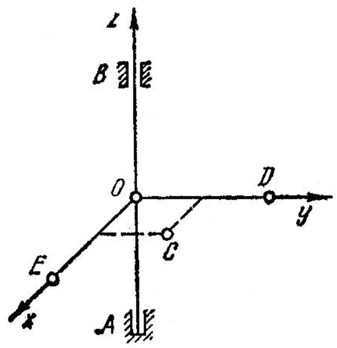


3-shakl.

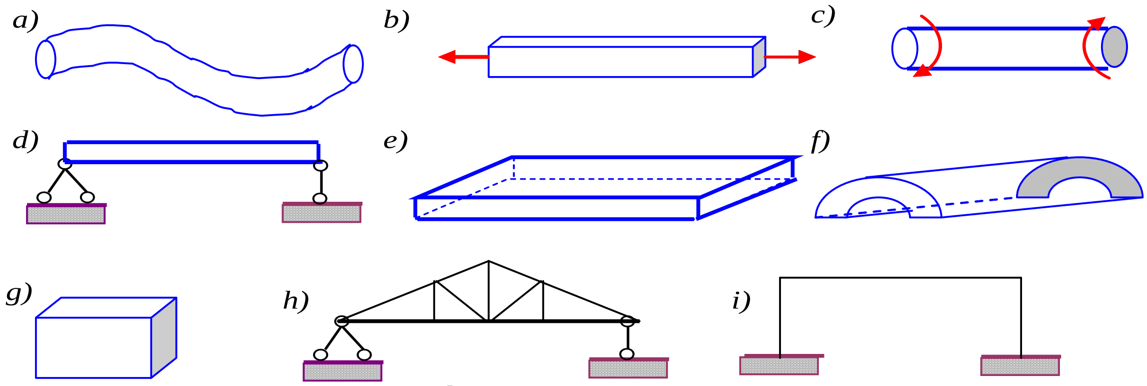




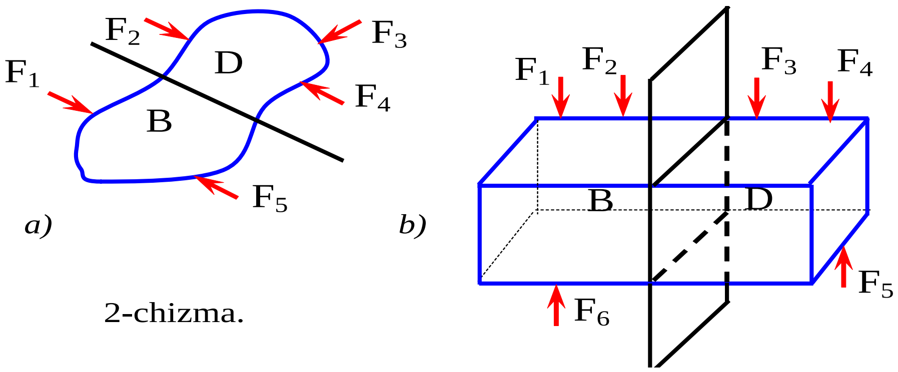




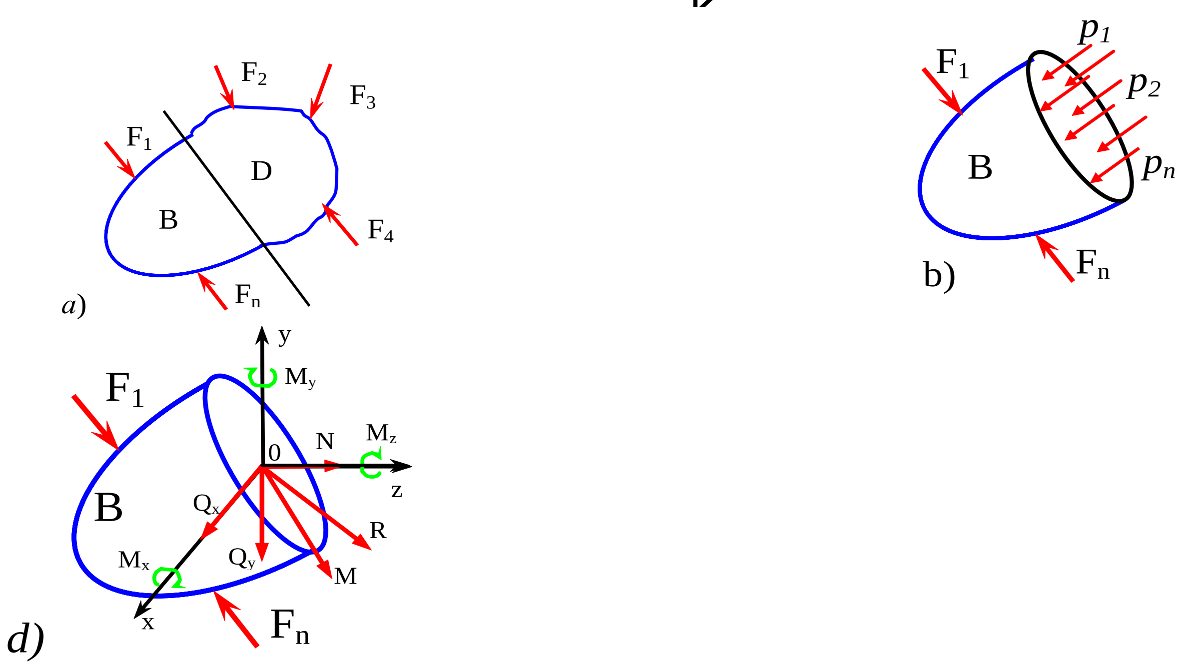
Mavzu: **MATERIALLLAR QARSHILIGI**



1-chizma.

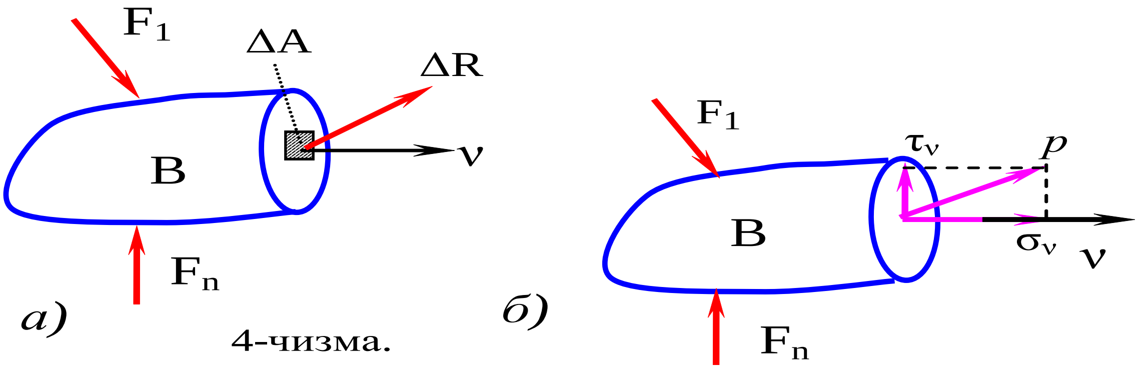


2-chizma.

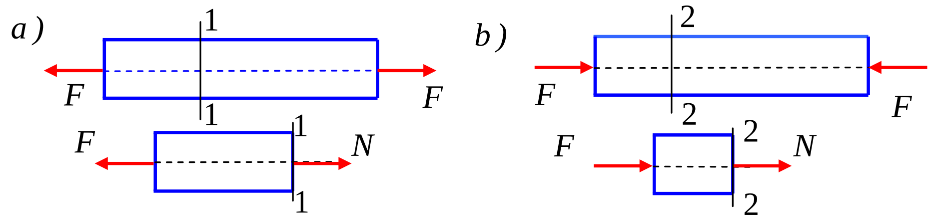


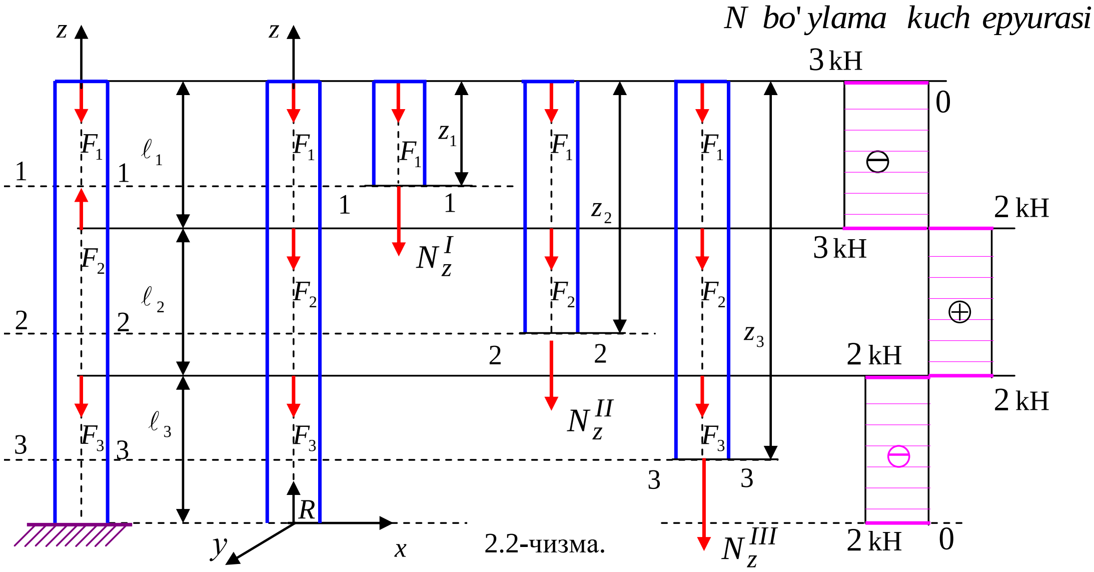
3-chizma

Mavzu: **DEFORMATSIYALAR VA KUCHLANISHLAR**

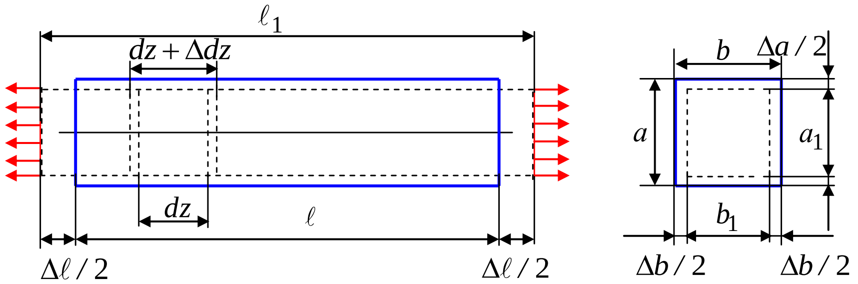


4-чизма.



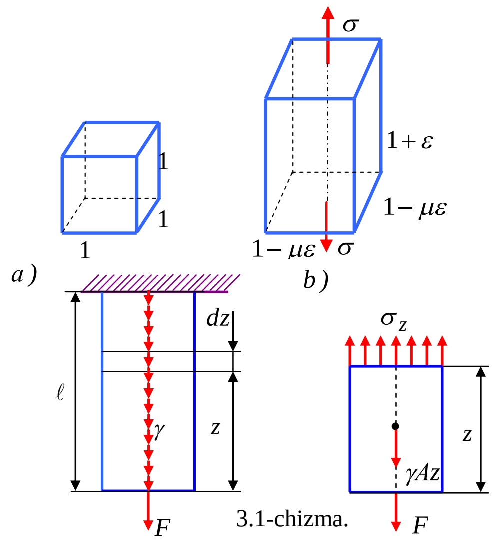


2.2-чизма.

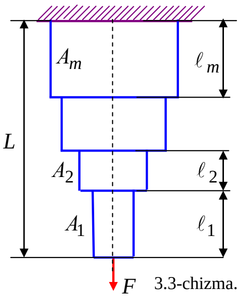


$$\Delta\ell = \int_0^{\ell} \varepsilon dz = \varepsilon \int_0^{\ell} dz = \varepsilon\ell.$$

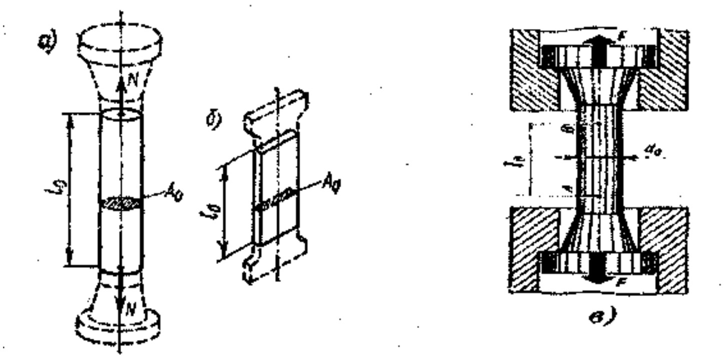
2.4-chizma.



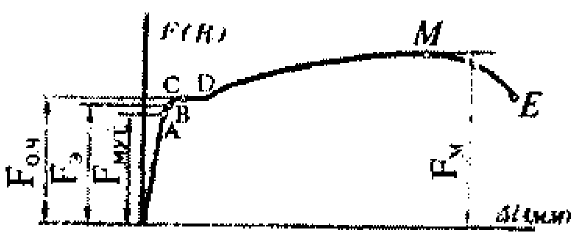
3.1-chizma.



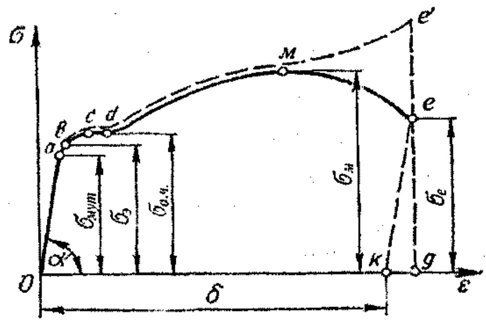
3.3-chizma.



3.5-shakl.

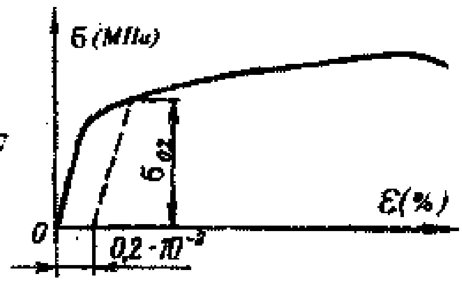


3.6-shakl.

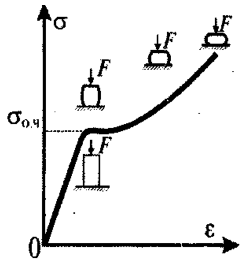


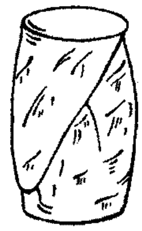
3.7-shakl.

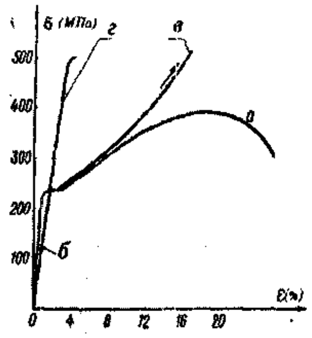
3.8-shakl.

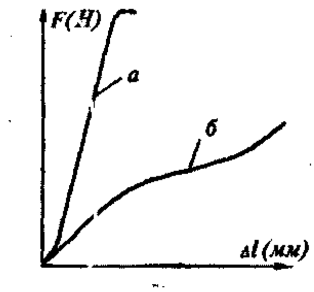


3.9-shakl.

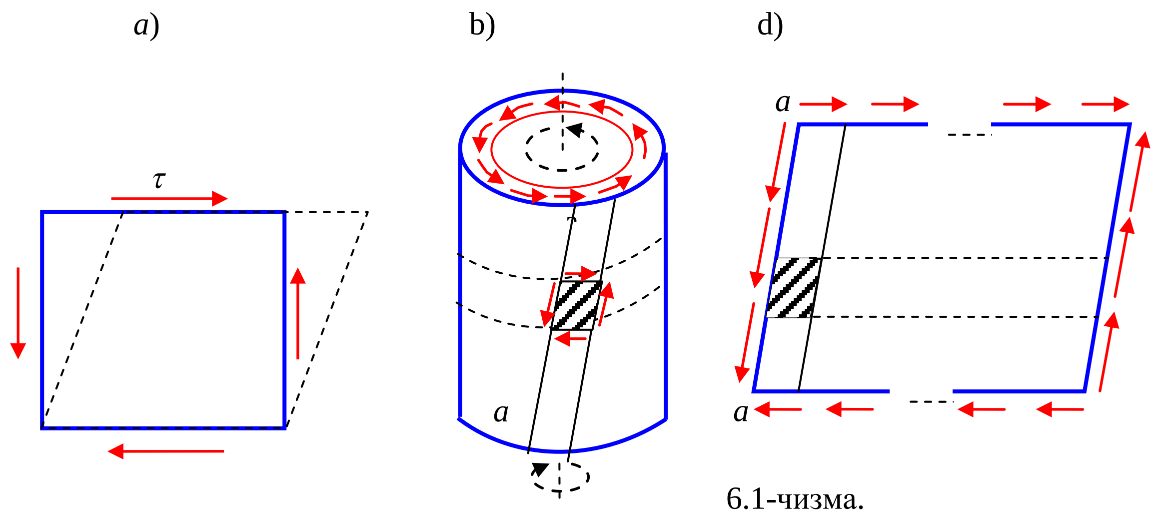




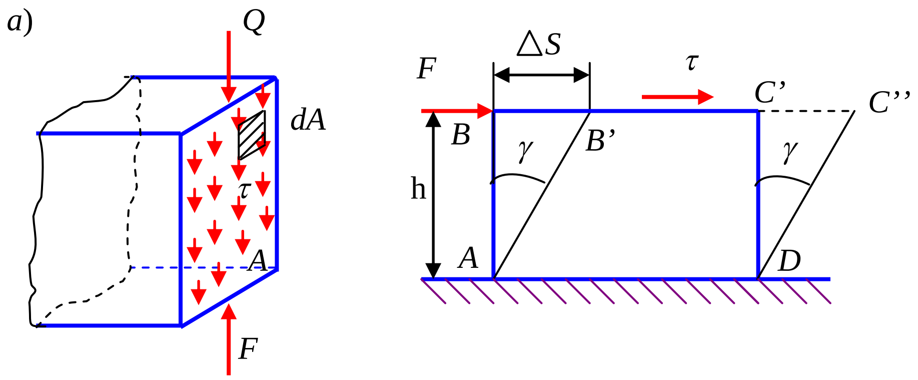




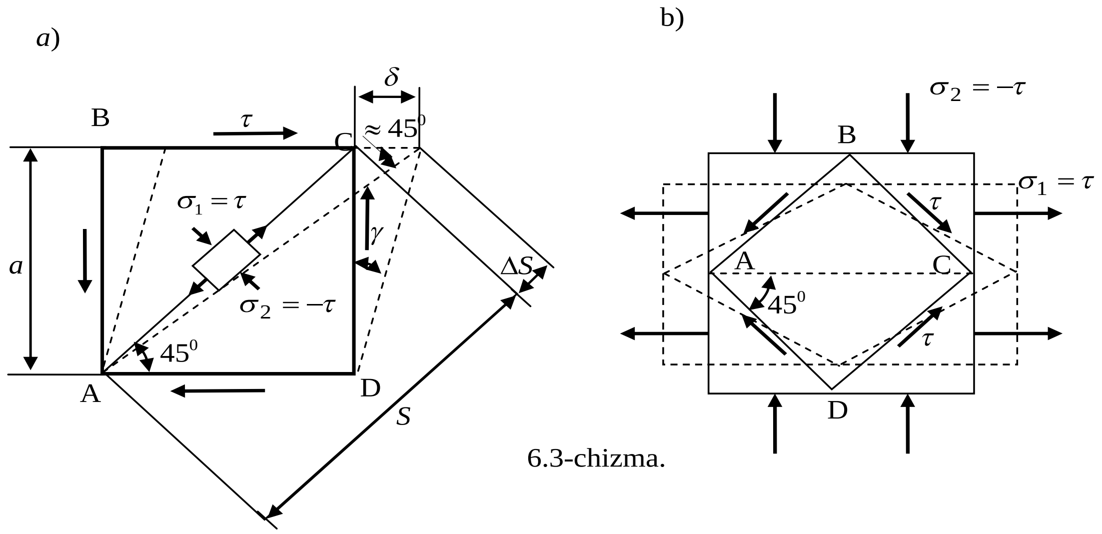
Mavzu: **SILJISH**.



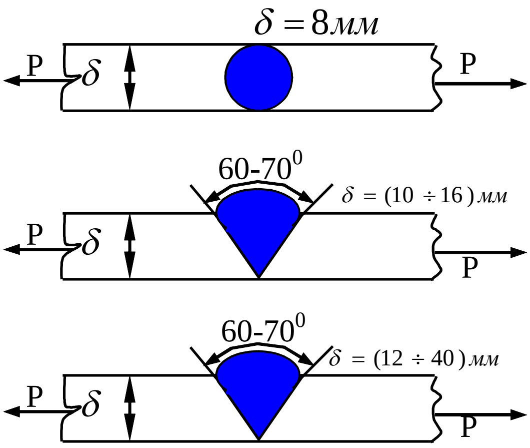
6.1-чизма.



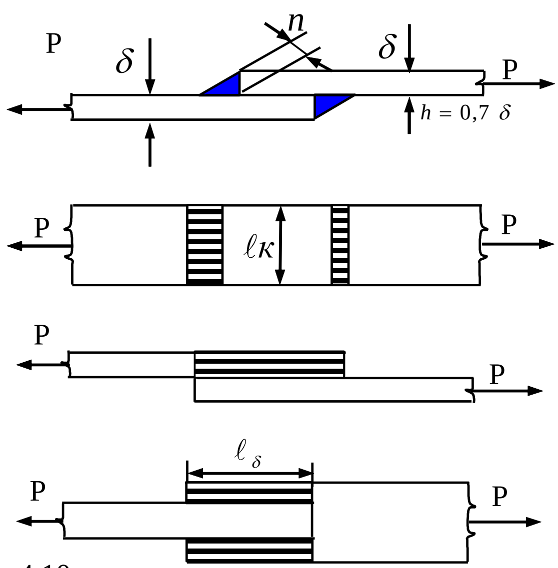
6.2-chizma.



6.3-chizma.



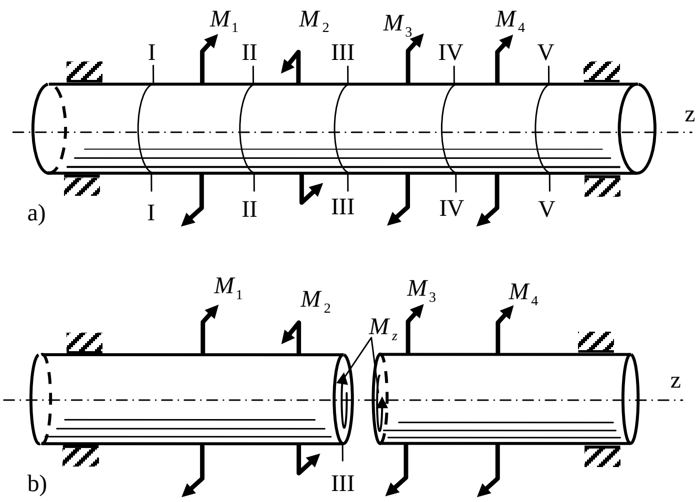
4.9-шакл



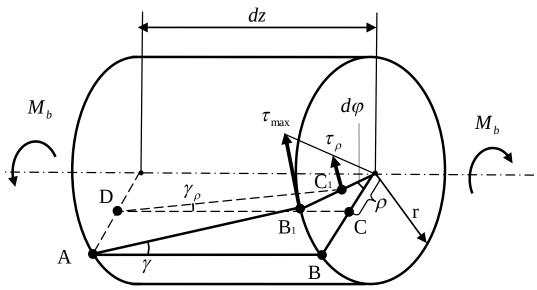
4.10-шакл

$$\tau = \frac{P}{1{,}4\ell\delta} \le [\tau_э]$$

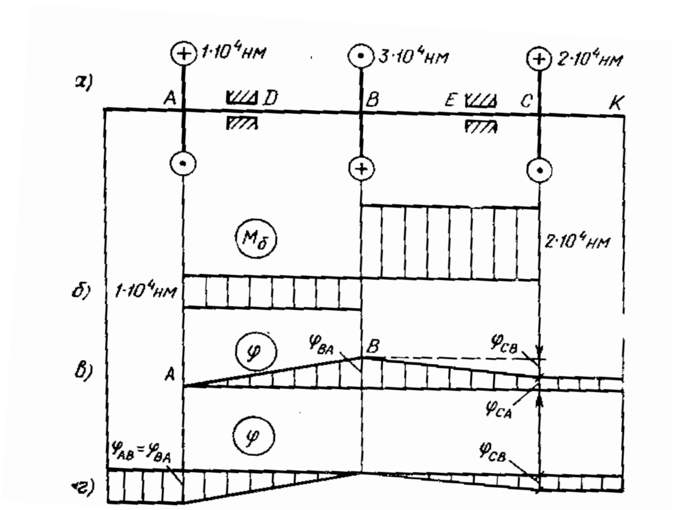
Mavzu: **BURALISH**



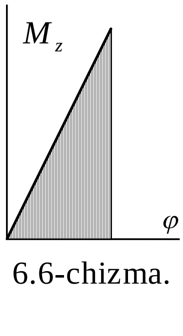
6.1-chizma.



6.3-chizma.

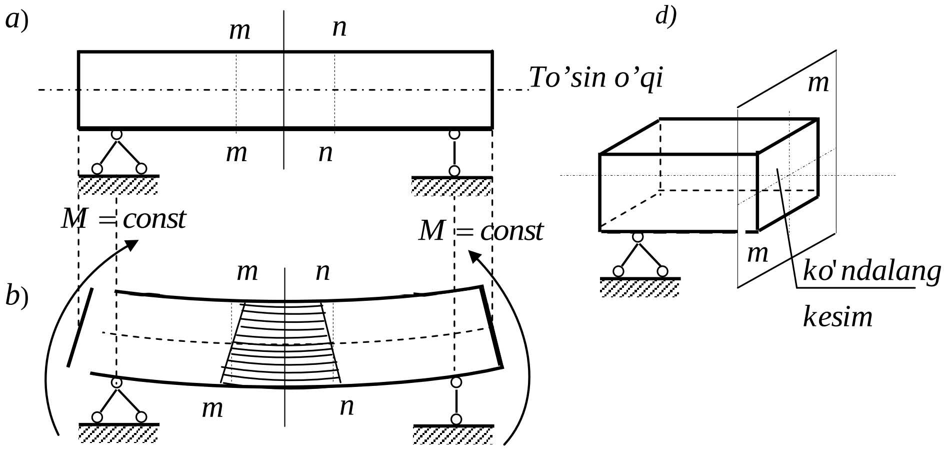


6.5-chizma.

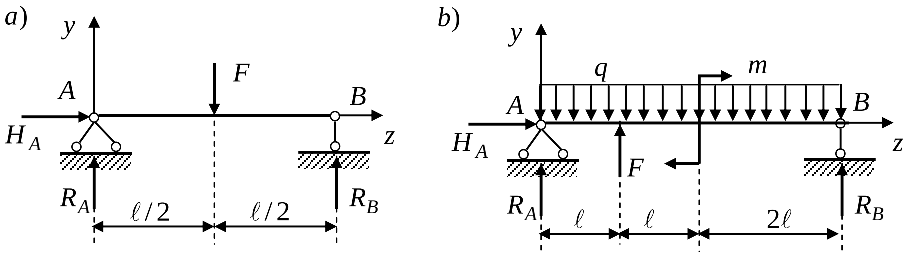


6.6-chizma.

Mavzu: **EGILISH**



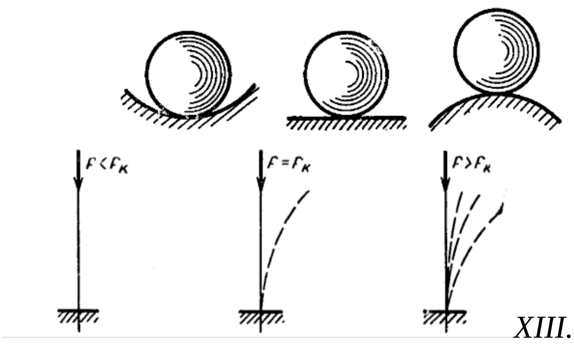
2.1-chizma.Tashqi kuchlar ta'sirida to'sinning egilishi.



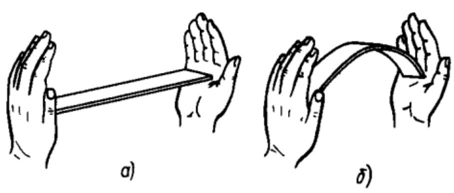
2.8-chizma. Tashqi kuchlar ta'siridagi oddiy to'sin.

24.11- shakl

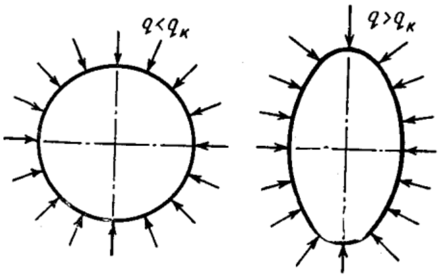
Mavzu: **BO'YLAMA EGILISH**



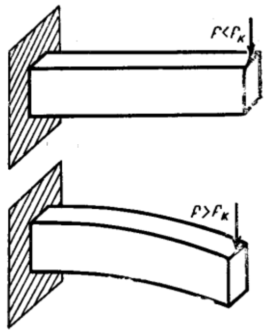
XIII.1- shakl



XIII.2- shakl

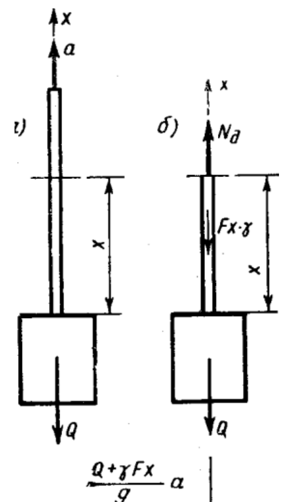


XIII.3- shakl

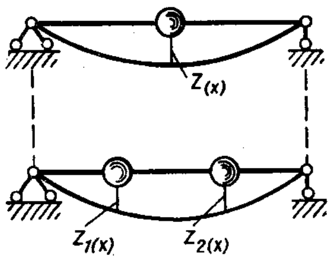


XIII.4- shakl

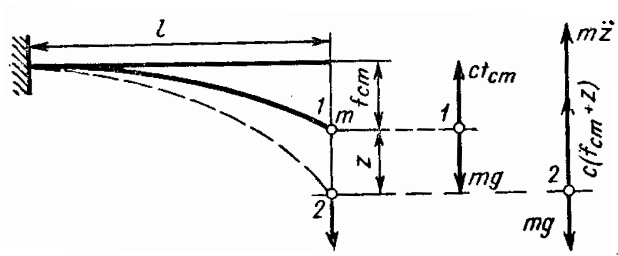
Mavzu: **DINANIK YUKLANISHLARDA MUSTAHKAMLIK**



XIV.1 - shakl



XIV.3- shakl



XIV.4- shakl

1-Mavzu. TA`SIR CHIZIQLARI BIR NUQTADA KESISHUVCHI KUCHLAR VA PARALLEL KUCHLARGA OID MASALALAR YECHISH

Kesishuvchi kuchlar sistemasi. Kesishuvchi kuchlarni geometrik qo'shish. Uch kuchning muvozanati haqidagi teorema.

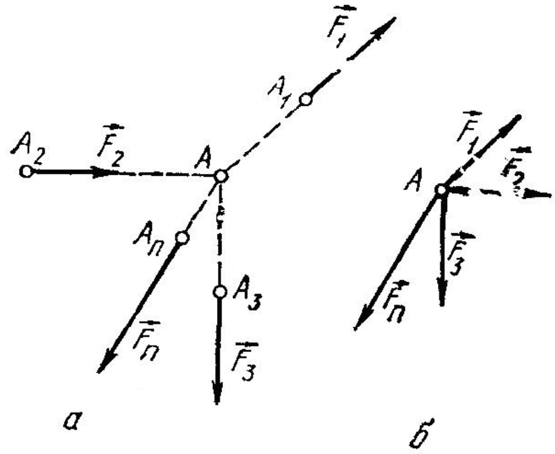
Ta'sir chiziqlari bir nuqtada uchrashadigan kuchlar sistemasiga *kesishuvchi kuchlar sistemasi* deyiladi.

Bir nuqtaga qo'yilgan $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$ kuchlar berilgan. Bu kuchlarni qo'shish uchun parallelogramm qoidasidan ketma-ket foydalanish mumkin.

$$\vec{R}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\vec{R}_2 = \vec{R}_1 + \vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$\vec{R} = \vec{R}_2 + \vec{F}_4 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$



R - teng ta'sir etuvchi kuch. *ABCDE* – kuch ko'pburchagi.

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n = \sum_{\nu=1}^{n} \vec{F}_\nu \qquad (1)$$

Shunday qilib, *kesishuvchi kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisi tashkil etuvchi kuchlarning geometrik yig'indisiga teng va shu kuchlar ta'sir chiziqlarining kesishgan nuqtasiga qo'yilgan bo'ladi.*

Teorema. *Bir tekislikda yotuvchi va o'zaro parallel bo'lmagan uchta kuch muvozanatlashsa, ularning ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishadi.*

Kuchning o'qdagi va tekislikdagi proyeksiyasi. Teng ta'sir yetuvchini analitik usulda aniqlash. Kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanati.

1. $\vec{F}$ kuchni shu kuch bilan bir tekislikda yotuvchi berilgan ikkita yo'nalish bo'yicha tashkil etuvchilarga ajratish.

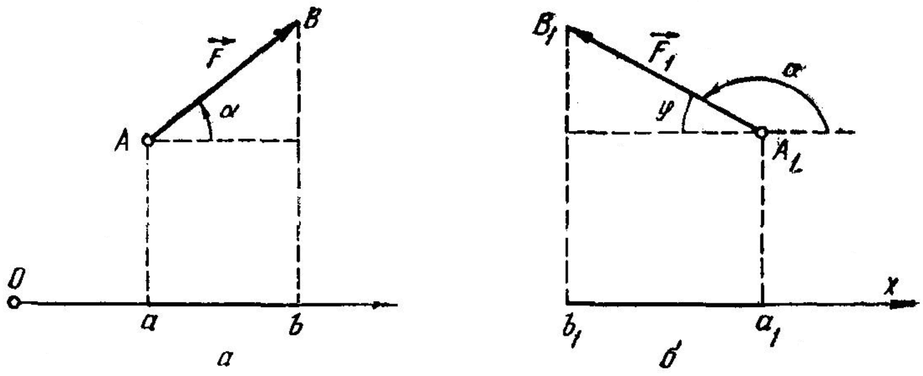
2. $\vec{F}$ kuchni shu kuch bilan bir tekislikda yotuvchi va son qiymatlari berilgan ikkita tashkil etuvchiga ajratish.

3. $\vec{F}$ kuchni bir-biriga perpendikulyar uchta koordinata o'qlari bo'yicha yo'nalgan $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ tashkil etuvchilarga ajratish.

Kuchning biror o'qdagi proyeksiyasi skalyar miqdor bo'lib, kuch moduli bilan kuchning shu o'q musbat yo'nalishi bilan tashkil qilgan burchagi kosinusiga ko'paytmasiga teng.

$$F_x = X = F\cos\alpha$$

$$X_1 = F_1 \cos\alpha = -F_1 \cos\alpha$$



Kuchni uning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari va qo'yilgan nuqtasining koordinatalari orqali topish usuliga *analitik usulda aniqlash* deyiladi.

(1) ni koordinata o'qlariga proyeksiyalab, topamiz

$$R_x = \sum_{\nu=1}^{n} X_\nu,\ R_y = \sum_{\nu=1}^{n} Y_\nu,\ R_z = \sum_{\nu=1}^{n} Z_\nu.$$

Teng ta'sir etuvchining moduli.

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} = \sqrt{\left(\sum_{\nu=1}^{n} X_\nu\right)^2 + \left(\sum_{\nu=1}^{n} Y_\nu\right)^2 + \left(\sum_{\nu=1}^{n} Z_\nu\right)^2}.$$

Yo'nalishi

$$\cos(\vec{R}\,\hat{}\,x) = \frac{R_x}{R}, \qquad \cos(\vec{R}\,\hat{}\,y) = \frac{R_y}{R}, \qquad \cos(\vec{R}\,\hat{}\,z) = \frac{R_z}{R}.$$

Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun mazkur kuchlarning geometrik yig'indisi nolga teng bo'lishi zarur va yetarlidir.

$$\sum_{\nu=1}^{m} \vec{F}_\nu = 0$$

Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatlashishi uchun bu kuchlarga qurilgan kuch ko'pburchagi yopik bo'lishi zarur va yetarlidir.

Teng ta'sir etuvchi kuch $\vec{R} = 0$ bo'lsa,

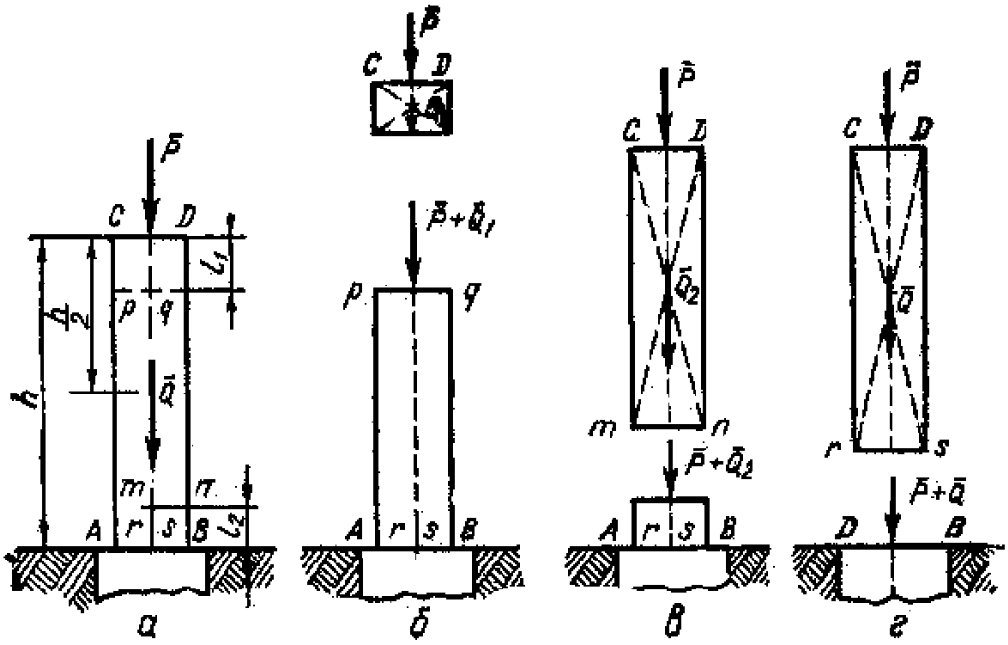
$$R_x=0,\ R_y=0,\ R_z=0$$

yoki
$$\sum_{\nu=1}^{n} X_\nu = 0, \qquad \sum_{\nu=1}^{n} Y_\nu = 0, \qquad \sum_{\nu=1}^{n} Z_\nu = 0.$$

Bu tengliklar kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanat shartining analitik ifodasidir.

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.

1 - m a s a l a: Balandligi *h=5 m* va og'irligi *Q=3 kN* bo'lgan bir jinsli vertikal silindirik kolonna qattiq fundament ustida *R*=4 *kN* yukni ko'tarib turadi. Kolonnaning fundamentga bosimi va uning tepasidan hamda tagidan $l_1=l_2=0{,}5$ m masofada bo'lgan kesimlardagi zo'riqishlar topilsin.



1-rasm.

Ye ch i sh : Qirqish usulidan foydalanamiz. Kolonnaning yuqori tomonidagi SD_{pq} va SD_{mn} qismlarini tashlab yuboramiz va kolonnada qolgan $A_{pq}V$ va $A_{mn}V$ qismlarga tashlab yuborilgan qismlaridan tushadigan ta'sirni tegishli kuchlar bilan almashtiramiz. Buning uchun oldin kolonnaning tashlab yuborilgan qismlarining Q_1 va Q_2 og'irligini topamiz:

$$Q_1=Q \cdot l_l / h = 3\cdot 0{,}5 / 5 = 0{,}3 \text{ kH}$$

$$Q_2 = Q\cdot (h - l_2) / h = 3\cdot 4{,}5 / 5 = 2{,}7 \text{ kH}$$

Kolonnaning *pq* qismidagi zo'riqishni topamiz. Tashlab yuborilgan SD_{pq} qism *pq* kesimga kolonna o'qi bo'ylab pastga yo'nalgan $R+Q_1$ kuchlar ta'sir qilib turgan edi (1-rasm, b), ularning teng ta'sir etuvchisi $N_1=P+Q_1$=4+0,3=4,3 kN bo'lib, *pq* kesimdagi siquvchi zo'riqishdan iborat.

Kolonnaning *mn* kesimidagi zo'riqishni topamiz.

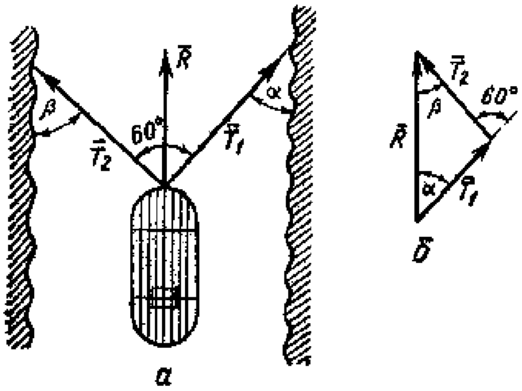
Tashlab yuborilgan SD_{mn} qism *mn* kesimga kolonna o'qi bo'ylab pastga yo'nalgan $R+Q_2$ kuchlar ta'sir qilayotgan edi (1-rasm, v), ularning teng ta'sir etuvchisi $N_2=P+Q_2$=4+2,7=6,7 kN bo'lib, u *mn* kesimdagi siquvchi zo'riqishdir.

Endi kolonnadan fundamentga tushadigan bosimni topamiz. *AV* fundamentga kolonna o'qi bo'ylab pastga yo'nalgan $R+Q$ kuchlar ta'sir qiladi (1–rasm, g), ularning teng ta'sir etuvchisi:

$$N = P + Q = 4 + 3 = 7 \text{ kN}.$$

Xuddi ana shu yuklanish kolonnadan fundamentga tushadigan bosimdir.

2 - m a s a l a : To'g'ri kanal qirg'oqlari bo'ylab o'zgarmas tezlik bilan ketayotgan ikki traktor arqonlar yordamida qayiqni tortib boradi. Arqonlardagi tortish kuchlari 80 N va 96 N ga teng. Ular orasidagi burchak 60^o. Agar qayiq kanalning qirg'oqlariga parallel ravishda harakat qilsa, qayiqning harakati vaqtida unga suvning ko'rsatadigan qarshiligi *R* va arqonlar bilan qirg'oqlar orasida hosil bo'luvchi α va β burchaklar topilsin.



2-rasm.

Ye ch i sh : Qayiq qirg'oqqa 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 parraleldir. Demak, *R* (suvning qarshilik kuchi) *R* ga teng va unga qarama-qarshi yo'nalgan. Oldin qayiqqa ta'sir qilayotgan kuchlarning sxemasini tuzamiz (2-rasm, a). So'ngra kuch uchburchagini yasaymiz (2-rasm, b). Kuch uchburchagining ikki tomoni va ular orasidagi burchak ma'lum. Bu uchburchakni quyidagi formula orqali aniqlaymiz.

$$R = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + 2T_1 \cdot T_2 \cos(\alpha + \beta)}$$

$$R = \sqrt{80^2 + 96^2 + 2 \cdot 80 \cdot 96 \cdot \cos 60^0} = 153 \text{ N}$$

Demak, $P = R = 153$ N

96/ sin β = 80 /sin α = 153 / sin 60˚;

$$\sin\beta = \frac{96 \cdot \sqrt{3}}{153 \cdot 2} = 0{,}543,$$

$$\sin\alpha = \frac{80 \cdot \sqrt{3}}{153 \cdot 2} = 0{,}453,$$

bundan α = 33˚, β = 27˚.

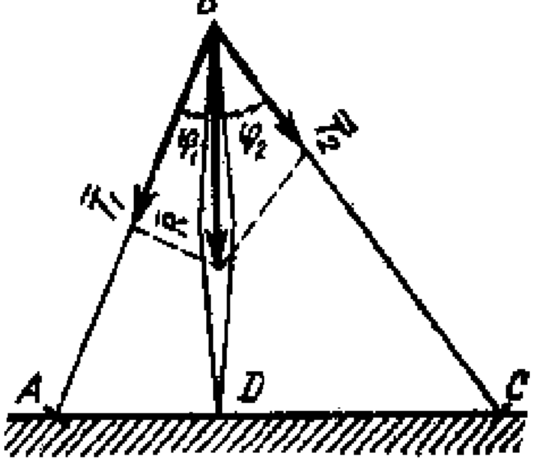
3-masala: *VD* radiomachtani tarang tortilgan ikkita *AV* va *VS* simlar ushlab turadi. Machtani egilmaydigan deb faraz qilib, simlardagi tortish kuchlari kattaliklarining nisbati T_1/T_2 topilsin.

Berilgan: *AD* = 5 m; *DS* = 9 m; *DV* = 12 m.

Ye ch i sh : *Machta egilmasligi uchun* T_1 *va* T_2 *ning teng ta'sir etuvchisi* **R**, *albatta,* VD *machta bo'ylab yo'nalgan bo'lishi kerak. Sinuslar teoremasiga ko'ra qo'yidagini olamiz:*

$$T_1/T_2 = \sin\varphi_1 \; / \; \sin\varphi_2$$

To'g'ri burchakli *VSD* uchburchakdagi *VS* ni quyidagicha aniqlaymiz



$$BC = \sqrt{CD^2 + DB^2} = \sqrt{81 + 144} = 15 \text{ m}$$

U holda, $Sin\ \varphi_2 = DC / BC = 9 / 15 = 0{,}6$.

Xuddi shuningdek, *ABD* uchburchakdan *VA* ni topamiz

$$BA = \sqrt{DA^2 + DB^2} = \sqrt{25 + 144} = 13 \text{ m},$$

bunda $sin\ \varphi_1 = AD / AB = 5 / 13 = 0{,}385$ bo'ladi.

Demak

$$T_1/T_2 = Sin\ \varphi_1 \ / \ Sin\ \varphi_2 = 1{,}56.$$

Shunga ko'ra, T_1 kuch T_2 kuchdan taxminan 1,5 marta katta bo'lishi kerak.

2-Mavzu. TEKISLIKDA IXTIYORIY JOYLASHGAN KUCHLAR SISTEMASIGA OID MASALALAR YECHISH

Kuchni o'ziga parallel ko'chirishga oid lemma. Tekislikdagi kuchlar tizimining bosh vektori va bosh momenti.

Agar jismga ta'sir etuvchi kuchlar bir tekislikda yotsa, o'nga *tekislikdagi kuchlar tizimi* deyiladi.

Lemma: *Jismning biror nuqtasiga qo'yilgan kuch, jismda olingan ixtiyoriy keltirish markaziga qo'yilgan xuddi shunday kuchga va momenti berilgan kuchning keltirish markaziga nisbatan momentiga teng juftga ekvivalent bo'ladi.*

Kuchni o'ziga parallel ravishda ko'chirishda hosil bo'lgan juftga *qo'shilgan juft* deyiladi.

Jismning $A_1, A_2, \ldots A_n$ nuqtalariga bir tekislikda yotuvchi $\vec{F}_1, \vec{F}_1, \ldots, \vec{F}_n$ kuchlar ta'sir etsin. Puanso lemmasiga asosan bu kuchlarni *0* markazga keltiramiz. Bunda kuchlar sistemasining bosh vektori *0* markazga qo'yilgan kuchlarning geometrik yig'indisiga teng.

$$\vec{R}' = \sum \vec{F}_v$$

Tekislikdagi kuchlar sistemasining biror markazga nisbatan bosh momenti tashkil etuvchi kuchlarning shu markazga nisbatan momentlarining algebraik yig'indisiga teng.

$$M_0 = \Sigma M_0(F_v)$$

Tekislikdagi kuchlar tizimini teng ta'sir etuvchiga keltirish. Varionon teoremasi.

1. Tanlab olingan keltirish markazi *0* uchun bosh moment $M_0=0$ bo'lsin. Bu holda tekislikdagi kuchlar sistemasi *0* nuqtaga qo'yilgan bitta $\vec{R}'$ kuchga ekvivalent bo'ladi, ya'ni ko'rilayotgan holda bosh vektor teng ta'sir etuvchi kuchni ifodalaydi.

$$\vec{R} = \sum \vec{F}_v$$

2. Umumiy holda tekislikdagi kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisini aniqlash uchun momenti M_0 ga teng juftning tashkil etuvchilaridan biri $-\vec{R}$ ni shunday tanlaymizki, u miqdor jihatdan $\vec{R}'$ ga teng va yo'nalishi o'nga qarama – qarshi bo'lsin. Bunda $\left(\vec{R}, -\vec{R}\right)$ juftning momenti

$$M_o = R \cdot h$$

uning yelkasi

$$h = \frac{M_o}{R} = \frac{M_o}{R'}$$

tenglikdan topiladi. Ammo $\left(\vec{R}', -\vec{R}\right) \infty 0$ bo'lgani uchun berilgan kuchlar sistemasi 0 nuqtaga qo'yilgan bitta $\vec{R} = \vec{R}' = \sum \vec{F}_v$ kuchga ekvivalent bo'ladi. Binobarin, $R' \neq 0$ bo'lgan holda tekislikdagi kuchlar sistemasi $\vec{R}$ teng ta'sir etuvchiga keltiriladi.

Varinon teoremasi. *Tekislikdagi kuchlar sistemasi teng ta'sir etuvchisining shu tekislikdagi ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momenti, tashkil etuvchi kuchlardan mazkur nuqtaga nisbatan olingan momentlarning algebraik yig'indisiga teng, ya'ni*

$$M_o\left(\vec{R}\right) = \sum M_o\left(\vec{F}_v\right).$$

Tekislikdagi kuchlar tizimining muvozanat shartlari. Statik aniq va statik noaniq masalalar.

Tekislikdagi kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun kuchlarning shu tekislikda yotuvchi ikkita koordinata o'qlariga proyeksiyalarining yig'indilari alohida – alohida nolga teng va shu tekislikdagi ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momentlarining yig'indisi nolga teng bo'lishi zarur va yetarlidir.

$$\sum X_v = 0, \quad \sum Y_v = 0, \quad \sum M_o(\vec{F}_v) = 0.$$

Tekislikdagi kuchlar sistemasi muvozanatining yana quyidagi shartlarini keltiramiz.

1. $\sum M_A(\vec{F}_v) = 0. \qquad \sum M_B(\vec{F}_v) = 0. \qquad \sum X_v = 0,.$
2. $\sum M_A(\vec{F}_v) = 0. \qquad \sum M_B(\vec{F}_v) = 0. \qquad \sum M_C(\vec{F}_v) = 0.$

Tekislikdagi parallel kuchlar muvozanatda bo'lishi uchun tashkil etuvchi kuchlarning algebraik yig'indisi va shu tekislikdagi ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momentlarining algebraik yig'indisi alohida-alohida nolga teng bo'lishi zarur va yetarlidir.

$$\sum Y_v = 0, \qquad \sum M_o(\vec{F}_v) = 0.$$

Berilgan masalada noma'lumlar soni muvozanat tenglamalari soniga teng bo'lsa, bunday masalaga *statik aniq masala,* aksincha noma'lumlar soni muvozanat tenglamalari sonidan ortiq bo'lsa, *statik noaniq masala* deyiladi.

To'g'ri chiziq kesmasi bo'yicha tekis taqsimlangan kuchlar.

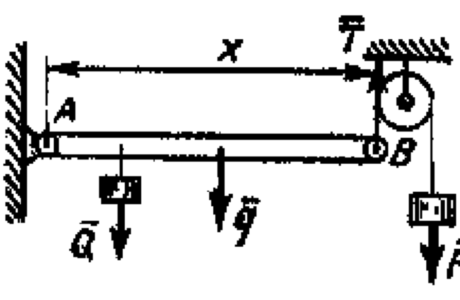
$$Q = a \cdot q,$$

q - taqsimlangan kuchlar intensivligi, *n/m*

To'g'ri chiziq kesmasi bo'yicha chiziqli qonun bo'yicha taqsimlangan kuchlar

$$Q = \frac{1}{2} a \cdot q_{\max}$$

1 – m a s a l a : Og'irligi 100 N bo'lgan gorizontal *AV* sterjen *A* sharnirning qo'zg'almas o'qi atrofida aylana oladi. Sterjenning *V* uchi blokdan o'tkazilgan arqon va og'irligi *R*=150 N bo'lgan tosh yordamida yuqoriga tortiladi. Sterjenning *V* uchidan 20 sm narida turgan nuqtada og'irligi 500 N bo'lgan *Q* yuk osilgan. *AV* sterjen muvozonatda turgan bo'lsa, uning uzunligi *x* qancha bo'lishi kerak.



Ye ch i sh : Arqonning hamma nuqtalari bir xil taranglikda tortilib turadigan bo'lganidan, arqondan balkaga tushadigan reaksiya kuchi *T* yuk og'irligi *R* ga teng bo'ladi. *A* nuqtasi qo'zg'almaydigan *AV* richag bir tekislikda yotgan parallel kuchlar ta'siri bilan muvozonatda turadi, shuning uchun hamma qo'yilgan kuchlardan *A* nuqtaga nisbatan olingan momentlarning algebraik yig'indisi nolga teng, ya'ni:

$$\sum_{i=1}^{3} M_A(\vec{F}_i) = O$$

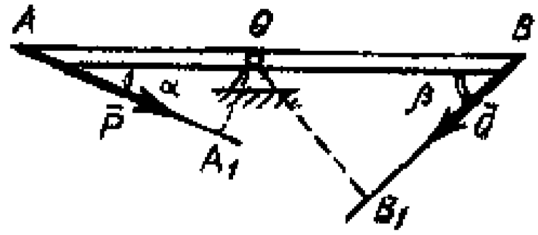
yoki $$-Q(x-20) - q\cdot x/2 + T\cdot x = 0$$

bundan

$$\mathbf{x = 40\Theta/(2\Theta + \theta - 2T) = 40\cdot 500/(2\cdot 500 + 100 - 2\cdot 150) = 25\ sm.}$$

2 – m a s a l a : *O* nuqta atrofida aylanadigan *AV* richagning uchlariga, richag bilan α va β burchak hosil qiluvchi ***P*** va ***Q*** kuchlar ta'sir qilmoqda. Richagga qo'yilgan kuchlar ta'sirida muvozanatda turgan bo'lsa, *AO* masofa topilsin

Ye ch i sh : Richagning uzunligi *a* ga teng. Richagga qo'yilgan kuchlar ta'sirida *P* va *Q* kuchlar muvozonatda turganligidan shu kuchlarning tayanch *O* nuqtasiga nisbatan olingan momentlarining yig'indisi nolga teng, ya'ni:



$M_o(\mathbf{P}) + M_o(\mathbf{Q}) = 0$ $M_o(\mathbf{P}) = \mathbf{P}\cdot OA_1$ $M_o(\mathbf{Q}) = -Q\cdot OB_1$

bu yerda OA_1 – *O* nuqtaga nisbatan ***R*** kuch yelkasi, OV_1 – *O* nuqtaga nisbatan ***Q*** kuch yelkasi.

OVV_1 va OAA_1 uchburchaklaridan:

$$OA_1 = OA\sin\alpha$$

va

$$OV_1 = OV\sin\beta = (AV - OA)\sin\beta = (a - OA)\sin\beta,$$

demak,

$$M_o(\mathbf{P}) = P\cdot OA\sin\alpha \quad \text{va} \quad M_o(Q) = -Q(a - OA)\sin\beta$$

Demak, richagning muvozonat shartini qo'yidagi shaklda yozish mumkin:

$$P\cdot OA\cdot \sin\alpha - Q\,(a - OA)\,\sin\beta = 0$$

bundan

$$OA = Q\cdot a\cdot \sin\beta/(P\sin\alpha + Q\sin\beta)$$

3 – m a s a l a.

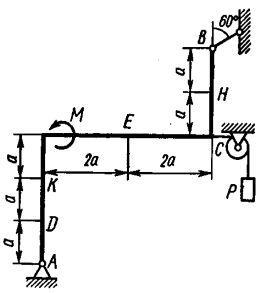
Vertikal tekislikda joylashgan bikr rama (S1.0-S1.9 – rasmlar, S1– jadval), A nuqtada sharnirli bog'lanishga ega, V nuqtada esa vaznsiz sterjen uchlariga sharnirli yoki qo'zg'aluvchi sharnirli tayanchga biriktirilgan.

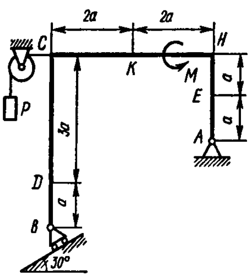
S nuqtada ramaga, bloklardan og'ib o'tuvchi va uchiga R=25kN yuk osilgan arqonga bog'langan. Ramaga momenti M=100 kN·m juft kuch va qiymati, yo'nalishi va qo'yilish nuqtasi jadvalda keltirilgan ikkita kuch ta'sir qiladi (masalan, №1-shartlarda ramaga D nuqtaga qo'yilgan, gorizontal o'qiga 15^0 burchak ostida F_2 kuch va Ye nuqtaga qo'yilgan, gorizontal o'qiga 60^0 burchak ostida F_3 kuch ta'sir qiladi va h.k.).

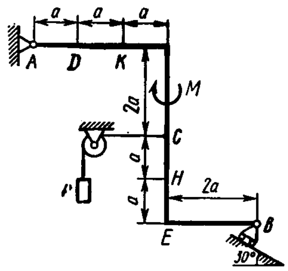
Ta'sir etuvchi yuklanishlar vujudga keltiruvchi A,V nuktalardagi reaksiya kuchlari aniqlansin. Yakuniy hisoblashlarda a=0,5m qabul qilinsin.

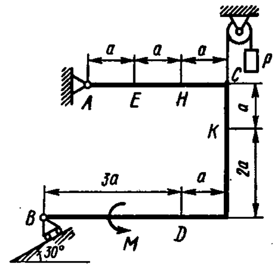
<u>**Topshiriqlar.**</u>– tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar tizimi ta'siridagi jismning muvozanatiga oid. Bu masalani yechishda, ishqalanishni hisobga olmaganda, blokni og'ib o'tuvchi ipning har ikkala tarmog'idagi kuchlanishning bir xil bo'lishi hisobga olinsin. Agar moment ikki bog'lanish

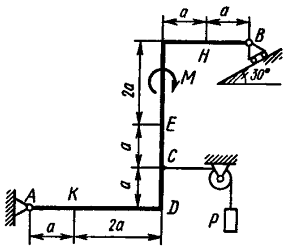
reaksiya kuchlari ta'sir chiziqlarining kesishish nuqtasiga nisbatan olinsa, momentlar tenglamasi nisbatan soddaroq ko'rinishga ega bo'ladi (noma'lumlar soni kam). *F* kuchning momentini hisoblashda ko'pincha uni, *F ′* va *F ″* tuzuvchilarga ajratish va Varinon teoremasidan foydalanish qulay. U xolda $m_0(F)=m_0(F')+m_0(F'')$.

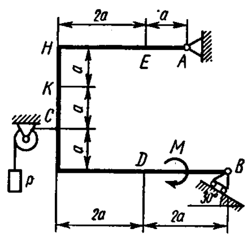

1.0-rasm

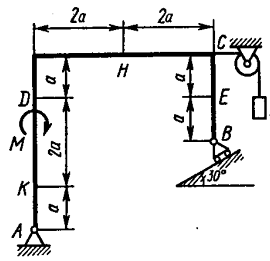

1.1-rasm

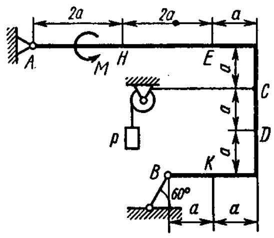

1.2-rasm

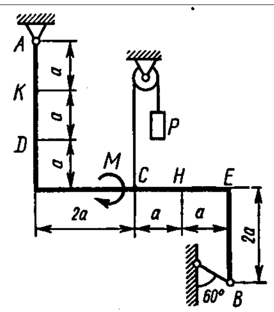

1.3-rasm

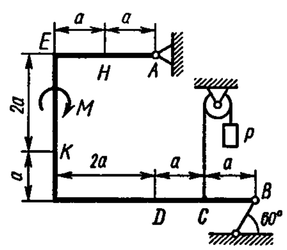

1.4-rasm


1.5-rasm

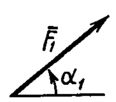
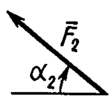
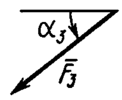
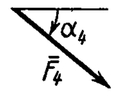

1.6-rasm


1.7-rasm


1.8-rasm

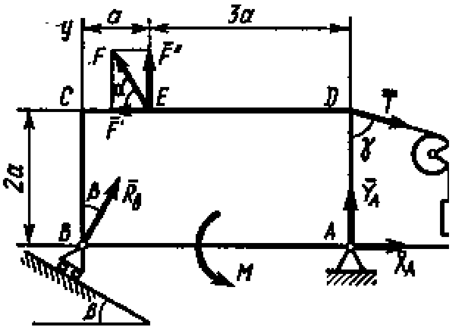

1.9-rasm

1-jadval

Kuchlar								
	F_1=10 kN		F_2=20 kN		F_3=30 kN		F_4=40 kN	
T/r №	Qo'yilish nuqtasi	α_1, grad	Qo'yilish nuqtasi	α_2, grad	Qo'yilish nuqtasi	α_3, grad	Qo'yilish nuqtasi	α_4, grad
0	*N*	30	-	-	-	-	*K*	60
1	-	-	*D*	15	*E*	60	-	-
2	*K*	75	-	-	-	-	*E*	30
3	-	-	*K*	60	*H*	30	-	-
4	*D*	30	-	-	-	-	*E*	60
5	-	-	*H*	30	-	-	*D*	75
6	*E*	60	-	-	*K*	15	-	-
7	-	-	*D*	60	-	-	*H*	15

8	*H*	60	-	-	*D*	30	-	-
9	-	-	*E*	75	*K*	30	-	-

S1-masala. Deformasiyalanmaydigan *AVSD* plastina (S1-rasm) *A* nuktada qo’zg’almaydigan sharnirli tayanchga, *V* nuktada qo’zg’aluvchan sharnirli tayanchga mahkamlangan. Barcha ta’sir etuvchi kuchlanish va o’lchamlar rasmda ko’rsatilgan.



Berilgan: F=25 kN, $\alpha=60^0$, R=18 kN, $\gamma=75^0$, M=50 kN·m, $\beta=30^0$, a=0,5 m. *A* va *V* nuqtalarda hosil bo’ladigan tayanch reaksiyalari topilsin.

Yechish. 1. Plastinaning muvozanatini ko’rib chiqamiz. *xu* koordinata o’qlarini o’tkazamiz va plastinaga ta’sir qiluvchi kuchlarni tasvirlaymiz: $\boldsymbol{F}$ kuchni, momenti M ga teng juft kuchni, arqon tarangligi $\boldsymbol{T}$ ni (moduli bo’yicha $T=R$) va $\boldsymbol{X}_A$, $\boldsymbol{Y}_A$, $\boldsymbol{R}_B$ bog’lanish reaksiyalarini.

2. Mazkur tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi uchun uchta muvozanat tenglamalarini tuzamiz. $\boldsymbol{F}$ kuchning *A* nuqtaga nisbatan momentini aniqlashda Varinon teoremasidan foydalanamiz, ya’ni $\boldsymbol{F}$ kuchni $\boldsymbol{F}'$, $\boldsymbol{F}''$ tuzuvchilarga ajratamiz ($F'=F\cos\alpha$, $F''=F\sin\alpha$) va $m_A(\boldsymbol{F})= m_A(\boldsymbol{F}')+ m_A(\boldsymbol{F}'')$ ekanligini hisobga olamiz.

$$\sum F_{kx}=0,\ \ X_A+R_B\cdot\sin\beta-F\cdot\cos\alpha+T\cdot\sin\gamma=0; \qquad (1)$$

$$\sum F_{ky}=0,\ \ Y_A+R_B\cdot\cos\beta+F\cdot\sin\alpha-T\cdot\cos\gamma=0; \qquad (2)$$

$$\sum m_A(\boldsymbol{F}_k)=0,\ \ M-R_B\cdot\cos\beta\cdot4a+F\cdot\cos\alpha\cdot2a-F\cdot\sin\alpha\cdot3a-T\cdot\sin\gamma\cdot2a=0. \qquad (3)$$

Tuzilgan tenglamalarga berilgan kattaliklarning sonli qiymatlarini qo’yib va bu tenglamalarni yechib, noma’lum reaksiya kuchlarini aniqlaymiz.

Javob: X_A=-8,5 kN; Y_A=-23,3 kN; R_A=7,3 kN. Javoblardagi ishoralar $\boldsymbol{X}_A$ va $\boldsymbol{Y}_A$ kuchlarning yo’nalishi S1-rasmda ko’rsatilganga nisbatan qarama-qarshi tomonga yo’nalganligini bildiradi.

3-Mavzu. TURLI SHAKLDAGI JISMLARNING OG`IRLIK MARKAZLARINI ANIQLASH

Reja: *1. Mavzu mazmuni bilan tanishish.*

2. Jismlarning og’irlik markazlarini aniqlashga oid masalalar yechish.

Jismning og’irlik markazini aniqlash.

Istalgan qattiq jismni juda kichik zarrachalardan tashkil topgan deb qarash mumkin. Bunday zarrachalarning har biriga vertikal pastga yo’nalgan R_1, R_2, … yerga tortilish kuchlari (og’irlik kuchi) ta’sir etadi. Jism barcha zarralari og’irlik kuchlarining teng ta’sir etuvchisi $R=\sum R_v$ *jismning og’irlik kuchi* deyiladi hamda bu parallel kuchlarning markazi mazkur *jismning og’irlik markazi* deyiladi.

Jism og’irlik markazining radius-vektori, koordinatalari quyidagi formulalar asosida aniqlanadi:

$$\overrightarrow{r_C} = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} P_\nu r_\nu}{P},$$

$$x_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} P_\nu x_\nu}{P}, \qquad y_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} P_\nu y_\nu}{P}, \qquad z_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} P_\nu z_\nu}{P}. \qquad (1)$$

Bunda $\boldsymbol{r_\nu}$ (x_ν, y_ν, z_ν) ν - zarrachaning radius-vektori; $\boldsymbol{r_s}$ (x_s, y_s, z_s) - jism og'irlik markazining radius-vektori.

Jismning og'irlik markazi geometrik nuqtadan iborat bo'lib, ba'zida bu nuqta jismga taalluqli bo'lmasligi ham mumkin.

Agar jism bir jinsli bo'lsa, og'irlik markazi uning qanday materialdan tashkil topganiga bog'lik bo'lmay, faqat geometrik shakliga bog'lik bo'ladi.

Og'irligi R ga teng jism V hajmga ega bo'lsin.

Agar birlik hajmga to'g'ri kelgan og'irlikni γ bilan belgilasak, bir jinsli jism uchun $\gamma = const$ bo'ladi hamda jism γ bo'lakchasining og'irligi

$$R_\nu = \gamma \cdot \Delta V_\nu \qquad (2)$$

(2) ni (1) ga qo'yib, hajmga ega bo'lgan jism og'irlik markazining radius-vektori va koordinatalarini aniqlaymiz:

$$\overrightarrow{r_C} = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \gamma \Delta V_\nu \cdot \vec{r}_\nu}{\sum_{\nu=1}^{n} \gamma \Delta V_\nu} = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta V_\nu}{V}. \qquad (3)$$

$$x_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta V_\nu x_\nu}{V}, \qquad y_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta V_\nu y_\nu}{V}, \qquad z_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta V_\nu z_\nu}{V}, \qquad (4)$$

bunda $V = \sum \Delta V_\nu$ butun jism hajmini ifodalaydi.

Xuddi shuningdek, ixtiyoriy sirtga ega bo'lgan plastinkaning og'irlik markazini aniqlash uchun quyidagi formula o'rinli bo'ladi.

$$\overrightarrow{r_C} = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta S_\nu \vec{r}_\nu}{S}. \qquad (5)$$

$$x_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta S_\nu x_\nu}{S}, \qquad y_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta S_\nu y_\nu}{S}, \qquad z_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta S_\nu z_\nu}{S}. \qquad (6)$$

Bunda S – plastinka sirtining yuzasi, x, y, z esa dS elementar yuzaning koordinatalari.

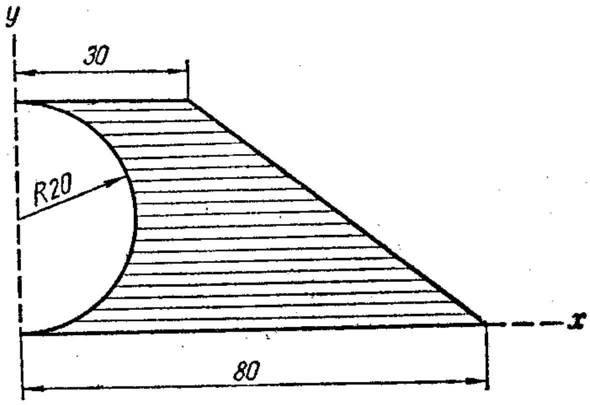
Chiziqning og'irlik markazi quyidagicha aniqlanadi:

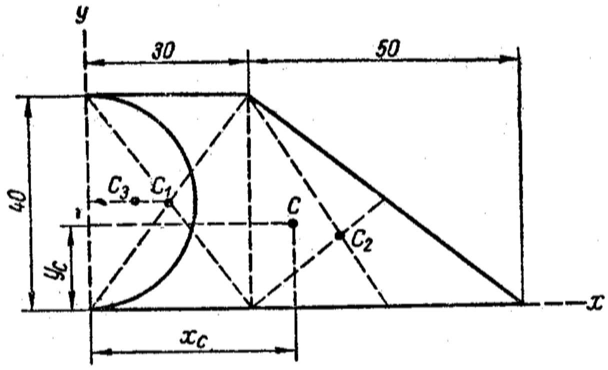
$$\overrightarrow{r_C} = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta l_\nu \cdot \vec{r}_\nu}{L}. \qquad (7)$$

$$x_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta l_\nu x_\nu}{L}, \qquad y_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta l_\nu y_\nu}{L}, \qquad z_C = \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \Delta l_\nu z_\nu}{L}, \qquad (8)$$

bunda l – chiziqning o'zunligi; x, y, z esa dl bo'lakcha koordinatalari.

1 – m a s a l a. Rasmda ko’rsatilgan yassi geometrik figuraning og’irlik markazi aniqlansin.





Ye ch i sh. Berilgan figuraning og’irlik markazini topish uchun bizga og’irlik markazlari aniq bo’lgan, to’g’ri turtburchak, yarim doira va to’g’ri burchakli uchburchak kabi figuralarga taqsimlab olamiz.

Taqsimlab olingan figuralarning har birining yuzasini a’lohida- a’lohida hisoblab olamiz.
-to’g’ri to’rtburchak yuzasi

$$F_1 = a{\cdot}v = 40{\cdot}30 = 1200 \text{ cm}^2$$

-to’g’ri burchakli uchburchak yuzasi

$$F_2 = a{\cdot}v_1/2 = 40{\cdot}\ 50 / 2 = 1000 \text{ cm}^2$$

-yarim doira yuzasi

$$F_3 = \pi{\cdot}r^2/2 = 3.14 \cdot 20^2 / 2 = 628 \text{ cm}^2$$

Har bir bo’lakning og’irlik markazlarining koordinatalarini hisoblaymiz.
-to’g’ri to’rtburchak uchun

$$X_1 = 30/2 = 15 \text{ sm}$$
$$U_1 = 40/2 = 20 \text{ sm}$$

-to’g’ri burchakli uchburchak

$$X_2 = 30 + 50/3 = 46{,}7 \text{ sm}$$
$$U_2 = 40/3 = 13{,}3 \text{ sm}$$

-yarim doira uchun

$$X_3 = 4R/3\pi = 80 / 3\pi = 8{,}5 \text{ sm}$$
$$U_3 = 10 \text{ sm}$$

Berilgan figura uchun umumiy og’irlik markazi quyidacha hisoblaymiz.

$$X_{o.m.} = 59362 / 1572 = 37{,}8 \text{ sm}$$

$U_{o.m.}$ = 24700 / 1572 = 15,7 sm

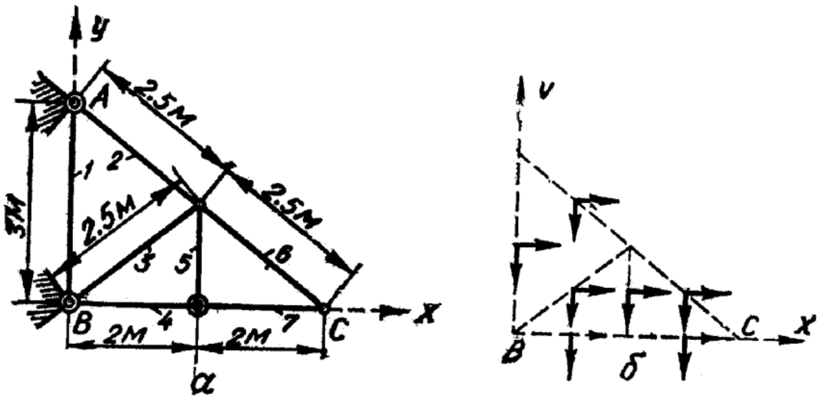
Hisoblangan koordinatalar bo'yicha figuraning og'irlik markazini aniqlaymiz.

Hisoblangan qiymatlarni jadvalga kiritamiz.

1- jadval

Jism raqami	F_i, *sm*	X_i, *sm*	Y_i, *sm*	$S_{iy}=F_iX$, *sm*	$S_{ix}=F_iY$, *sm*
1	1200	15	20	1800	24000
2	1000	46.7	13.3	46700	13300
3	-628	8.5	20	-5338	-12700
∑	1572	-	-	59362	24700

2 – m a s a l a. Yassi ferma og'irlik markazining koordinatalari topilsin. Ferma yettita sterjendan tuzilgan bo'lib, ularning uzunliklari rasmda ko'rsatilgan. Hamma sterjenlarning har bir metrining og'irligi bir xil.



Ye ch i sh. Tekshirilayotgan yassi fermaning hyech qanday simmetriya o'qi bo'lmagani uchun og'irlik markazining ikkita koordinatasini topish kerak.

Ferma bir jinsli yettita sterjendan iborat, ularning uzunlik birliklari og'irligi bir xil bo'lgani uchun, har qaysisining og'irligi o'z uzunligiga proporsional hamda ularning o'rtasiga qo'yilgan.

Koordinata o'qlarini rasmda ko'rsatilgandek yo'naltiramiz va tekis fermaning og'irlik markazining koordinatalarini topamiz:

$$x_M = \frac{\sum_{i=1}^{7} L_i x_i}{\sum_{i=1}^{7} L_i}, \qquad y_M = \frac{\sum_{i=1}^{7} L_i y_i}{\sum_{i=1}^{7} L_i}.$$

Hamma kuchlar *Bx* o'qni kesib o'tadigan *By* o'qqa parallel bo'lgani uchun yuqoridagi tenglamalarning suratini hisoblashda shakl tekisligiga tik *Bz* o'qqa nisbatan moment olamiz. Kuchlarning hammasini bir tomonga bir xil burchakka (bizning misolda 90^0 ga) bursak, jadvaldagi qiymatlar o'zgarmaydi, x_M va y_M larni topish uchun kerak bo'ladigan hamma kattaliklarni quyidagi jadvalga kiritamiz:

Sterjen-	Sterjenlarning	Har qaysi sterjen og'irlik	B_z o'qqa nisbatan olingan kuch

larning tartib nomeri	uzunligi L_i, m hisobida	markazining koordinatalari, m hisobida		momentlari	
		x_i	y_i	Kuchlar vertikal bo’lganda L_i, x_i	Kuchlar gorizontal bo’lganda L_i, x_i
1	3	1	1,5	0	4,5
2	2,5	1	2,25	2,5	5,63
3	2,5	1	0,75	2,5	1,87
4	2	1	0	2	0
5	1,5	2	0,75	3	1,13
6	2,5	3	0,75	7,5	1,87
7	2	3	0	6	0
	$\sum_{i=1}^{7} L_i = 16$			$\sum_{i=1}^{7} L_i x_i = 23{,}5$	$\sum_{i=1}^{7} L_i y_i = 15$

Topilgan qiymatlarni yuqoridagi tenglamalarga qo’ysak, quyidagilar kelib chiqadi:

$$x_M = \frac{23{,}5}{16} = 1{,}47 \quad m, \qquad y_M = \frac{15}{16} = 0{,}94 \quad m.$$

Foydalaniladigan asosiy darsliklar va o’quv qo’llanmalar ro’yxati

Asosiy darsliklar va o’quv qo’llanmalar

1. Xusanov Q. Nazariy mexanika (statika, kinematika). Toshkent -2012
2. Xusanov Q. Nazariy mexanika fanidan laboratoriya topshiriqlar to’plami. O’quv qo’llanma. Toshkent -2007
3. Bahodirov G’., Xusanov Q. Nazariy mexanika fanidan topshiriqlar to’plami. Toshkent -2010
4. Shoobidov S.H. ba boshqalar. Nazariy mexanika. (statika, kinematika) Toshkent -2007
5. Ahmadxojaev B. Nazariy mexanika. O’quv qo’llanma. Toshkent -2009
6. Nazariy mexanikadan kurs ishlari uchun topshiriqlar to’plami. - T. «O’qituvchi», 2002.

Qo’shimcha adabiyotlar

1. Yaxyoyev M.S., Mo’minov B. “Nazariy mexanika”. Toshkent, “O’qituvchi”, 1990.
2. Butenin N.V., Luns Ya.L., Merkin D.R.. Kurs teoreticheskoy mexaniki, 4-ye izd., pererab. i dop. -M., Nauka, 1985. tom.1,2
3. Bat M.I., Djanelidze G.Yu., Kelzon A.S. “Teoreticheskaya mexanika v primerax i zadachax”. 9-ye izd. dop., M., Nauka, 1990, t.1,2.
4. Aziz-Qoriyev S.K., Yangurazov Sh.X. “Nazariy mexanikadan masalalar yechish metodikasi” (Statika va kinematika). Qayta ishlangan 2-nashri. -Toshkent, “O’qituvchi”, 1974.
5. Yablonskiy A.A., Noreyko S.S., Volfson S.A. Sbornik zadaniy dlya kursovix rabot po teoreticheskoy mexanike. 3-ye izd. ispr., M., Visshaya shkola, 1978.

4-Mavzu. NUQTA TEZLIGINI VA TEZLANISHINI ANIQLASH

Qattiq jismning ilgarilama va qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat tenglamalari.

Jismda olingan har qanday kesma harakat davomida doimo o'zining boshlang'ich holatiga parallel ravishda harakatlansa, jismning bunday harakati *ilgarilama harakat* deyiladi.

Teorema. *Ilgarilama harakatdagi jismning hamma nuqtalari bir xil trayektoriya chizadi va har onda bir xil tezlik va bir xil tezlanishga ega bo'ladi.*

Shunday qilib, jismning ilgarilama harakati uning ixtiyoriy nuqtasi harakati bilan aniqlanadi.

0xuz koordinatalar sistemasiga nisbatan ilgarilama harakatdagi qattiq jismning harakat tenglamasini chiqarish uchun jismning ixtiyoriy *M* nuqtasini olib, uning koordinatalarini X_M, Y_M, Z_M bilan belgilaymiz. Jism harakatlanganda bu koordinatalar vaqtning funksiyasi sifatida o'zgaradi

$$X_M = f_1(t), \quad Y_M = f_2(t), \quad Z_M = f_3(t) \tag{1}$$

(1) tenglama *M* nuqtaning harakat tenglamasi bo'lib, jismning ilgarilama harakat tenglamasini ham ifodalaydi.

Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat tenglamasi.

Ikki nuqtasi doimo qo'zg'almasdan qoladigan jismning harakati qo'*zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat* deyiladi. Qo'zg'almas nuqtalardan o'tuvchi o'q *aylanish o'qi* deyiladi.

Jism *Oz* o'q atrofida aylanganda uning aylanish burchagi φ vaqtning funksiyasi sifatida o'zgaradi: $\varphi = \varphi(t)$.

(2)

Bu tenglama jismning qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatining kinematik tenglamasi deyiladi.

Jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati burchak tezligi va burchak tezlanishi.

Jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakatining berilgan ondagi burchak tezligini topish uchun o'rtacha burchak tezligining Δt nolga intilgandagi limitini olamiz:

$$\omega_я = \lim_{tt\to 0}\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$$

yoki $$\omega_z = \dot{\varphi}. \tag{3}$$

Shunday qilib, jismning burchak tezligi aylanish burchagidan vaqt bo'yicha olingan hosilaga teng.

Aylanish burchagi radianda, vaqt esa sekund (s) da o'lchanganidan, burchak tezlikning o'lchov birligi *rad/s* yoki s^{-1} bo'ladi.

Jism harakati davomida uning burchak tezligi $\omega_z = \omega_0$ o'zgarmay qolsa, jism tekis aylanma harakatda deyiladi.

Bu holda $\dfrac{d\varphi}{dt} = \omega_0 = const$ *ёки* $d\varphi = \omega_0 dt$ bo'ladi.

Vaqt *0* dan *t* gacha o'zgarganda aylanish burchagi φ_0 dan φ gacha o'zgarishini e'tiborga olib, oxirgi tenglikni integrallasak,

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t \tag{5}$$

bo'ladi. (5) ifoda jism *tekis aylanma harakatining tenglamasi* deyiladi.

Jism bir minutda *n* marta aylansa, tekis aylanma harakat burchak tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}, \quad c^{-1} \tag{6}$$

Vaqt birligi ichida jism burchak tezligining o'zgarishi bilan xarakterlanadigan kattalikka jismning *burchak tezlanishi* deyiladi.

Jismning aylanma harakatdagi burchak tezlanishi burchak tezligidan vaqt bo’yicha olingan birinchi hosilaga yoki aylanish burchagidan vaqt bo’yicha olingan ikkinchi hosilaga teng bo’ladi va odatda ε bilan belgilanadi.

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{d\varphi}{dt}\right) = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \qquad (7)$$

Burchak tezlanish *rad/s²* yoki *1/s²* bilan o’lchanadi.

(7) da $\frac{d\omega}{dt}$ hosilaning ishorasi, jism aylanma harakati burchak tezligining orta borish yoki kamayishini xarakterlaydi. Agar $\frac{d\omega}{dt} > 0$ bo’lsa, ω orta boradi va bunday harakat *tezlanuvchan aylanma harakat*; $\frac{d\omega}{dt} < 0$ bo’lsa, ω kamaya boradi va bunday harakat *sekilanuvchan aylanma harakat* deyiladi.

Agar harakat davomida $\varepsilon=\varepsilon_0=const$ bo’lsa, jismning bunday harakati *tekis o’zgaruvchan aylanma harakat* deyiladi.

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2} \qquad (8)$$

Bu tenglama jismning qo’zg’almas o’q atrofidagi *tekis o’zgaruvchan aylanma harakat tenglamasi*ni ifodalaydi.

Qo’zg’almas o’q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining chiziqli tezligi va tezlanishi.

Biror t vaqtda mazkur nuqta M holatda bo’lib, dt vaqt o’tgandan kyoyin u trayektoriya bo’ylab M_1 holatga ko’chsin. Shu dt vaqt ichida jism o’q atrofida $d\varphi$ burchakka aylanadi. Nuqta esa trayektoriya bo’ylab $ds=Rd\varphi$ yoyni bosib o’tadi. Bunda

$$v = \frac{ds}{dt} = R\frac{d\varphi}{dt} = R\omega \qquad (9)$$

Bu formula yordamida aniqlanadigan v tezlik jism nuqtasining *chiziqli tezligi* deyiladi.

Shunday qilib, qo’zg’almas o’q atrofida aylanma harakatdagi jism ixtiyoriy nuqtasi harakatdagi jism ixtiyoriy nuqtasi chiziqli tezligining miqdori jism burchak tezligining mazkur nuqtadan aylanish o’qigacha bo’lgan masofaga ko’paytmasiga teng. Chiziqli tezlik M nuqta chizgan aylanaga harakat yo’nalishi bo’yicha o’tkazilgan urinma bo’yicha yo’naladi.

Qo’zg’almas o’q atrofida aylanma harakatdagi jism nuqtalarining trayektoriyalari aylanalardan iborat bo’lgani uchun, M nuqtaning tezlanishi urinma va normal tezlanishlardan iborat bo’ladi.

$$w_\tau = \frac{dv}{dt} \qquad \textit{ва} \qquad w_n = \frac{v^2}{\rho}$$

Kurilayotgan holda $\rho=R$ va $v=R\omega$ bo’lgani uchun

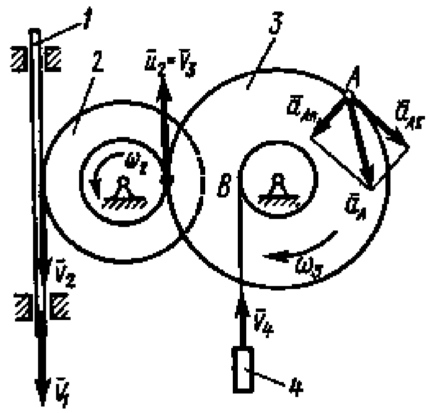
$$w_\tau = \frac{d}{dt}(R-\omega) = R\cdot\varepsilon, \qquad (10)$$

$$w_n = \frac{(R-\omega)^2}{R} = \omega^2\cdot R. \qquad (11)$$

Ba’zida $\vec{w}_\tau$ ni aylanma tezlanish, $\vec{w}_n$ ni esa markazga intilma tezlanishi deb yuritiladi.

Tezlanishning miqdori

$$w = \sqrt{w_\tau^2 + w_n^2} = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \qquad (12)$$



1 – m a s a l a. Reyka 1, radiuslari R_2 va r_2 bo'lgan pog'onali g'ildirak 2, radiusi r_3 bo'lgan val bilan bog'langan R_3 radiusli g'ildirak 3, o'zaro ilashma hosil qiladi; valga, uchiga yuk 4 osilgan ip o'ralgan (1-rasm). Reyka s_2=f(t) qonun bo'yicha harakat qiladi.

Berilgan: R_2 = 6 sm, r_2 = 4 sm, R_3 = 8 sm, r_3 = 3 sm, $s_1 = 3t^3$ (s – santimetrda, t – sekundda), A – g'ildirak 3 tuginida yotuvchi nuqta, t_1 = 3 s.

Vaqtning $t = t_1$ oni uchun ω_3, υ_4, ε_3, a_A lar *aniqlansin*.

Ye ch i sh. G'ildirak (radiusi R_i) tashqi tuginida yotuvchi nuqta tezligini υ_i bilan, ichki tuginida (radiusi r_i) yotuvchi nuqta tezligini u_i bilan belgilaymiz.

1. Barcha g'ildiraklar burchak tezliklarini vaqt t ning funksiyasi sifatida aniqlaymiz. Reyka 1 harakat qonunini bilgan holda uning tezligini topamiz:

$$\upsilon_1 = \dot{s}_1 = 9t^2 \qquad (1)$$

Reyka va g'ildirak ilashmada bo'lganligi sababli $\upsilon_2 = \upsilon_1$ yoki $\omega_2 R_2 = \upsilon_1$. G'ildiraklar 2 va 3 ham o'zaro ilashmada, demak $u_2 = \upsilon_3$ yoki $\omega_2 r_2 = \omega_3 R_3$. Bu tenglamadan topamiz

$$\omega_2 = \frac{\upsilon_1}{R_2} = \frac{3}{2}t^2, \qquad \omega_3 = \frac{r_2}{R_3}\omega_2 = \frac{3}{4}t^2. \qquad (2)$$

U holda vaqtning t_1 = 3 c oni uchun $\omega_3 = 6{,}75$ s^{-1} qiymatni olamiz.

2. υ_4 ni aniqlaymiz. $\upsilon_4 = \upsilon_V = \omega_3 r_3$ bo'lgani uchun, t_1 = 3 c da υ_4=20,25sm/s^2.

3. ε_3 ni aniqlaymiz. (2) tengliklarning ikkinchisini inobatga olib, $\varepsilon_3 = \dot{\omega}_3 = 1{,}5t$ ni olamiz. U holda t_1 = 3 c da ε_3 =4,5 s^{-2} bo'ladi.

4. a_A ni aniqlaymiz. A nuqta uchun $\boldsymbol{a}_A = \boldsymbol{a}_{A\tau} + \boldsymbol{a}_{Ap}$ bo'lib, bunda $a_{A\tau} = R_3\varepsilon_3$, $a_{An} = R_3\omega_3^2$. Vaqtning t_1 = 3 c oni uchun quyidagi natijalarga ega bo'lamiz

$$a_{A\tau} = 36 \text{ sm/s}^2, \quad a_{Ap} = 364{,}5 \text{ sm/s}^2;$$

$$a_A = \sqrt{a_{A\tau}^2 + a_{An}^2} = 366{,}3 \quad см/c^2.$$

Nuqtalarning tezlik va tezlanishlari hamda burchak tezliklarning yo'nalishlari 1-rasmda ko'rsatilgan.

Javob: ω_3 = 6,75 s^{-1} ; υ_4=20,25 sm/s^2 ; ε_3 =4,5 s^{-2}; $a_A = 366{,}3 \quad см/c^2$.

2-masala. Jism harakatlanayotganda uning ikki nuqtasi va shu nuqtalardan o'tadigan to'g'ri chiziq qo'zg'almas holda qolsa, jism qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat qilayotgan bo'ladi.

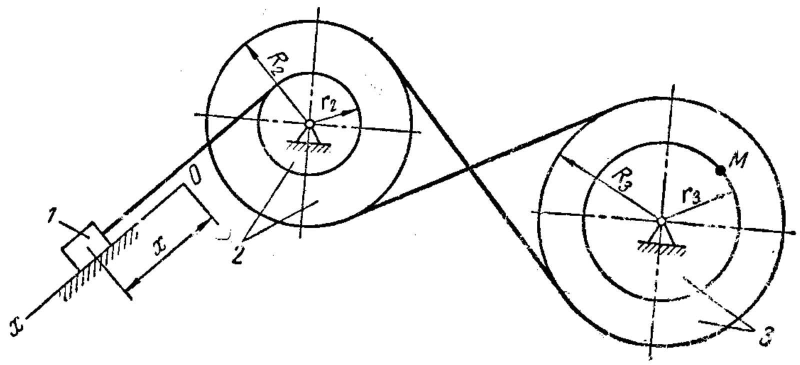
Jismning ilgarilanma harakati

$$X = S_2 t^2 + C_1 t + C_0$$

tenglama bilan ifodalanishi kerak.

Vaqtning boshlang'ich onida yukning koordinatasi X_o, tezligi esa V_o bo'lishi kerak. Undan tashqari, $t = t_2$ yukning koordinatasi X_2 ga teng bo'lishi lozim. S_o, S_1, S_2 koeffisiyentlar shunday aniqlansinki, bunda yuk *1* ning talab qilingan harakati amalga oshsin. Shuningdek, $t = t_1$ vaqt onida yukning hamda mexanizmning g'ildiraklaridan birining M nuqtasining tezligi va tezlanishi aniqlansin.

Berilgan:
R_2 = 50 sm
r_2 = 25 sm
R_3 = 65 sm
r_3 = 40 sm
V_o = 14
V_2 = 5 sm/s
t_1=1 s
t_2 = 2 c
x_0 = 14 sm
x_2 = 168 sm



Yechish: 1- yukning harakat tenglamasi qo'yidagi ko'rinishga ega:

$$X = S_2 t^2 + C_1 t + C_0$$

S_o, S_1, S_2 koeffisiyentlar qo'yidagi shartlardan aniqlanishi mumkin:

$T = 0$ da, $X_o = 14$ sm, $X_o = 5$ sm/s

$T = 2$ c da $X_2 = 168$ sm

1 yukning tezligi

$$V = X = 2c_2 t + C_1$$

Formulalardan koeffisiyentlarni aniqlaymiz

$$S_o, = 14 \text{ sm}, S_1 = 5 \text{ sm/s}, S_2 = 36 \text{ sm/s}^2$$

Shunday qilib, 1 yukning harakat tenglamasi

$$X = 36\, t_2 + 5t + 14$$

1 yukning tezligi

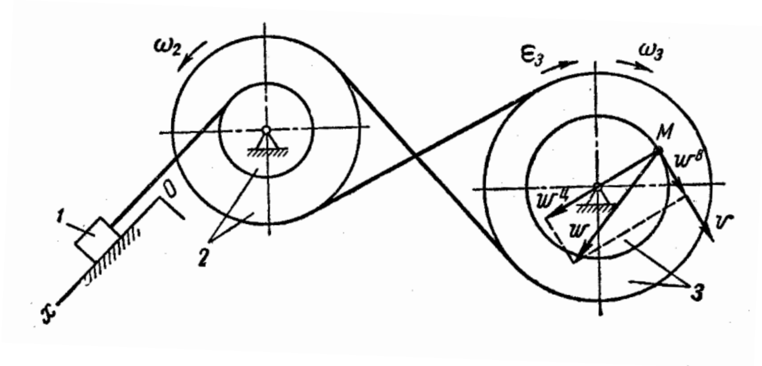
$$V = X = 72t + 5$$

1 yukning tezlanishi

$$a = X = 72 \text{ sm/ s}^2$$

M nuqtaning tezligini tezlanishini aniqlash uchun yukning tezligini hamda g'ildiraklarning burchak tezliklarini boglovchi tenglamalarini yezamiz.

Mexanizm sxemasiga binoan



$$V = r_2\omega_2$$

$$R_2\omega_2 = R_3\omega_3$$

t_1=1s t_2 = 2c

$$\omega_3 = VR_2/(r_2R_2)$$

$$\omega_3 = 2.215t + 0.154$$

$$\varepsilon_3 = \omega_3 = 2.215$$

$$V_M = r\,\omega_3$$

$$a_M = r_3\,\varepsilon_3$$

$$a_M = r_3\,\omega_3$$

$$a_M = \sqrt{(a_M^{ayl})^2 + (a_M^{ayl})^2}$$

K1-masala

K1 nomer bo'yicha yechilishi lozim bo'lgan ikkita K1a va K1b masalalar berilgan.

K1a-masala. V nuqtada *xu* tekislikda harakatlanadi (K1.0-K1.9-rasmlar, K1-jadval; nuqta trayektoriyasi chizmada shartli ravishda ko'rsatilgan). Nuqtaning harakat qonuni tenglamalar bilan berilgan: $x=f_1(t)$, $u=f_2(t)$, bu yerda *x* va *u* santimetrlarda ifodalangan, *t* – sekundlarda.

Nuqtaning trayektoriya tenglamasi topilsin; vaqtning t_1=1s holati uchun nuqtaning tezlik va tezlanishi, hamda trayektoriyaning mos nuqtasi uchun urunma va normal tezlanish va egrilik radiusi aniqlansin.

$x=f_1(t)$ bog'liqlik to'g'risida-to'g'ri rasmda ko'rsatilgan, $u=f_2(t)$ bog'liqlik esa K1-jadvalda berilgan (0-2 - rasmlar uchun 2-ustunda, 3-6-rasmlar uchun 3-ustunda, 7-9-rasmlar uchun 4-ustunda). S1-S4-rasmlardagidek rasm nomeri shifrning oxiridan oldingi soni bilan tanlanadi, K1-jadvaldagi shart nomeri oxirgisi bo'yicha.

K1b-masala. Nuqta K1-jadvalning 5-ustunida berilgan $s=f(t)$ konun bo'yicha radiusi R=2m bo'lgan aylana yoyi bo'ylab harakatlanadi (s-metrda, t-sekundda), bu yerda s=AM-nuqtaning aylana yoyi bo'ylab o'lchangan, biror A boshlang'ich holatiga nisbatan masofasi. Vaqtning t_1=1c holati uchun nuqtaning tezligi va tezlanishi aniqlansin. Nuqtaning joylashish holatini M, yoy koordinatasi s sanog'ining musbat yo'nalishini A dan M ga hisoblab rasmda $\boldsymbol{\upsilon}$ va $\boldsymbol{a}$ vektorlarni tasvirlash.

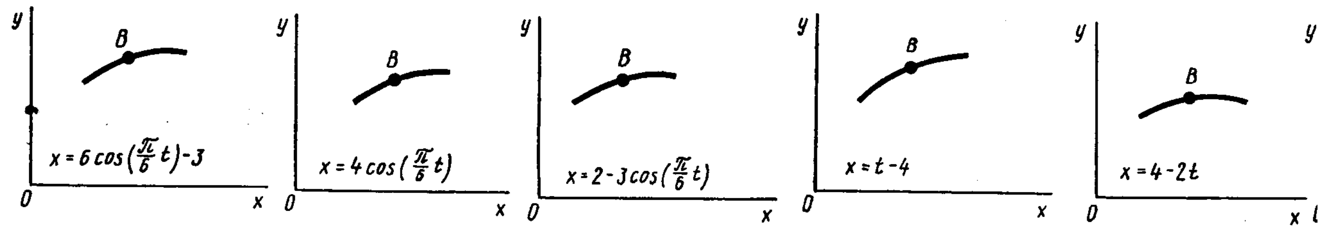
Topshiriqlar. K1-masala nuqta kinematikasiga taalluqli bo'lib tezlik va tezlanishi dekart koordinatalarida aniqlanadigan formulalar (nuqta harakatining koordinatalar usulida berilishi) yordamida hamda nuqtaning tezligi, urunma va normal tezlanishlari uning harakati tabiiy usulda berilgandagi formulalar yordamida yechiladi.

Masalada barcha izlanayotgan kattaliklarni vaqtning faqat t_1=1c holati uchun aniqlash kerak. K1a masalaning ba'zi variantlarida, trayektoriyani aniqlashda yoki navbatdagi hisoblashlarda (ularni soddalashtirish uchun) trigonometriyadan ma'lum formulalarni hisobga olish lozim: $\cos 2\alpha = 1-2\sin^2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1$; $\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha$.

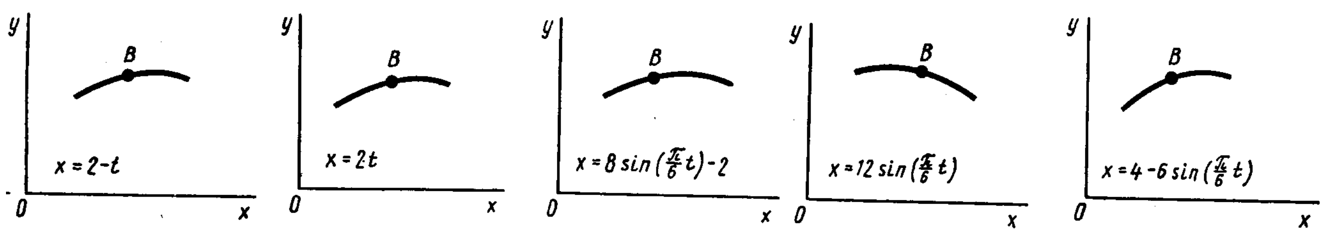
K1-jadval

Shart nomeri	$y = f_2(t)$			$s = f(t)$
	0-2-rasm	3-6-rasm	7-9-rasm	
1	2	3	4	5

0	$12\sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$2t^2+2$	$4\cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$4\cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$
1	$-6\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$	$8\sin\left(\frac{\pi}{4}t\right)$	$6\cos^2\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$2\sin\left(\frac{\pi}{3}t\right)$
2	$-3\sin^2\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$(2+t)^2$	$4\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$	$6t-2t^2$
3	$9\sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$2t^3$	$10\cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$-2\sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$
4	$3\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$	$2\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right)$	$-4\cos^2\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$4\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$
5	$10\sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$2-3t^2$	$12\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$	$-3\sin\left(\frac{\pi}{3}t\right)$
6	$6\sin^2\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$2\sin\left(\frac{\pi}{4}t\right)$	$-3\cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$3t^2-10t$
7	$-2\sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$(t+1)^3$	$-8\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$	$-2\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$
8	$9\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$	$2-t^3$	$9\cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$3\sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$
9	$-8\sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	$4\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right)$	$-6\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$	$-2\cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$



K1.0-rasm K1.1-rasm K1.2-rasm K1.3-rasm K1.4-rasm



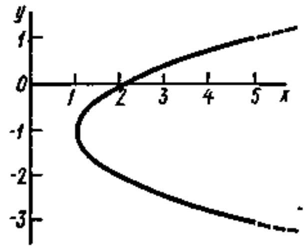
K1.5-rasm K1.6-rasm K1.7-rasm K1.8-rasm K1.10-rasm

K1a-masala. Nuqtaning *xu* tekislikdagi harakat tenglamasi berilgan:

$$x=-2\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right)+3, \qquad y=2\sin\left(\frac{\pi}{8}t\right)-1$$

(*x*, *u* – santimetrda, *t* – sekundda).

Nuqtaning trayektoriya tenglamasi *topilsin*. Shuningdek, vaqtning t_1=1c oni uchun nuqta tezligi, tezlanishi, normal va urinma tezlanishi hamda trayektoriyaning mos nuqtasi uchun egrilik radiusi *aniqlansin*.



K1a-расм

Yechish. 1. Nuqtaning trayektoriya tenglamasini topish uchun berilgan harakat tenglamalaridan vaqtni yo'qotamiz. Vaqt *t* trigonometrik funksiya argumentiga kirgani hamda bir argumentning boshqasidan ikki marta kattaligi sababli quyidagi formuladan foydalanamiz.

$$\cos 2\alpha = 1 - 2\sin^2\alpha \qquad \text{ёки} \qquad \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) = 1 - 2\sin^2\left(\frac{\pi}{8}t\right). \quad (1)$$

Harakat tenglamalaridan mos funksiyalar ifodalarini topamiz va (1) tenglikka qo'yamiz.

$$\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) = \frac{3-x}{2}, \qquad \sin\left(\frac{\pi}{8}t\right) = \frac{y+1}{2},$$

natijada,

$$\frac{3-x}{2} = 1 - 2\frac{(y+1)^2}{4}.$$

Bundan quyidagi nuqta trayektoriyasi tenglamasini topamiz (parabola, K1a-rasm):

$$x = (u+1)^2+1. \qquad (2)$$

2. Nuqta tezligini uning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari bo'yicha topamiz:

$$\upsilon_x = \frac{dx}{dt} = \frac{\pi}{2}\sin\left(\frac{\pi}{4}t\right), \qquad \upsilon_y = \frac{dy}{dt} = \frac{\pi}{\ldots}\cos\left(\frac{\pi}{\ldots}t\right) \qquad \upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2}$$

va t_1=1 c da

$$\upsilon_{1x} = 1{,}11 \text{ sm/s}, \quad \upsilon_{1u} = 0{,}73 \text{ sm/s}, \quad \upsilon_1 = 1{,}33 \text{ sm/s}. \qquad (3)$$

3. Nuqtaning tezlanishini ham shu tarzda aniqlaymiz:

$$a_x = \frac{d\upsilon_x}{dt} = \frac{\pi^2}{2}\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right), \qquad a_y = \frac{d\upsilon_y}{dt} = -\frac{\pi^2}{32}\sin\left(\frac{\pi}{8}t\right);$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

va t_1=1 c vaqtda

$$a_{1x} = 0{,}87 \text{ sm/s}^2, \quad a_{1u} = -0{,}12 \text{ sm/s}^2, \quad a_1 = 0{,}88 \text{ sm/s}^2. \qquad (4)$$

4. Urinma tezlanishni $\upsilon^2 = \upsilon_x^2 + \upsilon_y^2$ tenglikni vaqt bo'yicha differensiallash yordamida topamiz.

$$2\upsilon\frac{d\upsilon}{dt} = 2\upsilon_x\frac{d\upsilon_x}{dt} + 2\upsilon_y\frac{d\upsilon_y}{dt},$$

bundan

$$a_\tau = \frac{d\upsilon}{dt} = \frac{\upsilon_x a_x + \upsilon_y a_y}{\upsilon}. \qquad (5)$$

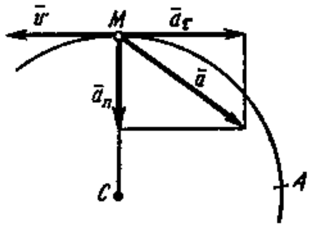
(5) ifodaning o'ng qismiga kiruvchi barcha kattaliklarning sonli qiymatlari (3) va (4) tengliklar bilan berilgan. Bu sonlarni (5) ga qo'yib, t_1=1c holat uchun $a_{1\tau}$ = 0,66 sm/s^2 ni olamiz.

Nuqta normal tezlanishi $a_n = \sqrt{a^2 + a_\tau^2}$. Bu ifodaga a_1 va $a_{1\tau}$ larning topilgan sonli qiymatlarini qo'yib, t_1=1c holat uchun a_{1p} = 0,58 sm/s^2 ni olamiz.

6. Trayektoriyaning egrilik radiusi $\rho = \upsilon^2/a_p$. Bunga υ_1 va a_{1p} larning sonli qiymatlarini qo'yib, topamiz: t_1=1c da ρ_1= 3,05 sm.

Javob: υ_1 =1,33 sm/s, a_1 = 0,88 sm/s^2, $a_{1\tau}$ = 0,66 sm/s^2, a_{1p} = 0,58 sm/s^2, ρ_1= 3,05 sm.

K1b-masala. Nuqta radiusi R = 2 m bo'lgan aylana yoyi bo'ylab $s = 2\sin\left(\frac{\pi}{4}t\right)$ qonun bo'yicha (s – metrda, t – sekundda) harakat qiladi, $s = \overset{\cup}{AM}$ (K1b-rasm). Vaktning t_1=1c holati uchun nuqta tezligi va tezlanishi *aniqlansin*.



Yechish. Nuqta tezligini aniqlaymiz:

$$\upsilon = \frac{ds}{dt} = \frac{\pi}{2}\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right).$$

t_1=1c da $\upsilon_1 = \frac{\pi\sqrt{2}}{4} = 1{,}11$ м/с. ni olamiz.

Tezlanishni uning urinma va normal tuzuvchilari bo'yicha topamiz:

$$a_\tau = \frac{d\upsilon}{dt} = -\frac{\pi^2}{8}\sin\left(\frac{\pi}{4}t\right), \qquad a_n = \frac{\upsilon^2}{\rho} = \frac{\upsilon^2}{R}.$$

R = 2 m ekanligini hisobga olib t_1 = 1 c vaqt uchun, olamiz:

$$a_{1\tau} = -\frac{\pi^2\sqrt{2}}{16} = 0{,}87 \quad м/c^2, \qquad a_{1n} = \frac{\upsilon_1^2}{2} = \frac{\pi^2}{16} = 0{,}62 \quad м/c^2.$$

U holda vaqtning t_1 = 1 c holati uchun quyidagi natijani olamiz

$$a_1 = \sqrt{a_{1\tau}^2 + a_{1n}^2} = \frac{\pi^2\sqrt{3}}{16} = 1{,}07 \quad м/c^2.$$

υ_1 va $a_{1\tau}$ larning ishoralarini inobatga olib va A dan M ga yo'nalishni musbat hisoblab, $\boldsymbol{\upsilon}_1$ va $\boldsymbol{a}_1$ vektorlarni K1b-rasmda tasvirlaymiz.

5-Mavzu. NUQTANING BERILGAN HARAKAT QONUNIGA ASOSAN NUQTAGA TA'SIR ETUVCHI KUCHNI ANIQLASH

Moddiy nuqtaning nisbiy harakat differensial tenglamalari.

Yuqorida moddiy nuqtaning harakatini inersial sanoq sistemasiga nisbatan o'rganildi. Lekin ko'pincha nuqtaning harakatini ixtiyoriy ravishda harakatlanuvchi obyekt bilan bog'langan koordinatalar sistemasiga nisbatan tekshirishga to'g'ri keladi. Masalan, nuqtaning harakatini tezlanuvchi harakatdagi raketa, samolyot yoki kosmik kema bilan bog'langan koordinatalar sistemasiga nisbatan o'rganishga ehtiyoj tug'iladi. Nuqtaning inersial bo'lmagan bunday sistemaga nisbatan harakati uning *nisbiy harakat*ini ifodalaydi.

Massasi ***m*** bo'lgan va berilgan kuchlar ta'siridagi ***M*** nuqtaning qo'zg'almas $O_1x_1y_1z_1$ inersial sistemaga nisbatan ma'lum qonun asosida harakatlanuvchi qo'zg'aluvchi $Oxyz$ koordinatalar sistemasiga nisbatan harakatini tekshiramiz. Kelgusida $O_1x_1y_1z_1$ inersial sistemani qo'zg'almas deb qaraymiz.

Bog'lanishdagi nuqta dinamikasining qo'zg'almas koordinatalar sistemasiga nisbatan asosiy tenglamasini

$$m\vec{w} = \vec{F} + \vec{R} \tag{1}$$

ko'rinishda yozamiz. Bunda ***F*** – aktiv kuchlarning teng ta'sir etuvchisi; ***R*** – bog'lanish reaksiya kuchi.

Koriolis teoremasidan foydalanib, nuqtaning absolyut tezlanishini uning nisbiy, ko'chirma va Koriolis tezlanishlari orqali ifodalaymiz:

$$w_a = w_r + w_e + w_k \tag{2}$$

(2) ni (1) ga qo'ysak,

$$m\, w_r \;+\; m\, w_e + m\, w_k = F + R$$

yoki w_e va w_k qatnashgan hadlarni o'ng tomonga o'tkazsak,

$$m\, w_r = F + R + (-\, m\, w_e) \;+ (-\, m\, w_k) \tag{3}$$

tenglama o'rinli bo'ladi.

(3) dan ko'ramizki, nuqtaning massasini uning nisbiy tezlanishiga ko'paytmasi aktiv kuchlarning teng ta'sir etuvchisi bilan bog'lanish reaksiya kuchlarining yig'indisiga teng bo'lmaydi. (3) da quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

$$Fe = -\, mw_{ye}, \tag{4}$$

$$F_k = -\, mw_k. \tag{5}$$

Miqdor jihatidan nuqtaning massasi bilan uning ko'chirma tezlanishi ko'paytmasiga teng va ko'chirma tezlanishga qarama-qarshi yo'nalgan ***Fe*** vektori *ko'chirma inersiya kuchi* deyiladi.

Miqdor jihatdan nuqtaning massasi bilan uning Koriolis tezlanishiga qarama-qarshi bo'lgan $\boldsymbol{F_k}$ vektori *Koriolis inersiya kuchi* deyiladi.

Natijada (3) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$m\, w_r = F + R + F_e + F_k \tag{6}$$

(6) tenglama *nuqtaning inersial bo'lmagan sistemaga nisbatan harakat differensial tenglamasini* yoki *nisbiy harakat differensial tenglamasini* ifodalaydi.

Demak, nisbiy harakat differensial tenglamasi (6) ni tuzish uchun nuqtaga ko'yilgan aktiv kuchlarning teng ta'sir etuvchisi ***F*** va bog'lanish reaksiya kuchlari ***R*** qatoriga ko'chirma inersiya kuchi ***Fe*** va Koriolis inersiya kuchi $\boldsymbol{F_k}$ larni qo'shish kerak.

Ko'chirma va Koriolis inersiya kuchlarini hisoblashda kinematika bo'limida chiqarilgan ko'chirma tezlanishni ifodalovchi

$$w_e \;=\; w_o + \varepsilon_e \;\mathrm{X}\; \rho + w_e \,\mathrm{X}\; (\, w_e \;\mathrm{X}\; \rho\,) \tag{7}$$

hamda Koriolis tezlanishi aniqlanadigan

$$w_k = 2\, w_e \;\mathrm{X}\;\; v_r \tag{8}$$

formulalardan foydalanamiz.

(4), (5), (7) va (8) formulalardan ko'ramizki, ko'chirma va Koriolis inersiya kuchlari nuqtaning boshqa obyektlar bilan o'zaro ta'siriga emas, balki nuqtaning massasi hamda nisbiy va ko'chirma harakatigagina bog'liq bo'ladi. (6) ni qo'zg'aluvchi koordinata o'qlariga proyeksiyalab, *nibiy harakat differensial tenglamasini Dekart koordinata o'qlaridagi ifodasini olamiz:*

$$\begin{aligned} mx &= F_x + R_x + F_{ex} + F_{kx}, \\ mu &= F_u + R_u + Fe_u + F_{ku}, \\ mz &= F_z + R_z + F_{ez} + F_{kz} \end{aligned} \tag{9}$$

Klassik mexanikaning nisbiylik prinsipi.

Aytaylik, ko’chirma harakat $\boldsymbol{v_o}=const$ o’zgarmas tezlik bilan sodir bo’ladigan to’g’ri chiziqli ilgarilama harakatdan iborat bo’lsin, ya’ni *Oxyz* qo’zg’aluvchi koordinatalar sistemasi ham inersial sistemadan iborat bo’lsin. U holda ko’chirma harakat tezlanishi $\boldsymbol{w_e}=0$ bo’ladi, shuningdek, ko’chirma harakat to’g’ri chiziqli ilgarilama harakatdan iborat bo’lgani uchun $\boldsymbol{\omega_{ye}}=0$ va Koriolis tezlanishi $\boldsymbol{w_k}=0$ bo’ladi. Binobarin,

$$Fe= F_k= 0$$

bo’lib, nisbiy harakat differensial tenglamasi (6) ni

$$m\, w_r = F + R \tag{10}$$

ko’rinishda yozish mumkin. Bunda nisbiy harakat differensial tenglamasi bilan absolyut harakat differensial tenglamasi (1) bir xil ko’rinishga ega bo’ladi.

Agar *M* nuqta $O_1x_1y_1z_1$ va *Oxyz* inersial sistemalarga nisbatan harakatlansa hamda ularning ikkinchisi birinchisiga nisbatan $\boldsymbol{v_o}$ tezlik bilan to’g’ri chiziqli ilgarilama harakatda bo’lsa, u holda nuqtaning mazkur sistemalarga nisbatan radius vektorlari quyidagi munosabatlar bilan boglanadi:

$$r = \rho + v_0\, t. \tag{11}$$

Bunda ikkala sistema uchun vaqt bir xilda o’tadi, ya’ni

$$t_1 = t \tag{12}$$

deb qaraymiz. (11) va (12) formulalar *Galiley almashtirishi* deyiladi. Biror inersial sistemadan boshqa inersial sistemaga o’tishida dinamika qonunlari bu almashtirishga nisbatan invariant bo’ladi. Bu natija *klassik mexanikaning nisbiylik prinsipi* deb ataladi.

Nuqtaning nisbiy muvozanati.

Agar moddiy nuqta qo’zg’aluvchi *Oxyz* koordinatalar sistemasiga nisbatan tinch holatda bo’lsa, u holda uning nisbiy tezligi $\boldsymbol{v_r}$, nisbiy tezlanishi $\boldsymbol{w_k}$ hamda Koriolis tezlanishi $\boldsymbol{w_k}$ nolga teng bo’ladi. Shu sababli (6) dan quyidagi ko’rinishdagi nisbiy muvozanat tenglamasini olamiz:

$$\boldsymbol{F + R + Fe = 0} \tag{13}$$

Bu tenglamadan ko’ramiz, *nuqta nisbiy muvozanatda bo’lsa, nuqtaga qo’yilgan aktiv va reaksiya kuchlari ko’chirma inersiya kuchi bilan muvozanatlashadi.*

Olingan natijadan foydalanib, og’irlik kuchi maydonida vertikal bo’ylab tezlanuvchan (yoki sekinlanuvchan) harakatlanuvchi jism vaznining ortishi va kamayishini tushuntirish mumkin.

Jismning uni tutib turuvchi gorizontal tayanch tekisligiga ko’rsatadigan bosim kuchiga uning *vazni* deyiladi.

Masalan, yukning tarozi pallasiga ko’rsatadigan bosimi yukning vaznini ifodalaydi.

Agar jism qo’yilgan taglik vertikal bo’yicha tezlanuvchan harakatda bo’lsa, u holda mazkur jismga ta’sir etuvchi Yerning tortish kuchi (og’irlik kuchi) $\boldsymbol{P = mg}$ va jismning vazni bir-biridan farq qilishini quyidagi misol yordamida izohlash mumkin.

Agar lift kabinasi vertikal bo’yicha *a* tezlanish bilan yuqoriga qarab harakatlansa, bu tezlanish ko’chirma tezlanishdan iborat bo’lib, ko’chirma inersiya kuchi $\boldsymbol{Fe = -ma}$ mavjud bo’ladi. Lift kabinasi polidagi jismga vertikal pastga yo’nalgan uning og’irlik kuchi hamda kabina polining reaksiya kuchi $\boldsymbol{N}$ ta’sir etadi. (13) ga asosan bunday jismning muvozanat tenglamasi

$$\boldsymbol{mg + N + F_e= 0} \tag{14}$$

ko’rinishda yoziladi. (14) ni lift harakatlanayotgan yo’nalishga proyeksiyalasak,

$$-mg + N - ma = 0$$

munosabat o’rinli bo’ladi. Bundan $N = m(g + a)$ ifodani olamiz. Binobarin, ko’rilayotgan holda yukning vazni ortadi. Bu hodisa *ortiqcha yuklanish* deb ataladi.

Start holatidan vertikal yuqoriga tezlanuvchan harakatlanayotgan kosmik kema ichidagi passajirlar ortiqcha yuklanishga duchor bo'ladi.

Agar ***a*** tezlanish vertikal pastga yo'nalsa, u holda ko'chirma inersiya kuchi ***Fe*** o'z yo'nalishini o'zgartiradi hamda

$$N = m (g - a)$$

bo'lib, yukning vazni kamayadi. Xususan, $a=g$ bo'lsa, *vaznsizlik holatiga* duch kelamiz.

Kosmik kemalarni uchirishda ortiqcha yuklanish va vaznsizlikni hisoblash alohida ahamiyatga ega.

Jismlarning muvozanati va harakatiga Yer aylanishining ta'siri.

Yerning o'z o'qi atrofida

$\mathbf{w_e = 2\pi/24 * 3600 = 0,0000729\ s^{-1}}$

burchak tezlik bilan aylanishi, Yer sirtiga yaqin jismning muvozanati va harakatiga qanday ta'sir etishini quyidagi ikki holda ko'rib chiqamiz.

Yer sirtiga yaqin nuqtaning nisbiy muvozanati. Ipga osilgan va massasi *m* ga teng *M* nuqtaning Yer sirtiga yaqin tinch holatini tekshiramiz. Qo'zg'aluvchi koordinatalar sistemasi boshini Yerning markazidagi *O* nuqtadan olib , *Oz* o'qni shimoliy qutbga, *Ou* o'qni *M* nuqtaga taalluqli meridianning ekvator bilan kesishgan nuqtasiga, *Ox* o'qni esa mazkur meridian tekisligiga perpendikulyar yo'naltiramiz.

M nuqtaga Yerning markaziga yo'nalgan $\boldsymbol{F(F=mg_o}$, $\boldsymbol{g_o}$ - gravitasion tezlanish) tortish kuchi va ipning taranglik kuchi ***T*** ta'sir etadi. (14) formulaga asosan, *M* nuqta nisbiy muvozanatda bo'lishi uchun ***F*** va ***T*** kuchlar qatoriga ko'chirma inersiya kuchi *Fe* ni qo'shish kerak, ya'ni:

$$\boldsymbol{F + T + F_e = 0} \tag{15}$$

Yerning sutkalik aylanish burchak tezligi o'zgarmas bo'lgani tufayli *Fe* kuch faqat aylanish o'qiga perpendikulyar yo'nalgan Fe^n normal tashkil etuvchidan (markazdan qochirma inersiya kuchidan) iborat bo'ladi hamda bu kuchning moduli quyidagicha aniqlanadi**:**

$$F_e^n = m\ we2\ R1 = m\ we2Rcos0,$$

bunda R_1 bilan *M* nuqtaga mos geografik parallelning radiusi belgilangan. Natijadan (15) ni

$$\mathbf{F + T + F_e^n = 0} \tag{3.16}$$

ko'rinishida yozish mumkin.

T kuchning miqdorini o'lchash uchun ipni dinamometr bilan almashtirish mumkin. Dinomometr yordamida

$$\mathbf{P = mg = - T} \tag{17}$$

nuqta og'irlik kuchining miqdorini aniqlaymiz. Buni nazarda tutib, (16) formuladan quyidagi munosabatni olamiz:

$$\boldsymbol{P = mg = F + F_e^n} \tag{18}$$

Shunday qilib, *Yer sirtiga yaqin nuqtaning og'irlik kuchi Yerning tortish kuchi bilan markazdan qochirma inersiya kuchlarining geometrik yig'indisiga teng bo'ladi.*

M a s a l a. *M* sharchaning nisbiy harakat tenglamasi, shuningdek, uning berilgan ondagi koordinatasi va kanalning devoriga beradigan bosimi aniqlansin.

Berilgan:

$\alpha=30^o$, $\omega_1 = \pi$ rad/s, $\varepsilon_1= 2,7$ rad/s^2, $m=0,01$ kg, $\tau=0,2$ s, $l_0=0,2$ m

X_o = 0,3 m, X_o = 2 m/s, s= 1 N/m, r= 0,2 m.

Ye ch i sh. Qo'zg'aluvchi *Oxyz* koordinatalar sistemasini aylanayotgan kanl (naycha) bilan bog'lab, *x* o'qini *M* sharchaning nisbiy harakat trayektoriyasi bilan ustma – ust tushiramiz.

Bu sistemaning *z* o'qi atrofida aylanishi *M* sharcha uchun ko'chirma harakat bo'ladi. Ko'chirma harakat tekis aylanma harakatdan iborat. Ko'chirma harakat tekis aylanma harakatdan iborat bo'lgan holda nuqtaning nisbiy harakati quyidagi tenglama bilan ifodalanadi.

$$mr = \Sigma Ri + Ft^{M\omega} + Fc$$

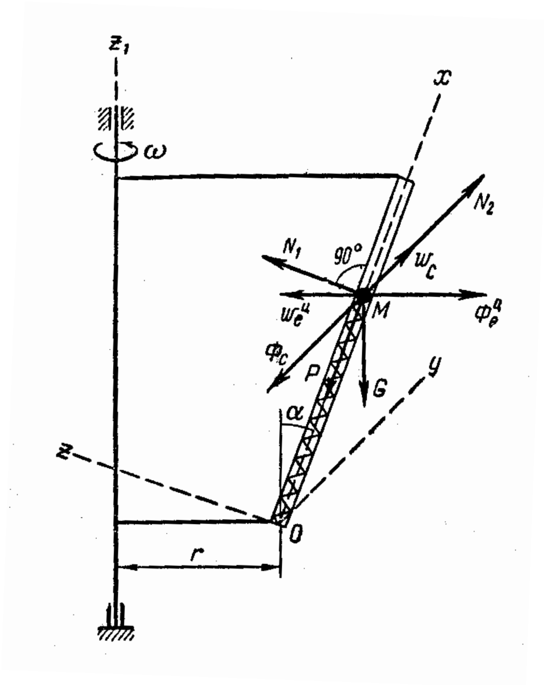
M sharchaga qo'yiladigan kuchlar quyidagilar: og'irlik, prujinaning reaksiyasi va naycha devorining normal reaksiyasi.

Inersiya kuchlarining modullari quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi.

$$Fe^{M} = ma = m\omega^2(r + x\sin\alpha)$$

$$Fc = ma = 2m\omega\upsilon\sin\alpha$$

Bu yerda: $\omega_{ye} = \omega$. $V = |X|$



M nuqtaning nisbiy harakat tenglamasi ushbu ko'rinishga ega bo'ladi.

$$ma_r = G + P + N_1 + N_2 + F + F_s$$

M sharchaning *X* o'qi bo'ylab nisbiy harakat differensial tenglamasini tuzamiz.

$$mx = \Sigma Xi = Fe\sin\alpha - G\cos\alpha - P$$

yoki

$$X + (c/m - \omega^2\sin^2\alpha)X = \omega^2 r\sin\alpha - g\cos\alpha + cl_0/m$$

Xarakteristik tenglama tuzamiz va uning ildizlarini topamiz.

$$\lambda^2 + s/m - \omega^2\sin^2\alpha = 0$$

$$\lambda 1 = \sqrt{\omega^2\sin^2\alpha - c/m} = \sqrt{\pi^2 \cdot 0{,}5^2 - 1/0{,}01} = 9{,}876i$$

$$\lambda^2 = -9{,}87i$$

Shunday qilib bir jinsli tenglamaning umumiy yechimi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi

$$X^* = C1\cos 9{,}876t + C2\sin 9{,}876t$$

Ikkinchi tenglamaning xususiy yechimi

$$X^{**} = B$$

Ikkinchi differensial tenglamadan

$$X^{**} = B = \omega^2 r\sin\alpha - g\cos a + cl/m/c/m - \omega^2\sin^2\alpha$$

Hisoblashlar natijasida *V* = 0,128 m ekanligi kelib chikadi.

Naycha devori reaksiyasining 0,2 s dagi tashkil etuvchilarini aniqlash uchun vektor tenglamani *U* va *Z* o'qlariga proyeksiyalab quyidagini hosil qilamiz.

$$O = N^2 - F_s$$

$$O = N_1 - G\cos 60^\circ - Fe^m\cos 60^\circ$$

Bu tenglamalardan ushbu ifodalarni topamiz

X_1 = 0,246 m

X_1 = -2,33 m/s

6-Mavzu: CHO'ZILISH VA SIQILISHGA OID MASALALAR YECHISH

1 - Masala. Bir uchi bikr tayanchga o'rnatilgan po'lat sterjen $F_1 = 10$ *kN* va $F_2 = 82$ *kN* kuchlar bilan yuklangan. *Normal kuch va kuchlanishlar epyuralar* qurilsin, sterjen *B - B* kesimining ko'chishi aniqlansin, sterjenning o'lchamlari 3.1- *a* shaklda ko'rsatilgan.

Berilgan: $A = 4\ sm^2$; $E = 2\ 10^5\ MPa$; $l = 70\ sm$.

Yechish. Cho'zilish - qisilish deformasiyasiga oid masalalarni *quyidagi tartibda yechilsa* maqsadga muofiq bo'ladi:

1. Berilgan hisob sxemasi uchun *koordinatalar sistemasi* tanlanadi;
2. Xarakterli nuqtalarga qarab (tashqi kuchlar qo'yilgan, kesim yuzalari yoki bikrligi o'zgargan nuqtalar) sterjenni *qism (uchastka) larga ajratiladi*;
3. *Kesimlar usulidan* foydalanib, har bir kesimning ixtiyoriy joyidan kesim o'tkazilib, kesib olingan qisimlarning muvozanati tekshirilib, kesimdagi noma'lum *bo'ylama (normal) kuchlar aniqlanadi*;
4. Har bir kesimdagi ichki bo'ylama kuchlar topilgandan keyin mos ravishda o'sha kesimlardagi *kuchlanishlar* hisoblab topiladi va masala shartida ko'rsatilgan *boshqa talablar bajariladi*.

Masalani yuqoridagi tartibga muofiq yechamiz. Hisob sxemasiga koordinata o'qini joylashtiramiz. Koordinat boshini *D* nuqtaga o'rnatib, *x* o'qini esa o'ng tomonga yo'naltiramiz.

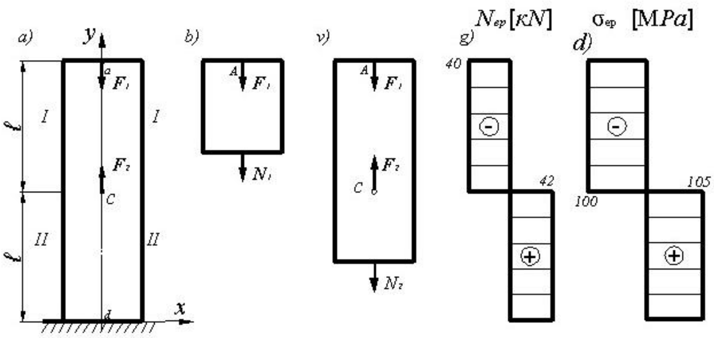
Xarakterli nuqtalarga qarab bu sterjenni ikkita qisimga ajratish mumkin, chunki sterjenga ikkita kuch ta'sir qilib uning ko'ndalang kesim yuzasi va bikrligi sterjen butun uzunligi bo'yicha o'zgargani yo'q. Bunda birinchi uchastkamiz *B* nuqtadan *C* nuqtagacha, ikkinchi uchastkamiz esa *S* nuqtadan tayanch o'rnatilgan *D* nuqtagacha qisimlarni egallaydi.

Kesimlar usulidan foydalanib, har bir qisimni ixtiyoriy joyidan kesib olib, ajratib olingan qisimlarning muvozanat holatini tekshirib ko'ramiz, ya'ni noma'lum normal kuchlarni aniqlaymiz.

Bu masala uchun statikaning muvozanat sharti quyidagicha $\sum F_Y = 0$

U holda *1* qisimda $-N_1 - F_1 = 0,\qquad N_1 = -F_1 = -40\quad kN,$

II qisimda $-N_2 - F_1 + F_2 = 0,\qquad N_2 = 42kN$



3.1- shakl

Qismlardagi kuchlanishlarni (*III.3*) formuladan foydalanib hisoblaymiz

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A} = \frac{-40}{4} = -10\frac{kH}{см^2} = -100\qquad MPa,\qquad \sigma_2 = \frac{N_2}{A} = \frac{42}{4} = 10{,}5\frac{kH}{см^2} = 105\qquad MPa$$

Normal kuch va kuchlanishlar epyuralari 3.1- *g,d* shakllarda ko'rsatilgan, *B – B* kesimning ko'chishi ikkala kesimlarning deformasiyalanishi natijasida hosil bo'ladi, har bir qisimning ko'chishini (*III.6*) formuladan foydalanib hisoblaymiz

$$\Delta l_a = \frac{N_1 l_1}{EA} + \frac{N_2 l_2}{EA} = \frac{-40\cdot 10^3\cdot 0{,}7}{2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 4\cdot 10^{-4}} + \frac{42\cdot 10^3 0{,}7}{2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 4\cdot 10^{-4}} = 0{,}175\cdot 10^{-4}\qquad m$$

.2 - Masala. Pog'onali po'lat sterjenga $F_1 = 60$ *kN* va $F_2 = 100$ *kN* kuchlar qo'yilgan. *Bo'ylama kuch va kuchlanishlar epyuralari ko'rilsin, B kesimning ko'chishi aniqlansin va* deformasiyaning potensial energiyasi ifodasi yozilsin. Sterjenning o'lchamlari 3.2- *a* shaklda ko'rsatilgan.

Berilgan: $A_1 = 16$ sm^2; $A = 10$ sm^2; $E = 2\cdot 10^5$ *MPa*; $l = 50$ *sm*.

Yechish. Bu masalani yechishda ham yuqorida masalada ko'rsatilgan tartibdan foydalanamiz. Koordinata boshini *B* nuqtaga joylashtirib, xarakterli nuqtalarga qarab, sterjenni uchta uchastkaga ajratamiz (3.2- *a* shaklda bu kesimlar *I, II, III* orqali belgilangan). Har bir qisimning ixtiyoriy joyidan kesimlar o'tkazilib kesib olingan kesimlarning muvozanatini tekshirib ko'ramiz (3.2- *b, v, g* shakllar).

Statikani muvozanat shartiga ko'ra: $\sum F_y = 0$

u holda *I* qisimda $N_1 - F_2 = 0,\quad N_1 = F_2 = 100\quad kN$

II qisimda $N_2 - F_2 = 0,\quad N_2 = F_2 = 100\quad kN$

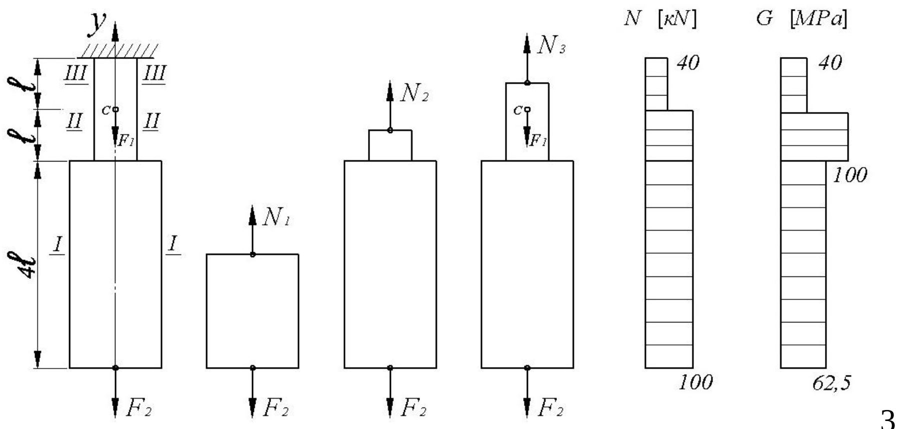
III qisimda $N_3 + F_1 - F_2 = 0,\quad N_3 = F_2 - F_1 = 40\quad kN$

Va bu kesimlardagi *kuchlanishlarni* (*III.3*) formuladan foydalanib hisoblaymiz

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{100}{16} = 6{,}25\frac{кН}{см^2} = 62{,}5\quad MPa,\quad \sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{100}{10} = 10\frac{кН}{см^2} = 100\quad MPa$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_2} = \frac{40}{10} = 4\frac{кН}{см^2} = 40\quad MPa$$

а) *б)* *в)* *г)* *д)* *е)*



3.2- shakl

Normal kuch va kuchlanishlar epyuralari 8 - d, e shakllarda ko'rsatilgan.

B - B kesimning ko'chishi uchta qismning deformasiyalanish natijasida hosil bo'ladi. Har bir qismning *ko'chishini* (*III.6*) formuladan foydalanib topiladi.

$$\Delta l_b = \frac{100\cdot 10^3\cdot 0{,}5\cdot 4}{2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 17\cdot 10^{-4}} + \frac{100\cdot 10^3\cdot 0{,}5}{2\cdot 10^6\cdot 10^5\cdot 10\cdot 10^{-4}} + \frac{40\cdot 10^3\cdot 0{,}5}{2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 10\cdot 10^{-4}} = 5{,}06\cdot 10^{-4}\quad m$$

Deformasiyaning potensial energiyasini (*III.7*) formula orqali har bir qism uchun hisoblab topamiz

$$U = \frac{\left(100\cdot 10^3\right)^2\cdot 4\cdot 0{,}5}{\left(2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 16\cdot 10^{-4}\right)\cdot 2} + \frac{\left(100\cdot 10^3\right)^2\cdot 0{,}5}{\left(2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 10\cdot 10^{-4}\right)\cdot 2} + \frac{\left(100\cdot 10^3\right)^2\cdot 0{,}5}{\left(2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 10\cdot 10^{-4}\right)\cdot 2} =$$

$$= 4{,}46\cdot 10^3\, Н\cdot см = 4{,}46\quad kN\cdot sm$$

3 - Masala. Ikkala tomoni ham bikr tayanch bilan mahkamlangan va tashqi kuchlar bilan yuklangan pog'onali sterjen shu kuchlar ta'sirida va tashqi kuchlar olib tashlanib, 10^0S ga sovutilganda mustahkamlikka tekshirilsin.

Berilgan: $F = 100$ *kN*, $A = 10$ sm^2, $l = 1$ *m*; $E = 2\cdot 10^5$ *MPa*; $\alpha_0 = 12\cdot 10^6$ *1/grad*, $[\sigma] = 160$ *MPa*. Sterjenning o'lchamlari 3.3- *a* shaklda ko'rsatilgan.

Yechish. Berilgan sxemaga bir marotaba statik noaniq masaladir, chunki ikkila tayanchda ham bittadan reaksiya kuch paydo bo'ladi. Statikaning muvozanat tenglamasini esa bu sistema uchun faqat bitta tenglama tuzish mumkin. $\sum F_z = 0$

Bu masalani yechish uchun 3.3- *b* shaklda ko'rsatilgan *asosiy sistemani* tanlaymiz, ya'ni *B* tayanchni hayolan olib tashlab, uni Z_B *reaksiya kuchi bilan almashtiramiz.* Tanlangan asosiy sistema bilan berilgan sistemani bir xilligini (ekvivalentligini) ta'minlash uchun ***B* *nuqtadagi ko'chishni nolga teng*** deb olamiz $\Delta l_v = 0$

Chunki berilgan sistemada bikr tayanch qo'yilgan. Bu ifodamiz o'z vaqtida *yordamchi (deformasiya) tenglamasi* sifatida ham e'tirof etiladi. Bundan

$$\Delta l_B = \frac{Z_в \cdot 2l}{2EA} + \frac{Z_в \cdot 2l}{EA} - \frac{Fl}{EA} - \frac{F \cdot 2l}{2EA} + \frac{2F \cdot l}{2EA} = 0$$

bu yerda birinchi va ikkinchi hadlar reaksiya kuchi - $\boldsymbol{Z_B}$ ta'siridagi sterjenning deformasiyalanishini, uchinchi, to'rtinchi va beshinchi hadlar esa berilgan tashqi kuchlar *(F)* ta'siridagi sterjenning deformasiyasini hisobga oladi. Oxirgi formuladan $\boldsymbol{Z_B}$ *ni topamiz*.

$$Z_B = \frac{F}{3} = \frac{100}{3} = 33{,}3 \qquad kN$$

Topilgan $\boldsymbol{Z_B}$ ni statikaning muvozanat tenglamasiga qo'yib ikkinchi noma'lumni topamiz $Z_A = 113{,}3 \quad kN$

Noma'lum reaksiya kuchlari aniqlangandan keyin normal kuch va kuchlanishlarni topamiz

$$\sum F_z = 0, \qquad Z_B - N_1 = 0, \qquad Z_B = N_1 = 33{,}3 \qquad kN$$

I qismda

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A} = \frac{33{,}3 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = 3{,}33 \cdot 10^7 Pa = 33{,}3 \qquad MPa$$

$$N_2 = Z_B - F = -66{,}7 \qquad kN$$

II qismda

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A} = -\frac{66{,}7 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = -6{,}67 \cdot 10^7 Pa = -66{,}7 \qquad MPa$$

$$N_3 = Z_B - F = -66{,}7 \qquad кN$$

III qismda

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{2A} = -\frac{66{,}7 \cdot 10^3}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = -3{,}33 \cdot 10^7 Pa = -33{,}3 \qquad MPa$$

$$N_4 = Z_B + 2F - F = 133{,}3 \qquad кN$$

IV qismda

$$\sigma_4 = \frac{N_4}{2A} = \frac{133{,}3 \cdot 10^3}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = 6{,}65 \cdot 10^7 Pa = 66{,}5 \qquad MPa$$

Normal kuch va kuchlanishlar epyuralari 3.3- *g, d* shakllarda ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, sterjen kesimida paydo bo'ladigan kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishdan ancha kichik, demak mustahkamlik ta'minlangan.

Endi *temperaturaning o'zgarishi* bilan bog'langan masalani ko'rib chiqamiz. Buning uchun yuqorida olingan asosiy sistemani qabul qilamiz. (3.3– *b* shakl). Bu holatda *B* nuqtaning ko'chishi temperatura ta'siridagi sterjenning deformasiyasi bilan Z_b^t reaksiya kuchi ta'siridagi deformasiyasi yig'indisiga teng, ya'ni

$$\Delta l_B = \Delta l_t + \Delta l_{Z_B}^t$$

Ma'lumki

$$\Delta l_t = \alpha \sum l \cdot \Delta t = 4 \cdot \alpha \cdot l \cdot \Delta t$$

$$\Delta l_{Z_B^t} = \frac{2Z_B^t \cdot l}{2EA} + \frac{2Z_B^t \cdot l}{EA}$$

U holda

$$\Delta l_B = 4 \cdot \alpha \cdot l \cdot \Delta t + \frac{2Z_B^t \cdot l}{2EA} + \frac{2 \cdot Z_B^t \cdot l}{EA} = 0$$

Bundan

$$Z_B^t = 32{,}0 \qquad kN$$

Statikaning muvozanat tenglamasiga binoan $Z_A^t = 32{,}0 \quad kN$

N_t va σ_t epyuralari 3.3- *g,h* shakllarda ko'rsatilgan. Bu holda ham mustahkamlik ta'minlangan , chunki $\sigma_{\max}^t = 32{,}0 \quad MPa$

Nazorat uchun savollar:

1. Tashqi kuchlar tasnifini keltiring;
2. Kesimlar usulining mohiyatini aytib bering;
3. Ichki kuchlar qanday aniqlanadi?
4. Kuchlanish nima va uning o'lchov birliklari qanday?
5. Bo'ylama absolyut deformasiya nima?
6. Guk qonunini ta'riflab bering;
7. Nisbiy deformasiya deganda nimani tushunasiz?
8. Elastiklik moduli nima?
9. Puasson koeffisiyenti nima va u qanaqangi chegaralarda o'zgaradi? Bo'ylama absolyut deformasiya nima?
10. Markaziy cho'zilish (qisilish) deb nimaga aytiladi?
11. Epyura nima? Kuchlanish nima?

7-Mavzu: BURALISHGA OID MASALALAR YECHISH

Qo'yidagi valga yetaklovchi g'ildirakdan tezligi $\boldsymbol{n_0}$ bo'lgan aylanma harakat uzatilayapti va ishchi g'ildiraklardan $\boldsymbol{N_1}$ va $\boldsymbol{N_2}$ quvvatlar olinayapti. <u>*Burovchi momentlar epyurasi qurilsin. Mustahkamlik va bikrlik shartidan foydalanib, val tanlansin.*</u> Agar xalqa shaklidagi kesim tanlansa, uning diametri qanday o'zgaradi?

Berilgan: *N_1 = 120 kVt, N_2=80 kVt, a=1m, b=1,2m, c=1,3m, n_0=1000 ayl/min,* $[\theta]$ *=2^0,* $[\tau]$ *= 160 MPa,* β *= 0,8.*

Yechish. 1. <u>*Burovchi momentlarni*</u> topamiz

$$M_1 = \frac{30\cdot N_1}{\pi\cdot n_0} = \frac{30\cdot 120}{3{,}14\cdot 1000} = 1{,}14 \quad \kappa N\cdot m$$

$$M_2 = \frac{30\cdot N_2}{\pi\cdot n_0} = \frac{30\cdot 80}{3{,}14\cdot 1000} = 0{,}73 \quad \kappa N\cdot m$$

<u>*Burovchi momentlar epyurasini quramiz*</u>. Eng kata moment

$M_{max} = 1{,}87 \quad \kappa N\cdot m$

<u>*Mustahkamlik shartidan*</u> foydalanib $\tau_{\max} = \dfrac{M_{b,\max}}{W_\rho} \le [\tau]$,

<u>*valning diametrini*</u> aniqlaymiz $d = \sqrt[3]{\dfrac{16\cdot M_{b,\max}}{\pi\cdot[\tau]}} = \sqrt[3]{\dfrac{16\cdot 1{,}87\cdot 10^3}{3{,}14\cdot 160\cdot 10^6}} = 3{,}9\cdot 10^{-2}\, m$

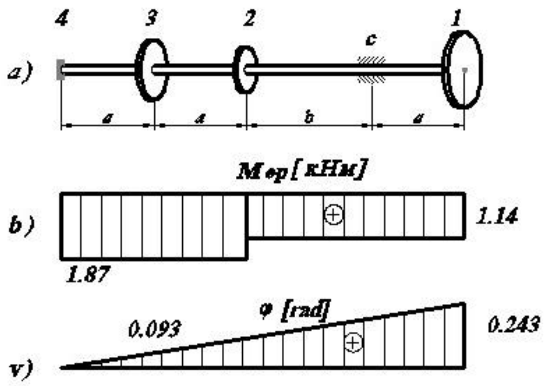
Bikrlik shartidan foydalanib $\theta = \dfrac{M_{b,\max}}{G\cdot J_\rho} \le [\theta]$

<u>*valning diametrini*</u> aniqlaymiz $d = \sqrt[4]{\dfrac{32\cdot M_{b,\max}}{\pi\cdot G\cdot[\theta]}} = \sqrt[3]{\dfrac{32\cdot 1{,}87\cdot 10^3}{3{,}14\cdot 8\cdot 10^4\cdot 10^6\cdot 2}} = 2{,}1\cdot 10^{-2}\, m$

Demak, ***valning diametri d = 40 mm.***

<u>*Buralish burchagining epyuralarini*</u> quramiz

$$\varphi_1 = \frac{M_1(b+c)}{G\cdot J_\rho} = 0{,}243 \quad rad\ ; \qquad \varphi_2 = \frac{(\grave{I}_1 + \grave{I}_2)\grave{a}}{G\cdot J_\rho} = 0{,}093 \quad rad$$



4.1- shakl

Xalqa shaklidagi kesim uchun

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{b,\max}}{\pi \cdot [\tau](1-\beta^3)}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1{,}87 \cdot 10^3}{3{,}14 \cdot 160 \cdot 10^6 (1-0{,}8^3)}} = 0{,}1 \cdot 10^{-2} \quad m$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot M_{b,\max}}{\pi \cdot G \cdot [\theta](1-\beta^4)}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}87 \cdot 10^3}{3{,}14 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot 2(1-0{,}8^4)}} = 6{,}6 \cdot 10^{-2} \quad m$$

Valning diametrini d = 10 sm qilib qabul qilamiz.

Nazorat uchun savollar:

1. Buralishda sterjen ko'ndalang kesimida qanaqangi kuchlanish paydo bo'ladi va u qanday aniqlanadi?
2. Kesimning qarshilik momenti nima?
3. Buralishda mustahkamlik shartini tariflab bering;
4. Buralish burchagi qanday aniqlanadi?
5. Buralishda deformasiyaning potensial energiyasi qanday aniqlanadi?

8-Mavzu: TEKIS EGILISHGA OID MASALALAR YECHISH

Berilgan to'sin uchun:

1. Ko'ndalang kuch va eguvchi momentlar epyurasi qurilsin;
2. Mustahkamlik shartidan foydalanib, to'sin uchun qo'shtavr kesim tanlansin;
3. To'sinning xavfli kesimi uchun normal kuchlanishlar epyurasi qurilsin.

Berilgan: ***q = 5 kN/m, F = 50 kN, M = 100 kN·m, a = 2 m,[σ]= 160 MPa.***

Yechish. **1. Berilgan sistemaga koordinata o'qlarini joylashtiramiz;**

2. Muvozanat tenglamalaridan foydalanib, to'sin tayanchlaridagi *reaksiya kuchlarini* topamiz

$$\sum M_A = -Y_B \cdot 4a - M + q \cdot 2a \cdot a + F \cdot 3a = 0; \qquad Y_B = 30 \quad kN$$

$$\sum M_B = -Y_A \cdot 8 - M - q \cdot 2a \cdot 3a - F \cdot a = 0; \qquad Y_A = 40 \quad kN$$

Tekshirish: $\sum F_Y = 0, \qquad Y_A - 2 \cdot q \cdot a - F + Y_B = 0$

3. Xarakterli nuqtalarga qarab, qismlarga ajratamiz va *ichki kuchlarni* **topamiz:**

1- qism. $0 \le z_1 \le 2a$, $\qquad \sum F_Y = 0, \qquad Y_A + Q_1 - q \cdot z_1 = 0$,

$$Q_1 = q \cdot z_1 - Y_A$$

z_1=0 da $Q = -40$ *kN* $\qquad$ *z_1=2a* da $Q = -20$ *kN*

$$\sum M_{C_1} = 0, \qquad M_1 = Y_A \cdot z_1 - q z_1 \frac{z^1}{2} = 0$$

2 - *qism.* $0 \le z_2 \le a$, $\sum F_Y = 0,$ $Y_A + Q_2 - q \cdot 2a = 0$,

$$Q_2 = q \cdot 2a - Y_A = -20 \quad kN$$

$$\sum M_{C_2} = 0, \qquad M_2 = Y_A(2a + z_2) - q2a(a + z_2) - M$$

z₂=0 **da** $M_2 = -q \cdot 2a + Y_A = 20 \quad kN \cdot m$

z₂=a **da** $M_2 = 180 \quad kN \cdot m$

3 - qism. $0 \le z_3 \le a$, $\sum F_Y = 0,$ $Y_A + Q_3 - q2 \cdot a - F = 0$,

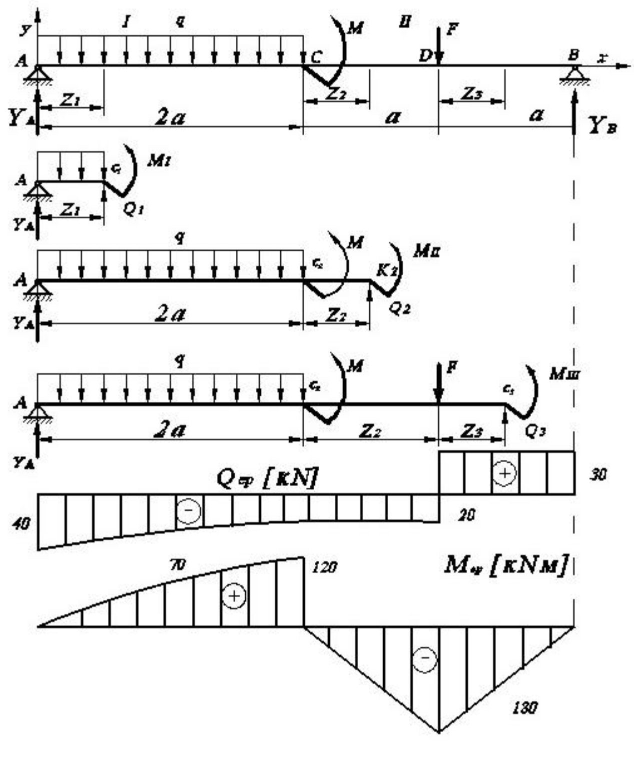
$$Q_3 = q \cdot 2a - Y_A + F = 30 \quad kN$$

$$\sum M_{C_3} = 0, \qquad M_3 = Y_A(3a + z_3) - q2a(2a + z_3) - M - F \cdot z_3$$

z₃=0 **da** $M_2 = -180 \quad kN \cdot m$

z₃=a **da** $M_2 = 0$

4. *Kuch va moment epyuralarini* **quramiz.**



5.1- shakl

5. Xavfli kesimni aniqlab, mustahkamlik shartidan foydalanib, to'sin uchun qo'shtavr kesim tanlaymiz $\sigma_{\max} = \dfrac{M_{\max}}{W_x} \le [\sigma]$, $W_x = \dfrac{M_{max}}{[\sigma]}$

u holda $$W_x = \frac{M_{max}}{[\sigma]} = \frac{180 \cdot 10^3 \cdot 10^2}{160 \cdot 10^6 \cdot 10^{-2}} = 1125 \qquad sm^3$$

Demak, *№ 45- qo'shtavrni* **qabul qilamiz.**

2- Masala. **Berilgan to'sin uchun:**

1. Ko'ndalang kuch va eguvchi momentlar epyurasi qurilsin;

2. Mustahkamlik shartidan foydalanib, agar h=2·b bo'lsa, to'sin uchun to'rtburchak kesim tanlansin.

Berilgan: ***q = 5 kN/m, F = 40 kN, M = 120 kN·m, a = 2 m, [σ] = 160 MPa.***

Yechish. **1. Berilgan sistemaga koordinata o'qlarini joylashtiramiz;**

2. Muvozanat tenglamalaridan foydalanib, to'sin tayanchlaridagi reaksiya kuchlarini topamiz

$$\sum M_A = M_A - M - F\cdot a + q\frac{a^2}{2} = 0, \qquad M_A = 190 \quad kN\cdot m$$

$$\sum F_y = Y_A + F - q\cdot a = 0 \qquad Y_A = -30 \quad kN$$

Tekshirish: $$\sum M_B = -Y_A\cdot a - M - M_A - q\frac{a^2}{2} = 0$$

3. Xarakterli nuqtalarga qarab, qismlarga ajratamiz va *ichki kuchlarni* **topamiz:**

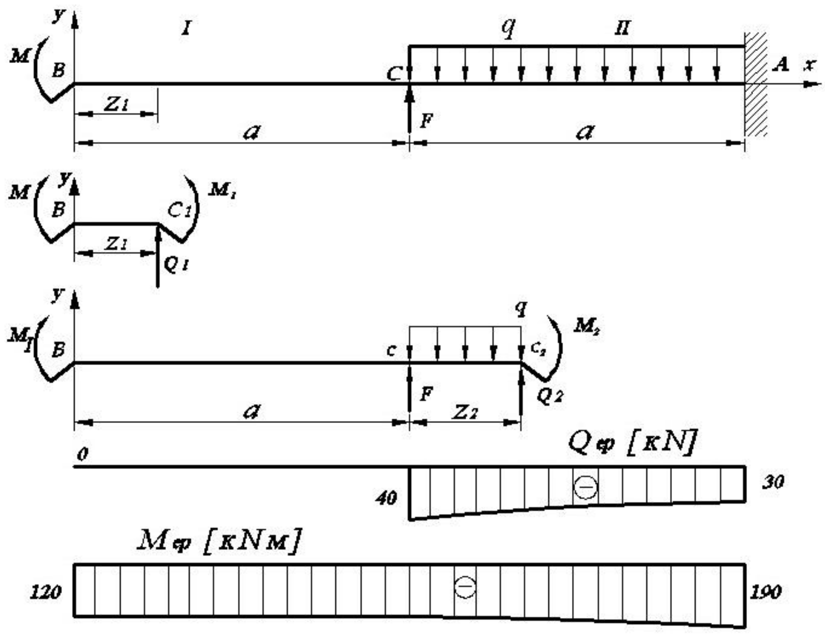
1 - qism: $0 \le z_1 \le a$, $\sum F_Y = 0,$ $Q_1 = 0$,

$$\sum M_{c_1} = M_1 - M = 0 \qquad M_1 = M = 120 \quad kN\cdot m$$

2 - qism: $0 \le z_2 \le a$, $\sum F_Y = 0,$ $Q_2 = q\cdot z_2 - F$,

z₂=0 **da** $Q = -40 \quad kN$

z₂=a **da** $Q = -30 \quad kN$



5.2- shakl

$$\sum M_{C_2} = 0, \qquad M_2 = -M - q\frac{z_2^2}{2} - F\cdot z_2$$

z₂=0 **da** $M_2 = 120 \quad kN\cdot m$

z₂=a/2 **da** $M_2 = 157{,}5 \quad kN\cdot m$

z₂=a **da** $M_2 = 190 \quad kN\cdot m$

4. *Kuch va moment epyuralarini* **quramiz.**

5. Xavfli kesimni aniqlab, mustahkamlik shartidan foydalanib, to'sin uchun ***<u>to'rtburchak kesim tanlaymiz</u>***

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \le [\sigma] \qquad W_x = \frac{b \cdot h^3}{6}$$

va ***h=2b*** **ekanligini hisobga olsak,** $b = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot M_{\max}}{2[\sigma]}} = 0{,}12 \quad m$

Demak, ***h = 0,24 m***

Nazorat uchun savollar:

1. Tekis egilishda qanaqagi faraz va yo'l qo'yilishlardan foydalaniladi?
2. Sof egilish deb nimaga aytiladi?
3. Normal kuchlanish qanday aniqlanadi?
4. Kesimning qarshilik momenti nima?
5. Urunma kuchlanish qanday aniqlanadi?
6. Egilishda potensial energiya qanday aniqlanadi?

9-Mavzu: MURAKKAB QARSHILIKKA OID MASALALAR YECHISH

1– Masala. ***F*** **ta'sirida turgan ko'ndalang kesimi to'rtburchak shaklidagi yog'och to'sin uchun (8.3-** ***a*** **shakl):**

1. Ko'ndalang kesim o'lchamlari tanlansin;

2. Xavfli kesimda nol chizig'ining holati aniqlansin;

3. To'sinning xavfli kesimi chizib olinib, unda nol chizig'i va normal kuchlanishlar epyuralari qurilsin.

Berilgan: $F = 20$ kN; $l = 1$ m; $\alpha = 30^0$; $h/b = 2$; $[\sigma] = 8$ MPa.

Yechish. ***F*** **kuchning kesim bosh markaziy o'qlar bo'yicha tashkil etuvchilarini hisoblaymiz.**

$$F_y = F \cdot \cos\alpha = F \cdot \cos 30^0 = 20 \cdot 0{,}866 = 17{,}32 \qquad \kappa N$$

$$F_x = F \cdot \sin\alpha = F \cdot \sin 30^0 = 20 \cdot 0{,}5 = 10 \qquad \kappa N$$

F_y **va** F_x **kuchlar 8.3-** ***b*** **shaklda ko'rsatilgan.**

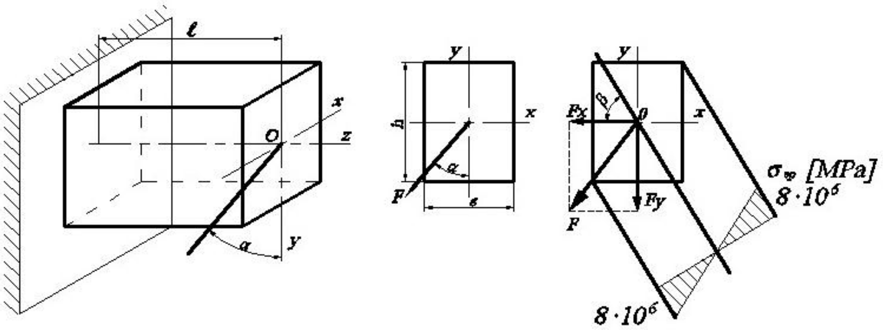
Shakldan ko'rinib turibdiki, xavfli kesim bikr tayanch o'rnatilgan kesim bo'lib, bu kesimdagi eguvchi momentlarning qiymatlari

- ***gorizontal tekislikda***

$$M_y = F_x \cdot l = 10 \cdot 1 = 10 \qquad \kappa N \cdot m$$

- ***vertikal tekislikda***

$$M_x = F_y \cdot l = 17{,}32 \cdot 1 = 17{,}32 \qquad \kappa N \cdot m$$



8.3- shakl

Xavfli kesimda to'liq eguvchi moment kuchning ta'sir tekisligi, ya'ni *y* o'qiga $\alpha = 30^0$ **qiya joylashgan tekislikda ta'sir etmoqda.**

(*VIII.13*) formula bo'yicha (*h/b = 2* ekanligini hisobga olgan holda)

$$tg\beta = \frac{J_y}{J_x} tg\alpha = \frac{b \cdot h^3}{h \cdot b^3} tg\alpha = \left(\frac{h}{b}\right)^2 tg\alpha = 4 \cdot 0{,}5774 = 2{,}31$$

Bundan - $\beta = 66^0\,40'$

Neytral chiziqning holati 8.3- *b* shaklda ko'rsatilgan.

Absolyut kattaligi bo'yicha eng katta normal kuchlanishlar xavfli kesimning neytral chiziqdan eng uzoqdagi nuqtalarida paydo bo'ladi (8.3- *b* shakl); K_1 nuqtada cho'zuvchi, K_2 nuqtada esa qisuvchi. Ularning qiymatlarini (*VIII.9*) formuladan foydalanib topamiz

$$\sigma_{K_1} = -\sigma_{K_2} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{17{,}32 \cdot 10^3 \cdot 6}{b \cdot h^2} + \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 6}{h \cdot b^2}$$

h/b = 2 **ekanligini hisobga olsak,**

$$\sigma_{K_1} = -\sigma_{K_2} = \frac{10^3}{b^3}\left(25{,}98 + 30\right) = \frac{55{,}98 \cdot 10^3}{b^3} \qquad Pa$$

Bu kuchlanish qiymatni ro'xsat etilgan kuchlanish qiymatiga tenglaymiz

$$\frac{55{,}98 \cdot 10^3}{b^3} = 8 \cdot 10^6$$

bundan $b = 19 \quad sm; \quad h = 38 \quad sm$

Xavfli kesim uchun normal kuchlanishlar epyurasi *19 -b* shaklda ko'rsatilgan.

2- Masala. **Berigan sistema uchun qo'yidagilar talab qilinadi:**

1. Tayanchda joylashgan kesim uchun nol chizig'i chizilsin;

2. Shu kesimda joylashgan xavfli nuqtadagi normal kuchlanishlar hisoblansin va bu kuchlanishlarning epyurasi qurilsin.

Berilgan: ***F=15 kN, a = 30 sm, b = 20 sm,*** y_F ***= 5 sm,*** x_F ***= 12 sm.***

Yechish: **Kesimning geometrik xarakteristikalarini topamiz:**

1. Kesim yuzasi

$$A = a \cdot b = 30 \cdot 20 = 600 см^2 = 6 \cdot 10^{-2} \qquad m^2$$

2. ***y o'qiga nisbatan o'qiy inersiya momenti va inersiya radiusining*** **kvadrati**

$$J_y = \frac{b \cdot a^3}{12} = \frac{20 \cdot 30^3}{12} = 45000 см^4 = 45 \cdot 10^{-5} \qquad m^4$$

$$i_y^2=\frac{J_y}{A}=\frac{45000}{600}=75 \qquad sm^2$$

3. ***x o'qiga nisbatan o'qiy inersiya momenti va inersiya radiusining*** **kvadrati**

$$J_x=\frac{b^3\cdot a}{12}=\frac{20^3\cdot 30}{12}=20000sm^4=20\cdot 10^{-5} \qquad m^4$$

$$i_x^2=\frac{J_x}{A}=\frac{20000}{600}=33{,}3 \qquad sm^2$$

Masalani *ikki variantda* **yechamiz.**

1 - v a r i a n t. **(*IX.6*) formulani qo'yidagicha yozib olamiz**

$$\sigma=-15000\left(\frac{1}{6\cdot 10^{-2}}+\frac{5\cdot 10^{-2}}{20\cdot 10^{-5}}y+\frac{12\cdot 10^{-2}}{45\cdot 10^{-2}}x\right)=-\left(25\cdot 10^4+3{,}75\cdot 10^6 y+4\cdot 10^6 x\right)$$

Endi 9.3- *a* shaklda ko'rsatilgan *1,2,3* va *4*- nuqtalar uchun kuchlanishlarni hisoblaymiz.

***1*-nuqtada** $\left(y=-\frac{b}{2}=-10 \quad sm \quad va \quad x=-\frac{a}{2}=-15 \quad sm\right)$

$$\sigma_1=-\left(25\cdot 10^4-3{,}75\cdot 10^6\cdot 10\cdot 10^{-2}-4\cdot 10^6\cdot 15\cdot 10^{-2}\right)=72{,}5\cdot 10^4 Pa$$

2-nuqtada $\left(y=\frac{b}{2}=10 \quad sm \quad va \quad x=-\frac{a}{2}=-15 \quad sm\right)$

$$\sigma_2=-\left(25\cdot 10^4+3{,}75\cdot 10^6\cdot 10\cdot 10^{-2}-4\cdot 10^6\cdot 15\cdot 10^{-2}\right)=-2{,}5\cdot 10^4 Pa$$

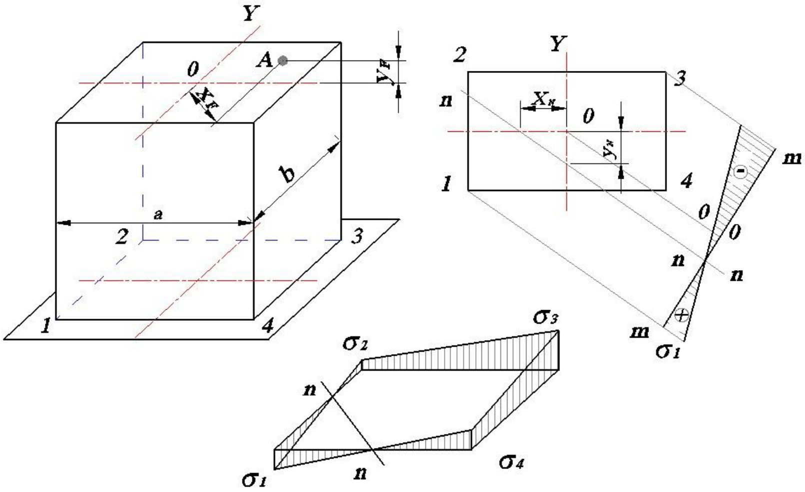
3-nuqtada $\left(y=\frac{b}{2}=10 \quad sm \quad va \quad x=\frac{a}{2}=15 \quad sm\right)$

$$\sigma_3=-\left(25\cdot 10^4+3{,}75\cdot 10^6\cdot 10\cdot 10^{-2}+4\cdot 10^6\cdot 15\cdot 10^{-2}\right)=-122{,}5\cdot 10^4 Pa$$

4-nuqtada $\left(y=-\frac{b}{2}=-10 \quad sm \quad va \quad x=\frac{a}{2}=15 \quad sm\right)$

$$\sigma_4=-\left(25\cdot 10^4-3{,}75\cdot 10^6\cdot 10\cdot 10^{-2}+4\cdot 10^6\cdot 15\cdot 10^{-2}\right)=-47{,}5\cdot 10^4 Pa$$

Hisoblangan kuchlanishlarning qiymatlari bo'yicha y **epyurasi 9.3- *b* shaklda aksonometriyada qurib ko'rsatilgan. Epyuradagi kuchlanishning qiymati nolga teng bo'lgan** *5* **va** *6* **nuqtalarni birlashtirib,** *n - n* **neytral chiziqni olamiz.**



9.3- shakl

<u>2 - V a r i a n t.</u> (*IX.10*) formula bo'yicha neytral chiziqning koordinata o'qlarini kesishidan hosil bo'ladigan kesmalarni topamiz

$$y_N = -\frac{i_x^2}{y_F} = -\frac{33{,}3}{5} = -6{,}66 \qquad sm \qquad\qquad x_N = -\frac{i_y^2}{x_F} = -\frac{75}{12} = -6{,}25 \qquad sm$$

Ko'ndalang kesimning og'irlik markazida kuchlanishning qiymatini aniqlaymiz *(bunda y=0, x=0)*.

$$\sigma_o = -\frac{F}{A} = -\frac{15000}{6 \cdot 10^{-2}} = -2{,}5 \cdot 10^4 \, Pa$$

x_N **va** y_N **qiymatlari bo'yicha neytral chiziqning holati aniqlanadi (*22 -a shakl*).** (n - n) **neytral chiziqqa perpendikulyar chiziq o'tkaziladi. Keyin kesim og'irlik markazidan neytral chiziqqa parallel holda** *mm* **chiziq bilan kesishguncha to'g'ri chiziq o'tkaziladi va** *7* **nuqta hosil qilinadi. Bu nuqtadan tanlangan masshtab bo'yicha** y_o **qiymatga mos keluvchi** *7 - 8* **ordinata o'lchanadi. Neytral chiziq bilan** *mm* **chiziq kesishish nuqtasi** *9* **bilan** *8* **nuqtani tutashtiramiz va talab qilingan** y **epyurasini olamiz.**

NAZORAT UCHUN SAVOLLAR:

1. Murakkab qarshilik qaysi hollarda yuzaga keladi?
2. Murakkab qarshilikning qanaqangi xususiy hollarini bilasiz?
3. Qiyshiq egilish nima?
4. Qiyshiq egilishda kuchlanishlar qanday hisoblanadi?
5. Qiyshiq egilishda deformasiyalar qanday topiladi?
6. Markaziy bo'lmagan cho'zilish (qisilish) nima?
7. Markaziy bo'lmagan cho'zilish (qisilish)da kuchlanishlar qanday hisoblanadi?
8. Markaziy bo'lmagan cho'zilish (qisilish)da deformasiyalar qanday topiladi?
9. Neytral o'q nima?
10. Cho'zilish bilan egilishning birgalikdagi ta'siri sterjenga qanday kuchlar qo'yilganda hosil bo'ladi?
11. Eguvchi moment sterjenning qanday tekisligida yotadi?
12. Sterjen egilish bilan birga cho'zilganda uning ko'ndalang kesimida qanday kuchlanishlar hosil bo'ladi?

10-Mavzu: BO'YLAMAGA EGILISH OID MASALALAR YECHISH

Ustivorlik deb, jismning kichik ta'sir natijasida o'zining dastlabki holatini yoki deformasiyalangan shakldagi muvozanatini saqlash va bu ta'sir olib tashlangandan keyin yana shu muvozanat holatiga qaytish xususiyatiga atiladi. Jismning dastlabki muvozanat holatidan chiqishiga <u>ustivorlikni yo'qotish</u> deyiladi.

Qisilishga ishlayotgan sterjenning muvozanatini tekshirishda qisuvchi kuchining qiymati ma'lum bir miqdordan kichik bo'lsa, qisilgan sterjen kichik ta'sirlarga ustivor bo'ladi yoki sterjen o'zining to'g'ri chiziqli holatidan ozgina chetga chiqadi. Ya'ni yangi ustivor holatiga o'tadi. Qisuvchi kuchning bu qiymatiga ***kritik kuch*** deb ataladi (F_k). Agar qisuvchi kuch kritik kuchdan katta bo'lsa, ya'ni $F>F_k$, sterjenning to'g'ri chiziqli bu holati noustivor bo'ladi. Chunki har qanday kichik ta'sir ham sterjenni katta miqdorga og'diradi. Bu kichik ta'sir olib tashlanganda ham sterjen egilganicha qoladi. Bu holat shuning uchun ham xavfliki, qisuvchi kuch ozgina oshirilganda ham sterjenning egilishi tez ortib boradi.

Kritik kuch deb, markaziy qo'yilgan kuchning shu kuch ta'siridagi sterjenni to'g'ri chiziq shaklidagi muvozanat holatidan noustivor holatiga o'tish paytiga to'g'ri kelgan qiymatiga aytiladi.

Agar sterjen materiali elastikligicha qoladigan bo'lsa, ya'ni

$$\sigma \prec \sigma_{p.ch}$$

($\sigma_{p.ch}$- proporsionallik chegarasi) kritik kuch ***Eyler formulasi*** yordamida aniqlanadi.

$$F_{kr} = \frac{\pi \cdot EJ_{\min}}{(\mu \cdot l)^2} \qquad (XI.1)$$

bu yerda: J_{min}- *sterjen kesimining qiymati kichik bo'lgan o'qiy inersiya momenti;* μ - *keltirilgan uzunlik koeffisiyenti, sterjen uchlarini qanday mahkamlanganligiga bog'liq bo'ladi;* **l** - *keltirilgan uzunlik*.

Kritik kuchga mos keluvchi ***kritik kuchlanish*** quyidagicha aniqlanadi

$$\sigma_k = \frac{F_k}{A} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(\mu l)^2 A} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \qquad (XI.2)$$

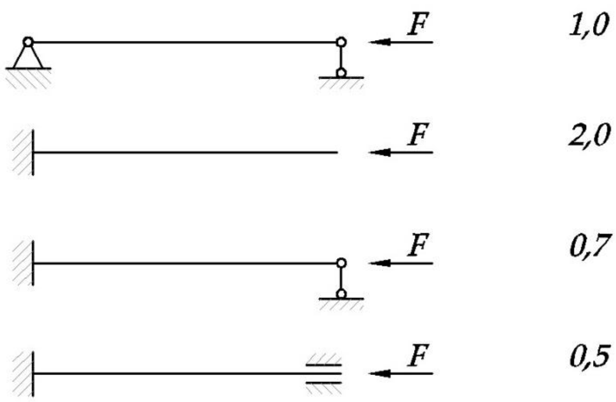
bu yerda λ - *sterjenning egiluvchanligi*

$$\lambda = \frac{l_{kel}}{r_{\min}} = \frac{\mu l}{r_{\min}} \qquad (XI.3)$$

bu yerda r_{min} - *sterjen ko'ndalang kesimi inersiya radiusining kichik qiymati*

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}} \qquad (XI.4)$$

<u>Keltirilgan uzunlik koeffisiyentining</u> qiymatlari



Odatda ***Eyler formulasidan*** foydalanish sharti sterjenning egiluvchanligi orqali ifodalanadi

$$\sigma_k = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \le \sigma_p \qquad \lambda \succ \lambda_{ch} \qquad (XI.5)$$

bu yerda $\boldsymbol{\sigma_p}$ - *proporzionallik chegarasi.*

$$\lambda_{ch} \ge \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_n}} = \pi\sqrt{\frac{E}{\sigma_n}} \qquad (XI.6)$$

Po'lat St.3 uchun ***λ_{ch}=100***; *po'lat St.5* uchun ***λ_{ch}= 90***; *cho'yan* uchun ***λ_{ch}=80***; *qaragay yog'ochi* uchun ***λ_{ch}=75***; *dyuralyuminiy D16T* uchun ***λ_{ch}=60***.

Agar ustivorlikni yo'qotish plastik bosqichda sodir bo'lsa (Eyler formulasini qo'llash mumkin bo'lmagan holda), ya'ni (*XI.5*) shart bajarilmasa, u holda kritik kuchlanish ***Yasinskiyning empirik formulasi*** bo'yicha hisoblanadi

$$y = a - b\cdot\lambda \qquad (XI.7)$$

Bu yerda ***a*** va ***b*** - materialga bog'liq bo'lgan va kuchlanish o'lchamiga ega bo'lgan tajribalarda aniqlanadigan koyeffiyentlar - *po'lat St.3* uchun ***a = 310 MPa***, ***b= 1,14 MPa***; *po'lat St.5* uchun ***a = 350 MPa, b = 1,15 MPa***; *Dyuralyuminiy D16T* uchun ***a = 406 MPa, b = 2,83 MPa***; *Cho'yan* uchun ***a = 776 MPa, b = 1,2 M****Pa*; *Qarag'ay va archa* uchun ***a = 29.3 MPa, b = 0,194 Mpa***.

Ustivorlikka hisoblash ikki usulda olib boriladi:

1. *Ro'xsat etilgan kuchlar bo'yicha*, bunda

$$F \le [F] = \frac{F_k}{[n_y]} \qquad (XI.8)$$

bu yerda | $\boldsymbol{n_y}$ | - *ustivorlikning ehtiyot koeffisiyenti*.

2. *Bo'ylama egilish koeffisiyenti bo'yicha*, bunda asosiy hisoblash sharti sifatida quyidagi tengsizlik qo'llaniladi

$$\sigma = \frac{F}{A_{brut}} \le \varphi[\sigma], \qquad (XI.9)$$

bu yerda | $\boldsymbol{\sigma}$ | - *qisilishga ro'xsat etilgan kuchlanish*.

<u>*Bo'ylama egilish koeffisiyenti*</u> sterjenning egiluvchanligiga bog'liq bo'lib, <u>0 dan 1 gacha o'zgaradi.</u>

Ustivorlikka hisoblashda ko'ndalang kesim o'lchamlarini aniqlash uchun *ų* koeffisiyenti bo'yicha hisoblash qo'llaniladi.

Hisoblash (*IX.9*) formula yordamida birin - ketin yaqinlashish usulida olib boriladi, (*IX.9*) ifodadan

$$A \ge \frac{F}{\varphi[\sigma]} \qquad (XI.10)$$

<u>*Hisoblash quyidagi tartibda olib boriladi*</u>*:*

1. ***φ_1 = 0,5 . . . 0,6*** oralig'ida tanlanadi va (*IX.10*) formula bo'yicha kesim yuzasi aniqlanadi;
2. Inersiya radiusining kichik qiymati ***r_{min}*** va eng katta egiluvchanlik ***λ_{max}*** *hisoblanadi;*
3. ***λ_{max}*** bo'yicha jadvaldan ***φ_2*** a*niqlanadi*;
4. ***φ_1*** va ***φ_2*** *taqqoslanadi*, ularning qiymati bir-biriga teng bo'lmasa ularning o'rtacha qiymati hisoblanadi, ya'ni

$$\varphi_3 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \qquad (XI.11)$$

5**.** ***φ_3*** uchun ***A*** topiladi va bu jarayon oldingi va keyingi ***φ*** larning qiymatlari bir-biridan farq qilmaguncha takrorlanadi (farq 5% dan oshmasligi lozim).

XI.1 - Masala. 11.1- shaklda ko'rsatilgan sterjen uchun *ko'ndalang kesim o'lchamlari tanlansin, kritik kuch va ustivorlikka xavfsizlik koeffisiyentining qiymatlari aniqlansin.*

Berilgan: *F = 1000 kN*, *l = 5 m*, | σ | = *160 MPa*,

Yechish. Hisoblashni φ koeffisiyenti bo'yicha olib boramiz. $\varphi_1 = 0{,}5$ qabul qilamiz va (*IX.10*) formula bo'yicha ko'ndalang kesim yuzasini topamiz

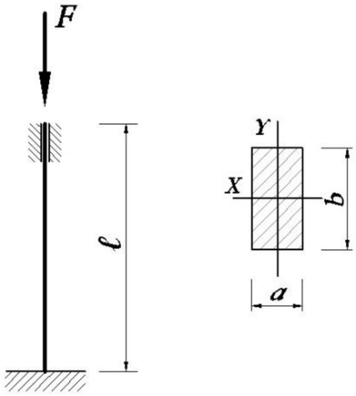
$$A \geq \frac{F}{\varphi_1[\sigma]} = \frac{1000 \cdot 10^3 \cdot 10^4}{0{,}5 \cdot 160 \cdot 10^6} = 125 \qquad sm^2$$

Ikkinchi tomondan

$$A = a \cdot b = 2 \cdot a^2$$

U holda

$$a = \sqrt{\frac{125}{2}} = 7{,}9 \qquad sm$$



11.1- shakl

Bu qiymatlar bo'yicha kesim inersiya radiusining minimal qiymati quyidagiga teng bo'ladi

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{2a \cdot a^3}{12 \cdot 2a}} = \frac{a}{\sqrt{12}} = 2{,}28 \qquad sm$$

Unda egiluvchanlik

$$\lambda_{\max} = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}} = \frac{0{,}5 \cdot 500}{2{,}28} = 110$$

Jadvaldan $\boldsymbol{\varphi_1}$ va $\boldsymbol{\varphi_2}$ larning qiymatlari o'zaro teng emas ekan. Yuqoridagi jarayonni qaytadan bajarish uchun ularning o'rtacha qiymatini topamiz

$$\varphi_3 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = \frac{0{,}5 + 0{,}52}{2} = 0{,}51$$

$$A \geq \frac{F}{\varphi_1[\sigma]} = \frac{1000 \cdot 10^3 \cdot 10^4}{0{,}51 \cdot 160 \cdot 10^6} = 122{,}5 \qquad sm^2$$

$$a = \sqrt{\frac{122{,}5}{2}} = 7{,}8 \qquad sm; \qquad i_{\min} = \frac{a}{\sqrt{12}} = 2{,}25 \qquad sm$$

$$\lambda_{\max} = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}} = \frac{0{,}51 \cdot 500}{2{,}25} = 111; \qquad \varphi_3 = 0{,}51$$

Shunday qilib, ***a = 7,8 sm*** va ***b =15,6 sm*** ekan.

Endi kritik kuchning qiymatini hisoblaymiz

$$F_{\kappa p} = \frac{\pi \cdot EJ_{\min}}{(\mu \cdot l)^2} = \frac{(3{,}14)^2\, 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 2(0{,}078)^4}{(0{,}5 \cdot 5)^2 \cdot 12} = 1035 \qquad \kappa N$$

Nihoyat, ustivorlikning xavfsizlik koeffisiyenti

$$n_y = \frac{F_{kr}}{F} = \frac{1035}{1000} = 1{,}035$$

Bo’ylama egilish koeffisiyenti - φ ning qiymatlari

Egiluvchanlik, λ	**Po’latlar** *St. 2 St.3 St. 4*	**Po’lat** *St. 5*	**Maxsus po’lat** σ_{oq}*=320 MPa*	**Cho’yan**	**Yog’och**
0	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*	*1,0*
10	*0,99*	*0,98*	*0,87*	*0,97*	*0,99*
20	*0,96*	*0,95*	*0,95*	*0,91*	*0,97*
30	*0,94*	*0,93*	*0,91*	*0,81*	*0,93*
40	*0,92*	*0,89*	*0,87*	*0,69*	*0,87*
50	*0,89*	*0,86*	*0,83*	*0,57*	*0,80*
60	*0,86*	*0,82*	*0,97*	*0,44*	*0,71*
70	*0,81*	*0,76*	*0,72*	*0,34*	*0,60*
80	*0,75*	*0,70*	*0,65*	*0,26*	*0,48*
90	*0,69*	*0,62*	*0,55*	*0,20*	*0,38*
100	*0,60*	*0,51*	*0,43*	*0,16*	*0,31*
110	*0,52*	*0,43*	*0,35*	-	*0,25*
120	*0,45*	*0,39*	*0,30*	-	*0,22*
130	*0,40*	*0,33*	*0,26*	-	*0,18*
140	*0,35*	*0,29*	*0,23*	-	*0.16*
150	*0,32*	*0,26*	*0,21*	-	*0,14*
160	*0,29*	*0,24*	*0,19*	-	*0,12*
170	*0,26*	*0,21*	*0,17*	-	*0,11*
180	*0,23*	*0,19*	*0,15*	-	*0,10*
190	*0,21*	*0,17*	*0,14*	-	*0,09*
200	*0,19*	*0,16*	*0,13*	-	*0,08*

Nazorat uchun savollar:

1. Eyler formulasining ishlatilish chegarasi qanday topiladi?
2. Egiluvchanlikning chegarasi nimaga bog’liq?
3. Kritik kuchlanishni topish uchun Yasinskiy formulasi qanday ko’rinishga ega?
4. Siqilgan sterjenlarning ustivorlik sharti qanday yoziladi? Bu formulaga sterjenning qanday kesim yuzi qo’yiladi?
5. koeffisiyent nima va uning qiymati qanday aniqlanadi?
6. φ koeffisiyent yordamida sterjenning ustivorligi qanday tekshiriladi?

1-Mavzu: MATERIALLARNI CHO’ZILISH VA SIQILISH BO’YICHA TEKSHIRISH.

***<u>Ishning maqsadi</u>*: Namunaga qo’yilgan tashqi kuchlar bilan uning uzilishiga qadar bo’lgan cho’zilish orasidagi bog’lanishni tajriba yordamida topish, namuna materialining mustahkamligini va plastikligini ifodalovchi parametrlarni o’rganish va cho’zishga sinash usullari bilan tanishish.**

<u>Nazariy ma’lumotlar:</u>

Ma’lumki, cho’zilish va siqilish deformasiyasi hayotda juda keng tarqalgan. Bunda to’g’ri sterjenlarning ko’ndalang kesimlarida faqat bo’ylama zo’riqish kuchlari *(N)* yuzaga keladi.

$$N_x = \int_A \sigma dA, \tag{1.1}$$

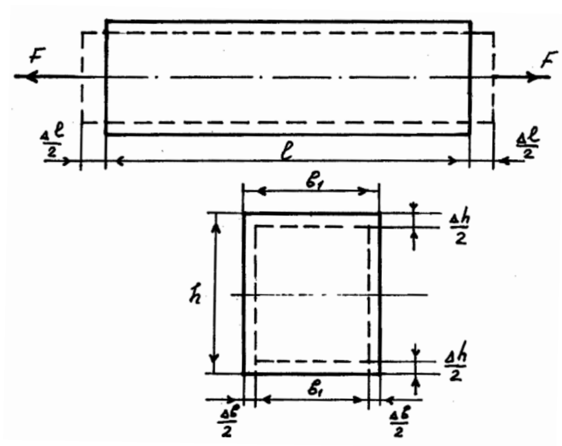
Normal kuchlanishlarning qiymatlari qo’yidagicha topiladi:

$$\sigma = \frac{N}{A}, \qquad \left|\frac{н}{м^2}\right|, \tag{1.2}$$

Konstruksiya elementlari mustahkam bo’lishligi uchun xavfli ko’ndalang kesimlaridagi hosil bo’ladigan eng katta kuchlanish shu sterjen materiali uchun ro’xsat etilgan normal kuchlanishdan ortib ketmasligi kerak, ya’ni

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \le [\sigma], \tag{1.3}$$

Cho’zilish va qisilishda deformasiyalarni aniqlash uchun *1* - shaklda ko’rsatilgan sterjenni ko’rib chikamiz.



1.1 - shakl

Sterjenning deformasiyagacha bo’lgan uzunligini *l*, deformasiyadan keyingi uzunligini esa l_1 bilan belgilaymiz. Sterjen uzunligining qancha miqdorga oshishi *absolyut bo’ylama cho’zilish* (qisqarishi esa absolyut qisqarish) deb ataladi va u qo’yidagicha aniqlanadi:

$$\Delta l = l_1 - l, \qquad |м|, \tag{1.4}$$

Sterjen uzunlik birligiga to’g’ri keladigan absolyut bo’ylama deformasiya *nisbiy bo’ylama deformasiya* deyiladi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \tag{1.5}$$

Ko’rinib turibdiki, nisbiy bo’ylama deformasiyaning o’lchov birligi yo’q. Sterjen deformasiyalanganda uning faqat bo’ylama o’lchamlari emas balki ko’ndalang kesim

o’lchamlari ham o’zgaradi. Bu hol uchun ko’ndalang kesimning o’lchamlari deformasiyagacha *b* va *h*, deformasiyadan keyin ular mos ravishda Δb va Δh miqdorga kichrayadi.
Bunda Δb va Δh - absolyut ko’ndalang deformasiyalar. Nisbiy ko’ndalang deformasiyalar esa qo’yidagicha aniqlanadi:

$$\varepsilon_b' = \frac{\Delta b}{b} \qquad \varepsilon_h'' = \frac{\Delta h}{h}, \tag{1.6}$$

Tajribalar shuni ko’rsatadiki, izotrop materiallar uchun

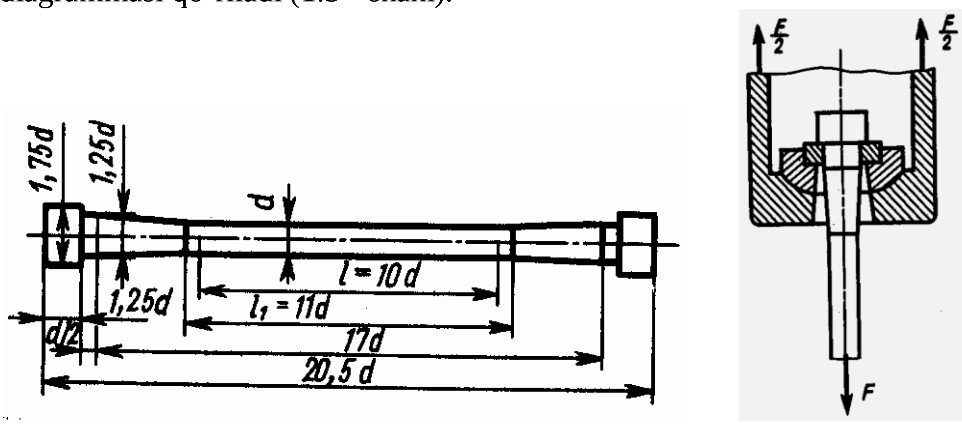
$$\varepsilon_b' = \varepsilon_h'' = \varepsilon', \tag{1.7}$$

Va nisbiy ko’ndalang deformasiyaning nisbiy bo’ylama deformasiyaga nisbati ning absolyut qiymati o’zgarmas miqdor ekan

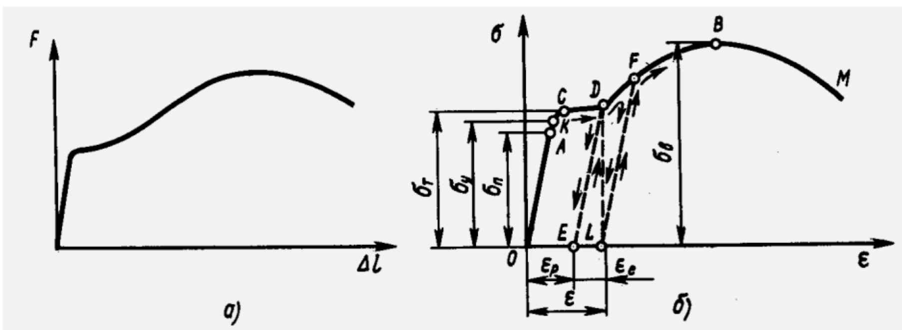
$$\mu = \left|\frac{\varepsilon'}{\varepsilon}\right| = const, \tag{1.8}$$

bunda μ – *ko’ndalang deformasiya koeffisiyenti* bo’lib, u materialning elastiklik xarakteristikalaridan biridir. Bu koeffisiyent birinchi bo’lib fransuz matematigi Puasson tomonidan topilganligi uchun unga *Puasson koeffisiyenti* deb nom berishgan.

Plastik materiallarni oddiy cho’zilishga sinashda doira yoki to’rt burchak kesimli prizmatik namuna tayyorlanib olinadi (1.2- shakl) va uni maxsus cho’zuvchi mashinaga o’rnatiladi. Namunani bir uchini o’qi bo’ylab cho’za boshlaganimizda (bunda cho’zuvchi kuch statik holatda qo’yiladi), namuna asta sekin o’zaya boradi. Bu uzayish va qo’yilayotgan kuch miqdorini o’lchab (ko’pgina mashinalarda chizib beruvchi moslama mavjud) cho’zilish diagrammasi qo’riladi (1.3 - shakl).



1.2 - shakl



1.3 - shakl

Diagrammanini ordinata o’qida - cho’zuvchi kuch miqdori, abssissa o’qida sterjenning absolyut cho’zilishi qo’yiladi (1.3 - *a* shakl). Kam uglerodli po’lat uchun cho’zilish diagrammasi asosan normal kuchlanish va nisbiy deformasiya ifodalanadi. (1.3 - *b* shakl).

Diagrammaning birinchi qismi, ya’ni *A* no’qtagacha bo’lgan to’g’ri chiziqli bog’liqlik bu *proporsionallik chegarasiga* mos keladi. OA_1 ordinata esa σ_{pp} ga mos keluvchi cho’zuvchi kuchni miqdorini bildiradi. Bu chegaradan yuqoriga chiqish *Guk qonunidan* chetga chiqishni anglatadi (σ_{pp}*=200 Mpa).*

Kuchni *OA* qiymatdan oshiradigan bo’lsak deformasiya kuchga nisbatan tezroq orta boradi va diagramma to’g’ri chiziqdan egri chiziq holatiga o’ta boshlaydi. Keyin material ishida keskin o’zgarish yuz beradi cho’zuvchi kuchning qandaydir *OS* ordinataga mos keluvchi qiymatida namuna o’zidan-o’zi cho’zila boshlaydi. Diagrammada gorizontal (diyarli) qism paydo bo’ladi. Bu paytdagi kuchlanish, ya’ni kuch miqdori oshirilmasa ham namunaning o’zi cho’zilishi (oqishi) yuz beradigan qiymatiga *oquvchanlik chegarasi* (σ_{ok}) deyiladi (σ_{ok}*=240Mpa).*

Oquvchanlik yuzachasi paydo bo’lgandan keyin material yana cho’zuvchi kuchga qarshilik ko’rsata boshlaydi, Δl ni oshirish uchun cho’zuvchi kuchni ortirish kerak bo’ladi.

Diagrammadagi *V* no’qta yukning eng katta qiymatiga mos keladi. *V* no’qtadan keyin namunada yana o’zgarish paydo bo’ladi, bunda deformasiya namunaning bir joyda to’planda, ya’ni o’sha joyda bo’yincha paydo bo’ladi. Namunani yana cho’zishga, yana ozroq kuch kerak bo’ladi, *M* no’qtada namuna uziladi.

Diagrammada shunday *K* no’qtani topish mumkinki, u *A* no’qtaga juda yaqin joylashgan bo’ladi.

Kam miqdorda *(0,001…0,003%)* qoldiq deformasiya paydo bo’lishi mumkin bo’lgan kuchlanish qiymatiga *elastiklik chegarasi* deyiladi.

Eng katta yuklanishni yuzaga keltiruvchi kuchlanish miqdoriga *mustahkamlik chegarasi* deyiladi (*400 Mpa*).

Demak materiallarning mexanik xarakteristikasi qo’yidagilar (diagramma bo’yicha):

OA_1 qismga mos keluvchi yuklanish – *proporsionallik chegarasi*

OS qismga (qoldiq deformasiya paydo bo’ladigan) qismga mos keluvchi yuklanish - *elastiklik chegarasi*

OD qismga (oqish paydo bo’yicha) mos keluvchi yuklanish - *oquvchanlik chegarasi*

OB *e*ng katta yuklanish - *mustahkamlik chegarasi.*

Diagrammaning abssissa o’qi deformasiyalanish darajasini bildiradi: O_3O_4 oraliq namunaning o’zilish vaqtidagi elastik deformasiyani (o’zilish bilan bu deformasiya yo’qoladi); $OO_3 = \Delta l_0$ oraliq o’zilishdan keyin qoldiq cho’zilishini bildiradi. Bu miqdor qancha katta bo’lsa material shunchalik plastik bo’ladi;

- plastiklik o’lchovi $$\frac{\Delta l_0}{l}, \tag{1.9}$$

- nisbiy qoldiq cho’zilish $$\delta = \frac{\Delta l_0}{l} \cdot 100\%, \tag{1.10}$$

Bu kattalik po’lat markalari uchun *(8…28)%* ni tashkil etadi. Nisbiy qoldiq cho’zilish namuna shakliga bog’liq, ya’ni uning uzunligini ko’ndalang kesim yuzasiga nisbatiga bog’liq bo’ladi.

Ikkinchi kattalik qoldiq - nisbiy qisqarish:

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100\%, \tag{1.11}$$

Namunalarni sinash turli xil qurilmalarda amalga oshiriladi. Bunday qurilmalarga *50 kN* cheklangan zo’riqish hosil qiluvchi *UM – 5* va *UMM – 5* rusumli sinash mashinalari, *0,5 kN* va *5 kN* li *MR – 0,5* va *MR – 5* rusumli va *19,6 kN* zo’riqishli *DM –30M*

rusumli va boshqa mashinalar kiradi. Qo'yida shu mashinalar turkimiga kiruvchi *R- 5* rusumli sinash mashinasi to'g'risida qisqacha ma'lumot keltirilgan.

***R - 5* mashinasi namunani cho'zishga (qisishga) statik ravishda sinash uchun mo'ljallangan bo'lib, uning tuzilish sxemasi *3* – shaklda keltirilgan. Tajribani o'tkazish uchun namuna *1* mashinaning qamrov qismiga keltirilib quyiladi, buning uchun pastki qamrov *2* tutgich *4* yordamida pastga siljitiladi. Elektrodvigatel *9* uzatmalar qutisi *8* yordamida gaykani *7* buraydi, natijada vint *5* pastga siljiydi. Uzatmalar qutisining richagi *6* uch holatda bo'lishi mumkin: «o'zingizdan» holatida *11 mm/min* tezlik ta'minlansa, «o'zingizga» holatida esa *48 mm/min* tezlik ta'minlanadi, richakning o'rta holatida mashina to'xtatilgan bo'ladi. TEzlikni qo'l uzatmasi *10* yordamida yanada kamaytirish mumkin.**

Yuqoridagi tutgich richag *18* va tyaga *17* yordamida mayatnik *11* bilan bog'langan. Namunaga ta'sir etuvchi kuchning qiymati mayatnikning vertikal holatidan og'ishi bo'yicha aniqlanadi.

Namunaga qo'yiladigan kuchning qiymati mayatnikka o'rnatiladigan yukning og'irligiga va mayatnikning yelka uzunligiga bog'liq bo'ladi. Bunda mashinani to'rtta chegaraviy yuklash holatlariga rostlash mumkin: *4,9; 9,81; 24,5; 49kN*.

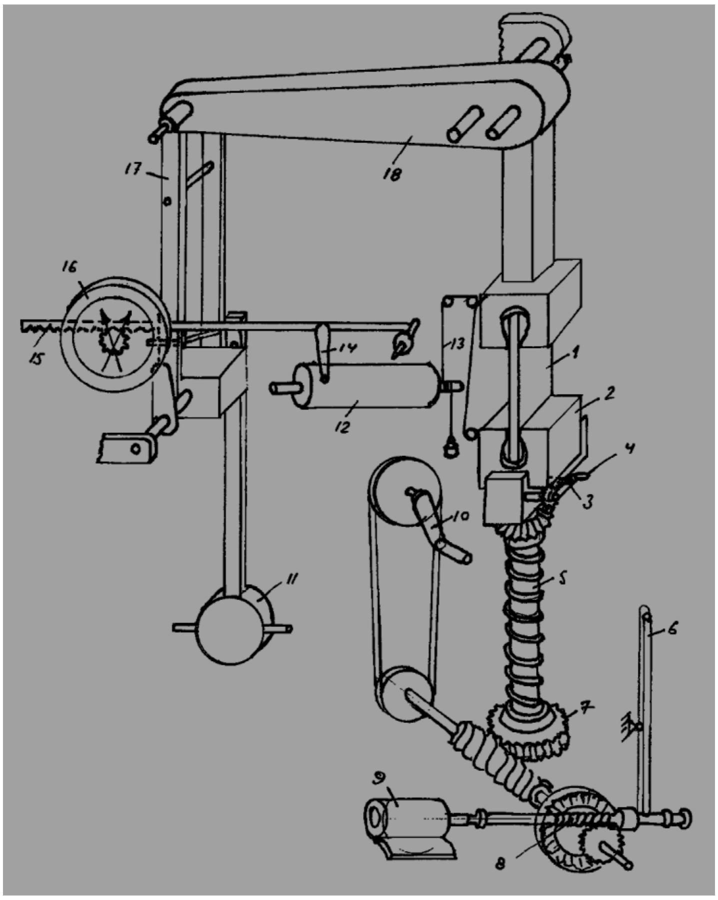
Mayatnikning og'ishi vintga *15* uzatiladi, u esa o'z navbatida ilgarilanma harakatlanib, yuklash shkalasidagi 16 strelka bilan o'q yordamida bog'langan tishli g'ildirakni aylantiradi. Yuklash chegaraviy qiymatiga erishilgandan keyin mashina to'xtatiladi.

Mashinada baraban *12* mavjud bo'lib, u avtomat ravishda cho'zilish diagrammasini chizish uchun xizmat qiladi. Barabanni pastki qamrovga mahkamlangan ip *13* aylantiradi. Mashina qamrovlari orasidagi masofaning o'zgarishi natijasida baraban namunaning uzunligini o'zgarishiga proporsional bo'lgan burchakka buraladi. Namuna yuklanganda vintga *15* bikr o'rnatilgan qalam *14* baraban o'qi bilan harakatlandi. Natijada qalam o'rnatilgan qog'ozda qo'yilgan yuk bilan namunaning uzunligni o'zgarishi orasidagi bog'liqlik egri chizig'ini chizadi.

Baraban o'qiga ikkita ishchi rolik o'rnatilgan bo'lib, ishchi kichik diametrli rolikka o'rnatilgan bo'lsa *2:1* masshtabda, aks holda esa *1:1* masshtabdagi diagramma olinadi.

Diagrammaning yuklash bo'yicha masshtabi tajriba qaysi shkala bo'yicha o'tkazilayotganligiga bog'liq.

***0…5000 n* da diagrammaning *1mm* ga *5 n* mos keladi;**
***0…10 kN* da diagrammaning *1mm* ga *100 n* mos keladi;**
***0…25 kN* da diagrammaning *1mm* ga *250 n* mos keladi;**
***0…50 kN* da diagrammaning *1mm* ga *500 n* mos keladi.**



1.4 - shakl. *R - 5* rusumli mashinaning tuzilish sxemasi.

Kerakli asbob va uskunalar. ***R - 5*** **rusumli mashina, shtangensirkul, mikrometr, chizg'ich va qalam.**

Ishni bajarish tartibi.

1. Sinash bayonnomasiga mashinaning texnik ko'rsatgichlari yozib olinadi;

2. Namunaning dastlabki o'lchamlari hisoblanadi;

3. Namunaning mustahkamligiga qarab, yuklash shkalasi tanlanadi;

4. Diagrammani cho'zish moslamasi dastlabki holatiga keltiriladi;

5. Namuna mashina qamrovlariga o'rnatiladi;

6. Mashina ishga tushiriladi va sinash jarayoni diqqat bilan kuzatiladi;

7. Namuna uzilgandan keyin mashina to'xtatiladi va cho'zilish diagrammasi olinib, xarakterli nuqtalarga mos keluvchi yuklarning qiymati aniqlanadi;

8. Uzilgan namuna mashina qamrovidan olinib, uning deformasiyadan keyin uzunligi va uzilish joyining diametri o'lchanadi;

9. Mashinadan olingan diagramma bo'yicha, cho'zilishning ishlov berilgan diagrammasi chizib olinadi va undan xarakterli nuqtalar ko'rsatiladi;

10. Olingan ma'lumotlar bo'yicha namuna materialning mustahkamligi va plastikligini ifodalovchi ko'rsatgichlar topiladi.

Ishning bajarilganligi to'g'risidagi hisobot.

Ishning mavzusi, maqsadi ko'rsatiladi, namuna eskiz bilan sinash mashinasining sxemasi, texnik ko'rsatgichlari va ish jarayoni keltiriladi. Cho'zilish diagrammasi chizilib, dastlabki va ishlov berilgan ma'lumotlar qo'yidagi jadvalga kiritiladi.

1.1 - jadval

№	Ko'rsatgichlar	Ularning qiymati
1.	**Namunani sinashgacha bo'lgan:** **- uzunligi, *mm* (l_0)**	

	- diametri, *mm* (d_0) **- kesim yuzasi, *mm²* (A_0)**	
2.	**Namuna uzulgandan keyingi:** **- uzunligi, *mm* (l_u)** **- diametri, *mm* (d_u) «bo'yinchaning»** **- namuna bo'yinchasi ko'nadalang kesim yuzasi, *mm²*** $A_у = \dfrac{\pi \cdot d_у^2}{4}$	
3.	**Oquvchanlik chegarasi, *MPa*** $\sigma_0 = \dfrac{F_0}{A_0}$	
4.	**Mustahkamlik chegarasi, *MPa*** $\sigma_м = \dfrac{F_м}{A_0}$	
5.	**Nisbiy qoldiq cho'zilishi, *%*** $\delta = \dfrac{l_у - l_0}{l_0} 100\%$	
6.	**Nisbiy qoldiq ingichkalanishi, *%*** $\phi = \dfrac{A_0 - A_у}{A_0} 100\%$	
7.	Bo'ylama elastiklik moduli, *Mpa* $E = tg\alpha$	

BAJARILGAN ISH YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI:

1. Bo'ylama cho'zilish nima bilan xarakterlanadi?
2. Kesimlar usulining mohiyatini tushuntirib bering.
3. Kuchlanish nima?
4. Guk qonunini ifodalab bering. Bo'ylama elastiklik modulining fizik ma'nosi nimada?
5. Cho'zilishga sinashda qo'llaniladigan qanaqangi mashina va namunalarni bilasiz?
6. Materialning mustahkamligini va plastikliklarini ifodalovchi ko'rsatgichlarni qanday qilib hisobladingiz?

2-**Mavzu: MATERIALLARNI BURALISHGA TEKSHIRISH.**

***Ishning maqsadi*:** Burovchi moment va buralish burchagi orasidagi chiziqli bog'liqlikni sinovda tekshirish, po'lat uchun siljish modulini aniqlash, buralishga sinash usullari bilan tanishish.

Nazariy ma'lumotlar: Doira (yoki xalqa) kesimli silindrik sterjenlarning buralish nazariyasi tekis kesimlar farazidan kelib chiqqan bo'lib, buralishda sterjen kundalang kesimi uning o'qi atrofida tekis diskaga o'xshab aylanadi. Bu esa sterjenni bir-biriga kiritilgan, o'zaro kuch bilan bog'lanmagan va har bir yakka holda sof siljishni boshidan kechirayotgan yupqa devorli silindrlardan iborat degan xulosa chiqarishga imkon yaratadi.

Elastik deformasiyalanish nazariyasiga binoan, butun uzunligi bo'yicha o'zgarmas burovchi moment (M_b) ta'sirida sterjenning bir-biridan l masofada yotgan ikki kesimning o'zaro nisbiy buralish burchagi qo'yidagiga teng

$$\varphi = \frac{M_б \cdot l}{G \cdot J_\rho}, \tag{2.1}$$

bu yerda G - siljish moduli (*2* - tur Yung moduli). Ma’lumki,

$$\tau = G \cdot \gamma, \tag{2.2}$$

Ikkinchi tomondan elastiklik moduli (yoki *1* - tur Yung moduli) *Ye*, ciljish moduli G va Puasson koeffisenti μ orasidagi bog’liqlikka binoan

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}, \tag{2.3}$$

J_ρ - kesimning qutbiy inersiya momenti

$$J_\rho = \int_A \rho^2 dA, \tag{2.4}$$

Diametri d bo’lgan doira kesimi uchun

$$J_\rho = \frac{\pi \cdot d^4}{32}, \tag{2.5}$$

Tashqi diametri D va ichki diametri d bo’lgan xalqa kesim uchun esa

$$J_\rho = \frac{\pi \cdot \left(D^4 - d^4\right)}{32}, \tag{2.6}$$

Ko’ndalang kesimda yuzaga keladigan eng katta urinma kuchlanish qo’yidagicha aniqlanadi

$$\tau_{\max} = \frac{M_б}{W_\rho}, \tag{2.7}$$

Bu yerda: W_ρ - kesimning qutbiy qarshilik momenti

$$W_\rho = \frac{2 \cdot J_\rho}{D} = \frac{\pi \cdot d^3}{16}, \tag{2.8}$$

va

$$W_\rho = \frac{\pi \cdot \left(D^3 - d^3\right)}{16}, \tag{2.9}$$

Yupqa devorli trubalarni hisoblashda

$$J_\rho = \frac{\pi \cdot D_{yp}^3}{4} \delta, \tag{2.10}$$

$$W_\rho = \frac{\pi \cdot D_{yp}^2}{2}\delta\,, \qquad (2.11)$$

Bu yerda $D_{o'r}$ - xalqaning o'rtacha diametri: $D_{ur} = 0,5 \cdot (D+d);$

δ - truba devorining qalinligi: $\delta = 0,5 \cdot (D - d).$

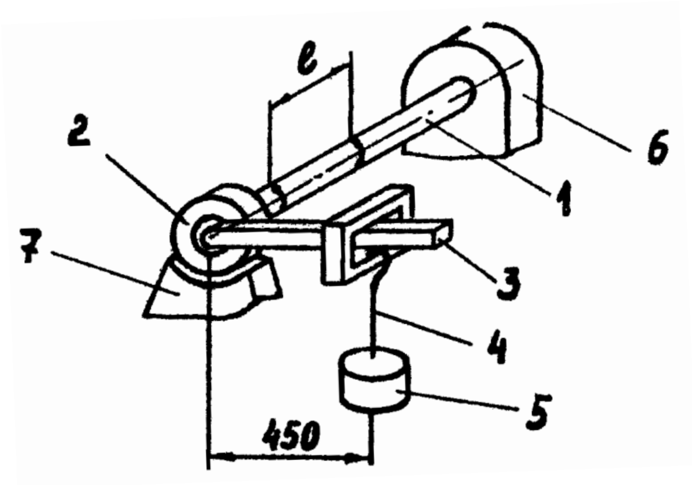
(2.6) va (2,10) ifodalar bo'yicha hisoblar natijasi bir-biridan *2 %* dan ko'p farq qilmasligi uchun truba o'lchamlarining nisbati qo'yidagi shart bajarilishi kerak

$$D \cdot 0.752 < d, \qquad (2.12)$$

(2.9) va (2.11) ifodalar uchun esa

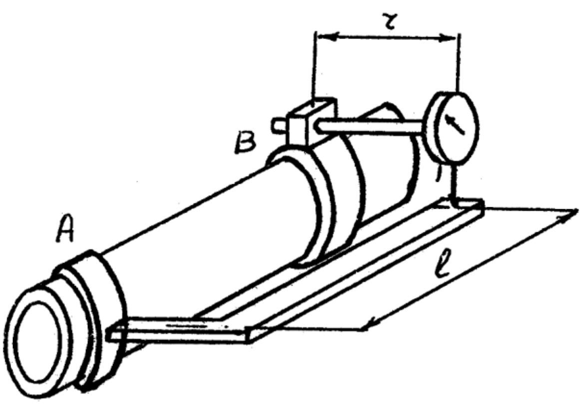
$$D \cdot 0.959 < d, \qquad (2.13)$$

***Kerakli asbob va uskunalar*. Tajriba 2.1 - shaklda ko'rsatilgan qurilma yordamida o'tkaziladi.**



2.1 – shakl

Namuna *(1)* ustun (tayanch)ga *(6)* qo'zgalmas qilib o'rnatiladi va sharikli podshipnik yordamida ikkinchi ustunga *(7)* tayantiriladi. Richakka *(3)* o'rnatilgan osgichga *(4)* yuk qo'yib, burovchi moment yuzaga keltiriladi. *A* nuqtadan *l* masofada yotgan *V* kesimning nisbiy buralish burchagini bu nuqtaga o'rnatilgan (2.2 - shakl) soat tipidagi indikator yordamida hisoblanadi (*r* masofa o'lchab olinadi).



2.2 – shakl

Namuna - po’latdan *(St.45)* tayyorlangan yupqa devorli truba,sinaladigan qismining uzunligi $l = 100$ *mm*, tashqi diametri $D = 20$ *mm* ,ichki diametri $d = 16$ *mm*

Ishning bajarilish tartibi.

Tajribada olingan ma’lumotlarni yozib olish uchun qo’yidagi ko’rinishdagi jadval tayyorlanadi.

2.1 – jadval

Tajriba vaqtida olingan ma’lumotlar

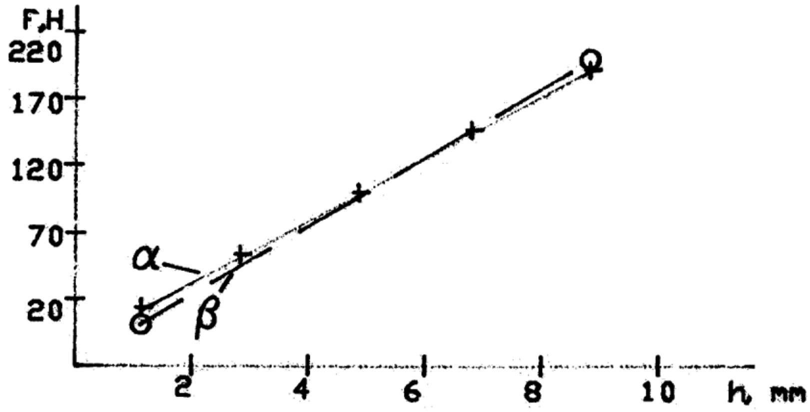
<table>
<tr><th>Yuk
F, n</th><th>Burovchi moment
M=0,45 · F,
N · m</th><th>Indikatorning ko’rsatishi
h, mm</th><th>Ko’rsatishlar farqi
Δh, mm</th></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="4">I – tajriba</td></tr>
<tr><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">9</td><td rowspan="2">(1)</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">(2,1)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">70</td><td rowspan="2">31.5</td><td rowspan="2">(3,1)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(2,0)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">120</td><td rowspan="2">54</td><td rowspan="2">(5,1)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(1,8)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">170</td><td rowspan="2">76.5</td><td rowspan="2">(6,9)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(2,1)</td></tr>
<tr><td>220</td><td>99</td><td>(9)</td></tr>
<tr><td colspan="4">2 – tajriba</td></tr>
<tr><td>. . .</td><td>. . .</td><td>. . .</td><td>. . .</td></tr>
</table>

Richagni *20 n* kuch bilan yuklab, jadvalning *3* - ustuniga bunga mos keluvchi indikator ko’rsatishi (h_1) yozib olinadi. KEyin yukni *50 N* ga (yuklash pog’anasi) oshirib, har safar mos ravishda indikator ko’rsatishi (h_i) yozib olinadi. Tajriba *4*- pog’onada, ya’ni kuch $F = 220$ *N* ga yetganda to’xtatiladi.

Har bir pog’onaga mos keluvchi indikator ko’rsatishlar farqi Δh hisoblab, jadvalning *4* – ustuniga yozib boriladi.

Ma’lumotlarga ishlov berish.

1. Tajriba natijalarini *F* - *h* koordinatada (*2.3* - shaklda ko’rsatilganidek) nuqtalar orqali ko’rsatiladi (grafikning o’lchamlari *10 x10 sm*.dan kichik bo’lmasligi kerak).



2.3 –shakl

2. F va h bog’liqlikni ifodalovchi to’g’ri chiziq qo’yidagi ikki holat uchun chiziladi:
a) birinchi va oxirgi hisob absolyut aniq sonlar degan faraz asosida;
v) kichik kvadratlar metodi yordamida topilgan koeffisentlar asosida.

Bunda ikkinchi holat uchun to’g’ri chiziq tenglamasi qo’yidagi ko’rinishga ega bo’ladi

$$\boldsymbol{F = A + B \cdot h,} \qquad \textbf{(2.14)}$$

(9.6) ga muvofiq:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{5} h_i^2 \cdot \sum_{i=1}^{5} F_{0i} - \sum_{i=1}^{5} h_i \sum_{i=1}^{5} h_i F_{0i}}{5\sum_{i=1}^{5} h_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{5} h_i\right)^2}, \qquad (2.15)$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^{5} F_{0i} - 5 \cdot A}{\sum_{i=1}^{h} h_i}, \qquad (2.16)$$

Misol sifatida 2.1. – jadvalda (qavs ichidagi) keltirilgan ma’lumotlardan foydalanamiz.

(2.15) va (2.16) formulalar bo’yicha hisob maxsus programmalar bo’yicha mikrokalkulyatorlarda bajarilishi mumkin, agar bu imkoniyat bo’lmasa hisobni jadval yordamida olib borilgani qulay.

$$A = \frac{165.23 \cdot 600 - 25.1 \cdot 4002}{5 \cdot 165.23 - (25.1)^2} = -6.69 \qquad н$$

$$B = \frac{600 + 5 \cdot 6.69}{25.1} = 25.24, \qquad \frac{н}{мм}$$

A va *V* ning qiymatlari bo’yicha «*b*» holat uchun to’g’ri chiziqning ixtiyoriy ikki nuqtasini aniqlash mumkin (masalan, *h = 1 mm da*
F = - 6,69 + 25,4 · 1 = 18,55 va *h = 9 mm da F = - 6,69 + 25,4 · 9 = 220,47.* (2.3 - shaklda doirachalar yordamida ko’rsatilgan).

2.2 – jadval

i	*F,N*	*h, mm*	h^2 *, mm*	$F \cdot h$ *, N mm*
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	*20*	*(1.0)*	*(1.0)*	*(20)*
2	*70*	*(3.1)*	*(9.61)*	*(21.7)*
3	*120*	*(5.1)*	*(26.01)*	*(612)*
4	*170*	*(6.9)*	*(47.61)*	*(1173)*
5	*220*	*(9.0)*	*(81.00)*	*(1980)*
Jami:	***600***	***(25.1)***	***(165.23)***	***(4002)***

2. Namunaning ko'ndalang kesimi (xalqa shakli) uchun qutbiy inersiya momenti va qarshilik momenti hisoblanadi.

3. Siljish modullarining qiymatlari *((a)* va *(b)* holatlar uchun*)* hisoblanadi:

a) holat uchun

$$G = \frac{\Delta M_б \cdot l}{J_\rho \Delta\varphi},$$

bu yerda

$$J_\rho = \frac{\pi}{32}\left(D^4 - d^4\right) = \frac{3.14}{32}\left(20^4 - 16^4\right) = 9269{,}28 \quad мм^4,$$

$$\Delta M_б = M_5 - M_1 = 99 - 9 = 90 \quad н \cdot м,$$

$$\Delta\varphi = \frac{h_5 - h_1}{r} = \frac{0.89 - 0.07}{60} = 0.012$$

U holda

$$G = \frac{\Delta M_б \cdot l}{J_\rho \Delta\varphi} = \frac{90 \cdot 0.1}{9269.28 \cdot 10^{-8} \cdot 1.2 \cdot 10^{-2}} = 8.09 \cdot 10^{10} \quad \frac{н}{м^2},$$

b) holat uchun

$$G = \frac{0.45 \cdot B \cdot r \cdot l}{J_\rho}$$

bu yerda $\Delta M = 0.45 \cdot \Delta F = 0.45 \cdot B \cdot \Delta h,$ $\quad \Delta\varphi = \frac{\Delta h}{r}$

5. Tajriba yana takrorlanadi. Grafik yana chiziladi va siljish moduli hisoblanadi, agar natijalar farqi *5%* dan oshmasa, *G* ning o'rtacha qiymati topiladi (ikki tajriba bo'yicha). Agar farq katta bo'lsa, uchunchi marotaba tajriba o'tkaziladi va natijalarning o'rtacha qiymati hisoblanadi.

6. Siljish modulining tajribada topilgan qiymatini qo'yidagi formula bo'yicha hisoblangan qiymati bilan taqqoslanadi:

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

bu yerda:

$E = 2 \cdot 10^5$ *MPa* - po'lat uchun elastiklik modulining o'rtacha qiymati,

M = 0,3 - po'lat uchun Puasson koeffisiyentining o'rtacha qiymati. U holda

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{2\cdot 10^5\cdot 10^6}{2(1+0.3)} = 8\cdot 10^{10} \qquad \frac{н}{м^2}$$

7. Eng katta yuk ta'sirida ko'ndalang kesimda paydo bo'ladigan maksimal urunma kuchlanish (2.7) formula bo'yicha hisoblanadi.

Ishning bajarilganligi to'g'risidagi hisobot.

Ishning mavzusi, maqsadi ko'rsatiladi, namuna eskiz bilan sinash mashinasining sxemasi, texnik ko'rsatgichlari va ish jarayoni keltiriladi.

BAJARILGAN ISH YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI:

1. *Buralish deganda nimani tushunasiz?*
2. *Burovchi moment epyurasi deganda nimani tushunasiz?*
3. *Buralishda qanaqangi kuchlanishlar paydo bo'ladi?*
4. *Qarshilik momenti nima?*
5. *Buralishda mustahkamlik shartini ta'riflab bering.*
6. *Buralish burchagi qanday aniqlanadi?*

3-Mavzu. MATERIALLARNI EGILISHGA TEKSHIRISH

Ishning maqsadi: Nazariy yo'l bilan chiqarilgan sof egilishda normal kuchlanishlarning to'sin kesimi balandligi bo'yicha chiziqli qonun bilan taqsimlanishini tajribada tekshirish, kundalang kuch ta'siridagi egilishda nazariy jihatdan bosh bo'lgan yuzachalardagi normal kuchlanishlarni aniqlash va kundalang kuch ta'siridagi egilishda bosh kuchlanishlarni aniqlash.

Nazariy ma'lumotlar.

Prizmatik sterjenning tekis egilishi tekis kesimlar farazi va uning bo'ylama tolalari orasida o'zaro ta'sirlar yo'qligi taxminiga asoslangan. To'sinlarda ko'chishlarni o'rganishda kundalang kuchlarning ta'siri etiborga olinmaydi.

YUqorida ko'rsatilgan farazlar asosida tekis egilishda kesimning neytral (nol) chizig'i - x o'kidan u masofada yotgan no'qtadagi kuchlanish uchun qo'yidagi ifodalar topilgan.

Normal kuchlanish uchun

$$|\sigma| = \frac{|M_X|}{J_X}|y|, \qquad (3.1)$$

Urinma kuchlanish uchun

$$|\tau| = \frac{|Q_Y|\cdot|S_X^K|}{J_X\cdot в}, \qquad (3.2)$$

Bu yerda M_x va Q_x - ko'rilayotgan kesimdagi eguvchi moment va kundalang kuch,

S^k_x - neytral o'qqa nisbatan kundalang kesim yuzasining urinma kuchlanishlar aniqlanadigan sathdan to'sin chekkasigacha bo'lgan kismning statik momenti,

v - kesimning kuchlanish aniqlanadigan joyidagi eni,

J_x - neytral o'qqa nisbatan to'sin kundalang kesimining inersiya momenti.

$$S_x^{\kappa} = \int_A y \cdot dA = y_c \cdot A, \tag{3.3}$$

Bu yerda y_c - yuza og'irlik markazining koordinatasi.

M va *Q* lar uchun ishoralar qoidalari har xil va *x*, *y* o'klarining yo'nalishlari turlicha bo'lishini hisobga olib, (311) va (3.2) formulalarda moment bilan kuchning absolyut qiymatlari olingan.

$$J_x = \int_A y^2 \cdot dA, \tag{3.4}$$

Tomonlari *v* (*x* o'qiga parallel) va *h* bo'lgan to'rtburchak shaklidagi kesim uchun

$$J_x = \frac{b \cdot h^3}{12}, \tag{3.5}$$

Xalqa shaklidagi kesim uchun esa

$$J_x = 0{,}5 \cdot J_\rho = \frac{\pi \cdot D^4}{64}\left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right], \tag{3.6}$$

Bu yerda D - xalqaning tashqi diametri;

d - xalqaning ichki diametri.

Normal kuchlanishlar kesim balandligi bo'yicha chiziqli qonun bo'yicha o'zgarib, o'zining eng katta qiymatlariga to'sinning yuqori va pastki tolalarida erishadi. O'qqa nisbatan simmetrik bo'lgan kesimlar (to'rtburchak, xalqa va sh.k) uchun bu kuchlanishlar qiymatlari modul bo'yicha teng, ishoralar bo'yicha qarama-qarshi bo'ladi:

$$|\sigma_{\max}| = \frac{|M_X|}{W_X}, \tag{3.7}$$

Bu yerda W_x - kesimning qarshilik momenti:

$$W_x = \frac{J_x}{y_{\max}}, \tag{3.8}$$

To'rtburchak uchun

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}, \tag{3.9}$$

Xalqa uchun

$$W_x = 0{,}5 \cdot W_\rho = \frac{\pi \cdot D^3}{32}\left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^3\right], \tag{3.10}$$

Balandlik bo'yicha urunma kuchlanishlarning taqsimlanish qonuni kesimning shakliga bog'lik. To'rtburchak va xalqa shakllari uchun bu taqsimlanish parabola ko'rinishga ega. To'rtburchak shaklidagi kesim uchun

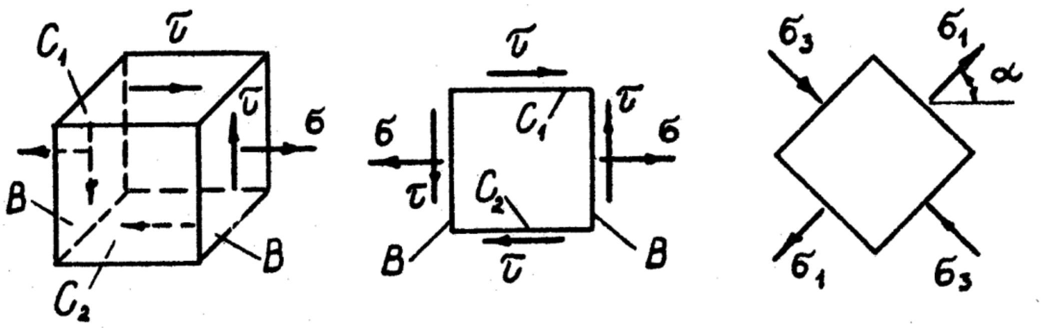
$$|\tau_{\max}| = \frac{3}{2} \cdot \frac{|Q_y|}{A} = \frac{3 \cdot |Q_y|}{2 \cdot b \cdot h}, \tag{3.11}$$

Xalqa shaklidagi kesim uchun esa

$$|\tau_{\max}| = \frac{4 \cdot |Q_y|}{3 \cdot A}, \tag{3.12}$$

Ma'lumki, sterjenlarni ixtiyoriy yuklashda uning ixtiyoriy nuqtasi atrofida kesib olingan element tomonlarida normal va urunma kuchlanishlar yuzaga keladi, ya'ni, element tekis kuchlanganlik holatida bo'ladi.

Bosh kuchlanishlar joylashgan yuzachalar - bosh yuzachalarning holati qo'yidagicha aniqlanadi.



3.1 - shakl

$$tg\,2\alpha = \frac{2 \cdot \tau}{\sigma}, \tag{3.13}$$

bunda

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}\left(\sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}\right), \tag{3.14}$$

$$\sigma_1 = 0, \tag{3.15}$$

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}\left(\sigma - \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}\right), \tag{3.16}$$

Izotrop materiallar uchun bosh kuchlanishlar bosh deformasiyalar bilan qo'yidagicha bog'langan:

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\mu^2}\left(\varepsilon_1 + \mu \cdot \varepsilon_3\right), \tag{3.17}$$

$$\sigma_3 = \frac{E}{1-\mu^2}\left(\varepsilon_3 + \mu \cdot \varepsilon_1\right), \tag{3.18}$$

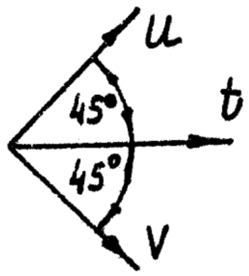
Agar u, v, t yunalishlar bo'yicha (3.2 - shakl) ε_u, ε_v, ε_t deformasiyalar aniq bo'lsa, bosh o'qlarning holati qo'yidagicha topiladi

$$tg\,2\alpha = \frac{2\cdot\varepsilon_t - (\varepsilon_u + \varepsilon_v)}{\varepsilon_v - \varepsilon_u}, \qquad (3.19)$$

bosh deformasiyalar esa

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_u + \varepsilon_v}{2} + \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\varepsilon_u - \varepsilon_t)^2 + (\varepsilon_v - \varepsilon_t)^2\right]}, \qquad (3.20)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\varepsilon_u + \varepsilon_v}{2} - \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\varepsilon_u - \varepsilon_t)^2 + (\varepsilon_v - \varepsilon_t)^2\right]}, \qquad (3.21)$$



3.2 - shakl

Tekis egilishda tusin kesimining chiziqli va burchak kuchishlari o'rganiladi. Bu kuchishlarni topishning bir necha usullari mavjud.

<u>*Boshlang'ich parametrlar usuli*</u>. x , u va z koordinata sistemasi kiritiladi. Bunda koordinata boshi chap yoki o'ng bulak ko'ndalang kesim yuzasi og'irlik markazida joylashishi mumkin (z o'qi bo'ylama, u o'qi esa tashqi kuch ta'sir tekisligi bo'ylab yo'naladi). Agar tashqi kuch va tayanch reaksiya kuchlari a_F va a_M koordinataga qo'yilgan to'plangan kuch F va moment M dan tashkil topgan bo'lsa, z koordinatasidagi kesimning ko'chishi qo'yidagicha aniqlanadi:

$$J_x E\cdot\delta_y(z) = EJ_x\cdot\delta_y(0) + EJ_x\theta_x(0)\cdot z + \sum M\frac{(z-a_M)^2}{2} + \sum F\frac{(z-a_F)^2}{6}, \qquad (3.22)$$

Bu yerda $\delta_u(0)$ va $\Theta_x(0)$ - koordinata boshidagi kesimning ko'chishi va buralish burchagi.

Agar koordinata boshi sharnirli tayanchga to'g'ri kelsa - $\delta_u(0) = 0$, agar bikr tayanchga to'g'ri kelsa - $\delta_u(0) = \Theta_x(0) = 0$ bo'ladi.

z koordinatali kesimning buralish burchagi qo'yidagicha topiladi:

$$EJ_x\cdot\theta_x(z) = EJ_x\theta_x(0) + \sum M(z-a_M) + \sum F\frac{(z-a)^2}{2}, \qquad (3.23)$$

Agar boshlang'ich parametrlar $\delta_u(0)$ va $\Theta_x(0)$noma'lum bo'lsa, u holda ular qiymatlari ma'lum bo'lgan kesimning koordinatalarini qo'yib, (2.22) va (2.23) formulalar bilan birgalikda yechiladi.

<u>Maksvell-Mor formulasi</u>. Berilgan kesimning ko'chishi qo'yidagicha aniqlanadi:

$$f = \sum \int \frac{M_x(z) \cdot \overline{M}_x(z)}{EJ_x} dz, \quad (3.24)$$

Bu yerda: f - izlanayotgan ko'chish,

$M_x(z)$ - uchastkadagi tashqi kuchlar ta'sirida yuzaga kelgan eguvchi momentning ifodasi,

$\overline{M}_x(z)$ - berilgan kesimga qo'yilgan birlik kuch ta'sirida yuzaga kelgan eguvchi momentning ifodasi. Chiziqli ko'chishlarni aniqlashda bu kuch, burchak ko'chishlarni aniqlashda esa bu moment.

<u>Ishlarning o'zaro bog'likligi to'grisidagi teorema</u>. Birinchi holatdagi F_i kuchning ikkinchi holatdagi F_k kuch qo'zg'atgan Δ_{ik} ko'chish bo'yicha bajargan ishi A_{ik} ikkinchi holatdagi F_k kuchning birinchi holatdagi F_i kuch qo'zg'atgan Δ_{ki} ko'chish bo'yicha bajargan ishi A_{ki} ga teng.

$$F_i \cdot \Delta_{ik} = F_k \cdot \Delta_{ki}, \quad (3.25)$$

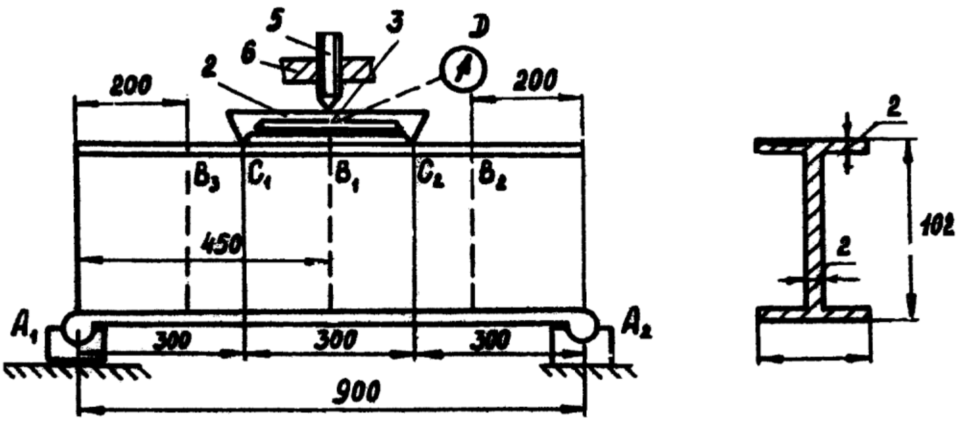
yoki

$$A_{ik} = A_{ki}, \quad (3.26)$$

<u>Kerakli asbob va uskunalar:</u>

Tajriba o'tkaziladigan qurilma, chizg'ich va qalam.

Tajriba o'tkaziladigan qurilma sxemasi 3.3 - shaklda ko'rsatilgan.

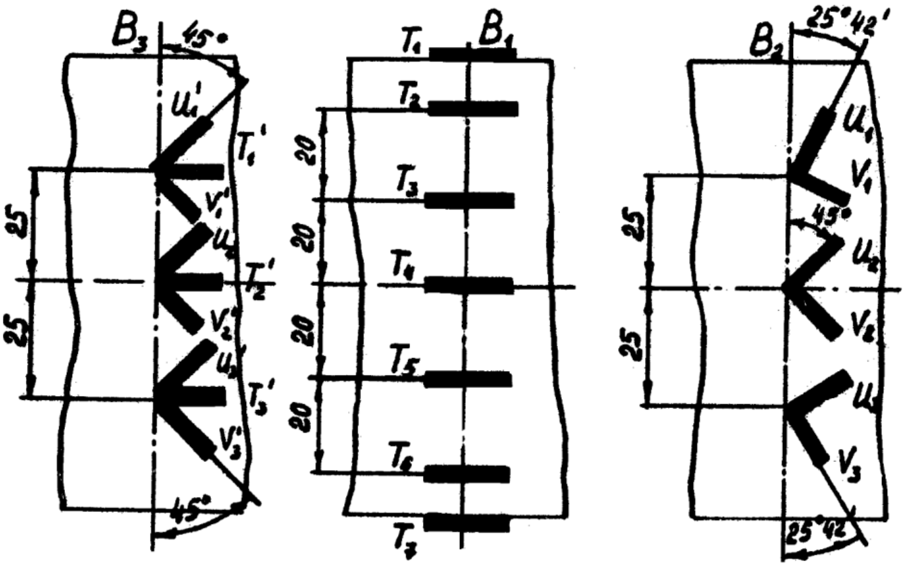


3.3 - shakl

Koromislo o'z navbatida to'sinni S_1 va S_2 kesimlarda bosadi. Bu kesimlar oralig'ida sof egilish paydo bo'ladi.

To'sinning balandligi bo'ylab V_1, V_2 va V_3 kesimlarda tenzorezistrolar joylashtirilgan (3.4 - shakl).

T_1, T_2, … , T_7 tenzodatchiklar sof egilish qismidagi bo'ylama tolalarning deformasiyalarini o'lchaydi. U_1, V_1, … ,U_3, va V_3 tenzodatchiklar esa B_2 kesimning nazariy yo'l bilan aniqlangan mos kuchlanishlar yo'nalishlarga mos keluvchi nuqtalardagi deformasiyalarni, $U`_1$, $T`_1$, $V`_1$, … ,$U`_3$, $T`_3$, $V`_3$ tenzodatchiklar esa tenzodatchiklar rozetkasini tashkil qilib, ular yordamida bosh kuchlanishlar va ularning qiymatlari aniqlanadi.



3.4 - shakl

<u>Namuna.</u>

Materiali - *D16 rusumli alyuminiy.*

O’lchamlari - $l = 900mm$, $h = 102mm$,

<u>Ishning bajarilish tartibi.</u>

1. To’sinning hisob sxemasi chizib olinadi va vintga *5 N* kuch qo’yilganda holga mos keluvchi kuchlar va momentlar epyuralari quriladi. Hisoblangan ma’lumotlar qo’yidagi jadvalga yozib olinadi:

3.1 – jadval.

Kesim	Kundalang kuch	Eguvchi moment
1	*2*	*3*
V_1	$Q_1(=0)$	M_1
V_2	Q_2	M_2
V_3	Q_3	M_3

2. Har bir kesim uchun qo’yidagi ko’rinishda jadvallar tayyorlanadi.

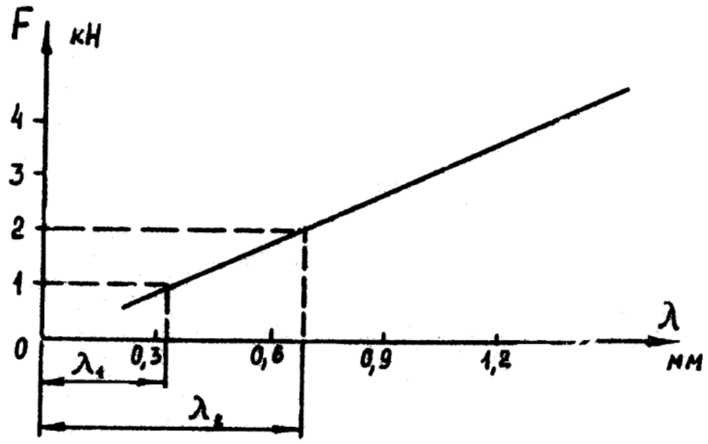
B_1 kesim uchun:

3.1 – jadval.

T ye n z o d a t ch i k l a r														
	T_1		T_2		T_3		T_4		T_5		T_6		T_7	
uk F,kN	Ind. ko’r	Far qi	Ind. ko’r	Far qi	Ind. ko’r	Far qi	Ind. ko’r s	Far qi	Ind. ko’r s	Far qi	Ind. ko’r s	Far qi	Ind. ko’r s	Far qi
									0	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
1 – tajriba														
	11	*12–* t_{11}	*21*	*22–* t_{21}	*31*	*32–* t_{31}	*41*	*42–* t_{41}	*51*	*52–* t_{51}	*61*	*62–* t_{61}	*71*	*72–* t_{71}
	12		*22*		*32*		*42*		*52*		*62*		*72*	

	13	13- t_{12}	23	23- t_{22}	33	33- t_{32}	43	43- t_{42}	53	53- t_{52}	63	63- t_{62}	73	73- t_{72}
2 – tajriba														

Vintda $F = 1\ kN$ yuk hosil qilinadi. Buning uchun 3.5 - shaklda ko'rsatiladigan grafik yordamida bu kuchga mos keluvchi indikator ko'rsatishi - λ vintni burab amalga oshiriladi.



3.5 - shakl

Jadvaldagi deformasiya o'lchagichlar ko'rsatishlari yozib olinadi va $F = 2\ kN$ yuk qo'yiladi. Barcha kesimlar uchun bu yukka mos keluvchi deformasiya o'lchagichlar ko'rsatishlari yozib olinadi. So'nggi marotaba $F = 3\ kN$ yuk qo'yilib, deformasiya o'lchagichlar ko'rsatishlari yozib olinadi.

Ma'lumotlarga ishlov berish.

1. Barcha tenzodatchiklar uchun deformasiya o'lchagichlar ko'rsatishlarining farqlari hisoblanib, birinchi va ikkinchi pag'ona yuklash uchun solishtirilib ko'riladi. Agar barcha hollarda katta farq bo'lmasa, ishlov berish davom ettiriladi. Aks holda tajriba ma'lumotlari noto'g'ri hisoblanadi.

B_2 kesim uchun:

3.2 – jadval.

uk F,kN	U_1 Ind. ko'r	Farqi	V_1 Ind. ko'r	Farqi	U_2 Ind. ko'r	Farqi	V_2 Ind. ko'rs	Farqi	U_3 Ind. ko'rs	Farqi	V_3 Ind. ko'rs	Farqi
									0	*1*	*2*	*3*
1 – tajriba												
	11	12- u_{11}	11	12- v_{11}	21	22- u_{21}	11	12- v_{11}	31	32- u_{31}	31	32- v_{31}
	12		12		22		12		32		32	

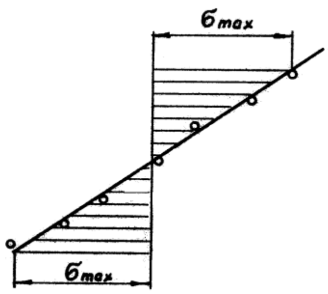
	13	13- u_{12}	13	13- v_{12}	23	23- u_{12}	13	13- v_{12}	33	33- u_{32}	33	33- v_{32}
2 – tajriba												

2. Barcha tenzodatchiklar uchun chiziqli deformasiyalar hisoblanadi.

$$\varepsilon_{t1} = \alpha(t_{13} - t_{11})$$

Bu yerda α - deformasiya o'lchagichlar birlik qiymatining xatoligi. Bu va quyidagi hisoblashlarni jadval shaklida olib borish ancha qulaylik yaratadi.

3. V_1 kesim uchun $F = 2\ kN$ yukka mos keluvchi normal kuchlanishning eng katta qiymati nazariy yo'l bilan hisoblanadi va bu qiymat bo'yicha normal kuchlanishlarning nazariy epyurasi quriladi (3.6 - shakl).



3.6 – shakl.

4. V_1 kesim uchun normal kuchlanishlar hisoblanadi.

$$\sigma_{t1} = E \cdot \varepsilon_{t1}$$
$$\sigma_{t2} = E \cdot \varepsilon_{t2}$$
$$\dots$$

Bu yerda: *Ye* – elastiklik moduli.

Yuqoridagi shakldagi epyuraga σ ga mos keluvchi nuqtalar (doirachalar) qo'yiladi.

B_3 kesim uchun:

3.3 – jadval.

T ye n z o d a t ch i k l a r																		
Yuk, kN	U'_1		T'_1		V'_1		U'_2		T'_2		V'_2		U'_3		T'_3		V'_3	
	Indikator ko'rsatgichi	Farqi	Indikator ko'rsatgichi	Farqi	Indikator ko'rsatgichi	Farqi	Indikator ko'rsatgichi	Farqi	Indikator ko'rsatgichi	Farqi	Indikator ko'rsatgichi	Farqi	Indikator ko'rsatgichi	Farqi	Indikator ko'rsatgichi	Farqi	Indikator ko'rsatgichi	Farqi
									0	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
1 – tajriba																		
	′11		′11		′11		′21		′21		′21		′21		′21		′21	

	u'_{12}	u'_{12}	t'_{12}	t'_{12} -	v'_{12}	v'_{12}	u'_{22}	u'_{22}	t'_{22}	t'_{22} -	v'_{22}	v'_{22}	u'_{32}	u'_{32}	t'_{32}	t'_{32} -	v'_{32}	V_{32}
	u'_{13}	u'_{13}	t'_{13}	t'_{13} -	v'_{13}	v'_{13}	u'_{23}	u'_{23}	t'_{23}	t'_{23} -	v'_{23}	v'_{23}	u'_{33}	u'_{33}	t'_{33}	t'_{33} -	v'_{33}	v'_{33}
2 – tajriba																		

5. u va v yo'nalishlar bo'yicha V_2 kesim uchun normal kuchlanishlarning qiymatlari hisoblanadi.

$$\sigma_{u1} = \frac{E}{1-\nu}\left(\varepsilon_{u1} + \nu \cdot \varepsilon_{v1}\right)$$

$$\sigma_{v1} = \frac{E}{1-\nu}\left(\varepsilon_{v1} + \nu \cdot \varepsilon_{u1}\right)$$

Bu yerda ν - Puasson koeffisenti.

6. 3.4 - jadvalning uchunchi ustuni bo'yicha va (3.17 … (3.21 formulalar yordamida V_3 kesim uchun bosh kuchlanishlar (σ_u^*, σ_v^*) va α burchak qiymatlari aniqlanadi.

7. (3.1), (3.2), (3.14) va (3.16) formulalar yordamida bu kuchlanishlarning nazariy qiymatlari hisoblanadi.

3.4 – jadval

Tenzo datchik		Indikator ko'rsatgichi farqi	Deformasiya	Kuchlanish	Bosh kuchlanishlar	Nazariy qiymati
	2	3	4	5	6	7
V_1 kesim	T_1	$t_{13} - t_{11}$	ε_{t_1}	σ_{t_1}	-	-
	T_2	$t_{23} - t_{21}$	ε_{t_2}	σ_{t2}	-	-
	T_3				-	-
	T_4				-	-
	T_5				-	-
	T_6				-	-
	T_7				-	-
2 kesi	U_1	$u_{13} - u_{11}$	ε_{u_1}	σ_{u_1}	-	-

	V_1				-	-
	U_2				-	-
	V_2				-	-
	U_3				-	-
	V_3	$v_{33} - v_{31}$	ε_{v_3}	σ_{v_3}	-	-
V_3 kesim	U_1	$u'_{13} - u'_{11}$	ε''_u	-	$\sigma^*_{u_1}$	$\sigma^н_{u_1}$
	T_1			-	$\sigma^*_{v_1}$	$\sigma^н_{v_1}$
	V_1			-	α_1	$\alpha^н_1$
	U_2			-	-	-
	T_2			-	-	-
	V_2			-	-	-
	U_3			-	-	-
	T_3			-	-	-
	V_3			-	-	-

Ishning bajarilganligi to'g'risidagi hisobot.

Ishning mavzusi, maqsadi ko'rsatiladi, namuna eskiz bilan qurilmaning sxemasi, texnik ko'rsatgichlari va ish jarayoni keltiriladi.

BAJARILGAN ISH YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI:

1. *Egilish deb nimaga aytiladi?*
2. *Tekis egilishning necha turi mavjud?*
3. *Tekis egilish nazariyasi qanaqani faraz va yo'l qo'yilishlarga asoslangan?*
4. *Qanaqani tayanch turlarini bilasiz?*
5. *Egilishda ichki kuch faktorlaridan qaysilari paydo bo'ladi va ular qanday aniqlanadi?*
6. *Sof egilish deb nimaga aytiladi?*
8. *Normal kuchlanish qanday aniqlanadi?*
9. *Kesimning qarshilik momenti nima?*
10. *Urunma kuchlanish qanday aniqlanadi?*

4-Mavzu. EGILISHDA KO'CHISHLARINI ANIQLASH

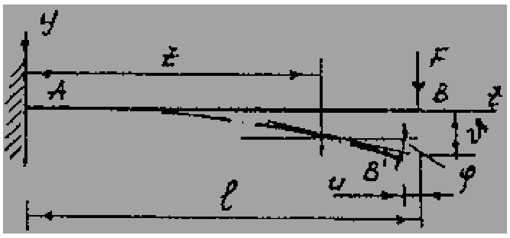
Ishning maqsadi: To'sinlarning egilishda ko'chishlarini, kundalang kesimining buralish burchagini aniqlash va ko'chishlarning o'zaro bog'liqligi to'g'risidagi teoremani tajriba yo'li bilan tekshirish.

Nazariy ma'lumotlar. Egilishga ishlayotgan to'sinlarni baholashda ularning ko'ndalang kesmida paydo bo'ladigan kuchlanishlarni bilish yetarli emas. Bu kuchlanishlar to'sinning mustahkamligini tekshirishga imkoniyat beradi. Ammo mustahkamligi yetarli bo'lgan to'sinlar bikrligi yetarli darajada bo'lmasligi tufayli foydalanishga yaroqsiz bo'lishi mumkin. To'sinning bikrligini tekshirish uchun esa uning o'qida yotuchi xarakterli no'qtalarning kuchlanishlarni topishni o'rganish kerak. To'sin o'zining o'qiga utkazilgan normal bo'yicha yo'nalgan tashqi kuch ta'sirida to'g'ri egiladi, balkaning o'qi kuch tekisligida bo'ladi. Deformasiyalangan to'sin o'qi elastik chiziq deyiladi. To'sinning deformasiyasi ikki miqdor bilan xarakterlanadi:

1. *Solqilik,* ya'ni to'sin o'qi no'qtalarining uning deformasiyalanmagan o'qiga perpendikulyar yo'nalishidagi ko'chishi;

2. *Buralish burchagi,* ya'ni har bir ko'ndalang kesimning neyral o'q atrofida o'zining boshlang'ich holatiga nisbatan buralish burchagi.

Solqilikni *v* harfi bilan, buralish burchagini esa *φ* harfi bilan belgilaymiz (4.1 - shakl), ko'rinib turibdiki, *v* miqdorga nisbatan ikkinchi tartibli kichik miqdor bo'lganligidan gorizantal solqilik *u* e'tiborga olinmasa ham bo'ladi.



4.1 - shakl

Tekis egilishda tusin kesimining chiziqli va burchak ko'chishlarini topishning bir necha usullari mavjud.

Boshlang'ich parametrlar usuli. *x* , *u* va *z* koordinata sistemasi kiritiladi. Bunda koordinata boshi chap yoki o'ng bulak ko'ndalang kesim yuzasi og'irlik markazida joylashishi mumkin (*z* o'qi bo'ylama, *u* o'qi esa tashqi kuch ta'sir tekisligi bo'ylab yo'naladi). Agar tashqi kuch va tayanch reaksiya kuchlari a_F va a_M koordinataga qo'yilgan to'plangan kuch *F* va moment *M* dan tashkil topgan bo'lsa, *z* koordinatasidagi kesimning ko'chishi qo'yidagicha aniqlanadi:

$$J_x E\cdot\delta_y(z) = EJ_x\cdot\delta_y(0) + EJ_x\theta_x(0)\cdot z + \sum M\frac{(z-a_M)^2}{2} + \sum F\frac{(z-a_F)^2}{6}, \qquad (4.1)$$

Bu yerda $\delta_u(0)$ va $\Theta_x(0)$ - koordinata boshidagi kesimning ko'chishi va buralish burchagi.

Agar koordinata boshi sharnirli tayanchga to'g'ri kelsa - $\delta_u(0) = 0$, agar bikr tayanchga to'g'ri kelsa - $\delta_u(0) = \Theta_x(0) = 0$ bo'ladi.

Z koordinatali kesimning buralish burchagi qo'yidagicha topiladi:

$$EJ_x \cdot \theta_x(z) = EJ_x\theta_x(0) + \sum M(z - a_M) + \sum F\frac{(z-a)^2}{2}, \qquad (4.2)$$

Agar boshlang'ich parametrlar $\delta_u(0)$ va $\Theta_x(0)$ noma'lum bo'lsa, u holda ular qiymatlari ma'lum bo'lgan kesimning koordinatalarini qo'yib, ( ) va ( ) formulalar bilan birgalikda yechiladi.

<u>*Maksvell-Mor formulasi.*</u> Berilgan kesimning ko'chishi qo'yidagicha aniqlanadi:

$$f = \sum\int\frac{M_x(z)\cdot \overline{M}_x(z)}{EJ_x}dz, \qquad (4.3)$$

Bu yerda f - izlanayotgan ko'chish,

$M_x(z)$ - uchastkadagi tashqi kuchlar ta'sirida yuzaga kelgan eguvchi momentning ifodasi,

$\overline{M}_x(z)$ - berilgan kesimga qo'yilgan birlik kuch ta'sirida yuzaga kelgan eguvchi momentning ifodasi. Chiziqli ko'chishlarni aniqlashda bu kuch, burchak ko'chishlarni aniqlashda esa bu moment.

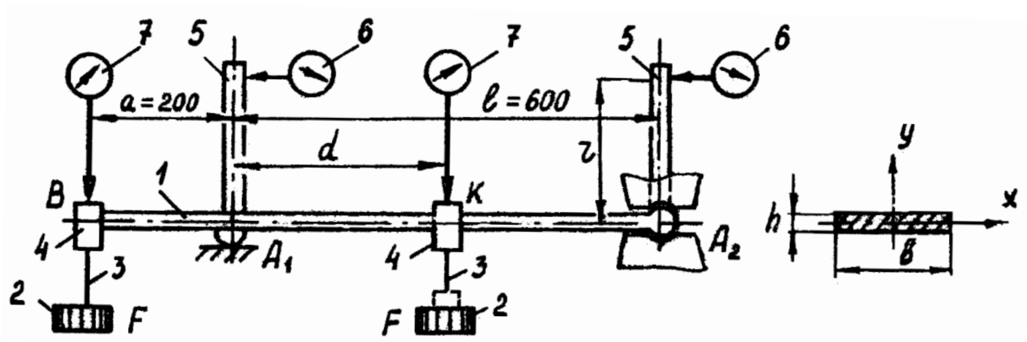
<u>***Kerakli asbob va uskunalar:***</u>

Tajriba o'tkaziladigan qurilma, chizg'ich va qalam.

Tajriba o'tkaziladigan qurilma sxemasi 4.2 - shaklda ko'rsatilgan.

Sharnirli qo'zg'aluvchan (A_1) va sharnirli qo'zg'almas (A_2) tayanchlarga o'rnatilgan to'sin uning V va K kesimlariga qo'yilgan F yuk ta'sirida egiladi.

Soat tipidagi indikatorlar *6* to'singa qo'zg'almas qilib o'rnatilgan tayoqchalarni *5* ko'chishni ko'rsatadi. Bu ko'rsatgichlar yordamtda tayanch kesimlarining buralish burchagi aniqlanadi.



4.2 - shakl

A_1 tayanchda d masofada o'rnatilgan indikator *7* esa K yoki V kesimlarning ko'chishini ko'rsatadi.

<u>***Namuna.***</u>

Materiali – *po'lat (St65)*

To'sinning o'lchamlari: $V = 30$ *mm*, $h = 4$ *mm*, $r = 100$ mm.

<u>***Ishning bajarilish tartibi.***</u>

1. Yukning K va V kesimlarga qo'yilgan holatlari uchun hisob sxemalari chizib olinadi va bu holatlar uchun ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyuralari quriladi.

Tajribada olinadigan ma'lumotlar uchun qo'yidagi ko'rinishda jadval tayyorlanadi.

4.1 – jadval

Yuk, *F,n*		*K* kesimning ko’chishi		*V* kesimning ko’chishi		*K* kesimning buralish burchagi		*V* kesimning buralish burchagi	
K kesimda	*V* kesimda	Indikator ko’rsatgichi	Farqi	Indikator ko’rsatgichi	Farqi	Indikator ko’rsatgichi	buralish burchagi	Indikator ko’rsatgichi	buralish burchagi
1 - tajriba									
		t_{K1}	$\delta_K = t_{K2} - t_{K1}$	t_{V1}	$\delta_B = t_{B2} - t_{B1}$	h_{11}	$\frac{h_{12} - h_{11}}{r}$	h_{21}	$\frac{h_{22} - h_{21}}{r}$
		t_{K2}		t_{V2}		h_{12}		h_{22}	
		t'_{K1}	$\delta'_K = t'_{K2} - t'_{K1}$	t'_{V1}	$\delta'_B = t'_{B2} - t'_{B1}$	h'_{11}	$\frac{h'_{12} - h'_{11}}{r}$	h'_{21}	$\frac{h'_{22} - h'_{21}}{r}$
		t'_{K2}		t'_{V2}		h'_{12}		h'_{22}	
2 - tajriba									
			…		…		…		…

2. Yuk qo’yilmasdan oldin indikator ko’rsatishlari (t_{k1}, t_{B1}, h_{11}, h_{21}) yozib olinadi.

3. *K* kesimga (*F=20 … 30 n*) yuk qo’yiladi va indikator ko’rsatishlari (t_{k2}, t_{B2}, h_{12}, h_{22}) yozib olinadi.

4. Yuk olib tashlanadi va yana indikator ko’rsatishlari yozib olinadi.

5. Yuk *V* kesimga qo’yiladi va yuqorida bajarilgan ishlar yana bir marotaba takrorlanadi.

<u>Ma’lumotlarga ishlov berish.</u>

1. K, V kesimning ko’chishi va A_1; A_2 kesimning buralish burchagi aniqlanadi

$$\delta_\kappa = t_{k2} - t_{k1}, \qquad (4.4)$$

$$\varphi_{A1} = \frac{h_{12} - h_{11}}{r}, \qquad (4.4)$$

2. Olingan ma’lumotlarning o’rtacha qiymatlari hisoblanadi.

3. To’sinning egilgan holati (*K* va *V* kesimlar uchun) chiziladi va topilgan qiymatlar ko’rsatiladi.

4. K kesimga qo’yilagan *F* kuch ta’siridagi *V* kesimning ko’chishini *V* kesimga qo’yilgan *F* kuch ta’siridagi *K* kesimning ko’chishiga taqqoslanadi.

5. Bu ishda o’rganilgan ko’chishlarning qiymatlari nazariy yo’l bilan aniqlanadi va tajribada olingan ma’lumotlar bilan taqqoslanadi.

<u>Ishning bajarilganligi to’g’risidagi hisobot.</u>

Ishning mavzusi, maqsadi ko’rsatiladi, namuna eskiz bilan qurilmaning sxemasi, texnik ko’rsatgichlari va ish jarayoni keltiriladi.

BAJARILGAN ISH YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI:

1. *To'sin tekis egilganda qanaqangi deformasiyalar vujudga keladi?*
2. *Solqilik nima?*
3. *To'sin kesimning buralish burchagi nima?*
4. *To'sin egilgan o'qining differensial tenglamasini ta'riflab bering*
5. *Egilishda deformasiyalarni aniqlashning yana qanaqangi usullarini bilasiz?*

5-Mavzu. MURAKKAB QARSHILIKLARNI O'RGANISH

Ishning maqsadi: Qiyshiq egilish misolida murakkab qarshilikni o'rganish, qiyshiq egilishda kuchlanish va ko'chishlarni topish.

Nazariy ma'lumotlar. To'rtburchak kesimli sterjenlarning qiyshiq egilishida eng katta normal kuchlanilar qo'yidagicha topiladi:

$$|\sigma_{\max}| = \frac{|M_x|}{W_x} + \frac{|M_y|}{W_y}, \tag{5.1}$$

bu yerda: M_x va M_y - kesimning bosh inersiya o'qlari - x va y ga nisbatan eguvchi momentlar;

W_x va W_y - mos ravishda qarshilik momentlari.

Sterjen kesimining ko'chishi har bir bosh tekislar - xz va yz uchun ma'lum usullar yordamida alohida hisoblanadi va ularning yig'indisi olinadi. Masalan, 6.1 – shaklda ko'rsatilgan sxema uchun ko'chishlar ko'yidagicha aniqlanadi:

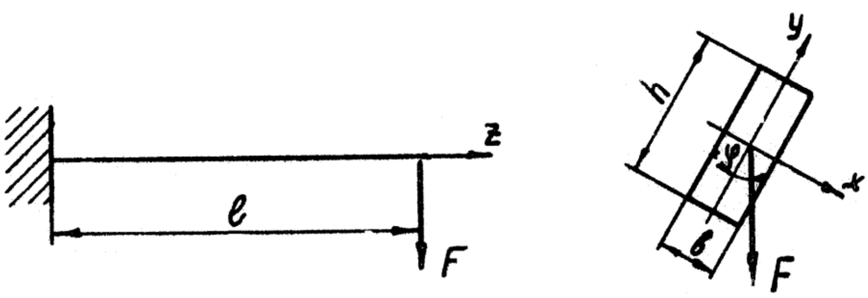
$$\delta_x = \frac{F \cdot \sin\varphi \cdot l^3}{3 \cdot EJ_y}, \tag{5.2}$$

$$\delta_y = \frac{F \cdot \cos\varphi \cdot l^3}{3 \cdot EJ_x}, \tag{5.3}$$

bu yerda

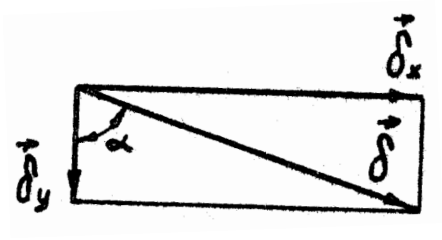
$$J_x = \frac{b \cdot h^3}{12}, \tag{5.4}$$

$$J_y = \frac{b^3 \cdot h}{12}, \tag{5.5}$$



5.1 - shakl

Ko'chishning to'liq vektori 5.2 - shaklda ko'rsatilgan



5.2 - shakl

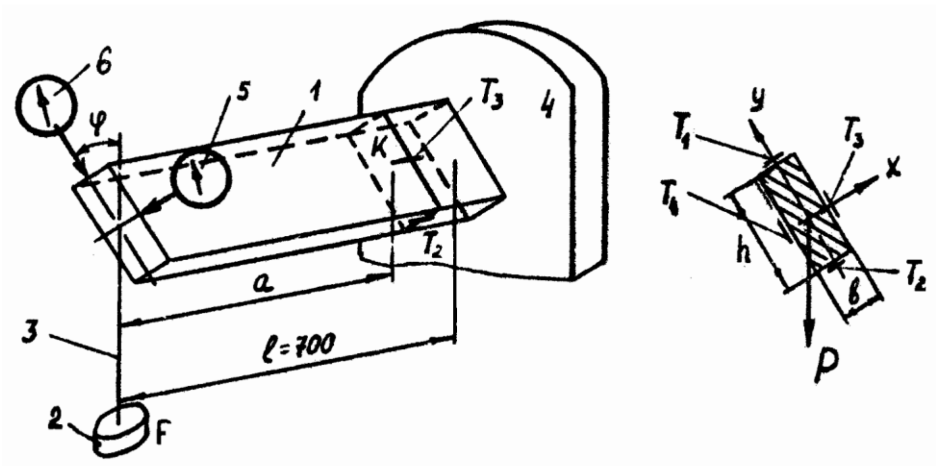
α burchakning qiymati qo'yidagicha topiladi:

$$tg\alpha = \frac{\delta_x}{\delta_y} = \left(\frac{h}{b}\right)^2 tg\varphi , \qquad (5.6)$$

Kerakli asbob va uskunalar:

Tajriba o'tkaziladigan qurilma, chizg'ich va qalam.

Tajriba o'tkaziladigan qurilma sxemasi 6.3 - shaklda ko'rsatilgan.



5.3 - shakl

Namuna *1* ustun *4* ga qo'zg'almas qilib o'rnatilgan. Sterjenning bosh inersiya o'qi ordinata koordinata o'qi *(u)* bilan φ burchak ostida joylashgan. Sterjenga uning uchiga o'rnatilgan yuk osiladi va bu kesimning ko'chishlari o'sha kesimga o'rnatilgan (*5* va *6*) indikatorlar yordamida o'lchanadi.

Sterjen uchidan *a* masofada joylashgan *K* kesimga T_1, T_2 , … tenzorezistorlar o'rnatilagan. Ular yordamida bo'ylama tolalardagi defomasiyalar o'lchanadi.

Namuna.

Sterjen materiali – *po'lat (St.45)*

O'lchamlari: *b = 12 mm,   h = 24 mm.*

Ishning bajarilish tartibi:

1. Tajribada olingan ma'lumotlar uchun jadval tayyorlanadi

2. Yuk qo'yilmagan paytda (*F = 0*) indikatorlar ko'rsatishlari (U_1 , V_1) va deformasiya o'lchagichlar ko'rsatishlari (t_{11} ,t_{21} ,… t_{41}) yozib olinadi.

3. Yuk *10 N* pog'ona bilan oshirilib boriladi va har bir pog'onaga mos keluvchi o'lchov asboblarining ko'rsatilishi yozib boriladi.

4. Tajriba *F = 30 N* da to'xtatiladi va yana takrorlanadi.

<u>Ma'lumotlarga ishlov berish:</u>

1. DEformasiya o'lchagichlar ko'rsatishlarining har bir pog'onadagi o'zgarishlari hisoblanadi. Bu ma'lumotlar ($t_{12} – t_{11}$ va $t_{13} – t_{12}$, $t_{14} – t_{13}$ *va* $t_{13} – t_{12}$ va hakozalar) bir-biriga yaqin bo'lishi lozim, aks holda tajribada olingan ma'lumotlar noto'g'ri hisoblanadi.

2. K kesimdagi eng katta kuchlanishning tajribada olingan qiymati qo'yidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\sigma_{\max}^{m} = E\cdot\alpha\left[\frac{(t_{14}-t_{11})+(t_{24}-t_{21})}{2}+\frac{(t_{34}-t_{31})+(t_{44}-t_{41})}{2}\right], \qquad (5.7)$$

bu yerda *Ye* – elastiklik moduli,

α - DU xatoligi

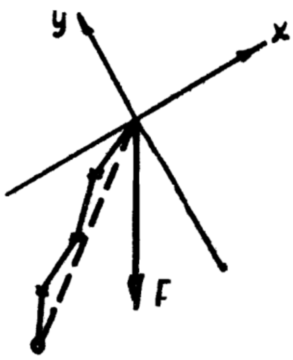
3. F = 30 N ga to'g'ri keluvchi eng katta kuchlanish nazariy yo'l bilan (5.1) formula yordamida hisoblanadi va $\sigma_{\max}^{m}$ bilan toqqoslanadi.

4. Har bir pog'onada bosh o'qlar (*x* va *u*) bo'yicha sterjen uchining ko'chishi hisoblanadi

$$\delta_{Xi} = u_{i+1} - u_i$$
$$\delta_{Yi} = v_{i+1} - v_i , \qquad (5.8)$$

5. 5.4 - shaklda ko'rsatilgandek sxema chizib olinib, unga to'sin uchining harakat yo'li (yoki ko'chish yo'li) ko'rsatiladi.

6. F = 30 N ga mos keladigan ko'chishning eng katta qiymati (nazariy qiymatlari) $\delta^n{}_X$ va $\delta^n{}_U$ hisoblanadi ((5.2) va (5.3)), grafikka bu koordinatalarni ifodalovchi nuqta aniqlanadi va u koordinata boshi bilan tutashtiriladi (5.4 – shakldagi doiracha).



5.4 - shakl

7. Ko'chish yo'nalishi bilan ordinata o'qi orasidagi burchak nazariy yo'l bilan va tajribada aniqlanadi.

<u>Ishning bajarilganligi to'g'risidagi hisobot.</u>

Ishning mavzusi, maqsadi ko'rsatiladi, namuna eskiz bilan qurilmaning sxemasi, texnik ko'rsatgichlari va ish jarayoni keltiriladi.

4.10.1. - jadval

Y uk F ,N	Sterjen uchining ko'chishi				D ye f o r m a s i ya l a r							
	x o'qi bo'yicha		*u* o'qi bo'yicha		T_1 tenzo datchik		T_2 tenzo datchik		T_3 tenzo datchik		T_4 tenzo datchik	
	Ind. ko'rsatishi	Ko'chish - δ_x	Ind. ko'rsatishi	Ko'chish - δ_x	DU ko'rsatishi	Farqi	DU ko'rsatishi	Farqi	DU ko'rsatishi	Farqi	DU ko'rsatishi	Farqi
1 - tajriba												
(	1		1		11		21		31		41	
0 1	2	2- u_1	2	2- v_1	12	12-t_{11}	22	22-t_{21}	32	32-t_{31}	42	42-t_{41}
0 2	3		3		13		23		33		43	
0 3	3	4- u_1	4	4- v_1	14	14-t_{13}	24	24-t_{23}	34	34-t_{34}	44	44-t_{43}
2 - tajriba												
.												

BAJARILGAN ISH YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI:

1. *Murakkab qarshilik qaysi hollarda yuzaga keladi?*
2. *Murakkab qarshilikning qanaqanggi xususiy hollarini bilasiz?*
3. *Qiyshiq egilish nima?Qiyshiq egilishda kuchlanishlar qanday hisoblanadi?*
4. *Markaziy bo'lmagan cho'zilish (qisilish) nima? Markaziy bo'lmagan cho'zilish (qisilish)da kuchlanishlar qanday hisoblanadi?*
5. *Buralish bilan egilishning birgalikdagi ta'siri sterjenga qanday kuchlar qo'yilganda hosil bo'ladi?*
6. *Buralish bilan egilishdan hosil bo'lgan urinma kuchlanishlarning ko'ndalang kesim balandligi bo'yicha taqsimlanish qonunida qanday farq bor?*

Mavzu. QISILGAN STERJENLARNING BO'YLAMA EGILISHINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: Bo’ylama kuch bilan sterjenning eng katta egilishi orasidagi bog’lanishni aniqlash; Ko’ndalang-bo’ylama egilishda olingan ma’lumotlar bo’yicha kritik kuchni hisoblash.

Nazariy ma’lumotlar. Markaziy siqilgan sterjenning bo’ylama egilishida kritik (Eyler) kuchi qo’yidagicha aniqlanadi:

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(\mu \cdot l)^2}, \tag{6.1}$$

bu yerda: J_{min} - kesimning eng kichik bosh inersiya momenti;

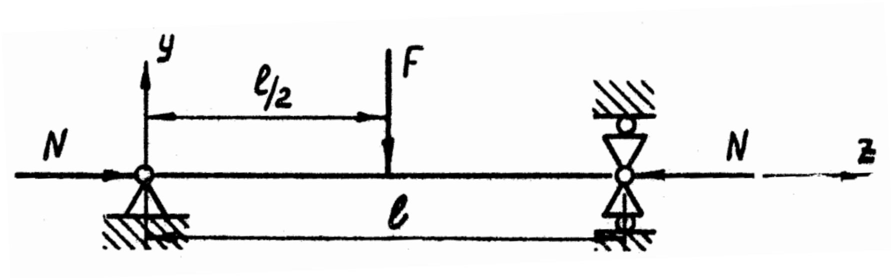
l - sterjen uzunligi;

μ - keltirilgan uzunlik koeffisiyenti.

μ ning qiymati tayanchlarning turlariga va yuklash xarakteriga bog’liq.

Bo’ylama-kundalang egilish. Bu egilishda to’sinning ko’chishi bilan kuch orasidagi chiziqli bog’liqlik yo’qoladi. Masalan, 6.1 - shaklda ko’rsatilgan yuklash uchun to’sinning o’rta kesimidagi ko’chish qo’yidagicha aniqlanadi:

$$\delta_{\max} = \frac{F \cdot l}{48 \cdot EJ_x} \cdot \frac{1}{1 - \frac{F}{F_{кр}}}, \tag{6.2}$$

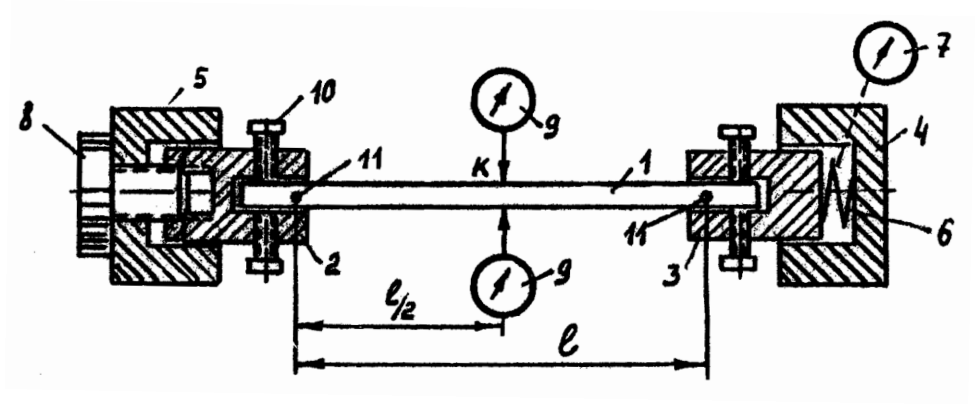


6.1 – shakl

Kesimi to’rtburchak shaklidagi sterjen *1* sharnirlar yordamida *2* va *3* kallaklarga o’rnatilgan. *3* kallak dinamometr prujinasi *6* orqali qo’zg’almas tayanchga tiraladi. Vint *8* buralganda kallak *2* qo’zg’almas ustun *5* ga nisbatan siljiydi. Vintning sterjenni siquvchi bosim kuchini dinamometr shkalasi yordamida o’lchanadi. Sterjenning o’rta kesimi *K* kesimning solqiligini strelkali indikator *9* yordamida o’lchanadi. *K* kesimga qisuvchi vintlar ham o’rnatilishi mumkin. Sharnirli tayachnlar vint *10* ni burash orqali bikr tayanchga aylantirilishi mumkin. Sterjenning *1* o’rta kesimiga xomut *12* o’rnatilgan bo’lib, blok *13* orqali trosga *14* osilgan yuk *15* yordamida unga ko’ndalang ta’sir etuvchi kuch yuzaga keltiriladi.

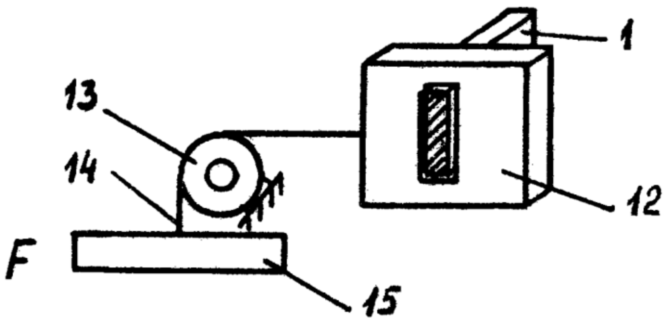
Kerakli asbob va uskunalar:

Tajriba o’tkaziladigan qurilma, chizg’ich va qalam.



6. 2 - shakl

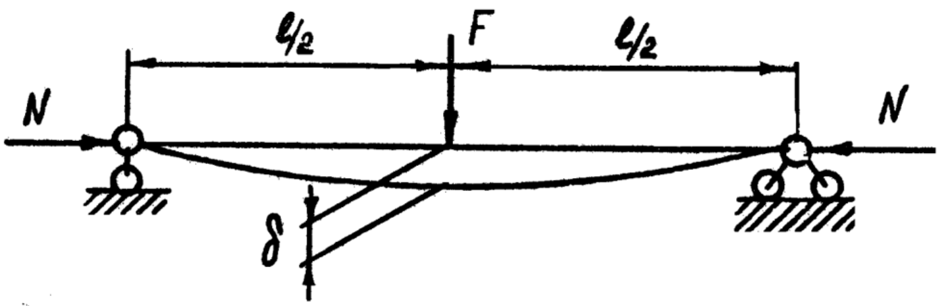
Namuna. *Namuna* - po'latdan *(St 65)* tayyorlangan, ko'ndalang kesimining o'lchamlari: $b = 35$ *mm*, $h = 2$ *mm* (yoki *2,5 mm*), o'qlar orasidagi masofa $l = 500$ *mm*.



6. 3 – shakl

Ishning bajarilish tartibi:

1. Tajribada olinadigan ma'lumotlarni yozib olish uchun quyidagi ko'rinishda jadval tayyorlanadi.
2. Quyidagi ko'rinishda hisob sxemasi chizib olinadi:



5. 4 – shakl

6.1 – jadval

Bo'ylama kuch N, n	O'rtadagi solqilik			δ_0 / δ_e	$N_{кр} =$ — 1-
	indikator ko'rsatishi	tajribada	nazariyada		
0					
20					
40					
60					
80					
100					

Ikkala kallakdagi vintlar mahkamlanadi. Sterjen *F=2,5 N* kuch bilan yuklanadi va indikatorlardan birining *(t_1)* ko'rsatishi yozib olinadi. *8* vintni burash yordamida (6.2 - shakl) o'qiy kuch pog'onali *20* n bilan oshirilib boriladi va har bir pog'onaga mos keluvchi indikator ko'rsatishlari yozib boriladi. Bu yuklash dinamometr shkalasi bo'yicha nazorat qilib boriladi.

<u>Ma'lumotlarga ishlov berish:</u>

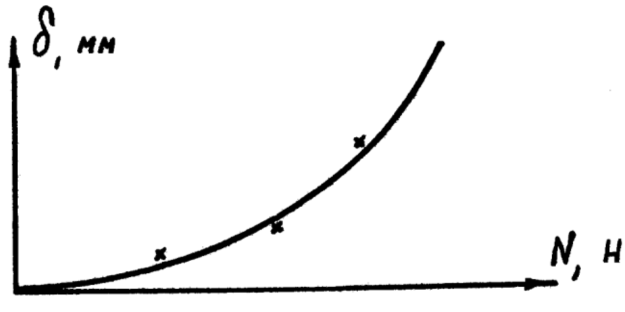
1. Yuklanishning har bir pog'onasidan keyin to'sinning solqiligi hisoblanadi (jadvalning uchunchi ustuni).
2. Sterjenning o'rta kesimining solqiligi nazariy yo'l bilan hisoblanadi:

$$\delta_0 = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot EJ_x}, \tag{6.3}$$

bu yerda *Ye* - elastiklik moduli.

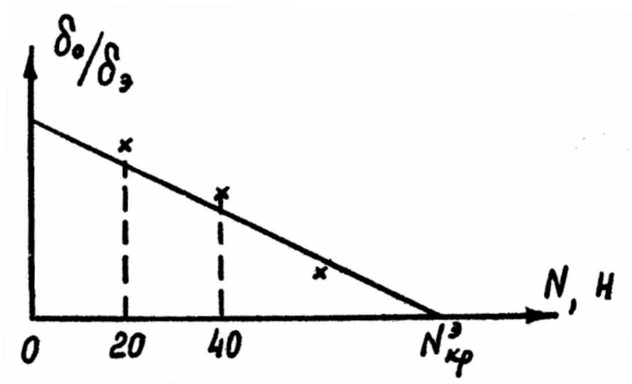
3. Yuklanish har bir pog'onasidan keyin solqilikning nazariy qiymati (6.2) va (6.1) formulalar yordamida hisoblanadi.
4. N - δ_n bog'lanish grafigi qo'riladi va unda tajribada olingan qiymatlar ham nuqtalar ko'rinishida ko'rsatiladi (6.5 -shakl)
5. (6.2) formuladan kelib chiqadigan quyidagi ifoda yordamida tajribada olingan ma'lumotlar bo'yicha kritik kuchning qiymati hisoblanadi:

$$N_{кр} = \frac{N}{1 - \dfrac{\delta_0}{\delta_э}}, \tag{6.4}$$



6.5-shakl

6. δ_0 / δ_e kattalikning N bo'yicha bog'liklik grafigi (6.6 -shakl) quriladi. Grafik yordamida $N^э_{кр}$ topiladi (N o'q bilan to'g'ri chiziqning kesishish nuqta absissasi).



6.6 – shakl

Ishning bajarilganligi to'g'risidagi hisobot.

Ishning mavzusi, maqsadi ko'rsatiladi, namuna eskiz bilan qurilmaning sxemasi, texnik ko'rsatgichlari va ish jarayoni keltiriladi. Bo'ylama kuchning ortishi bilan solqilikning o'zgarishi, nazariy va amalda aniqlangan qiymatlarning o'zaro mosligi baholanadi.

BAJARILGAN ISH YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI:

1. Qisilgan sterjenlar ustivorligining yuqolish belgilari nimadan iborat?
2. Qanday kuch kritik kuch deb ataladi? Kritik kuchlanish nima?
3. Sterjenlarning egiluvchanligi nima?
4. Eyler formulasi qanday ko'rinishga ega?
6. Sterjenning uzunligi bilan uning kesim bikrligi kritik kuch qiymatiga qanday ta'sir ko'rsatadi?

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. K.M.Mansurov «Materiallar qarshiligi», Toshkent «O'qituvchi», 1983, 504b.
2. M.T.O'rozboyev «Materiallar qarshiligi kursi», Toshkent: «O'qituvchi», 1979, 510b.
3. R.S.Kinososhvili. Soprotivleniye materialov.- M.: Mashinostroyeniye, 1975.
1. «Materiallar qarshiligi» (A.F.Smirnov tahriri ostida) Toshkent: «O'qituvchi» 1988, 464b.
2. N.M.Beleyav va boshqalar «Materiallar qarshiligidan masalalar to'plami». Toshkent «O'zbekiston», 1993y.
3. A.V.Darkov, G.S.Shpiro «Soprotivleniye materialov», M.: 1975.
4. «Soprotivleniye materialov». (Pod общ. red. A.F.Smirnova) M.: «Vысshaya shkola» 1975
5. Ostonov T.Q. «Materiallar qarshiligi fanidan leksiyalar kursi» 2007 108b.
3. Alai S.I. i dr. Praktikum po mashinovedeniyu- M.: Vысsh. shk., 1987. 305s.
6. Materiallar qarshiligi// Elektron o'quv-uslubiy majmua. Tuzuvchi Ostonov T.Q. - bayt
7. Saytlar:
(http://books.listsoft.ru/book.asp?codq866108rpq48&upq1,
http://www.techno.edu.ru/db/msq/12561.html).
9. Elektron versiyadagi adabiyotlar:
1. K.M.Mansurov «Materiallar qarshiligi», Toshkent «O'qituvchi», 1983, 504b.
2. «Soprotivleniye materialov». (Pod общ. red. A.F.Smirnova) M.: «Vысshaya shkola» 1975