O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
TA’LIM VA ILM - FAN VAZIRLIGI
TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA AGROTEXNOLOGIYALAR UNIVERSITETI

ALLANAZAROV QO‘LDOSH OLIMOVICH

MATERIALLAR QARSHILIGI

(amaliy mashg‘ulotlarni bajarish bo‘yicha)

Uslubiy qo‘llanma.

Termiz-2026

UDK 539.4(076)
KBK 30.121я7
A–45

Q.O.Allanazarov.MATERIALLAR QARSHILIGI (amaliy mashg‘ulotlarni bajarish bo‘yicha).Uslubiy qo‘llanma.Termiz publishing center nashriyoti- 2026. 115 b.

ANNOTATSIYA

Mazkur **“Materiallar qarshiligi” (amaliy mashg‘ulotlarni bajarish bo‘yicha)** uslubiy qo‘llanma oliy ta’lim muassasalarining 60730300 – Qurilish muhandisligi, 60730700 – Qurilish materiallari, buyumlari va konstruksiyalarini ishlab chiqarish hamda 60730100 – Arxitektura (turlari bo‘yicha) ta’lim yo‘nalishlarida tahsil olayotgan talabalar uchun mo‘ljallangan bo‘lib, “Materiallar qarshiligi” fanidan nazariy bilimlarni mustahkamlash, amaliy mashg‘ulotlarni mustaqil bajarish hamda muhandislik hisoblash ko‘nikmalarini shakllantirishga yo‘naltirilgan.

Uslubiy qo‘llanmada konstruksiya elementlariga ta’sir etuvchi tashqi kuchlar va yuklamalar, ichki kuch omillari, kuchlanish va deformatsiyalarni aniqlash, hisobiy sxemalarni tuzish, tayanch reaksiyalarini hisoblash, ichki kuchlar epyuralarini qurish hamda konstruksiya elementlarini mustahkamlik, bikrlik va ustuvorlik shartlari asosida hisoblashga oid nazariy ma’lumotlar va amaliy masalalar yoritilgan. Shuningdek, amaliy mashg‘ulotlarni bajarish jarayonida hisoblash usullarini to‘g‘ri tanlash, formulalardan foydalanish, olingan natijalarni tahlil qilish va muhandislik nuqtayi nazaridan asoslangan xulosalar chiqarishga alohida e’tibor qaratilgan.

Mazkur uslubiy qo‘llanma tegishli ta’lim yo‘nalishlarining o‘quv rejasi va fan dasturi asosida tayyorlangan bo‘lib, talabalarning mustaqil fikrlashini rivojlantirish, nazariy bilimlarni amaliyot bilan integratsiyalash, muhandislik masalalarini bosqichma-bosqich yechish hamda kasbiy kompetensiyalarini takomillashtirishga xizmat qiladi. Qo‘llanmada keltirilgan hisoblash namunalari, amaliy topshiriqlar, chizmalar va nazorat savollari talabalarning bilimlarini mustahkamlash hamda amaliy mashg‘ulotlarni samarali tashkil etishga yordam beradi.

Masul muharrir:

U.A. Eshquvvatov Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsent, Pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)

Taqrizchilar:

R.Q. Xudoykulov Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti Bino va inshootlar qurilishi kafedrasi mudiri v.b dotsenti, Pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)

G‘.F. Raimov Termiz davlat pedagogika instituti Fizika kafedrasi dotsenti, pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

ISBN: 978-9910-13-595-8

© Q.O.Allanazarov, 2026
©Termiz publishing center nashriyoti 2026 y.

KIRISH

Mamlakatimizda qurilish, sanoat, transport, energetika va muhandislik infratuzilmasini rivojlantirish, zamonaviy bino va inshootlarni barpo etish, ishlab chiqarish jarayonlariga innovatsion texnologiyalarni joriy etish hamda mavjud konstruksiyalarning ishonchliligini oshirish masalalari muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu vazifalarni samarali amalga oshirish yuqori malakali, mustaqil fikrlaydigan, nazariy bilimlarini amaliy faoliyat bilan uyg‘unlashtira oladigan, murakkab muhandislik masalalariga ilmiy asoslangan yechimlar topishga qodir mutaxassislarni tayyorlashni talab etadi. Ayniqsa, qurilish va muhandislik yo‘nalishlarida tahsil olayotgan talabalarning konstruktiv fikrlashi, hisoblash ko‘nikmalari, texnik tahlil qilish qobiliyati hamda kasbiy kompetensiyalarini shakllantirish oliy muhandislik ta’limining ustuvor vazifalaridan biridir.

Muhandislik fanlari tizimida “Materiallar qarshiligi” fani alohida o‘rin egallaydi. Mazkur fan tashqi kuchlar ta’sirida konstruksiya elementlarida yuzaga keladigan ichki kuchlar, kuchlanishlar va deformatsiyalarni o‘rganish, ularning mustahkamligi, bikrligi hamda ustuvorligini baholashning nazariy va amaliy asoslarini o‘z ichiga oladi. Har qanday bino va inshoot, mashina yoki mexanizmni loyihalashda uning belgilangan yuklamalar ta’sirida xavfsiz ishlashi, o‘z geometrik shakli va funksional xususiyatlarini saqlab qolishi muhim hisoblanadi. Shu sababli materiallar qarshiligi qonuniyatlarini chuqur o‘zlashtirish bo‘lajak muhandislarning kasbiy tayyorgarligini ta’minlovchi asosiy omillardan biridir.

Ma’lumki, zamonaviy qurilish amaliyotida bino va inshootlarning yuk ko‘taruvchi elementlari turli murakkab kuchlanish-deformatsiyalanish holatlarida ishlaydi. Ustunlar siqilish, to‘sinlar egilish, tortqilar cho‘zilish, vallar buralish, ayrim konstruktiv elementlar esa bir vaqtning o‘zida bir necha turdagi kuchlar ta’sirida bo‘lishi mumkin. Bunday sharoitlarda konstruksiya elementlarining xavfsizligini ta’minlash, materiallarning mexanik xususiyatlarini hisobga olish, yuklamalarni to‘g‘ri aniqlash va ratsional konstruktiv yechimlarni tanlash muhandisdan puxta nazariy bilim bilan bir qatorda mukammal amaliy tayyorgarlikni ham talab etadi.

“Materiallar qarshiligi” fanining asosiy vazifalaridan biri konstruksiya elementlarini mustahkamlik, bikrlik va ustuvorlik shartlari asosida hisoblash usullarini

o‘rgatishdan iborat. Mustahkamlik konstruksiya elementining tashqi kuchlar ta’sirida buzilmasdan ishlash qobiliyatini ifodalasa, bikrlik uning deformatsiyalanishga qarshilik ko‘rsatish xususiyatini tavsiflaydi. Ustuvorlik esa konstruksiyaning muvozanat holatini saqlash qobiliyatini anglatadi. Ushbu uchta asosiy talabning birgalikda bajarilishi bino va inshootlarning ishonchli, xavfsiz va uzoq muddat xizmat qilishini ta’minlashda muhim o‘rin tutadi.

Muhandislik konstruksiyalarini loyihalashda faqat ularning mustahkamligini ta’minlash bilan cheklanib qolmasdan, materiallardan oqilona foydalanish, konstruksiya massasini kamaytirish, iqtisodiy samaradorlikni oshirish va ekspluatatsiya jarayonidagi xavfsizlikni kafolatlash ham zarur. Konstruksiya elementlarining ko‘ndalang kesimlarini asossiz ravishda kattalashtirish material sarfining ortishiga olib keladi, ularni me’yordan kichik tanlash esa konstruksiyaning ishonchliligini pasaytirishi mumkin. Shuning uchun muhandislik hisoblarining asosiy maqsadi konstruksiyaning texnik, iqtisodiy va ekspluatatsion talablariga javob beradigan maqbul yechimlarni aniqlashdan iboratdir.

“Materiallar qarshiligi” fani matematika, fizika, nazariy mexanika, muhandislik grafikasi va materialshunoslik fanlari bilan uzviy bog‘liq bo‘lib, keyingi bosqichlarda o‘rganiladigan qurilish mexanikasi, metall konstruksiyalar, temir-beton konstruksiyalar, mashina detallari hamda boshqa maxsus muhandislik fanlarini o‘zlashtirish uchun ilmiy-nazariy asos yaratadi. Mazkur fan orqali talabalar kuchlar sistemasini tahlil qilish, hisobiy sxemalar tuzish, tayanch reaksiyalarini aniqlash, ichki kuch omillarini hisoblash, kuchlanish va deformatsiyalarni baholash, konstruktiv elementlarning o‘lchamlarini tanlash kabi muhim muhandislik ko‘nikmalarini egallaydilar.

Fanni samarali o‘zlashtirishda amaliy mashg‘ulotlarning o‘rni nihoyatda katta. Nazariy mashg‘ulotlarda o‘rganilgan qonuniyatlar, gipotezalar, matematik ifodalar va hisoblash usullarining mazmuni amaliy masalalarni yechish jarayonida yanada chuqurroq anglanadi. Talaba muayyan muhandislik masalasini mustaqil hal etish davomida berilgan ma’lumotlarni tahlil qilish, hisoblash modelini shakllantirish, zarur formulalarni tanlash, hisoblash ketma-ketligini belgilash, natijalarning fizik ma’nosini tushuntirish va yakuniy xulosa chiqarish malakasini rivojlantiradi.

Amaliy mashg‘ulotlarda talabalarning mustaqil faoliyatini tashkil etish, hisoblash jarayonlarini bosqichma-bosqich bajarishga o‘rgatish hamda olingan natijalarni

muhandislik nuqtayi nazaridan baholashga alohida e’tibor qaratilishi lozim. Bunda faqat tayyor formulalardan foydalanish emas, balki ularning qo‘llanish shartlarini anglash, qabul qilingan hisobiy farazlarni asoslash, o‘lchov birliklarini to‘g‘ri qo‘llash va natijalarni tekshirish muhim ahamiyatga ega. Chunki amaliy muhandislik faoliyatida hisoblash jarayonida yo‘l qo‘yilgan kichik xatolik ham konstruksiyaning ishlash qobiliyati va xavfsizligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Mazkur uslubiy qo‘llanma “Materiallar qarshiligi” fanidan amaliy mashg‘ulotlarni tashkil etish, nazariy bilimlarni mustahkamlash hamda talabalarda muhandislik hisoblarini mustaqil bajarish ko‘nikmalarini shakllantirish maqsadida tayyorlangan. Qo‘llanmada materiallar qarshiligining asosiy tushunchalari, konstruksiya elementlarining geometrik xususiyatlari, tashqi va ichki kuchlar, kesish usuli, ichki kuch omillarini aniqlash, kuchlanish va deformatsiyalarni hisoblashga oid nazariy ma’lumotlar va ularning amaliy qo‘llanilishiga e’tibor qaratilgan.

Qo‘llanmaning mazmuni talabalarning muhandislik masalalarini izchil va mantiqiy ketma-ketlikda o‘zlashtirishiga yo‘naltirilgan. Unda materiallar qarshiligida qabul qilinadigan asosiy gipotezalar, konstruksiya elementlariga ta’sir etuvchi yuklamalar, tayanch reaksiyalari, ichki kuchlar va ularning epyuralarini qurish kabi masalalar muhim o‘rin tutadi. Shuningdek, konstruksiya elementlarining cho‘zilish, siqilish, siljish, buralish va egilish sharoitlaridagi ishini tahlil qilish bo‘yicha nazariy bilimlarni amaliy hisoblashlarda qo‘llash nazarda tutiladi.

Amaliy mashg‘ulotlar davomida talabalarning chizma va hisobiy sxemalar bilan ishlash, konstruksiya elementlariga ta’sir etuvchi kuchlarni to‘g‘ri tasvirlash, ichki kuch omillarining ishoralarini aniqlash, tegishli tenglamalarni tuzish hamda epyuralarni qurish ko‘nikmalarini rivojlantirish muhim hisoblanadi. Ayniqsa, ichki kuchlar epyuralarini qurish konstruksiya elementlarining xavfli kesimlarini aniqlash, maksimal zo‘riqishlar yuzaga keladigan joylarni belgilash va mustahkamlik hisoblarini bajarish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Uslubiy qo‘llanmadan foydalanishda talabalarning bilim olish jarayoniga faol jalb etilishi, muammoli vaziyatlarni mustaqil tahlil qilishi, muqobil yechimlarni solishtirishi va o‘z fikrini ilmiy asosda ifodalashi muhimdir. Shu maqsadda amaliy mashg‘ulotlarda an’anaviy hisoblash usullari bilan bir qatorda interfaol ta’lim metodlaridan foydalanish

ham maqsadga muvofiqdir. Xususan, “Tushunchalar tahlili”, kichik guruhlarda ishlash, muammoli vaziyatlarni tahlil qilish, o‘zaro fikr almashish va natijalarni taqqoslash kabi yondashuvlar talabalarning mavzuga bo‘lgan qiziqishini oshirish hamda bilimlarini mustahkamlashga xizmat qiladi.

Zamonaviy muhandislik ta’limida raqamli texnologiyalar va kompyuter dasturlaridan foydalanish imkoniyatlari kengayib bormoqda. Muhandislik hisoblarini bajarish, konstruksiyalarning deformatsiyalanishini modellashtirish, kuchlanishlarning taqsimlanishini vizuallashtirish va turli hisoblash natijalarini solishtirishda raqamli vositalardan foydalanish talabalarning nazariy bilimlarini amaliy tasavvurlar bilan boyitadi. Shu bilan birga, kompyuter yordamida olingan natijalarni nazariy hisoblashlar orqali tekshirish va ularning fizik mazmunini izohlash bo‘lajak muhandislarning tahliliy fikrlash qobiliyatini rivojlantiradi.

Ushbu uslubiy qo‘llanmaning asosiy maqsadi talabalarda materiallar qarshiligi faniga oid nazariy bilimlarni amaliy masalalarni yechish jarayonida qo‘llash, konstruksiya elementlarining kuchlanish-deformatsiyalanish holatini mustaqil tahlil qilish, mustahkamlik, bikrlik va ustuvorlik shartlari asosida muhandislik hisoblarini bajarish hamda olingan natijalarni ilmiy-texnik jihatdan asoslash kompetensiyalarini shakllantirishdan iborat.

Qo‘llanma yordamida talabalar muhandislik masalalarini yechishda hisobiy sxemalarni to‘g‘ri tanlash, boshlang‘ich ma’lumotlarni tizimlashtirish, zarur matematik ifodalarni qo‘llash, hisoblash natijalarining aniqligini tekshirish va ularning amaliy ahamiyatini baholash bo‘yicha bilim va ko‘nikmalarini takomillashtiradilar. Bu esa kelgusida loyihalash, qurilish, ishlab chiqarish va texnik ekspluatatsiya jarayonlarida yuzaga keladigan muhandislik muammolarini mustaqil hal etish uchun zarur tayyorgarlikni ta’minlaydi.

Shunday qilib, “Materiallar qarshiligi” fanidan amaliy mashg‘ulotlarni bajarish bo‘yicha mazkur uslubiy qo‘llanma nazariy bilimlar bilan amaliy muhandislik faoliyati o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlikni ta’minlash, talabalarning mustaqil ishlash ko‘nikmalarini rivojlantirish, texnik tafakkurini shakllantirish va kasbiy kompetensiyalarini takomillashtirishga xizmat qiladi. Qo‘llanmadan oliy ta’lim muassasalarining qurilish va

tegishli muhandislik ta’lim yo‘nalishlarida tahsil olayotgan talabalar, shuningdek, amaliy mashg‘ulotlarni tashkil etuvchi professor-o‘qituvchilar foydalanishlari mumkin.

Matn yuklangan qo‘llanmadagi mustahkamlik, bikrlik, ustuvorlik, konstruksiya elementlari, hisobiy gipotezalar, tashqi va ichki kuchlar hamda interfaol o‘qitish yondashuvlariga moslashtirildi.

I-BOB. Kirish. Asosiy tushunchalar. Gipotezalar.

1.1. Fanga kirish. Fanning umumtaʻlim, umummuhandislik va maxsus fanlar bilan bog'liqligi. Materiallar qarshiligi fanining maqsadi, mohiyati va rivojlanish tarixi.

Har bir bino va inshootlar yoki mashina va mexanizmlar loyihaviy hujjatlar asosida quriladi. Demak inshoot qurilishidan avval loyiha-konstruktorlik ishlari olib boriladi va mazkur inshoot uchun loyiha hujjatlari tayyorlanadi. Loyihalash jarayonida inshootlarga qo‘yiladigan asosiy talablardan biri ularning ishlash muddatida chidamli bo‘lishi, xavf xatarli holatlardan ma‘lum darajada kafolatlangan bo‘lishidir. bino va inshootlar yoki mashina va mexanizmlar mustahkam bo‘lishi bilan birga bikr bo‘lishi ham zarur, ya‘ni konstruksiya yoki uning ayrim qismlarida tashqi kuchlar ta‘sirida katta deformatsiyalar sodir bo‘lmasligi kerak.

Masalan, mustahkam qilib qurilgan ko‘prik ishlash davrida haddan tashqari egilib ketishi natijasida ko‘ngilsiz hodisalar ro‘y berishi mumkin. Inshoot, uning qismlaridagi deformatsiyalanishning ustivor muvozanatini yo‘qotilishi ham inshootuchun xavfli hisoblanadi, chunki buning natijasida inshoot yuk ko‘tarish, qarshilik ko‘rsatish qobilyati yuqotadi va yemiriladi. Inshoot va uning konstruksiyalyarini **mustahkam, bikr va ustivor** qilishning turli yo‘llari mavjud: ulardan konstruksiya ko‘ndalang kesimlarini kattalashtirish eng oddiysi hisoblanadi. Ammo bu hol materialning ko‘p sarflanishiga, inshootning tan narxining ortib ketishiga olib keladi. Har qanday inshoot, mashina qurish uchun mehnat ham, material ham eng kam sarflanishi lozim.

Muhandis-konstruktorlar tegishli hisoblar bajarish natijasida loyihaning turli variantlarini tuzadilar va ular ichidan yuqorida qo‘yilgan 3 ta asosiy talabga javob beradigan eng ma`qul (optimal) variantni tanlaydilar. Inshootlarni loyihalashda bajariladigan hisoblarning asosiy qismi inshoot qismlardagi zo‘riqish va deformatsiyalarni aniqlashdan iborat bo‘lganligi sababli materiallar qarshiligi fanini quyidagicha ta`riflash mumkin:

Materialar qarshiligi fani-bino va inshoot konstruksiyalari, mashina mexanizm qismlarining mustahkamlikka, bikrlikka va ustivorlikka hisoblash usullarini o‟rgatuvchi fandir.



Mustahkamlik deb, konstruksiya va undagi elementlar materialining tashqi kuchlar ta‘siriga qarshilik ko‘rsata olish qobiliyatnni aytiladi.

Bikrlik deganda, jism yoki konstruksiyaning deformatsiyaga qarshilik ko‘rsata olish qobiliyati tushuniladi.

Ustuvorlik deganda, tashqi kuch ta`siridan so`ng konstruksiyaning dastlabki muvozanat xolatini saqlay olish qobiliyati tushuniladi.

Materiallar qarshiligi matematika, fizika, nazariy mexanika fanlari bilan uzviy bog‘liq bo‘lib, shu fanlari bilan uzviy bog`liqdir.



Materiallar qarshiligi fanida nazariy mexanikadan farqli jismlar kuch ta‘sirida deformatsiyalanadi deb qaraladi. Jismlarning tashqi kuch ta`sirida o‘z shaklini o‘zgartirishiga ***deformatsiya*** deb ataladi.

Agar jismlarda tashqi kuch ta‘siridan hosil bo‘lgan deformatsiya jismdan kuch olingach, yo‘qolib ketsa, bu ***elastik deformatsiya*** deb ataladi.

Har bir materialda yuzaga keladigan deformatsiyalarning xarakteri ta`sir etuvchi kuch miqdoriga bog‘liq. Biror deformatsiyani yuzaga keltirayotgankuchning miqdori ma‘lum chegaradan ortib ketmasa, jismda faqat ***elastik***

deformatsiya vujudga keladi, aks holda qoldiq yoki **plastik** deformatsiya hosil bo‘ladi. Jismlarning o‘zgarmas kuch ta‘sirida vaqt bo‘yicha deformatsiyalanishi **yoyiluvchanlik** deyiladi.

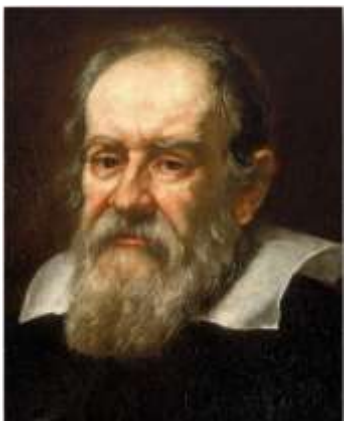
Har bir fan o`zining kelib chiqish tarixi bo`lgani kabi, Materiallar qarshiligi fani ham o‘z rivojlanish tarixiga ega. Bu sohada dastlabki g`oyalarni fanga kiritib, tadqiqotlar ***Leonardo da Vinchi***(buyuk olim, injener va rassom) olib borgan

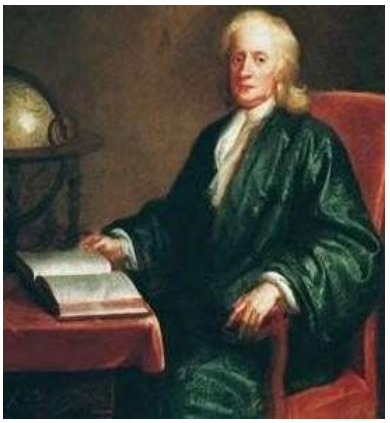


Jahon madaniyati tarixida ham ulug' olim, ham buyuk rassom, ham beqiyos konstruktor mutafakkir Leonardo da Vinchi hisoblanadi. U 1452 yili Italiyaning Vinchi shahrida tug'ilib, Evropadagi Uyg'onish davrining zabardast namoyondasi bo'lib etishgan. Leonardoni Italiya fanining otasi deb hisoblaydilar. U qoldirgan meros hozirgi zamon jahon madaniyati uchun ham barakali xizmat qilmoqda.

Leonardo da Vinchi ijod qilgan davr biz uchun ham qiziqarli. Uyg'onish davrining boshlarida, ya`ni XII asrda al-Xorazmiy, al-Farg'oniy, Ibn Sino va boshqa olimlarimizning ilmiy asarlari lotin tiliga tarjima qilinib, nashrdan chiqqan va Ovrupo olimlarining dasturul amali bo'lib qolgan edi. Shu bilan birga, qadimgi yunon faylasuflarining asosiy kitoblari ham lotinchaga tarjima etila boshlagan edi. Leonardo da Vinchigacha o'tgan Leonardo Piza, Robert Chester, Rojer Bekon, Dantening xizmatlari tahsinga sazovordir.

Galiley o‘tkazgan*(**Galileo Galiley** (15-fevral 1564-yil 8-yanvar 1642) - o‘z davrining ilmiga katta ta'sir ko‘rsatgan italyan faylasufi, fizik va astronom. Galiley asosan o‘zining planetalar va yulduzlar sohasidagi izlanishlari, dunyoning geliomarkazli tizimini faol qo‘llashi va mexanika bo‘yicha tajribalari bilan mashhur).U tashqi kuchlar ta‘siriga sterjenlarning qarshilik ko‘rsatishini aniqlagan.*





Ingliz olimi ***Robert Guk*** *cho‘zilishda kuch bilan uzayish orasidagi proporsional bog‘lanishni topgan(Robert Xuk (tug'ilgan Robert Xuk; Robert Xuk, 18 (28) iyul, 1635 - 3 mart 1703) - ingliz tabiatshunos va ixtirochisi. London Qirollik jamiyati a'zosi (1663)). Bu bog‘lanish Guk qonuni nomi bilan ma‘lum bo‘lib, materiallar qarshiligi fanida juda muhim ahamiyatga ega.*

Materiallar qarshiligi masalalarini analitik usullarni qo‘llab tekshirishga D.Bernulli va L.Eyler katta hissa qo‘shgan. Bu sohada P.V.Gadolin, D.I.Juravskiy, F.Yasinskiy, A.N.Vereshchagin, S.P.Timoshenko va boshqalarning ishlari ham katta ahamiyatga ega.

Maktab yaratgan olimlar: A.V.Aleksandrov, N.M.Belyaev, V.M.Feodos`ev, A.A. Il`yushin, Yu.N.Rabotnov, V.Z.Vlasov,X.A.Raxmatullin, M.T.O`rozboyev, V.K.Qobulov, T.SH.SHirinqulov, T.R.Rashidov, H.M.Gofman, E.A.Odilxo‘jaev, M.M.Mirsaidov, Sh.S.Yuldashev va boshqalar materiallar qarshiligining ayrim bo‘limlaridan mustaqil fanlar va tarmoq yo`naliishlar yaratdilar.(Yuqorida nomlari keltirilgan olimlarni xayot yo`li va fanga qo`shgan hissalari haqida-Mexanika olimlari nomli to`plamda tanishamiz. M*uallif.*)

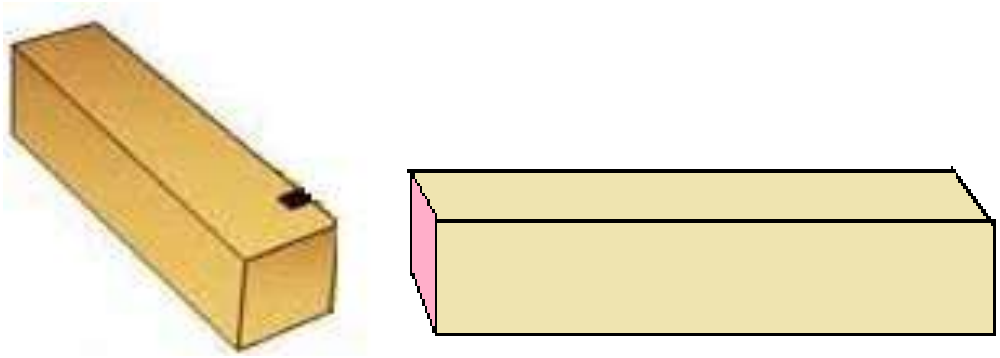
SHunday qilib, «Materiallar qarshiligi» fanining yanada takomillashuvi va rivojlanishi natijasida «Deformatsiyalanuvchi qattiq jism mexanikasi», «Qurilish mexanikasi», «Inshootlar dinamikasi va ustuvorligi», «Elastiklik va plastiklik nazariyasi», «Yer osti inshootlari seysmodinamikasi» kabi fanlarning butun bir kompleksi yuzaga keldi.

1.2.Inshoot va mashinalarning asosiy elementlari.

Ma‘lumki, har qanday inshoot, bino, mashina bir qancha qismlardan, elementlardan iborat.

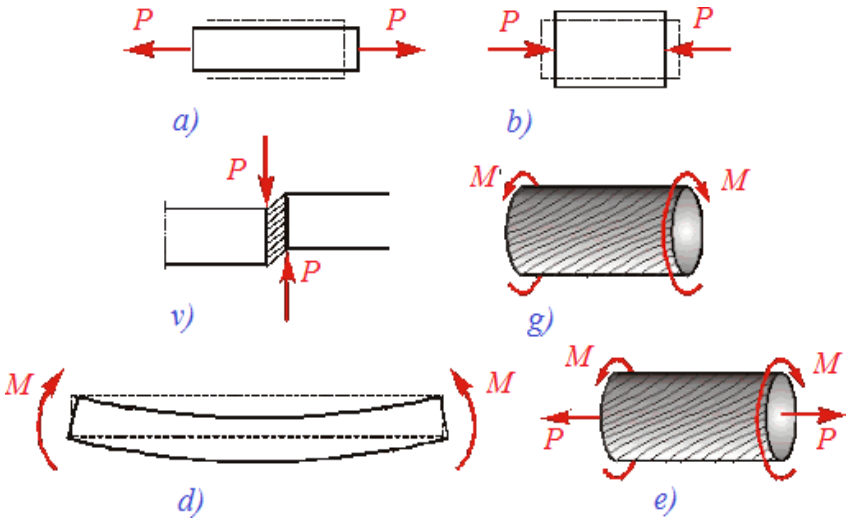
Amaliyotda uchraydigan konstruksiya elementlari xilma-xil bo‘lib, ancha murakkab tuzilgan. Ularning elementlari geometrik o‘lchami va shakliga ko‘ra quyidagi guruhlarga ajratiladi: brus, plastinka yoki plita, qobiq, massiv jism va ramalar.

1) ***Brus deb***, ko‘ndalang kesim yuza o‘lchamlari, uzunlik o‘lchamiga nisbatan juda kichik bo‘lgan jismlarga aytiladi;(1.1-shakl)



1.1-shakl

-agar brus cho‘zilish yoki siqilishga qarshilik ko‘rsatsa- sterjen yoki ustun, buralishga qarshilik ko‘rsatsa - val, egilishga qarshilik ko‘rsatsa — balka deb ataladi.(1.2-shakl)



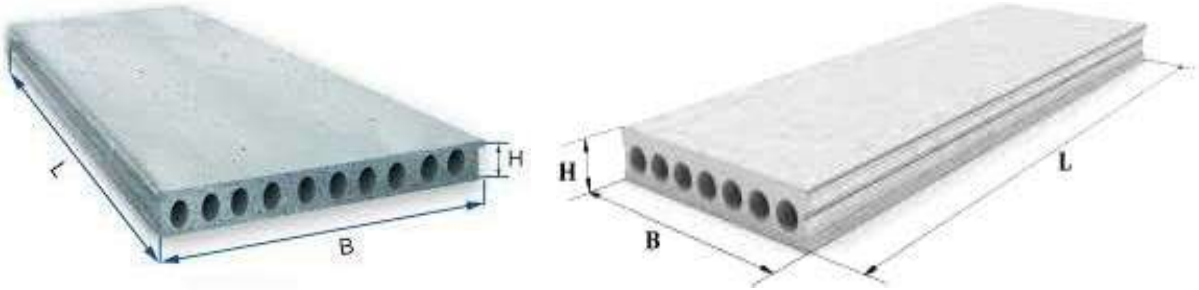
1.2-shakl

2). Rama deb, bir qancha bruslarning o‘zaro bikr qilib tutashtirilishi natijasida hosil bo‘lgan tuzilmaga aytiladi; (1.3-shakl)



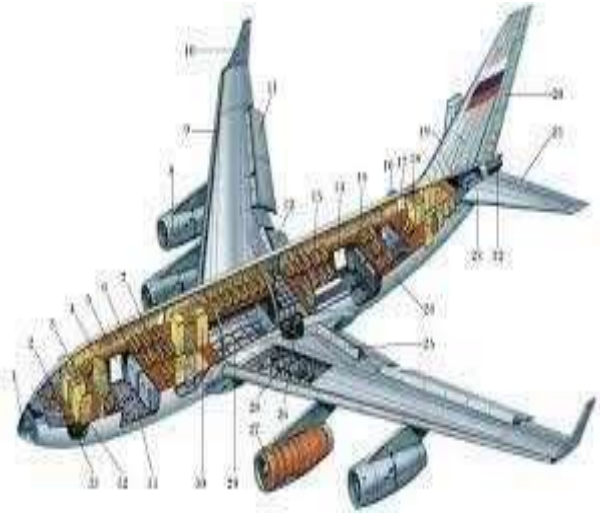
1.3-shakl

3). Plita yoki plastinka deb, qalinligiga nisbatan qolgan ikkita o‘lchami katta bo‘lgan va tekis parallel sirtlar bilan o‘ralgan jismga aytiladi; (1.4-shakl)



(1.4-shakl)

4). Qobiq deb, qalinligiga nisbatan, qolgan ikkita o‘lchamlari sezilarli katta bo‘lgan va egri sirtlar bilan chegaralangan jismga aytiladi; (1.5-shakl)





(1.5-shakl)

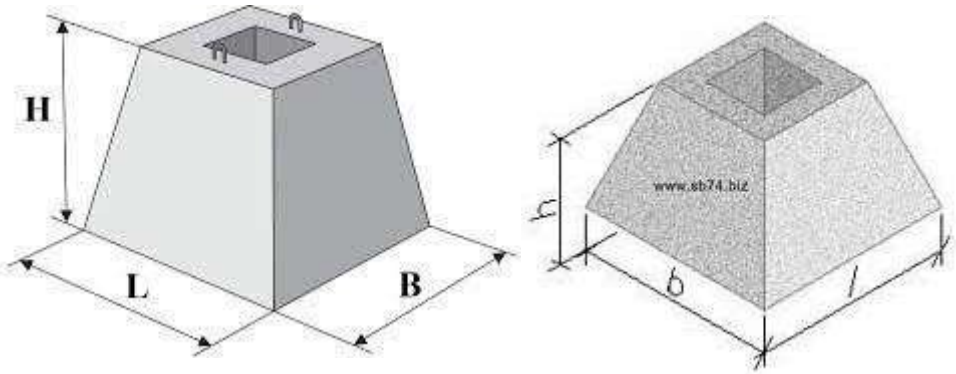
O‘rta sirt egri chiziqli bo‘lsa bu shakl qobiq deb ataladi. O‘rta sirt shakliga qarab qobiqlar silindrsimon, konussimon, sferasimon va o‘. turlanadi. Yupqa devorli rezervuarlar, qozonlar devorlari, uchar apparatlarning qanotlari, fyuzellyajlari, suv osti kemalarning korpuslari ularga misol bo‘ladi. (1.6-shakl)





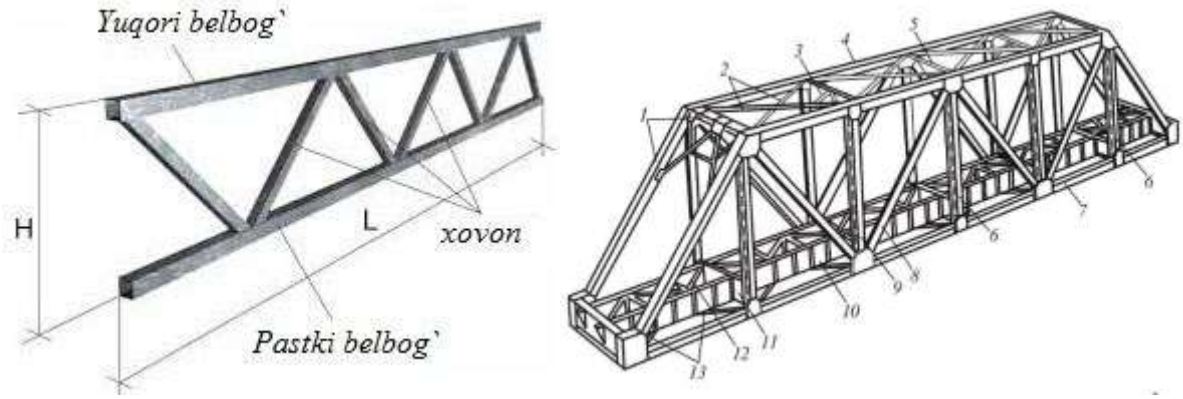
1.6- shakl

5). Massiv deb, jism uch o‘lchami ham bir xil tartibda bo‘lgan jismga aytiladi. (1.7-shakl)



1.7- shakl

6. **Ferma deb**, sterjenlarni sharnirlar yordamida tutashtirib tuzilgan shakli geometrik o`zgarmas sistema aytiladi. Fermani tashkil qiluvchi sterjenlar faqat cho`zilish - siqilishga ishlaydi. (1.8-shakl)





(1.8-shakl)



(1.9-shakl).

Nazorat savollari

1. ―Materiallar qarshiligi‖ fani nimani o‘rgatadi?
2. Mustahkamlik, bikrlik va ustuvorlik tushunchalari haqida so‘zlang?
3. Fanning qisqacha tarixini gapirib bering?
4. ―Materiallar qarshiligi‖ hisoblarida –Nazariy mexanika‖ fanining qanday qoidalarini qo‘llab bo‘lmaydi?
5. Muhandislik tuzilmalari elementlarining asosiy turlarini tushuntiring?
6. Brus, plastina va massivlarning harakterli geometrik belgilarini ko‘rsating?

1.3. Materiallar qarshiligida qabul qilingan asosiy gipoteza va cheklanishlar.

Materiallar qarshiligi fanidagi hisoblarni bajarishda, mashina va inshoot elementlarida sodir bo‘ladigan fizik va geometrik hodisalarga zid bo‘lmagan, qo‘yidagi gipoteza va cheklanishlarga asoslangan:

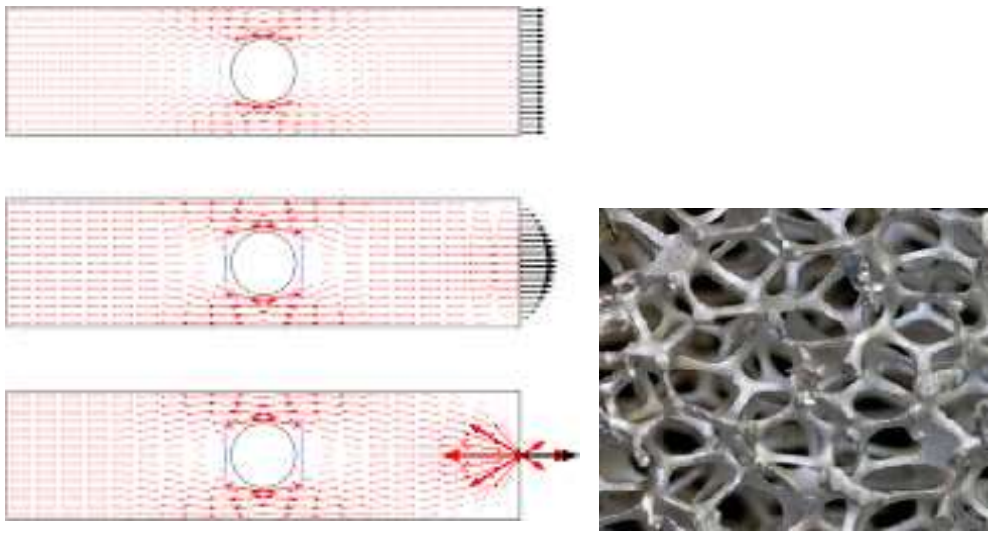
Har bir fanni o‘rganishdan oldin bir necha cheklanishlarga (gipotezalarga) amal qilinadi. Materiallar qarshiligi fanini o‘rganishda ham quyidagi cheklanishlarga amal qilinadi.

1. Jism materiali sof elastik deb qaraladi, ya‘ni tashqi kuchning ta‘siri olingandan so‘ng u o‘zining dastlabki holatiga to‘laligicha qaytadi. Materiallar qarshiligining juda ko‘p masalalarida materiallar chiziqli deformatsiyalanadi, ya‘ni Guk qonuniga bo‘ysinadi deb qaraladi.

2. Jismning materiali yaxlit (g’ovaksiz) deb hisoblanadi.

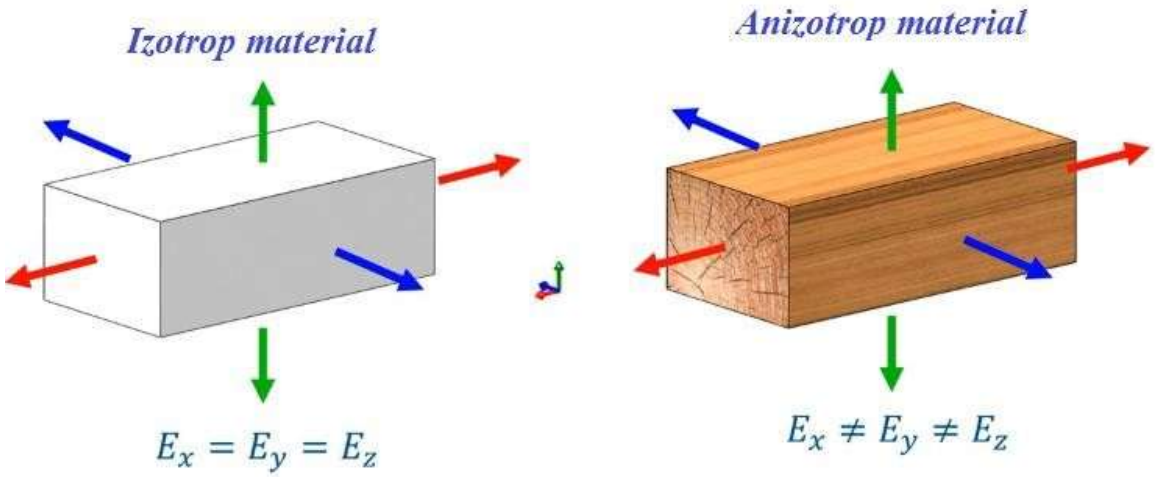
Bu gipoteza mayda zarrachali jismlar uchun juda qo‘l keladi. Yog‘och, beton,tosh va g‘isht uchun juda ham to‘g‘ri kelmasada, ammo hisob natijalari bu xildagi materiallar uchun ham haqiqatga yaqin keladi. Bu gipoteza real materiallar uchun matematik analizning uzluksiz funksiya formulalarini ishlatishga asos bo‘ladi.

(1.10-shakl)



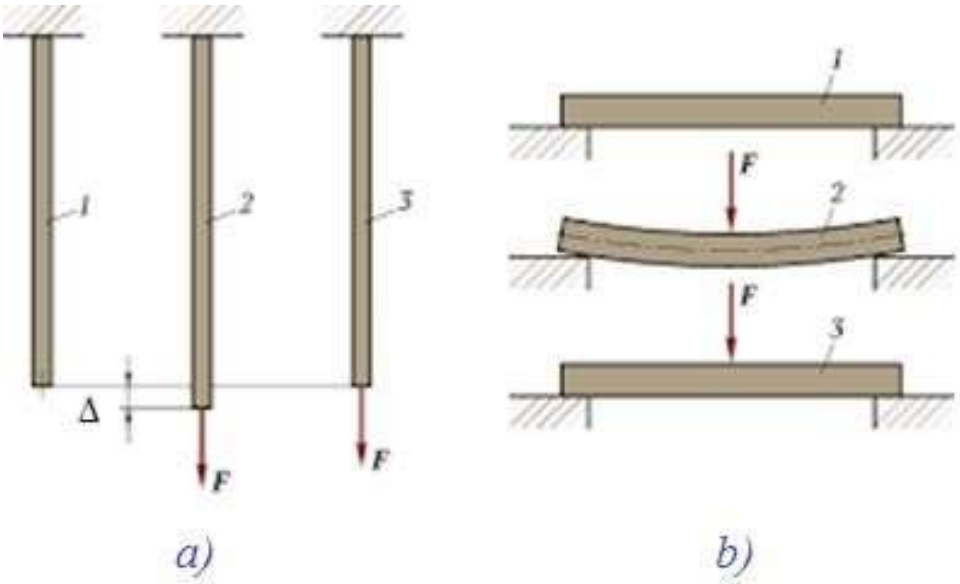
(1.10-shakl)

3.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 g'ishtning bir jinsli xususiyati kamroqdir. (1.11-shakl)



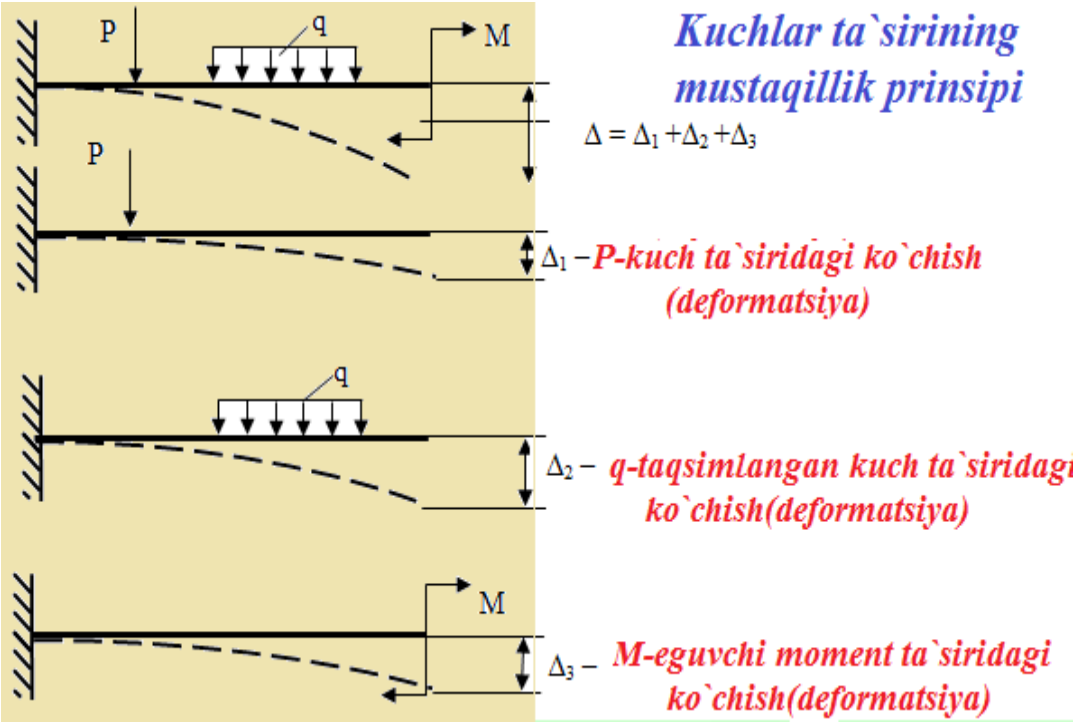
(1.11-shakl)

4. Jism yuklanishdan oldin unda boshlang'ich zo'riqish kuchlari bo'lmaydi deb faraz qilinadi. Darhaqiqat po'lat detallarning notekis sovushi, yog'ochning notekis qurishi yoki betonning notekis qotishi natijasida ularda boshlang'ich zo'riqish kuchlari paydo bo'ladi. Bu boshlang'ich zo'riqish kuchlari, umumanbizga noma'lum, biroq ularning miqdori tashqi yuklar ta'siridan jismda hosil bo'ladigan qo'zg'aluvchi zo'riqish kuchlari miqdoriga qaraganda juda kichik bo'ladi. (1.12-shakl)



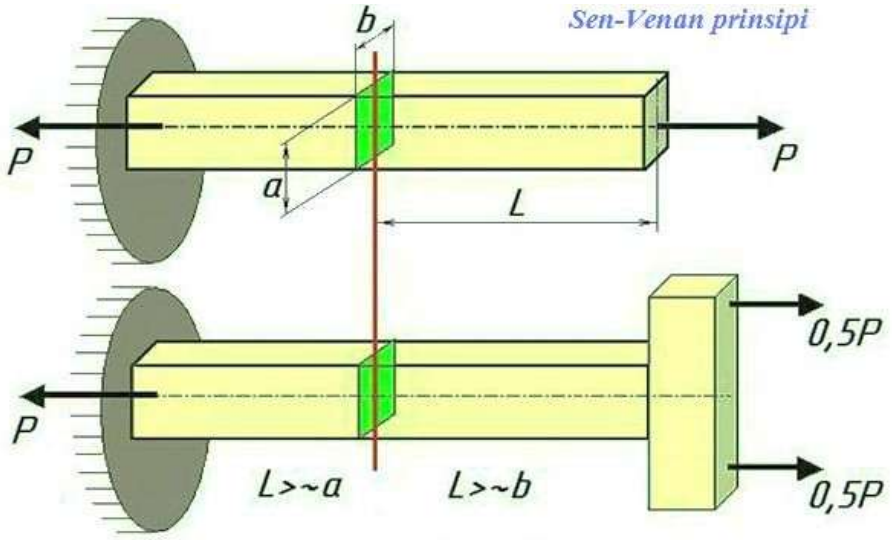
(1.12-shakl)

5. Kuchlarning ta'sirining mustaqillik 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 qilinadi. (1.13-shakl)



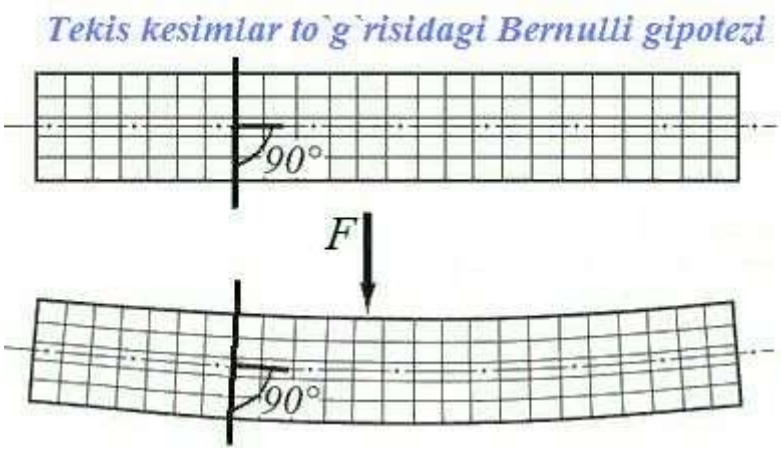
(1.13-shakl)

6. Sen-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. (1.14-shakl)



(1.14-shakl)

7.Tekis kesimlar gipotezasi. Agar jismning ko‘ndalang kesim yuzasi deformatsiyagacha tekis bo‘lsa, deformatsiyadan keyin ham tekisligicha qoladi.(1.15-shakl)



(1.15-shakl)

I-bob mavzulariga oid tushunchalar uchun “Tushunchalar tahlili” metodini qo`llaymiz. —*Tushunchalar tahlili*‖ *metodi*

Metodning maqsadi: mazkur metod qatnashchilarni mavzu bo’yicha tayanch tushunchalarni o’zlashtirish darajasini aniqlash, o’z bilimlarini mustaqil ravishda tekshirish, baholash, shuningdek, yangi mavzu bo’yicha dastlabki bilimlar darajasini tashhis qilish maqsadida qo’llaniladi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

-ishtirokchilar mashg’ulot qoidalari bilan tanishtiriladi;

-tinglovchilarga mavzuga yoki bobga tegishli bo’lgan so’zlar, tushunchalar nomi tushirilgan tarqatmalar beriladi (individual yoki guruhli tartibda);

-tinglovchilar mazkur tushunchalar qanday ma‘no anglatishi, qachon, qanday holatlarda qo’llanilishi haqida yozma ma‘lumot beradilar;

-belgilangan vaqt yakuniga yetgach o’qituvchi berilgan tushunchalarning to’g’ri va to’liq izohini uqib eshittiradi yoki slayd orqali namoyish etadi;

-har bir ishtirokchi berilgan to’g’ri javoblar bilan o’zining shaxsiy munosabatini taqqoslaydi, farqlarini aniqlaydi va o’z bilim darajasini tekshirib, baholaydi.

1).Tashqi kuchlarga qarshilik ko`rsata olish qobiliyatiga ..... deb ataladi.

2).Muvozanatni saqlay olish qobiliyatiga .....deb ataladi

3).Qalinligi boshqa o`lchamga nisbatan sezilarli kichik bo`lgan elementga .... deb ataladi

4).Ko`ndalang kesim o`lchamlari, boshqa o`lchamiga nisbatan sezilarli kichik bo`lgan jismga .....deb ataladi

5).Tashqi kuch ta`sirida jismni geometrik shaklini o`zgarishiga .... deb ataladi

6).Cho`zilish va siqilishga ishlaydigan jismga.... deb ataladi

7). Jismning barcha yo`nalish va barcha nuqtalarida bir xil kuchlanish hosil bo`ladigan materialga .... deb ataladi

8). Cho`zilish va siqilish uchun muhim qonun yaratgan olim(Robert....)

9). O`zining eng katta qiymatiga sekin asta erishadigan kuchga ..... deb ataladi.

10). Bir nechta sterjenlarni tugunlar vositasida geometrik o`zgarmas qilib biriktirishdan hosil bo`lgan konstruksiyaga. ... deb ataladi

11). O`zining eng katta qiymatiga qisqa vaqt davomida erishadigan kuchga .....deb ataladi.

12). Mexanik sohasidagi yetuk o`zbek olimi....

13). Tashqi kuch olinganidan so`ng, o`zining dastlabki holatiga qayta oladigan deformatsiyaga .....deb ataladi

14). Deformatsiyaga qarshilik ko`rsata olish qobiliyatiga .... deb ataladi.

1. Guk

2.Ustuvorlik

3.Plita

4. Dinamik

5.Deformatsiya

6. Sterjen

7. Bikrlik

8. Mustahkamlik

9.Statik

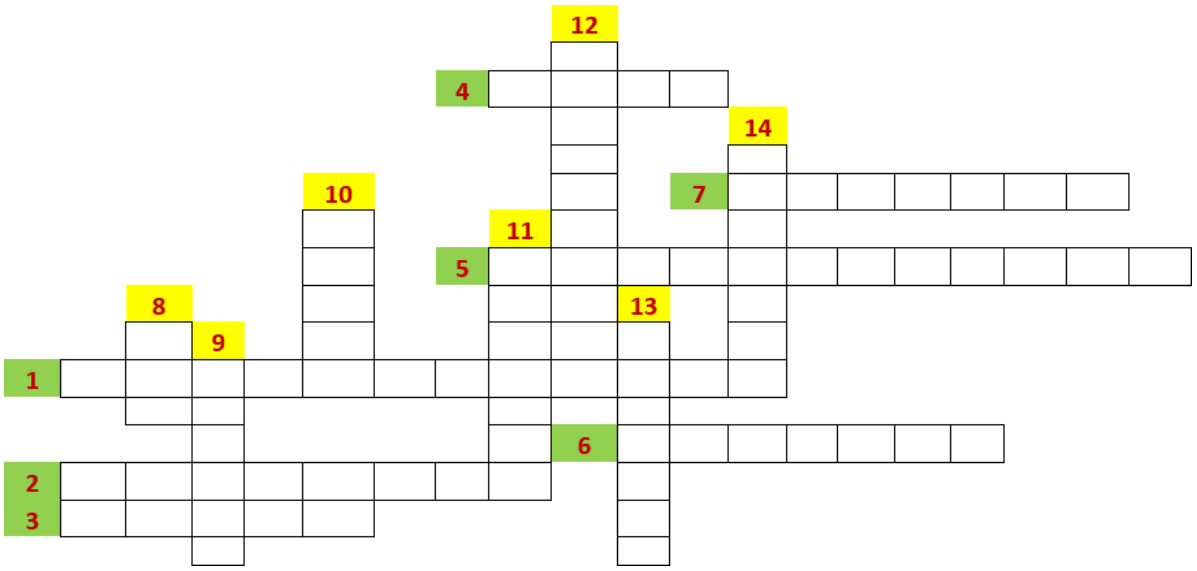
10.Ferma

11. Brus

12.O`rozboyev

13.Elastik

14. Izotrop



Eniga:

1).Tashqi kuchlarga qarshilik ko`rsata olish qobiliyatiga.....deb ataladi.

2).Muvozanatni saqlay olish qobiliyatiga..... deb ataladi

3).Qalinligi boshqa o`lchamga nisbatan sezilarli kichik bo`lgan elementga.... deb ataladi

4).Ko`ndalang kesim ulchamlari, boshqa o`lchamiga nisbatan sezilarli kichik bo`lgan jismga..... deb ataladi

5).Tashqi kuch ta`sirida jismni geometrik shaklini o`zgarishiga.....deb ataladi

6).Cho`zilish va siqilishga ishlaydigan jismga .... deb ataladi

7). Jismning barcha yo`nalish va barcha nuqtalarida bir xil kuchlanish hosil bo`ladigan materialga.....deb ataladi

Bo`yiga:

8). Cho`zilish va siqilish uchun muhim qonun yaratgan olim(Robert.....)

9). Uzining eng katta qiymatiga sekin asta erishadigan kuchga..... deb ataladi.

10). Bir nechta sterjenlarni tugunlar vositasida geometrik o`zgarmas qilib biriktirishdan hosil bo`lgan konstruksiyaga .... deb ataladi

11). Uzining eng katta qiymatiga qisqa vaqt davomida erishadigan kuchga .....deb ataladi.

12). Mexaniq sohasidagi etuk o`zbek olimi....

13). Tashqi kuch olinganidan so`ng, o`uzining dastlabki holatiga qayta oladigan deformatsiyaga..... deb ataladi

14). Deformatsiyaga qarshilik ko`rsata olish qobiliyatiga.....deb ataladi.

Nazorat uchun savollar

1. Materiallar qarshiligi fanida qanday masalalar ko‘riladi?
2. Deformatsiya so‘zi nimani ifodalaydi?
3. Inshoot konstruksiyasining hisobiy modeli nima?
4. Tashqi kuchlar deb nimaga aytiladi?

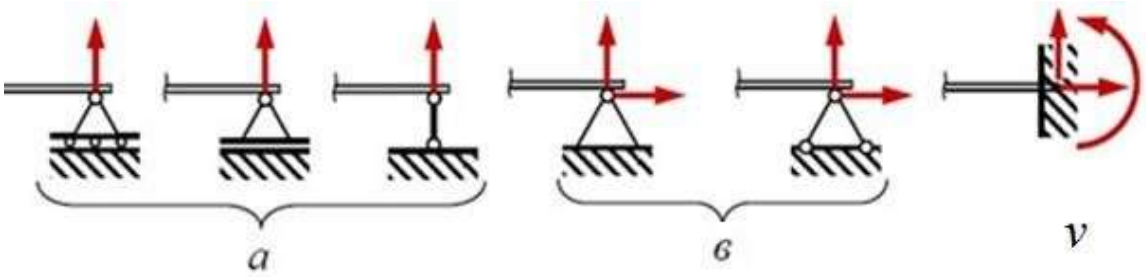
II- BOB. Tashqi va ichki kuchlar. Kesish usuli. Ichki kuchlar epyuralari

2.1. Bino inshoot va mashina mexanizm konstruksiya elementlariga ta‟sir etuvchi tashqi kuchlarning klassifikatsiyasi.

Konstruksiya elementlariga ta‘sir etuvchi tashqi kuchlar, asosan sirtqi va hajmiy kuchlarga bo‘linadi. Jismga qo‘shni ikkinchi jismdan o‘tadigan kuchlar ***sirtqi kuchlar*** deyiladi. Jismning barcha ichki nuqtalariga ta‘sir qiluvchi kuchlar ***hajmiy kuchlar*** deyiladi. Bunga harakatlanayotgan jismda hosil bo‘ladigan ***inersiya kuchi*** misol bo‘ladi.

Inshoot, bino, mashina qismlari ishlash jarayonida bir-biriga o‘zaro ta‘siretadi, ya‘ni inshootning har bir elementi u bilan bog‘langan element uchun tashqi kuch (ta‘sir) manbadan iborat bo‘ladi. Masalan, tom yopilmasi og‘irligining stropilalarigi ta‘sir kuchi, o‘z navbatida stropiladagi kuchlarning devorga uzatilishi va h.k. konstruksiya, inshoot elementlarigi ta‘sir etuvchi barcha tashqi kuchlarni akiv (faol) va reakiv kuchlarga ajratish mumkin.

Tayanchlarda hosil bo‘lgan reaksiya kuchlarni ***reaktiv kuchlar*** deb ataladi.(2.1-shakl). a) Sharnirli qo‘zg‘aluvchan tayanch; b) Sharnirli qo‘zg‘almas tayanch; v) qistirib mahkamlangan tayanch



(2.1-shakl). Tayanch turlarining sxemasi.

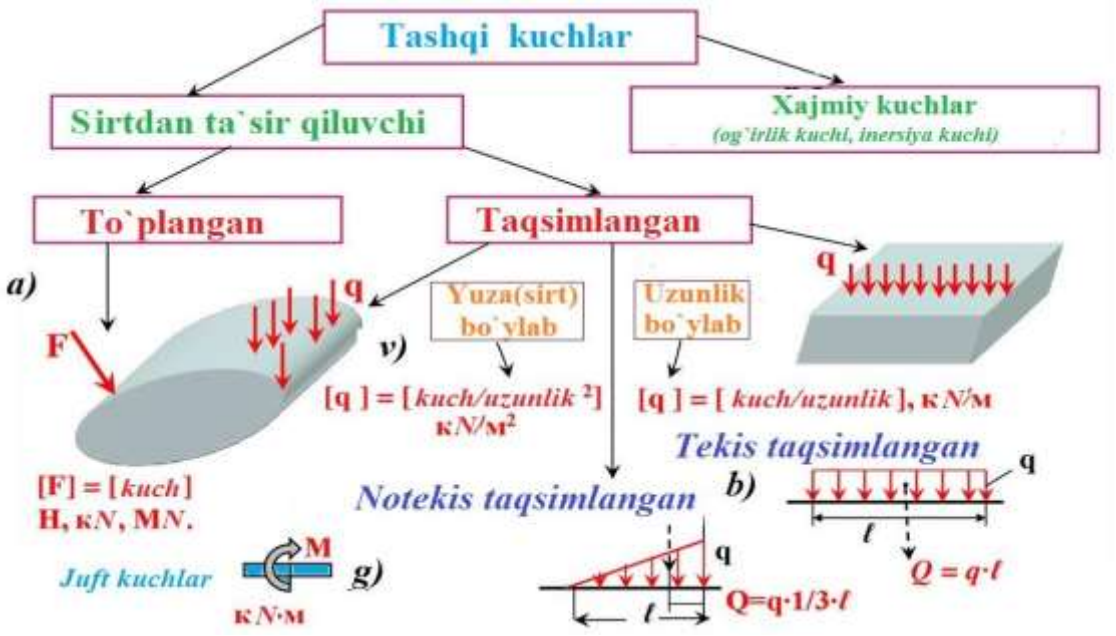
Konstruksiya elementini yuklayotgan tashqi kuchlarni **aktiv (faol)kuchlar** deb ataladi. Agarda tashqi kuchlar brusning uzunligiga nisbatan o‘lchamli darajadagi uzunligiga ta‘sir etsa bunday kuchlarni ***taqsimlangan, yoyilgan kuchlar*** deb ataladi va –q‖ harfi bilan belgilanadi (2.2- *b,v*-(-shakl). «q» – brusning birlik uzunligiga to‘g‘ri kelgan tashqi kuchning miqdorini ifodalaydi va uni yoyilgan kuchning intensivligi deb ataladi.

Intensivlikning o‘lchov birligi N/m, kN/m^2 dan iborat bo‘ladi. Yoyilgan kuchlar tekis taqsimlangan ko‘rinishda –q‖, hamda ba‘zi hollarda taqsimlanish qonuniyati murakkab funksiyadan iborat bo‘lishi ham mumkin (q).

O‘lchamlari katta bo‘lgan konstruksiyalar, masalan qurilish inshootlarini hisoblashda hajmiy kuchlarni e‘tiborga olinishi kerak. Bu kuchlar xususiy og‘irlik, inersiya kuchlaridan iborat bo‘lib, konstruksiya hajmining barcha nuqtalariga qo‘yilgan bo‘ladi. Hajmiy kuchlar taqsimlangach, yoyilgan kuchlar qatoriga kiritiladi va ular (N/m^3), (kN/m^3) birlikda o‘lchanadi.

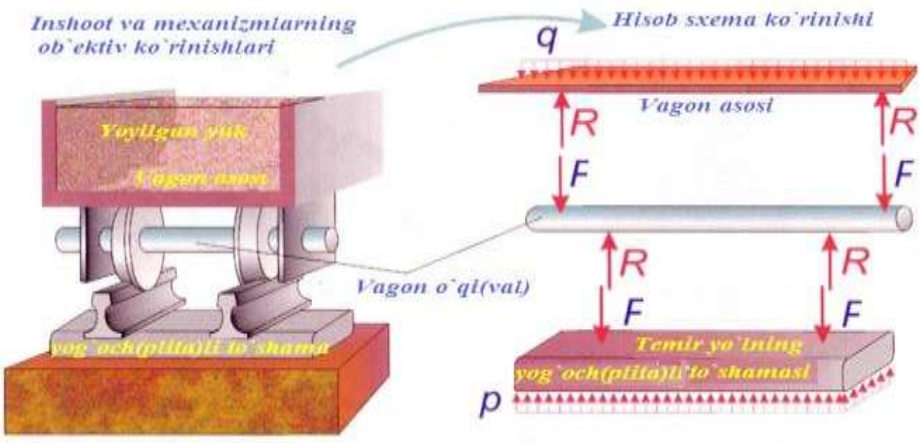
Konstruksiyaga (vaqtga nisbatan) ta‘sir etish hususiyatiga nisbatan kuchlar **statik va dinamik** kuchlarga ajratiladi.

Konstruksiyaga ta‘sir etuvchi kuchlar ta‘sir etish turiga **qarab to‟plangan, taqsimlangan (tarqatilgan) va hajmiy** yuklarga ajratiladi. Materiallar qarshiligi fani hisoblarida konstruksiya, inshootlarning hisobiy sxemalaridan foydalaniladi. Masalan brusni uning o‘qi – oddiy chiziq bilan, brusga ta‘sir etuvchi kuchlarning esa har bir ko‘rinishdagi kuchning o‘ziga xos belgilanish bilan ifodalaniladi (2.2-shakl).



2.2-shakl

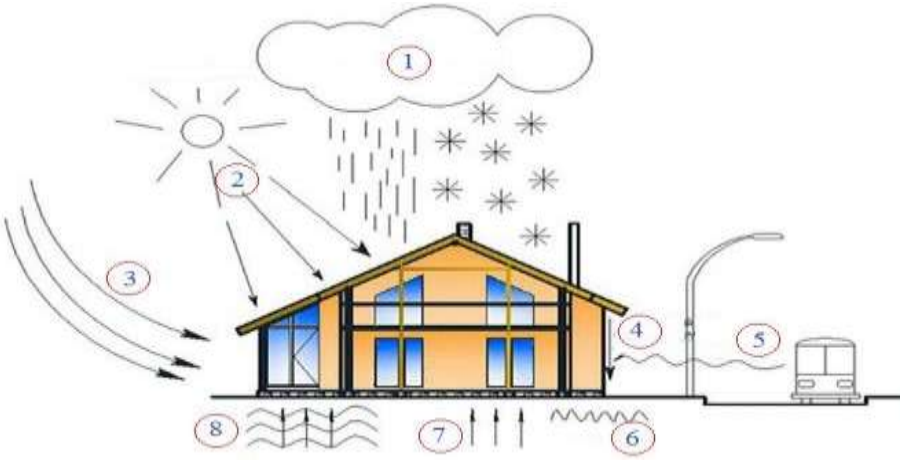
To‟plangan kuch deb, brusning kichik yuzasi yoki nuqtasiga qo‘yilgan kuchga aytiladi (2.2a-shakl). Masalan, brusning uchiga qo‘yilgan «P» kuch. Bu yerda P – kuchning modul qiymatini, strelka esa yo‘nalishini ifodalaydi. Mazkur kuchlar qatoriga juft kuch –M‖ ni ham kiritish mumkin (2.2g- shakl). To‘plangan kuch –P‖ ning o‘lcham birligi N (N‘yuton) kN, juft kuchning o‘lcham birligi – Nm, kNm.



2.3-shakl

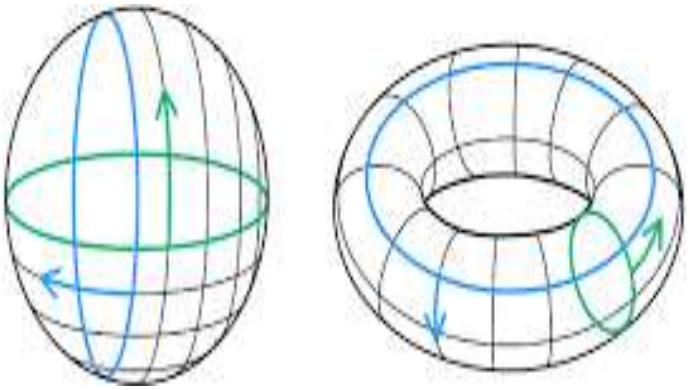
Doimiy kuchlar (yuklar) - konstruksiyaga doimiy ta‘sir qiluvchi kuchlar, masalan konstruksiyani o’z og’irligi. (2.4-shakl)

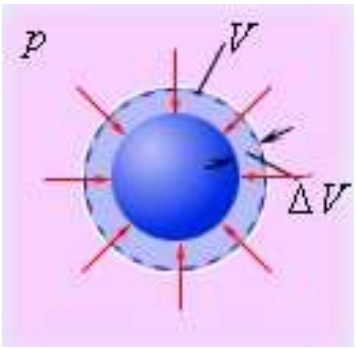
1-yog`ingarchilik(yomg`ir, qor)
2-quyosh radiatsiyasi
3-shamol
4-binolarni xususiy o`g`irligi
5-shovqin
6-tebranish
7-grunt ta`siri
8-yer osti suvlari ta`siri



(2.4-shakl)

Hajmiy kuchlar – hajmiy kuchlar jismning butun hajmiga tarqaladi va uning har bir nuqtasiga bir hil bo`ladi. Hajmiy kuchlarga xususiy og'irlik, inersiya kuchlari, magnetizm kuchlari, xavo compressor idishlari, gaz ballon va sharlarini devorlariga beradigan kuchlar kiradi (birligi- $\frac{N}{m^3}$ da o'lchanadi). (2.5-shakl)





(2.5-shakl)

O`zining eng katta qiymatiga sekin asta erishadigan (vaqtga nisbatan o‘zgarmas yoki juda sekin o‘zgaruvchan) kuchlarga ***statik kuchlar*** deb ataladi. Statik kuchlar uzatilganda konstruksiyaning barcha qismlari muvozanatda turadi deb taxmin qilish mumkin.

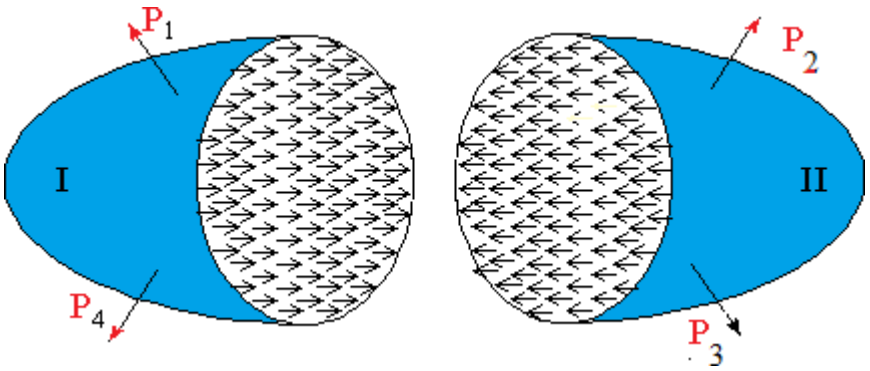
Agar vaqt oralig‘ida qiymati, yo‘nalishi yoki qo‘yiladigan joyi tez o‘zgarishi bilan xarakatlanadigan kuchlarga, yoki o`zining eng katta qiymatiga qisqa vaqtda erishadigan kuchga ***dinamik kuchlar*** deb ataladi..

Masalan, biror mashina yoki mexanizmning harakatdagi qismlarida hosil bo‘ladigan inersiya kuchlari, zilzila vaqtida inshoot elementlarida hosil bo‘ladigan zilzilaviy kuchlar, zarbaviy kuchlar va h.k..

2.2.Brus kesimlaridagi ichki kuchlarni aniqlash. Kesish usuli.

Tashqi kuchlar ta`sirida (agar inshoot konstruksiyasi buzilmasa) inshoot qismlari deformatsiyalanadi. Bu hol inshootning deformatsiyalanish jarayonida unga qarshilik ko`rsatuvchi ichki kuchlarning paydo bo`lganligini anglatadi.

Ichki kuchlarning hosil bo`lishini ko`z oldimizga keltirishimiz uchun jismni prujinalar yordamida tutashtirilgan alohida-alohida zarrachalarto`plamidan iborat deb qarashimiz kerak bo`ladi (2.6-shakl).



2.6-shakl. Ichki kuchning modeli

Zarrachalar orasidagi boshlang`ich masofa o`zgarmasa, ya`ni tashqikuchlar ta`sir etmaganda, mos ravishda deformatsiya va prujinalardagi zo`riqish nolga teng bo`ladi. Sistemaga tashqi kuchlar ta`sir etganda zarrachalar orasidagi masofalar o`zgaradi, ular orasidagi bog`lanish vazifasini o`tovchi prujinalar cho`ziladi yoki siqiladi, bu hol sistemaning deformatsiyalanish jarayoniga ko`rsatayotgan qarshiligini bildiradi. SHuni ta`kidlash lozimki, ushbu qurilgan model (2.6-shakl) tutash muhit gipotezasiga (jismni yaxlit butunligiga) mos kelmaydi, biroq holatni tushuntirishga qulaydir. Ta`sir etayotgan kuchni ko`paytirish yoki kamaytirish natijasida prujinaning uzunligi proporsional ravishda o`zgaradi. Ushbu holat R.Gukga 1660 yilda materiallar qarshiligi, elastiklik nazariyasi fanlari uchun asos bo`lgan quyidagi qonunni bayon qilishga olib keldi: ***«Kuch qanday bo`lsa, cho`zilish ham shu kabidir»***. Ushbu tasdiq keyinchalik Guk qonuni deb aytila boshlandi.

Ma`lum chegaragacha cho`zilgan yoki siqilgan prujinalar, kuch olinishi bilan o`zining boshlang`ich holatiga qaytadi va bu hol ko`p marta qaytarilishi mumkin. Bu holda material elastiklik bosqichida ishlamoqda yoki «Guk qonuniga bo`ysunmoqda» deyiladi. Agar prujina ma`lum bir qiymatdan ortiq cho`zilsa yoki siqilsa, kuch ta`siri to`xtatilgandan so`ng boshlang`ich holatga qaytmaydi, balki «qoldiq» cho`zilish (siqilish) deb ataluvchi masofaga farq qiladi. Ushbu holatda prujina materiali elastiklik bosqichidan tashqarida (Guk qonuni ta`sir doirasidan tashqarida) ishlamoqda deyiladi.

Deformatsiyaning juda katta qiymatlarida modeldagi prujina uziladi, bu hol materialning buzilishini, ya`ni mustahkamligi etmaganligini anglatadi.

Kesish usuli. Tekis kuchlar sistemasi ta`sirida hosil bo`ladigan ichki kuchlar. Sterjenning u yoki bu kesimida hosil bo`luvchi ichki kuchlarning miqdorini aniqlash uchun qurilish mexanikasining kesish usuli qo`llaniladi, ushbuusul «K. T. A. M.» usuli deb ataladi. Ushbu nom ichki kuchlarni topish uchun bajarilayotgan amallarning bosh harflari qisqartmasidan iborat va quyidagicha o`qiladi: Kesamiz; Tashlab yuboramiz yoki qoldiramiz; Almashtiramiz; Muvozanatini –tekshiramiz‖.

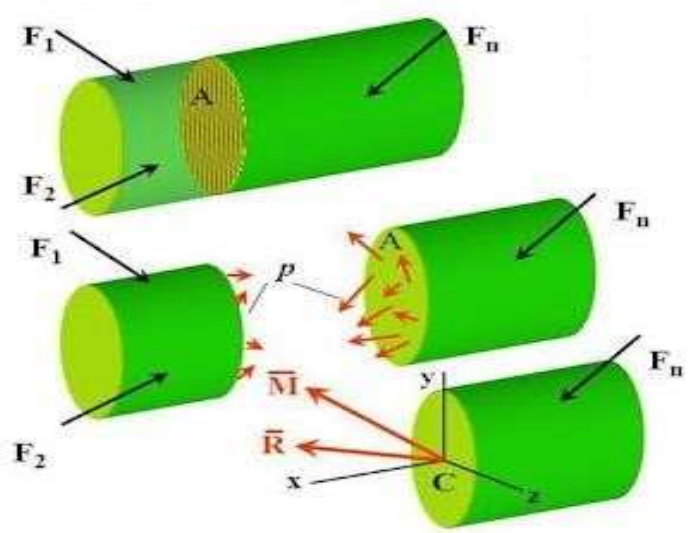
Faraz qilaylik, sterjen shaklidagi jism bir tekislikda yotuvchi $P_1, P_2 \ldots\ldots P_n$ kuchlar sistemasi ta`sirida muvozanatda bo`lsin (2.7-shakl).

Bir tekislikda yotuvchi tashqi kuchlar sistemasi deganda shakl tekisligida yotuvchi barcha kuchlarni tushunamiz.

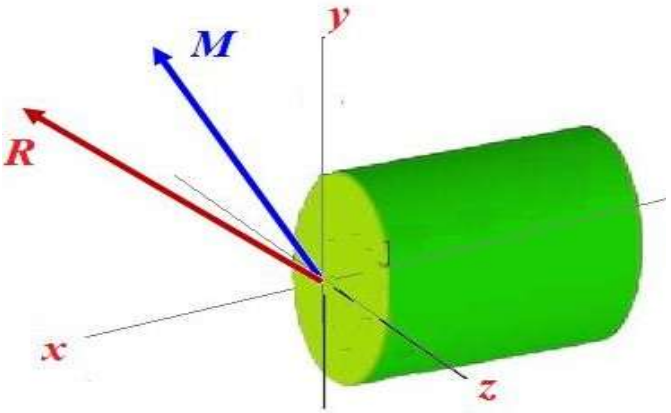
Ichki kuchlarni aniqlash uchun sterjen o`qiga perpendikulyar bo`lgan I–I kesim o`tkazib, sterjenni ikki bo`lakka ajratamiz. Sterjenning chap yoki o`ng qismini tashlab yuborib, tashlab yuborilgan qismi ta`sirini ichki kuchlar sistemasi orqali almashtiramiz (2.7b-shakl). Odatda sterjenning tashqi kuchlar ko`proq qo`yilgan qismi tashlab yuboriladi. Kesilgan kesimda hosil bo`lgan ichki kuchlar, ko`ndalang kesim tekisligi bo`ylab ixtiyoriy ravishda yo`nalgan bo`ladi. Bu ixtiyoriy kuchlarning soni cheksiz ko`p bo`lganligi uchun ular bilan ishlash ko`p noqulayliklarni tug`diradi.

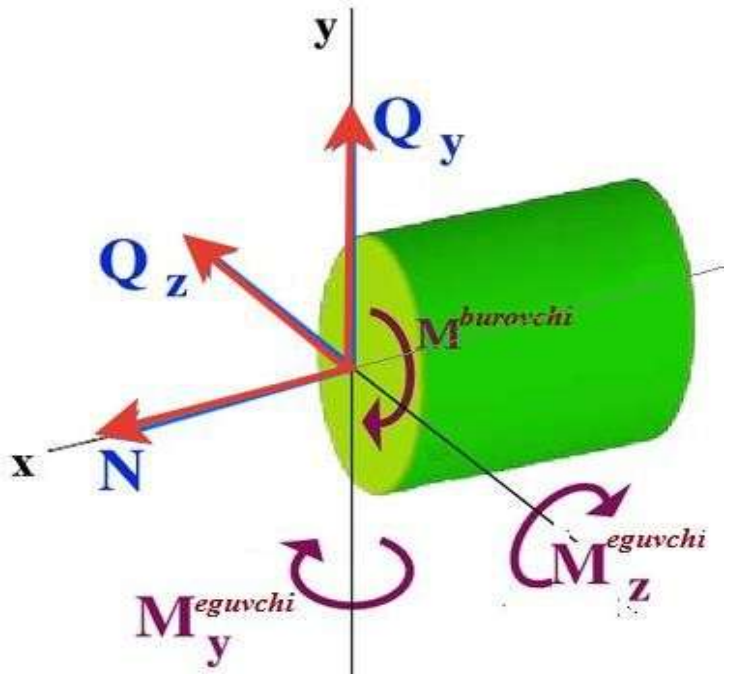
Shuni e`tiborga olib bu kuchlar sistemasini nazariy mexanika fanidan ma`lum bo`lgan, **bosh vektor -R** va **bosh moment -M** ga keltiriladi (2.7d- shakl). Bu **bosh vektor -R** va **bosh moment -M** lar kesimning og`irlik markaziga(O nuqtaga) qo`yiladi. **Bosh vektor -R** ni sterjen o`qi bo`ylab yo`nalgan **bo`ylama kuch- N** va unga tik yo`nalgan **ko`ndalang kuch- Q** tashkil etuvchilarga ajratamiz. (ya`ni z va y o`qlariga proyeksiyalarini olamiz). Hozircha M ni tashkil etuvchilarga ajratmasdan, faqat R ni ajratdik. **Bo`ylama tashkil etuvchi N**ni – bo`ylama ichki kuch, ko`ndalang tashkil etuvchi **Q ni ko`ndalang kuch**-ichki kuch omillari deb ataymiz. (2-7-shakl)

a)



b)





v)

2.7-shakl. Kesish usuli:

a) muvozanatdagi sterjen; b) qoldirilgan qism; d) ichki kuchlar bosh va bosh momentga keltirilgan

Shunday qilib, bir tekislikda yotuvchi tashqi kuchlar ta`siridan umumiy holda uchta ichki kuch M, Q, N lar paydo bo`ladi.

Sterjenning qoldirilgan qismi, unga ta`sir qilayotgan tashqi kuchlar va 1-1 kesimga qo`yilgan ichki kuchlar ta`sirida muvozanatda bo`ladi. Statikaning muvozanat tenglamalariga asosan yozishimiz mumkin :

$$\sum F_{kx} = 0, \quad \sum F_{ky} = 0, \quad \sum F_{kz} = 0, \qquad (1.1)$$

Ushbu tenglamalarni tuzib I-I kesimda hosil bo`lgan ichki kuchlarni topamiz:

$$\sum F_{kx} = 0, \quad N + \sum P_x = 0, \quad N = -\sum P_x;$$

$$\sum F_{ky} = 0, \quad Q + \sum P_y = 0, \quad N = -\sum P_y;$$

$$\sum M_O = 0, \quad M + \sum M_O(P) = 0, \quad M = -\sum M_0(P); \qquad (1.2)$$

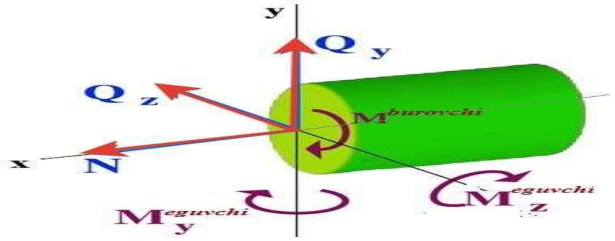
Bu yerda:

$\sum P_x$ – sterjenning qoldirilgan qismiga ta`sir etuvchi barcha tashqi kuchlarning bo`ylama o`qdagi proyeksiyalari yig`indisi;

$\sum P_y$ – sterjenning qoldirilgan qismiga ta`sir etuvchi barcha tashqi kuchlarning ko`ndalang o`qdagi proyeksiyalari yig`indisi;

$\sum M_0(P)$ – sterjenning qoldirilgan qismiga ta`sir etuvchi barcha tashqi kuchlardan kesim og`irlik markaziga nisbatan olingan momentlar yig`indisi.

Bu yerda (1.2) ifodadagi (-) ishora sterjenning ko`rilayotgan qismiga ta`sir etayotgan ichki kuchlar vektorining yo`nalishi, tashqi kuchlar vektori yo`nalishiga qarama-qarshi ekanligini bildiradi. (2.8-shakl)



2.8-shakl. Fazoviy kuchlar ta`sirida hosil bo`ladigan ichki kuchlar ko`rinishi

Shunday qilib, ***bo`ylama ichki kuchlar N*** va ***ko`ndalang ichki kuchlar Q*** mos ravishda sterjenning qoldirilgan qismiga ta`sir etuvchi tashqi kuchlarning bo`ylama va ko`ndalang o`qlardagi proyeksiyalari yig`indisiga teng ekan. ***Ichki kuchlar momenti M*** esa sterjen qoldirilgan qismi kesimining og`irlik markaziga nisbatan tashqi kuchlardan olingan momentlari yig`indisiga teng bo`ladi.

Fazoviy kuchlar ta`sirida hosil bo`ladigan ichki kuchlar. Agarda sterjenga fazoviy tashqi kuchlar sistemasi ta`sir etsa, u holda sterjen kesimida oltita ichki kuchning tashkil etuvchilari (komponentalari) $N,\ Q_x,\ Q_y, M_x, M_y, M_z$ hosil bo`ladi (2.8-shakl). Bu yerdagi N –bo`ylama kuch, $Q_x,\ Q_y$ lar esa ko`ndalang yoki kesuvchi kuchlar, M_z –burovchi moment (odatda u M_{bur} ko`rinishda belgilanadi), $M_x,\ M_y$ – eguvchi momentlar deyiladi.

Endi brusning ko`ndalang kesimidagi ichki kuch faktorlari bilan kuchlanish orasidagi munosabatlarni tuzamiz: $\sigma_x$, $\tau_{xy}$, $\tau_{xz}$ kuchlanishlarni elementar yuzachaga(dF) miqdoriga ko`paytirib, elementar ichki kuchlarni aniqlaymiz;

$$\begin{aligned} dN_x &= \sigma_x \cdot dF; \\ dQ_y &= \tau_{xy} \cdot dF; \\ dQ_z &= \tau_{xz} \cdot dF; \end{aligned} \qquad (1.3)$$

Bu elementar ichki kuchlarni brusning ko`ndalang kesim yuzi bo`yicha yig`ib, bosh vektorning tuzuvchilari uchun quyidagi ifodalarni chiqaramiz:

$$N_x = \int_F \sigma_x \cdot dF;$$

$$\begin{aligned} Q_y &= \int_F \tau_{xy} \cdot dF; \\ Q_z &= \int_F \tau_{xz} \cdot dF; \end{aligned} \qquad (1.4)$$

Har qaysi elementar ichki kuchni, kuchni tegichli o`qlargacha bo`lgan masofalarga ko`paytirib, ularning elementar momentlarini topamiz:

$$\begin{aligned} dM_y &= \tau_{xy} \cdot dF \cdot z + \tau_{xz} \cdot dF \cdot y; \\ dM_x &= \sigma_x \cdot dF \cdot z; \\ dM_z &= \sigma_x \cdot dF \cdot y; \end{aligned} \qquad (1.5)$$

Bu elementar momentlarni ko`ndalang kesim yuzi bo`yicha yig`ib, bosh moment tuzuvchilarini topamiz:

$$\begin{aligned} M_y &= \int_F (\tau_{xy} \cdot z + \tau_{xz} \cdot y) dF; \\ M_x &= \int_F \sigma_x \cdot z dF; \\ dM_z &= \int_F \sigma_x \cdot y dF; \end{aligned} \qquad (1.6)$$

Bu formulalar yordamida ichki kuch faktorlari ma`lum bo`lganda kuchlanishlarni topish mumkin.

Agar tashqi kuchlar ta`sirida sterjen ko`ndalang kesimida faqat bitta ichki kuch paydo bo`lsa, u holda oddiy qarshilik, agar ikki va undan ortiq (noldan farqli) ichki kuchlar paydo bo`lsa murakkab qarshilik hosil bo`ladi.

Sterjen kesimida paydo bo`ladigan ichki kuchlar turiga qarab bir nechta oddiy qarshilik ko`rinishlari hosil bo`lishi mumkin, ya`ni N kuchi o`q bo`ylab cho`zilish yoki siqilishni vujudga keltiradi, ko`ndalang kuch Q_x, Q_y – siljishni, burovchi moment M_{bur} – buralishni, M_x (yoki M_y) momenti-sof egilish deformatsiyalarini hosil qiladi.

Murakkab qarshilikka misol qilib bir vaqtning o`zida sterjen ko`ndalang kesimda hosil bo`ladigan bo`ylama kuch (N) va eguvchi moment (M_x yoki M_y) keltirish mumkin. Bu kuchlar bir vaqtning o`zida cho`zilish bilan egilish deformatsiyasini yoki ikkita eguvchi moment M_x bilan M_y qiyshiq egilishni hosil qilishi mumkin.

Murakkab qarshilikda ichki kuchning bitta tashkil etuvchisi boshqalaridan ancha katta bo`lib, konstruksiya elementining mustahkamligiga asosiy ta`sirni shu ko`rsatadigan bo`lsa u holda qaralayotgan holatni oddiy qarshilik deb qarash mumkin. Bunga balkaning ko`ndalang egilishini misol qilish mumkin, ya`ni bu holda balka ko`ndalang kesimida ikkita ichki kuch - eguvchi moment $M$ , ko`ndalang kuch Q bir vaqtda hosil bo`ladi. Lekin bu holda balkaning mustahkamligini baholaganda ko`pincha ko`ndalang kuch Q e`tiborga olinmasdan, hisob ishlari faqat eguvchi moment orqali bajariladi. Xuddi shunday, vintli prujina kesimlarida bir vaqtning o`zida 4 ta ichki kuch komponentalari $M_{eg}$, $M_{bur}$, $N$, $Q$ paydo bo`ladi, ammo hisob ishlarini bajarganda faqat burovchi moment M_{bur} e`tiborga olinadi, ya`ni masala oddiy qarshilik holatiga keltiriladi.

Sterjen kesimlarida hosil bo`ladigan ichki kuchlarning miqdori kesimning sterjendagi holatiga - ta`sir qilayotgan tashqi kuchlarning z o`qi bo`yicha o`zgarishiga bog`liq bo`ladi (qabul qilingan sanoq sistemasida $z$ o`qi sterjen bo`ylama o`qi bo`ylab yo`nalgan) ya`ni:

$$N = f_1(z); \quad Q = f_2(z); \qquad M_{eg} = f_3(z); \qquad M_{bur} = f_4(z) \qquad (1.7)$$

Ushbu funksiyalarning grafiklari ichki kuchlarning z o`qi bo`yichaо`zgarishini ifodalab ichki kuchlarning epyuralari deb ataladi. Umuman olganda, materiallar qarshiligida ***epyura deb***, tekshirilayotgan kattalikning sterjen uzunligi yoki kesim yuzasi bo`ylab o`zgarishini ko`rsatuvchi grafikka aytiladi. Ichki kuchlar epyurasiga qarab ichki kuchlarning ekstremal qiymatlari sterjenning qaysikesimlariga to`g`ri kelishini aniqlash mumkin. Ichki kuchlar epyurasini qurish materiallar qarshiligi fanida aksariyat masalalarning asosiy va kerakli bosqichi hisoblanadi. Epyuralarni qurish qoidasi va tartibi keyinchalik keltiriladi.

2.3.Brus deformatsiyasining eng oddiy ko‘rinishlari

Yuqorida brus kesimlarida umumiy holda ichki kuch teng ta‘sir etuvchilari 6 ta tashkil etuvchilardan (*N, Qy, Qz, Mx, My ,Mz*) iborat ekanligi ta‘kidlab o‘tilgan (1-shakl). Ammo ko‘p hollarda amalda mazkur ichki kuchlardan brus kesimlarida faqat ayrimlari ko‘p uchraydi.

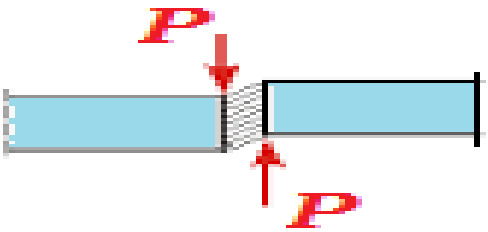
1. Agar brus faqat o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan ichki kuch **«N»** ta‘sirida bo‘lsa, brus cho‘zilish va siqilish deformatsiyasiga ishlaydi. Ichki kuch **“N”** ni **bo‟ylama kuch** deb ataladi, brusni esa sterjen deb ataladi, agarda uning o‘lchamlari uncha katta bo‘lmasa (2.9-shakl) Siqilishga ishlaydigan qurilish konstruksiyalarini ***ustun, kalonna*** deb ataladi.



2.9-shakl

2. Brus kesimidagi ichki kuchlardan Qy, Qz ≠ 0, bo‘lib qolganlari nolga teng bo‘lsa brusda ***siljish, kesilish*** deformatsiyasi sodir bo‘ladi (2.10-shakl).

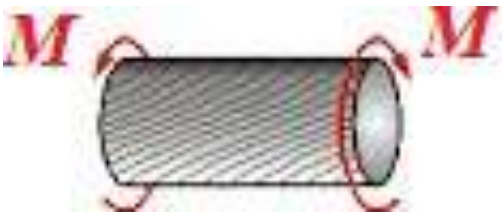
Bu ko‘rinishdagi deformatsiyalar asosan mashina, inshoot elemenlariningbirikmalari: boltli, parchin mix, elektr gaz payvand birikmalarida, metallarni kesish jihozlarida va



h.k. sodir bo‘ladi. 2.10-shakl

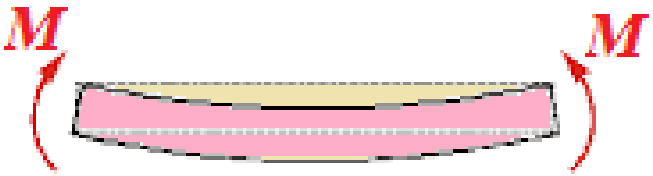
3. Agar brus kesimidagi ichki kuchlardan Mx≠0, qolganlari nolga teng bo‘lsa brusda ***buralish deformatsiyasi*** sodir bo‘ladi.

Buralishga ishlaydigan mashina qismlarini ***val*** deb ataladi. Brusni kesimidagi ichki kuchni (Mx=Mb) ***burovchi moment*** deb ataladi (2.11-shakl).



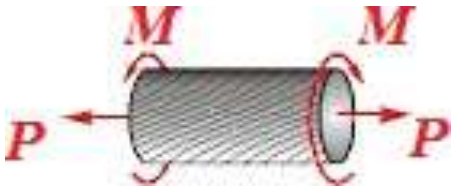
2.11-shakl

4. Brusga uning o‘qiga tik bo‘lgan tashqi kuchlar ta‘sir etish natijasida brus kesimlarida ***M - eguvchi moment, Q - ko’ndalang kuch*** ko‘rinishidagi ichki kuchlar hosil bo‘ladi. Brusning o‘qi to‘g‘ri chiziqli shakldan egri chiziqli shaklga o‘tadi. Bu ko‘rinishdagi deformatsiyani egilish deb ataladi. Egilishga ishlaydigan bruslarni**balka** deb ataladi (2.12-shakl).



2.12-shakl

5. Brus kesimlarida bir vaqtning o‘zida bir necha turdagi ichki kuchlarning birgalikda ta‘siri brusda deformatsiyaning murakkab turlarini hosil bo‘lishiga olib keladi. (2.13-shakl)



2.13-shakl

2.4. Ichki kuchlar epyuralarini qurish

Cho`zilish va siqilishda ichki kuchlar epyuralarini qurish.

https://youtu.be/aQf6Q8t1FQE

Agar tashqi kuchlar ta`sirida sterjen ko`ndalang kesimida faqat bo`ylama ichki kuch N hosil bo`lsa, bu holda cho`zilish yoki siqilish deformatsiyasi paydo bo`lib, bu holat ***markaziy cho`zilish yoki siqilish*** deyiladi. Cho`zilish va siqilishda faqat N kuchining epyurasi quriladi.

Shartli ravishda cho`zilishga doir barcha kattaliklarni (+), siqilishga doir kattaliklarni esa (-) ishora bilan qabul qilamiz.

2.1- masala. Berilgan sterjen (2.13a-shakl) uchun bo`ylama kuch N ning epyurasi qurilsin. $l_1 = 3m$, $l_2 = 1m$, $P_1 = 1kN$, $P_2 = 6kN$.

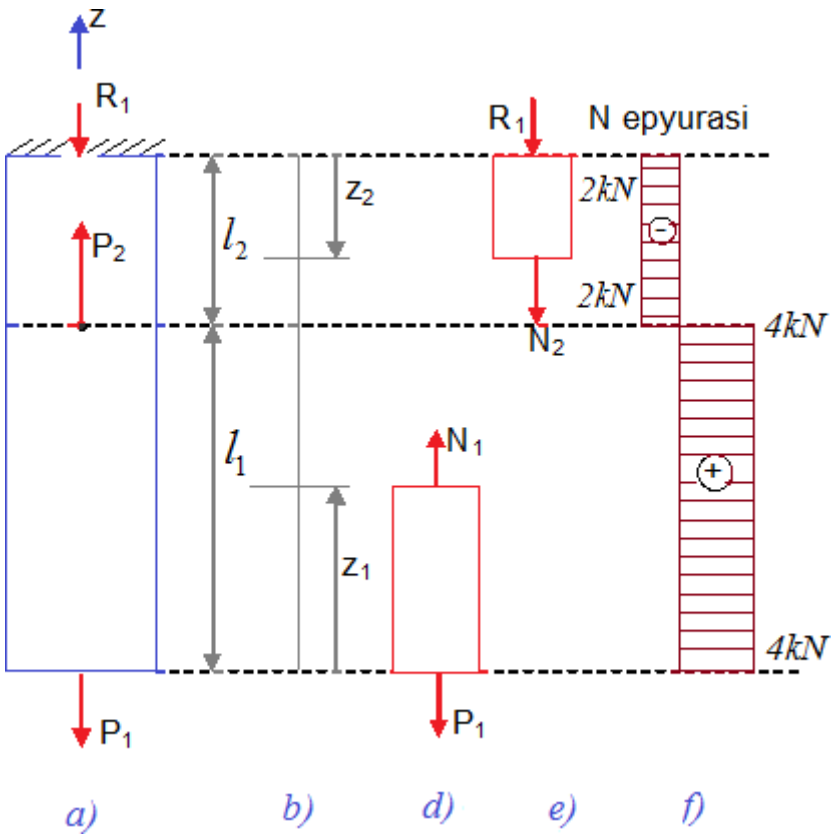
Yechish: Tayanchdagi reaksiya kuchi R_1 ni aniqlaymiz (bu tayanchda gorizontal reaksiya kuchi va reaktiv moment 0 ga teng bo`ladi):

$$\sum z_1 = 0 \quad R_1 - P_1 + P_2 = 0 \qquad R_1 = P_1 - P_2 = 4 - 6 = -2kN$$

Yechimdagi (-) ishora tayanch reaksiyasining haqiqiy yo`nalishi shaklda ko`rsatilgan yo`nalishga qarama - qarshi ekanligini bildiradi.

Agar R reaksiya kuchida strelka ikki tomonga yo`nalgan bo`lib, bitta yo`nalishga (x) belgi qo`yilgan bo`lsa, u holda bu yo`nalish reaksiya kuchi qiymatini topishdan oldin qo`yilgan yo`nalish bo`lib, belgi qo`yilmagan yo`nalish reaksiya kuchi qiymati topilgandan keyingi haqiqiy yo`nalishdir. Bu holda

$R_2 = 2kN$ bo`ladi.



2.13-shakl. Bir nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar ta`sirida sterjenning cho`zilishi va siqilishi:

a) berilgan sterjen; b) o`tkazilgan kesimlar; d)-e) qoldirilgan uchastkalar; f) bo`ylama kuch epyurasi

Bu sterjenni 2 ta uchastkadan iborat deb qarash mumkin.

1. Sterjenning I uchastkasidan ($0 \le z_1 \le l_1$) kesim (2.13b-shakl) o`tkazib pastki qismini qoldiramiz (2.13d-shakl), yuqori qismini esa tashlab yuboramiz (2.13b- shakl). Tashlab yuborilgan qismining ta`sirini N_1 ichki kuch orqali belgilaymiz va uni cho`zuvchi deb hisoblab, qoldirilgan qismi uchun muvozanat shartlarini yozamiz:

$$\sum z_1 = 0 \qquad N_1 - P_1 = 0, \text{ bundan} \qquad N_1 = P_1 = 4kN \text{ bo`ladi.}$$

Hosil bulgan natijani $N_1 = f(z_1)$ funksiyasi ko`rinishida ifodalaydigan bo`lsak, unda z_1 ordinata nolinchi darajada ishtirok etmoqda.

Bu esa sterjenning I - uchastkasida N_1 bo`ylama kuchni butun I - uchastka uzunligi bo`ylab o`zgarmas ekanligini bildiradi.

2. Sterjenning II – uchastkasidan $(0 \le z \le l_2)$ kesim (2.13b-shakl) o`tkazamiz. Bu yerda kesimning yuqori qismini qoldirib, pastki qismini tashlab yuborish qulayroq (2.13e-shakl) bo`ladi. Tashlab yuborilgan qismining ta`sirini N_2 bilan belgilab, muvozanat shartlarini yozamiz.

$\sum z_2 = 0 \qquad N_2 - R_1 = 0$, bundan $N_2 = R_1 = -2tk$ bo`ladi.

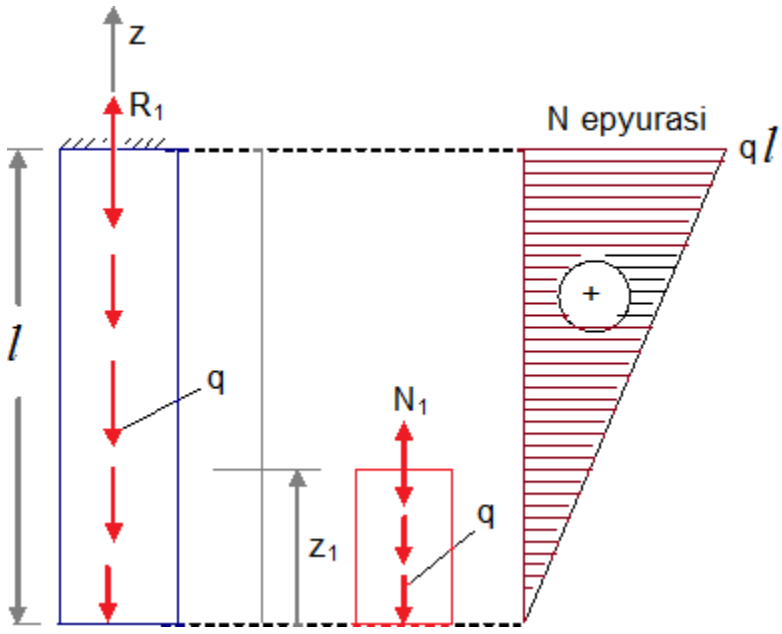
Yechimdagi (-) ishora N_2 kuchning yo`nalishini noto`g`ri ko`rsatganimizni, ya`ni $N_2$ kuch cho`zuvchi emas balki siquvchi ekanligini anglatadi. Bu holda ham $N_2 = f(z_2)$ funksiya II -uchastkaning butun uzunligi bo`yicha o`zgarmas ekan.

Ushbu funksiyalarning grafiklarini chizamiz.

Buning uchun N epyuraning nol o`qini sterjen bo`ylama o`qiga parallel ravishda o`tkazamiz (2.13f-shakl). «N» kuchining o`qini bu o`qqa perpendikulyar joylashtirib, $N_1 = f(z_1)$ va $N_2 = f(z_2)$ funksiyalarning grafiklarini quramiz. Qurilgan grafik, epyura o`qiga tik ravishda tekis shtrix chiziqlar bilan shtrixlanadi. Bu grafik (2.13f-shakl) bo`ylama kuch N ning epyurasi deyiladi.

Epyuradan ko`rinib turibdiki, eng katta cho`zuvchi kuch $N_1 = 4kN$, eng katta siquvchi kuch esa $N_2 = 2kN$ ekan. SHu bilan birga, P_2 kuch ta`sir etuvchi nuqtada shu kuch miqdoriga teng bo`lgan sakrash hosil bo`lmoqda.

2.2- masala. Yoyilgan q kuch ta`siridagi sterjen (2.14-shakl) uchun bo`ylama kuch N epyurasini quring (Sterjenning o`z og`irligi ushbu q kuchga misol bo`lishi mumkin).



2.14-shakl. Yoyilgan q kuch ta`siridagi sterjen uchun bo`ylama kuch epyurasini qurish

Yechish: Bu holda tayanchda faqat bitta $R_1 = ql$ ga teng reaksiya kuchi hosil bo`ladi. Bu sterjenni bir uchastkadan iborat deb qarash mumkin. Undan bitta kesim o`tkazib, yuqori qismini tashlab yuboramiz.

$\sum z_1 = 0$ $N_1 - q \cdot z_1 = 0$, bundan $N_1 - q \cdot z_1$ bo`lib, $N_1 = f(z_1) = q \cdot z_1$

ko`rinishga ega bo`ladi.

$N_1 - q \cdot z_1$ funksiyasi yordamida bo`ylama kuch N ning epyurasini quramiz.

$$z_1 = 0 \text{ da; } N_1 = 0$$

$$z_1 = l \text{ da; } N_1 = ql \text{ bo`ladi.}$$

Tekis taqsimlangan kuch ta`siridagi bo`ylama ichki kuch N epyurasi, epyura o`qiga nisbatan og`ma to`g`ri chiziqdan iborat bo`lar ekan (2.2-shakl). Bu kuch cho`zuvchi kuch bo`lib, uning eng katta qiymati $N_1 = ql$, tayanchda hosil bo`lar ekan. N kuchining og`ish burchagi yoyilgan kuch intensivligi q orqali aniqlanadi.

Bo`ylama kuch epyurasini qurishda sterjen vertikal yoki gorizontal turishining ahamiyati yo`q.

2.3- masala. Markaziy kuchlar sistemasi qo`yilgan sterjen (2.15-shakl) uchun bo`ylama kuch N epyurasi qurilsin .

$$l_1 = 1m,\ l_2 = 2m,\ l_3 = 1m,\ l_4 = 2m,\ \text{P =6 kN, q=2 kN/m.}$$

Yechish: Bu holda ham tayanchda bitta reaksiya kuchi R paydo bo`ladi ya`ni:

$$\sum z = 0 \qquad R - q \cdot l_2 + P = 0, \text{ bundan} \qquad R = q \cdot l_2 - P = -2kN$$

Yechimdagi (-) ishora tayanchdagi reaksiya kuchi R ning yo`nalishi noto`g`ri ko`rsatilganini va uni teskari tomonga o`zgartirish kerakligini bildiradi. U holda $R = 2kN$ bo`ladi.

Bu sterjenni 4 ta uchastkadan iborat deb qarash kerak bo`ladi. N kuchining epyurasini qurish uchun har bir uchastkadan kesim o`tkazib N ning qiymatini aniqlaymiz ya`ni:

I- uchastka uchun: $\sum z_1 = 0 \qquad N_1 = 0 \qquad (0 \le z_1 \le l_1);$

II-uchastka uchun: $\sum z_2 = 0 \qquad N_2 - q \cdot z_2 = 0, N_2 = q \cdot z_2; (0 \le z_2 \le l_2),$

bundan $z_2 = 0$ da; $N_2 = 0$

$z_2 = l_2 = 2m$ da; $N_2 = 4kN$ bo`ladi.

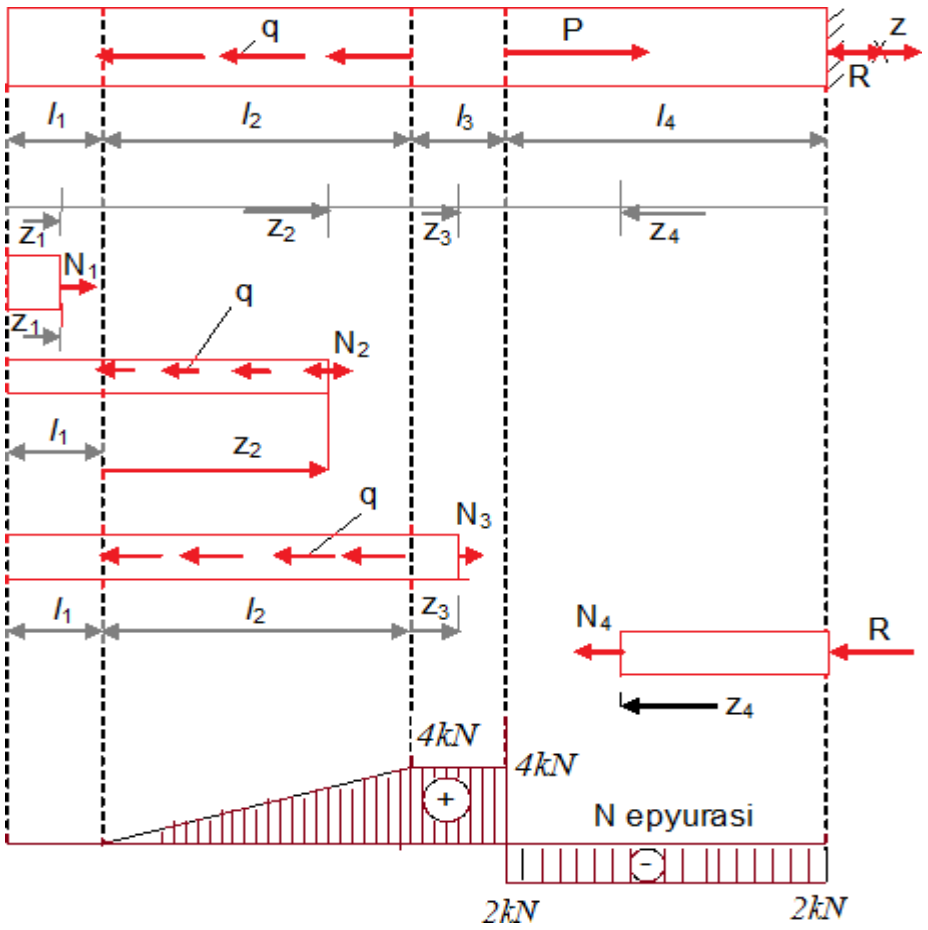
III-uchastka uchun: $(0 \le z_3 \le l_3)$;

$$\sum z_3 = 0 \qquad N_3 - q \cdot l_2 = 0, \qquad N_3 = q \cdot l_2 = 4kN,$$

IV-uchastka uchun: $(0 \le z_4 \le l_4)$

$$\sum z_4 = 0 \qquad N_4 - R = 0, \qquad N_4 = R = -2kN,.$$

Yuqoridagi funksiyalardan foydalanib N kuchining epyurasini qursak u 2.15-shakldagi ko`rinishga ega bo`ladi.

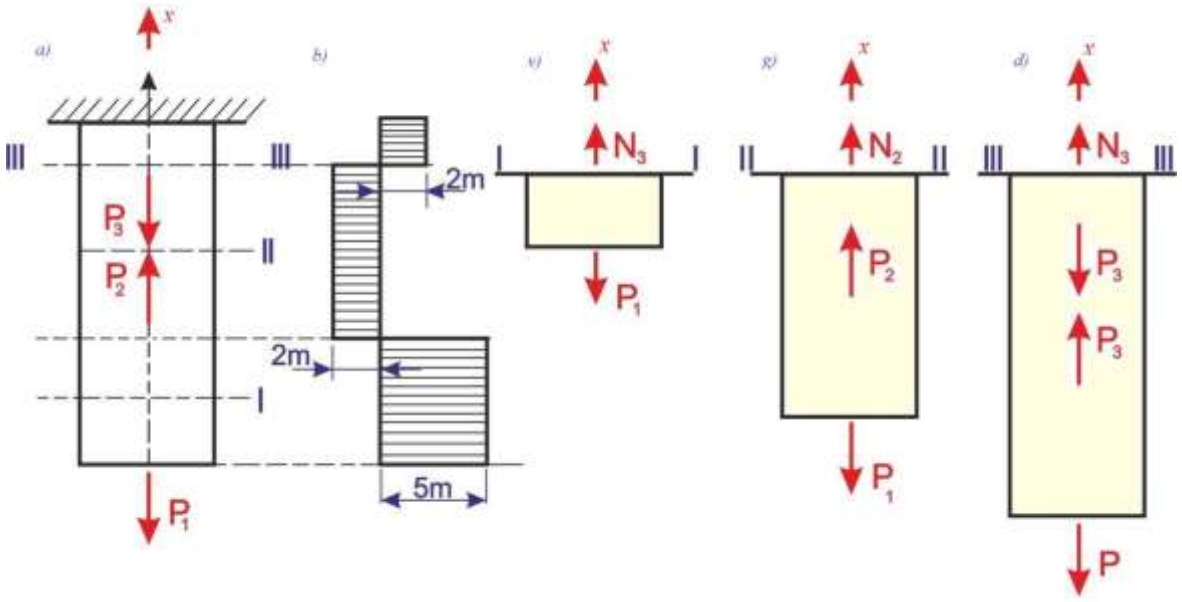


2.15-shakl. Markaziy kuchlar ta`sir etganda kuch epyurasini qurish

Bo`ylama kuch N epyurasidan ko`rinib turibdiki eng katta cho`zuvchi kuchning qiymati 4 kN , eng katta siquvchi kuchniki 2 kN ga teng.

Bu ko`rgan uchta misollarimizdagi sterjenlarning ko`ndalang kesim yuzalari o`zgarmas bo`lganligi uchun N ning epyurasidan xavfli kesimni aniqlashimiz mumkin: 1-misolimizda sterjenning I-uchastkasida, 2-misolda sterjenning tayanchga yaqin joyida, 3-misolda esa sterjenning III – uchastkasida xavfli kesim hosil bo`lar ekan.

2.4-masala. Bir uchi bilan mahkamlangan sterjenning o`qi bo`ylab $P_1 = 5T$, $P_2 = 7T$, va $P_3 = 4T$, kuchlar ta`sir etadi, shu sterjen uchun bo`ylama kuchning epyurasi chizilsin (2.16-shakl,a).



2.16-shakl

Yechish: birinchi uchastkadagi bo`ylama kuchni topish uchun sterjenni I-I tekisligi bo`yicha fikran kesamiz (2.16-shakl, b) va sterjenning pastda qolgan qismi uchun sterjenning muvozanat shartini yozamiz. Bunda sterjenning qolgan qismiga ta`sir qiluvchi bo`ylama N_1 kuchni kesimida tepaga yo`nalgan deb faraz qilamiz. Agar $N_1$ ning qiymati musbat chiqsa, uning yo`nalishi to`g`ri qo`yilgan bo`lib, bunday bo`ylama kuch sterjenning qolgan qismini cho`zadi. Agar N_1 ning qiymati manfiy chiqsa, uni teskari tomonga yo`naltirib qo`yamiz; bunday bo`ylama kuch sterjenning qolgan qismi siqadi. Cho`zuvchi bo`ylama kuchi sterjenning qolgan qismini siqadi. Cho`zuvchi bo`ylama kuchni esa manfiy deb hisoblaymiz.

Shunday qilib, sterjenning I-I kesimda pastda qolgan qismi uchun muvozanat tenglamasi bunday yoziladi (2.16-shakl, v):

$$\sum X = N_1 - P_1 = 0; \quad N_1 = P_1 = 5\ T. \qquad \text{(cho`zuvchi)}$$

II-II kesimdan pastda qolgan qismi uchun muvozanat tenglamasi quyidagicha bo`ladi (2.16-shakl, g):

$$\sum X = N_2 + P_2 - P_1 = 0; \quad N_2 = P_1 - P_2 = 5 - 7 = -2T. \qquad \text{(siquvchi)}$$

Nihoyat III-III kesimdan pastda qolgan qismining muvozanat tenglamasi bunday yoziladi (2.16-shakl, b):

$$\sum X = N_2 - P_1 + P_2 - P_3 = 0; \quad N_3 = P_1 + P_3 - P_2 = 5 - 7 + 4 = 2T. \text{ (cho`zuvchi).}$$

Endi turli uchastkalarda hosil bo`lgan bo`ylama kuchlarning qiymatlari asosida shu kuchlarning o`zgarishini ko`rsatuvchi epyura chizamiz, bunday epyura 2.16-shakl, b da ko`rsatilgan. Bu masalada bo`ylama kuchlarning qiymati har qaysi uchastka oralig`ida o`zgarmas miqdordir.

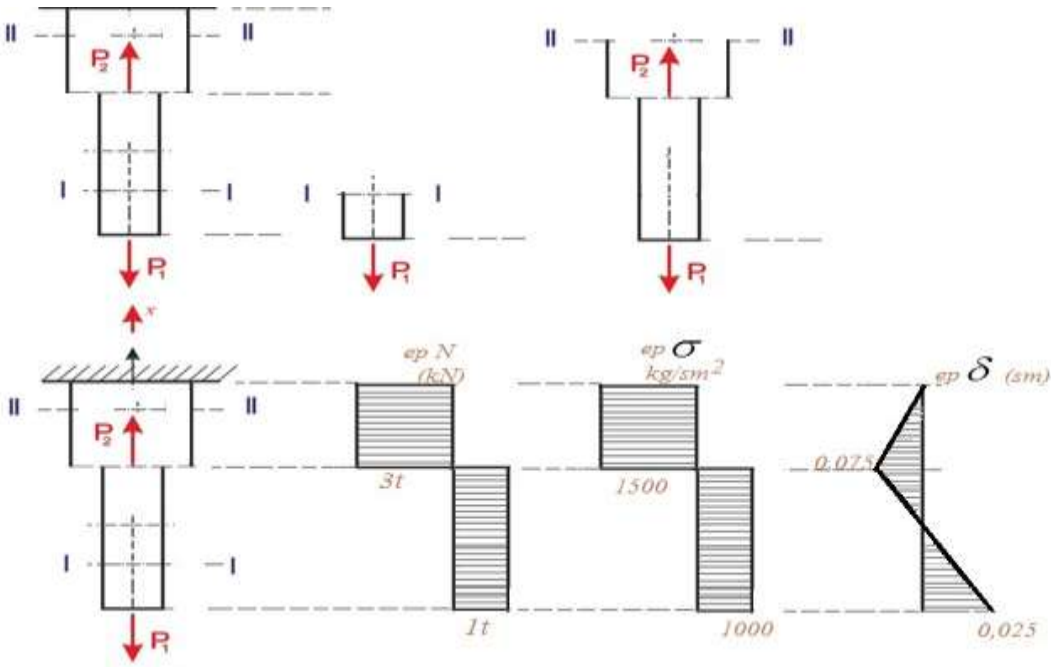
Masalalar.

2.5-masala. 2.17-shaklida ko`rsatilgan po‘lat sterjenning hamma kesimlaridagi bo‘ylama kuchlar, kuchlanishlar va ko`chishlar topilsin. Bu miqdorlardan har birining grafigi chizilsin. Quyidagi miqdorlar berilgan:

$$F_1 = 1sm^2,\ F_1 = 2sm^2, l_1 = 1m,\ P_1 = 1tonnava\ P_3 = 4\ tonna,\ St.3(E = 2\cdot 10^6 kg/sm^2)$$

Yechish: Bo`ylama kuch $N_1$ larni topish uchun sterjenni o‘z o‘qiga tik bo‘lgan I-I va II-II tekisliklar bilan kesamiz (2.17-shakl, d, e). Sterjenning kesilgan pastki qismining muvozanatini tekshiramiz: birinchi xol uchun $\sum Y = 0; N_1 - P_1 = 0; N_1 = P_1 = 1$(cho`zuvchi) va ikkinchi xol uchun $\sum Y = 0; N_2 + P_2 - P_1 = 0$

yoki $N_2 = P_1 - P_2 = -3$tonna (siquvchi) kuchlar hosil bo`ladi.



2.17-shakl.

Bo`ylama kuchlarining epyurasini ma‘lum masshtabda chizamiz; bu epyura 2.17-shakl, b da ko`rsatilgan. Cho`zuvchi bo`ylama kuchni musbat, siquvchi bo`ylama kuchni musbat, siquvchi bo`ylama kuchni esa manfiy deb hisoblaymiz. Sterjenni pastki qismining ko`ndalang qismidagi normal kuchlanish $\sigma_1 = \frac{N_1}{F_1} = \frac{1000}{1,0} = 1000 kg/sm^2$ (cho`zuvchi) va yuqori qismining ko`ndalang kesimidagi normal kuchlanish $\sigma_2 = \frac{N_2}{F_2} = \frac{3000}{2,0} = -1500 kg/sm^2$ (siquvchi) bo`ladi. Normal kuchlanishning epyurasi ma‘lum masshtabda 2.17-shakl chizilgan sterjenning B-B va C-C kesimlari ko`chishlarini topamiz; A-A kesimning kuchishi nolga teng. Sterjenning yuqori qismi siqilgandan B-B kesimning kuchishi yuqoriga yo`nalgan bo`ladi: $\delta_B = \frac{N_2 \cdot l_2}{E \cdot F_2} = \frac{-3000 \cdot 100}{2 \cdot 10^6 \cdot 2,0} = -0,075 sm$.

Bundan keyin pastga yo`nalgan ko‘chishlarni manfiy deb hisoblaymiz. C-C kesimning ko`chishi B-B kesimning ko`chishi bilan sterjenning $l_1$ uzunlikdagi qismi cho`zilishining algebraik yig‘indisiga teng bo`ladi:

$$\delta_C = \delta_B + \Delta l_1 = -0{,}075 + \frac{N_1 \cdot l_1}{E \cdot F_1} = -0{,}075 + \frac{1000 \cdot 200}{2 \cdot 10^6 \cdot 1{,}0} = 0{,}025 sm$$ bu ko`chish pastga yo`nalgan.

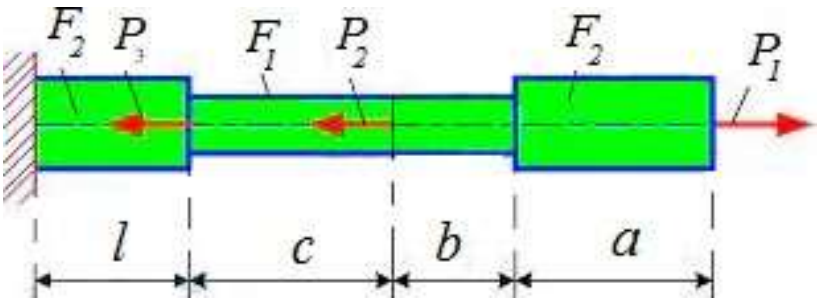
Ko‘chish epyurasini chizish uchun δ_C va δ_B qiymatlarini vertikal chiziqdan tegishlicha o‘ng va chap tomonlarga ma‘lum masshtabda qo‘yib, hosil bo‘lgan nuqtalarni to‘g‘ri chiziqlar bilan tutashtiramiz, chunki ko‘chishlar sterjeni kesimlarining absissalariga chiziqli bog‘lanishdadir. Chizilgan grafikdan ko‘rinadiki, sterjenning $D-D$ kesimi ko‘chmas ekan, bu kesimdan balanddagi kesimlar yuqoriga qarab, pastdagi kesimlar esa pastga qarab yo‘nalgan bo‘ladi (39-shakl, g).

Mustaqil yechish uchun masalalar

2.6-masala: Bizga $P_1 = 50kN$, $P_2 = 150kN$, $P_3 = 100kN$ siquvchi tashqi kuch ta`sirida turgan ustun berilgan bo`lsin. Ustunda hosil bo`ladigan bo`ylama kuch–Nning miqdori aniqlansin(2.18-shakl).

Ustunning kesim yuzasi tomonlarini o`lchami a=4sm, b=5sm bo`lgan 1-brus yuzasi-F_1=F_3 ekanligi va a=5sm, b=6sm bo`lgan 2-brus yuzasi-$F_2$ ekanligi, u ustun po`lat-3 markali metaldan yasalgan($E = 2 \cdot 10^6\ kg/sm^2$) deb olib, qo‘zg‘almas tayanchga tayanib turuvchi pog‘onali brusni o‘qi bo‘ylab shaklda ko‘rsatilganidek kuchlar ta‘sir etadi.

(Hisoblashlar bruslarning xususiy og‘irligini hisobga olmay bajarilsin).

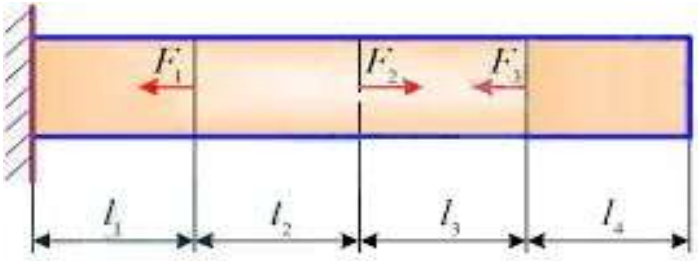


2.18-shakl

2.7-masala: Bizga $F_1 = 40kN$, $F_2 = 150kN$, $F_3 = 100kN$ siquvchi tashqi kuch ta`sirida turgan ustun berilgan bo`lsin. Ustunda hosil bo`ladigan bo`ylama kuch – Nning miqdori aniqlansin(2.19-shakl).

Ustunning kesim yuzasi tomonlarini o`lchami a=4sm, b=5sm bo`lgan 1-brus yuzasi-F_1 ekanligi va a=5sm, b=6sm bo`lgan 2-brus yuzasi-$F_2$ ekanligi, u ustun po`lat-3 markali metaldan yasalgan($E = 2 \cdot 10^6\ kg / sm^2$) deb olib, qo‘zg‘almas tayanchga tayanib turuvchi pog‘onali brusni o‘qi bo‘ylab shaklda ko‘rsatilganidek kuchlar ta‘sir etadi.

(Hisoblashlar bruslarning xususiy og‘irligini hisobga olmay bajarilsin).

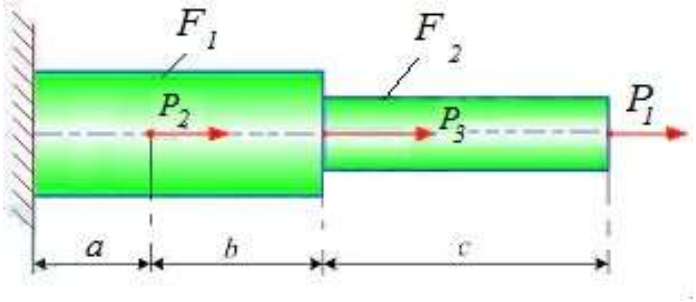


2.19-shakl

2.8-masala: Bizga $P_1 = 80kN$, $P_2 = 100kN$, $P_3 = 200kN$ siquvchi tashqi kuch ta`sirida turgan ustun berilgan bo`lsin. Ustunda hosil bo`ladigan bo`ylama kuch– Nning miqdori aniqlansin(2.20-shakl.)

Ustunning kesim yuzasi tomonlarini o`lchami a=4sm, b=5sm bo`lgan 1-brus yuzasi-F_1 ekanligi va a=5sm, b=6sm bo`lgan 2-brus yuzasi-$F_2$ ekanligi, u ustun po`lat-3 markali metaldan yasalgan($E = 2 \cdot 10^6\ kg / sm^2$) deb olib, qo‘zg‘almas tayanchga tayanib turuvchi pog‘onali brusni o‘qi bo‘ylab shaklda ko‘rsatilganidek kuchlar ta‘sir etadi.

(Hisoblashlar bruslarning xususiy og‘irligini hisobga olmay bajarilsin).

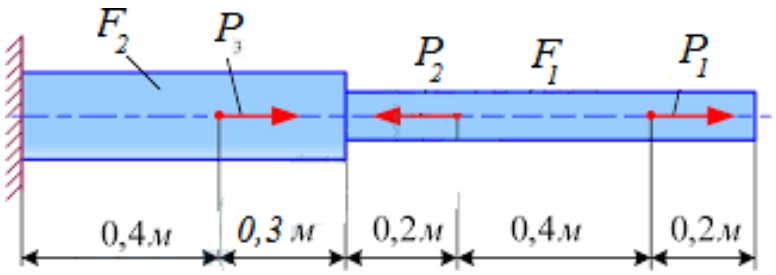


2.20-shakl

2.9-masala: Bizga $P_1 = 100kN$, $P_2 = 150kN$, $P_3 = 100kN$ siquvchi tashqi kuch ta`sirida turgan ustun berilgan bo`lsin. Ustunda hosil bo`ladigan bo`ylama kuch–Nning miqdori aniqlansin(2.21-shakl).

Ustunning kesim yuzasi tomonlarini o`lchami a=4sm, b=5sm bo`lgan 1-brus yuzasi-F_1 ekanligi va a=5sm, b=6sm bo`lgan 2-brus yuzasi-$F_2$ ekanligi, u ustun po`lat-3 markali metaldan yasalgan($E = 2 \cdot 10^6\ kg/sm^2$) deb olib, qo‘zg‘almas tayanchga tayanib turuvchi pog‘onali brusni o‘qi bo‘ylab shaklda ko‘rsatilganidek kuchlar ta‘sir etadi.

(Hisoblashlar bruslarning xususiy og‘irligini hisobga olmay bajarilsin).

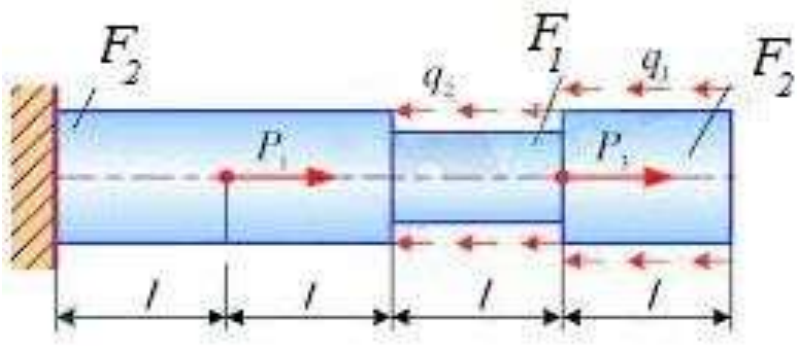


2.21-shakl

2.10-masala: Bizga $F_1 = 50kN$, $F_2 = 150kN$, $q = 2kN/m$ siquvchi tashqi kuch ta`sirida turgan ustun berilgan bo`lsin. Ustunda hosil bo`ladigan bo`ylama kuch–Nning miqdori aniqlansin(2.22-shakl).

Ustunning kesim yuzasi tomonlarini o`lchami a=4sm, b=5sm bo`lgan 1-brus yuzasi-F_1 ekanligi va a=5sm, b=6sm bo`lgan 2-brus yuzasi-$F_2$ ekanligi, u ustun po`lat-3 markali metaldan yasalgan($E = 2 \cdot 10^6\ kg/sm^2$) deb olib, qo‘zg‘almas tayanchga tayanib turuvchi pog‘onali brusni o‘qi bo‘ylab shaklda ko‘rsatilganidek kuchlar ta‘sir etadi.

(Hisoblashlar bruslarning xususiy og‘irligini hisobga olmay bajarilsin).

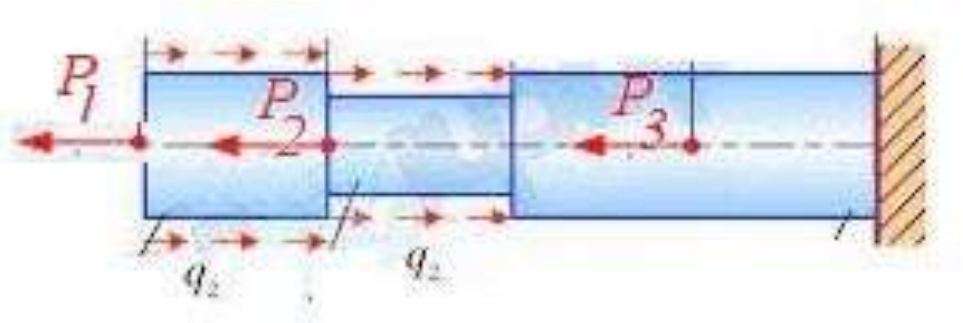


2.22-shakl

2.11-masala: Bizga $F_1 = 250kN$, $F_2 = 150kN$, $q = 2kN/m$ siquvchi tashqi kuch ta`sirida turgan ustun berilgan bo`lsin. Ustunda hosil bo`ladigan bo`ylama kuch – Nning miqdori aniqlansin(2.23-shakl).

Ustunning kesim yuzasi tomonlarini o`lchami a=3sm, b=5sm bo`lgan 1-brus yuzasi-F_1 ekanligi va a=5sm, b=6sm bo`lgan 2-brus yuzasi-$F_2$ ekanligi, u ustun po`lat-3 markali metaldan yasalgan($E = 2 \cdot 10^6\ kg/sm^2$) deb olib, qo‘zg‘almas tayanchga tayanib turuvchi pog‘onali brusni o‘qi bo‘ylab shaklda ko‘rsatilganidek kuchlar ta‘sir etadi.

(Hisoblashlar bruslarning xususiy og‘irligini hisobga olmay bajarilsin).

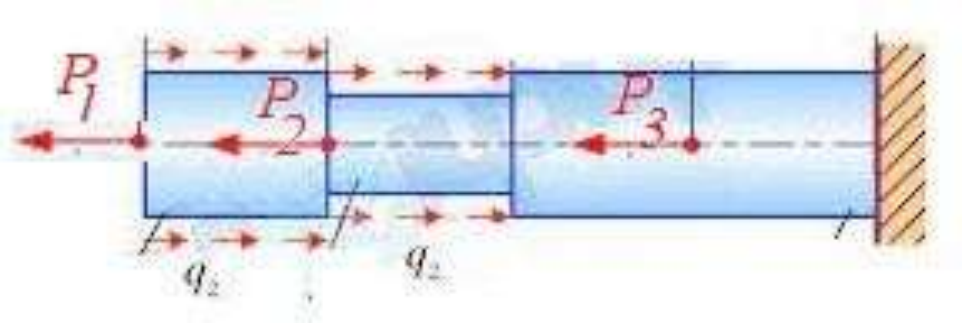


2.23-shakl

2.12-masala: Bizga $q = 2kN/m$, $F_1 = 300kN$, $F_2 = 500kN$ siquvchi tashqi kuch ta`sirida turgan ustun berilgan bo`lsin. Ustunda hosil bo`ladigan bo`ylama kuch – Nning miqdori aniqlansin(2.24-shakl).

Ustunning kesim yuzasi tomonlarini o`lchami a=4sm, b=5sm bo`lgan 1-brus yuzasi-F_1 ekanligi va a=6sm, b=6sm bo`lgan 2-brus yuzasi-$F_2$ ekanligi, u ustun po`lat-3 markali metaldan yasalgan($E = 2 \cdot 10^6\ kg/sm^2$) deb olib, qo‘zg‘almas tayanchga tayanib turuvchi pog‘onali brusni o‘qi bo‘ylab shaklda ko‘rsatilganidek kuchlar ta‘sir etadi.

(Hisoblashlar bruslarning xususiy og‘irligini hisobga olmay bajarilsin).

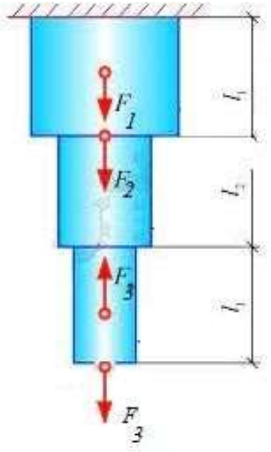


2.24-shakl

2.13-masala: Bizga $F_1 = 100kN$, $F_2 = 150kN$, $F_3 = 100kN$ siquvchi tashqi kuch ta‘sirida turgan ustun berilgan bo`lsin. Ustunda hosil bo`ladigan bo`ylama kuch – Nning miqdori aniqlansin(2.25-shakl).

Ustunning kesim yuzasi tomonlarini o`lchami a=4sm, b=5sm bo`lgan 1-brus yuzasi-F_1 ekanligi va a=5sm, b=6sm bo`lgan 2-brus yuzasi-$F_2$ ekanligi, u ustun po`lat-3 markali metaldan yasalgan($E = 2 \cdot 10^6\ kg / sm^2$) deb olib, qo‘zg‘almas tayanchga tayanib turuvchi pog‘onali brusni o‘qi bo‘ylab shaklda ko‘rsatilganidek kuchlar ta‘sir etadi.

(Hisoblashlar bruslarning xususiy og‘irligini hisobga olmay bajarilsin).

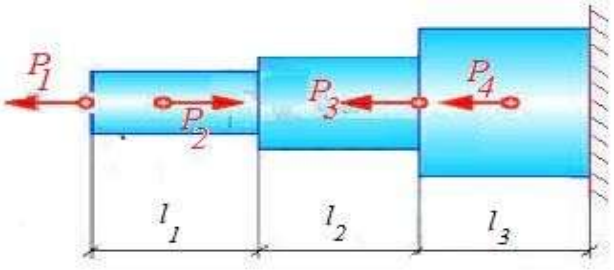


2.25-shakl

2.14-masala: Bizga $P_1 = 50kN$, $P_2 = 150kN$, $P_3 = 100kN$, $P_4 = 120kN$ siquvchi tashqi kuch ta`sirida turgan ustun berilgan bo`lsin. Ustunda hosil bo`ladigan bo`ylama kuch –Nning miqdori aniqlansin(2.26-shakl).

Ustunning kesim yuzasi tomonlarini o`lchami a=4sm, b=5sm bo`lgan 1-brus yuzasi-F_1 ekanligi va a=5sm, b=6sm bo`lgan 2-brus yuzasi-$F_2$ ekanligi, u ustun po`lat-3 markali metaldan yasalgan($E = 2 \cdot 10^6\ kg / sm^2$) deb olib, qo‘zg‘almas tayanchga tayanib turuvchi pog‘onali brusni o‘qi bo‘ylab shaklda ko‘rsatilganidek kuchlar ta‘sir etadi.

(Hisoblashlar bruslarning xususiy og‘irligini hisobga olmay bajarilsin).

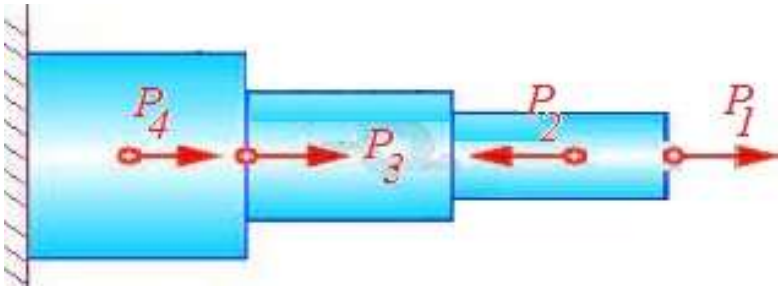


2.26-shakl

2.15-masala: Bizga $P_1 = 50kN$, $P_2 = 150kN$, $P_3 = 100kN$, $P_4 = 120kN$ siquvchi tashqi kuch ta`sirida turgan ustun berilgan bo`lsin. Ustunda hosil bo`ladigan bo`ylama kuch –Nning miqdori aniqlansin(2.27-shakl).

Ustunning kesim yuzasi tomonlarini o`lchami a=4sm, b=5sm bo`lgan 1-brus yuzasi-F_1 ekanligi va a=5sm, b=6sm bo`lgan 2-brus yuzasi-$F_2$ ekanligi, u ustun po`lat-3 markali metaldan yasalgan($E = 2 \cdot 10^6\ kg/sm^2$) deb olib, qo‘zg‘almas tayanchga tayanib turuvchi pog‘onali brusni o‘qi bo‘ylab shaklda ko‘rsatilganidek kuchlar ta‘sir etadi.

(Hisoblashlar bruslarning xususiy og‘irligini hisobga olmay bajarilsin).



2.27-shakl

2.16-masala. Uzunligi 2 m, to‘g‘ri to‘rtburchak kesimining yuzi 20x30 mm bo‘lgan mis sterjen 3 tonna kuch bilan cho‘ziladi. Undagi kuchlanish absolyut va nisbiy cho‘zilishlar aniqlansin.

Javobi: $\sigma = 500kg/sm^2$, $\Delta l = 1mm$, $\delta = 0{,}00055$

2.17-masala. Uzunligi 18 m bo‘lgan po‘lat simning nisbiy cho‘zilishi 0,00055 ga teng. Shu sim qancha cho‘zilgan?

Javobi: 0,99 sm

2.18-masala. Mis simning diametri 1,2 mm sim 9 kg kuch bilan 0,25 mm cho‘ziladi. Shu simning cho‘zilishdan oldingi uzunligi aniqlansin.

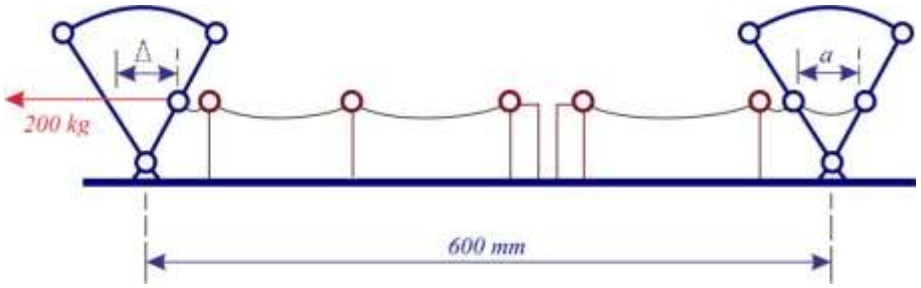
Javobi: 31,4 sm

2.19-masala. Cho‘yan qolipining ko‘ndalang kesimi halqa bo‘lib, uning tashqi diametri 25 sm devorining qalinligi esa 25 mm. Kolonna 50 *tonna* kuch bilansiqiladi. Shu kolonnaning nisbiy saqlanishi nimaga teng bo‘ladi?

Javobi: $2{,}36 \cdot 10^{-4}$.

2.20-masala. Temir yo‘l signali simning uzunligi 600 m, diametri 5mm bo‘lib roliklarga tortiladi (2.28-shakl). Signal bulkasidan beriladigan kuch 200 kg, simning oxirgi uchi $a = 17{,}5sm$ ga ko‘chishi kerak bo‘lsa, simning bulka yonidagi uchining ko‘chishi (Δ) qanchaga teng bo‘ladi? Simning roliklar oralig‘idagi salqiligi va sim bilan roliklar orasidagi ishqalanish kuchi hisobga olinmasin.

Javobi: 48 sm

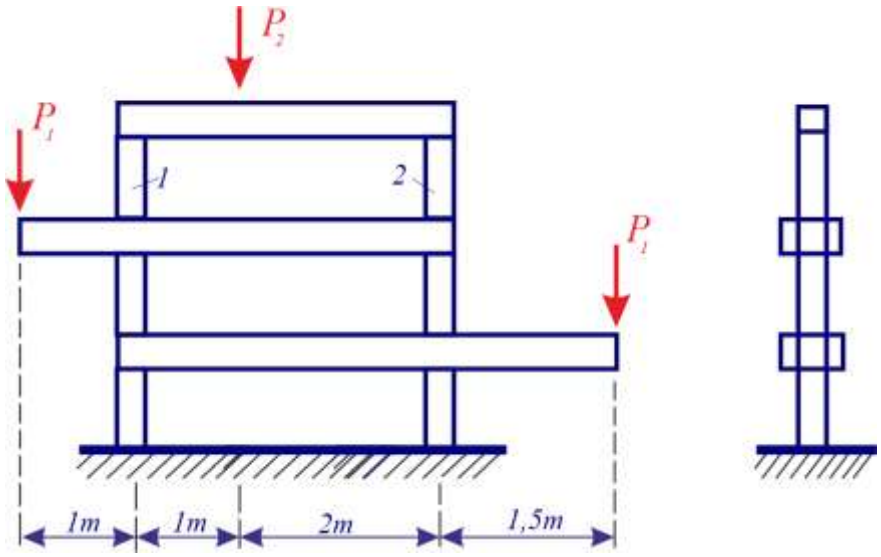


2.28-shakl

2.21-masala. Arkali ferma belbog‘ining uzunligi 10 m, ko‘ndalang kesimi 18^A nomerli ikkita po‘lat shvellerdan tuzilgan bo‘lib 60 tonna kuch bilan cho‘ziladi. Shu belbog‘ini absolyut cho‘zilishi aniqlansin.

Javobi: *6,75 mm*

2.22-masala. Ikkita yog‘och ustunning har biri shaklda ko‘rsatilgandek $P_1 = 300kg,\ P_2 = 900kg$ kuchlar yuklangan (2.29-shakl). Ustunlarning kesim yuzlari *10x10* sm^2. Ikkala ustunning turli kesimlaridagi kuchlanishlar aniqlansin.



2.29-shakl

Javobi:

Chap ustunning yuqori qismida $\sigma = -6\,\frac{kg}{sm^2}$

Chap ustunning o‘rta qismida $\sigma = -10\,\frac{kg}{sm^2}$

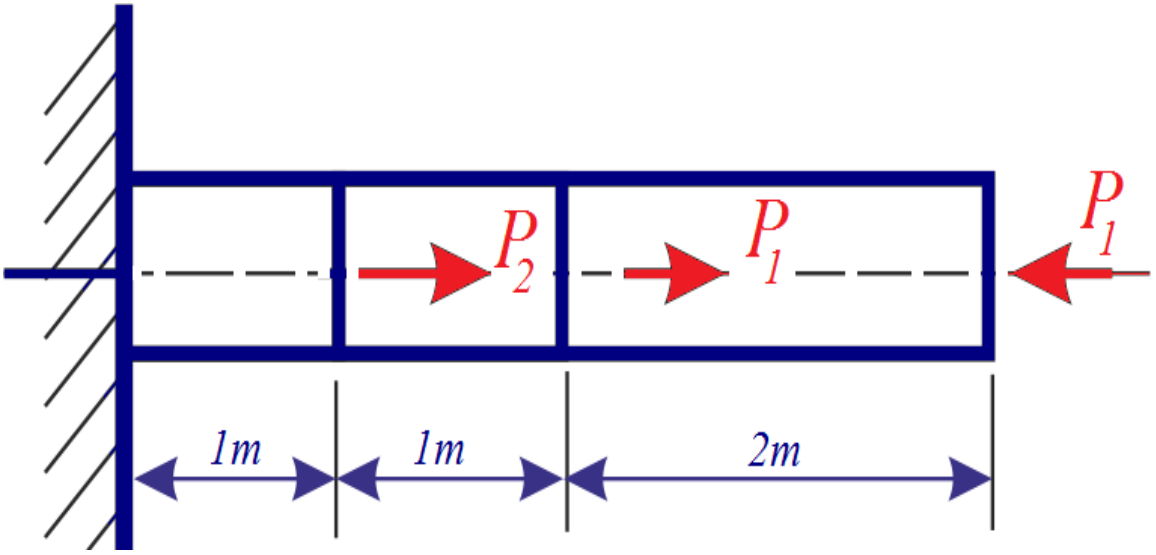
Chap ustunning pastki qismida $\sigma = -8{,}5\,\frac{kg}{sm^3}$

O‘ng ustunning yuqori qismida $\sigma = -3\,\frac{kg}{sm^2}$

O‘ng ustunning o‘rta qismida $\sigma = -2\,\frac{kg}{sm^2}$

O‘ng ustunning pastki qismida $\sigma = -6{,}5\,\frac{kg}{sm^2}$.

2.23-masala. 2.30-shaklda ko‘rsatilgan po‘lat sterjenning harakterli nuqtalariga $P_1 = 2000kg$, $P_2 = 4000kg$ kuch ta`sir qiladi. Po‘lat sterjenning hamma uchastkalaridagi kuchlanishlar va uning to‘la deformatsiyasi aniqlansin. Sterjenning ko‘ndalang kesim yuzi $10sm^2$ ga teng.



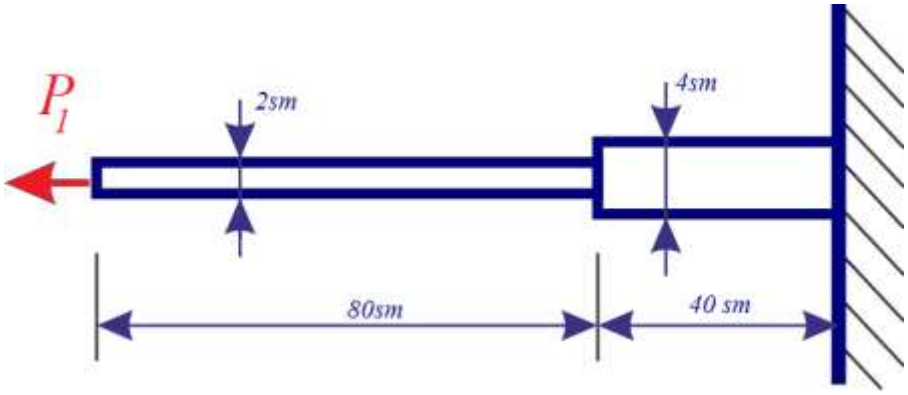
2.30-shakl

Javobi: chap uchastkada $\sigma = 400kg/sm^2$.

o‘rta uchastkada $\sigma = 0$.

o‘ng uchastkada $\sigma = -200kg/sm^2$.

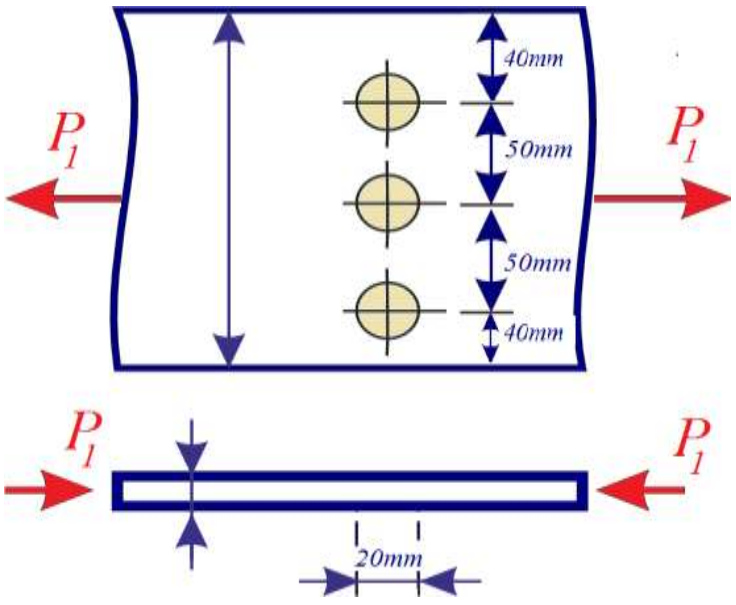
2.24-masala. 2.31-shaklda ko‘rsatilgan sterjenning uchiga $P_1 = 4000kg$ kuch ta`sir qiladi. Sterjenning ikkala uchastkasidagi kuchlanishlar hamda uning to‘la cho‘zilishi aniqlansin. Sterjen materiali po‘lat bo‘lib, ko‘ndalang kesimi doiraviydir.



2.31-shakl

Javobi: chap qismida $\sigma = 1276 \frac{kg}{sm^2}$, o‘ng qismida $\sigma = 319kg/sm^2$, $\Delta l = 0{,}575mm.$

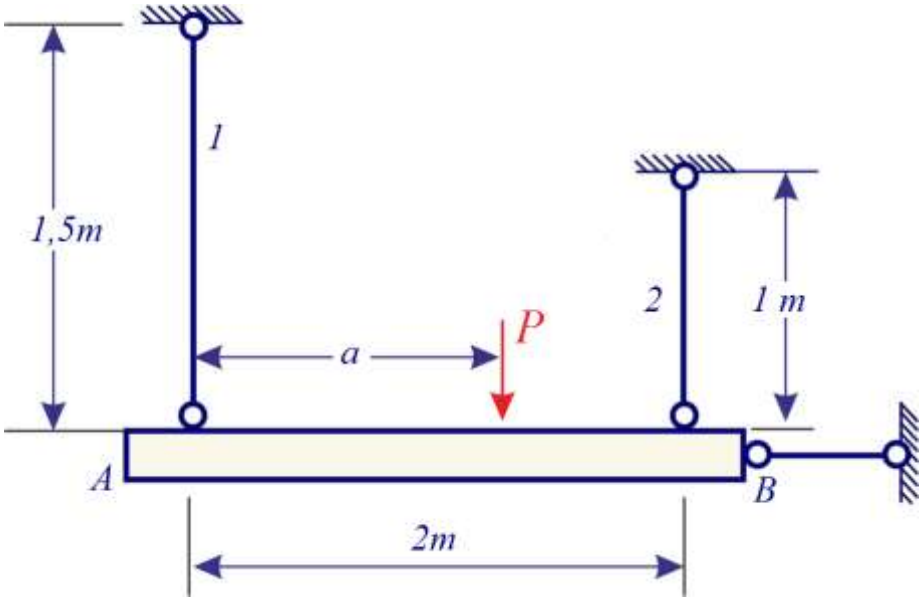
2.25-masala. 2.32-shaklda ko‘rsatilgan po‘lat taxta $P_1 = 14000kg$ bo‘ylama kuch bilan cho‘ziladi. U shaklda ko‘rsatilgandek parchin mix teshiklari bian zaiflashgan. Po‘lat taxtaning xavfli kesimidagi kuchlanishning o‘rtacha qiymati aniqlansin.



2.32-shakl

Javobi: $1000kg/sm^2$.

2.26-masala. Bikr (defotmatsiyalanmaydigan) *AB* brus ikkita tortqi yorda-mida gorizontal vaziyatda osib qo‘yilgan. Birinchi tortqi po‘lat va diametri 20 mm, ikkinchi tortqi esa mis diametri 25 mm. Brus sterjenlar deformatsiyasidan keyin ham gorizontal vaziyatda qolishi uchun $P=3$ *tonna* yukni qanday ‹a›masofaga qo‘yish kerakligi (2.33-shakl) va tortqilardagi kuchlanishlar aniqlansin.

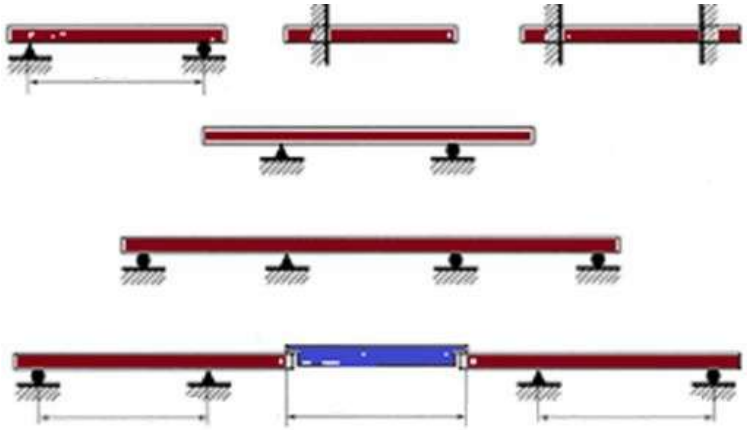


2.33-shakl

Javobi: $a=1{,}608m,\quad \sigma_1=440\frac{kg}{sm^2},\sigma_{(2)}\,330\frac{kg}{sm^2}.,$

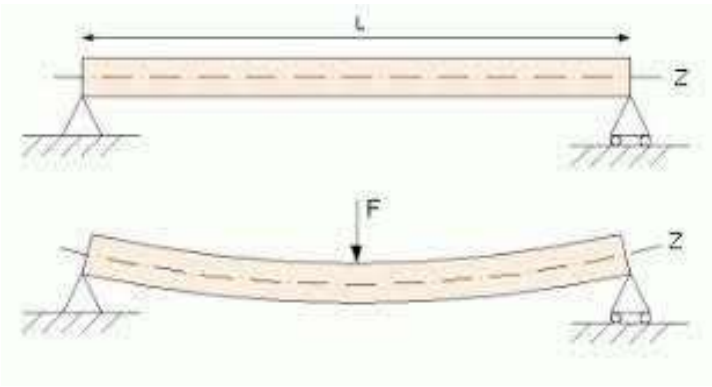
2.5.Balkalar va ularning ta`sir reaksiyalari. M va Q epyuralari. Egilishda differensial bog‟lanishlar.

Egilish deformatsiyasi, qurilish konstruksiya elementlarida juda ko‘p uchraydi. Egilishga qarshilik ko‘rsatuvchi bruslar **balka** deb ataladi. Balkalar, o‘qiga tik yo‘nalgan kuchlar yoki undan o‘tuvchi tekislikda yotuvchi juft kuchlar ta‘sirida bo‘ladi va ular ta‘siridan egiladi. Balkaning o‘zaro parallel ko‘ndalang kesimlariningbir-biriga nisbatan og‘ishi va nuqtalarning vertikal ko‘chishi natijasida to‘g‘ri chiziqligeometrik o‘qning egri chiziqqa aylanishi **egilish deformatsiyasini** xarakterlaydi. Egilgan balkaning istalgan ko‘ndalang kesimida hosil bo‘ladigan zo‘riqish kuchlari **kesish usuli**dan foydalanib aniqlanadi.



2.34-shakl

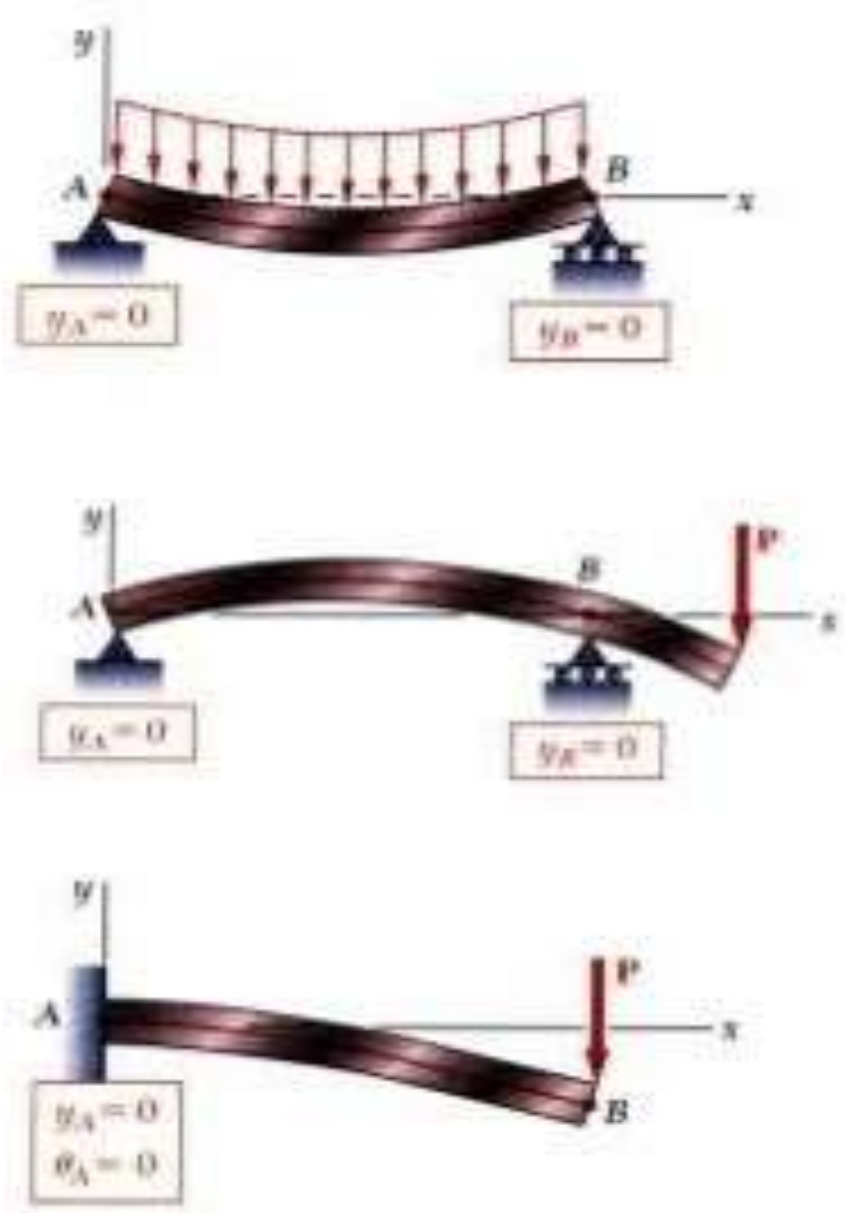
Balkaga ta‘sir qilayotgan kuchlar, shu jumladan reaksiya kuchlari ham uning simmetriya tekisligida yotsa, egilish ham mazkur tekislikda sodir bo‘lib, bu holdagi egilishga **tekis egilish** deyiladi.



2.35-shakl

Amalda ishlatiladigan ko‘pgina balkalarning ko‘ndalang kesimining kamida bitta simmetriya o‘qi bo‘lganligi sababli **tekis egilish** holi hayotda juda ko‘p uchraydi.

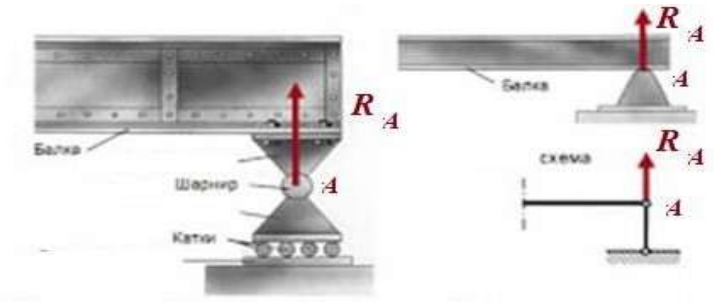
Tekis egilishda balkaning ko‘ndalang kesimida hosil bo‘ladigan kuchlanish va deformatsiyalarni hisoblashdan oldin ularga qo‘yilgan kuchlarni aniqlash lozim. Balkaning hisobini tayanch reaksiyalarini hisoblashdan boshlaymiz, chunki unga bevosita qo‘yilgan kuchlar qatoriga, tayanchlarida hosil bo‘ladigan kuchlari hamkiradi.



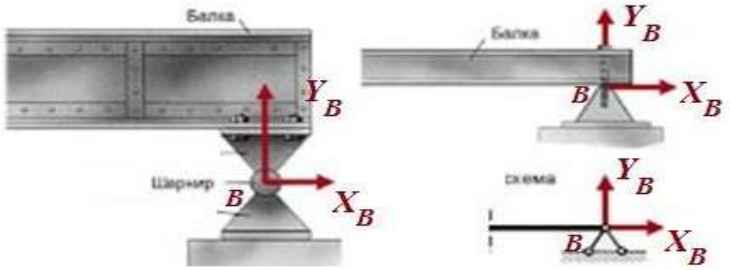
2.36-shakl

Balka o‘ziga qo‘yilgan kuchlarni qabul qilib, keyingi konstrukыiyaga uzatish uchun u bilan tayanch bog‘lanishlari yordamida birlashtirilgan bo‘lishi kerak.

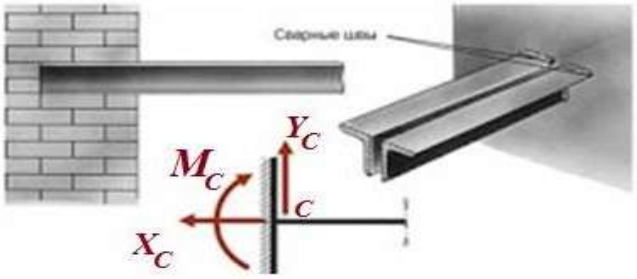
Qurilishda asosan uch xil tayanchlar uchraydi.



1. Sharnirli qo`zg`aluvchan tayanch



2.Sharnirli qo`zg`almas tayanch



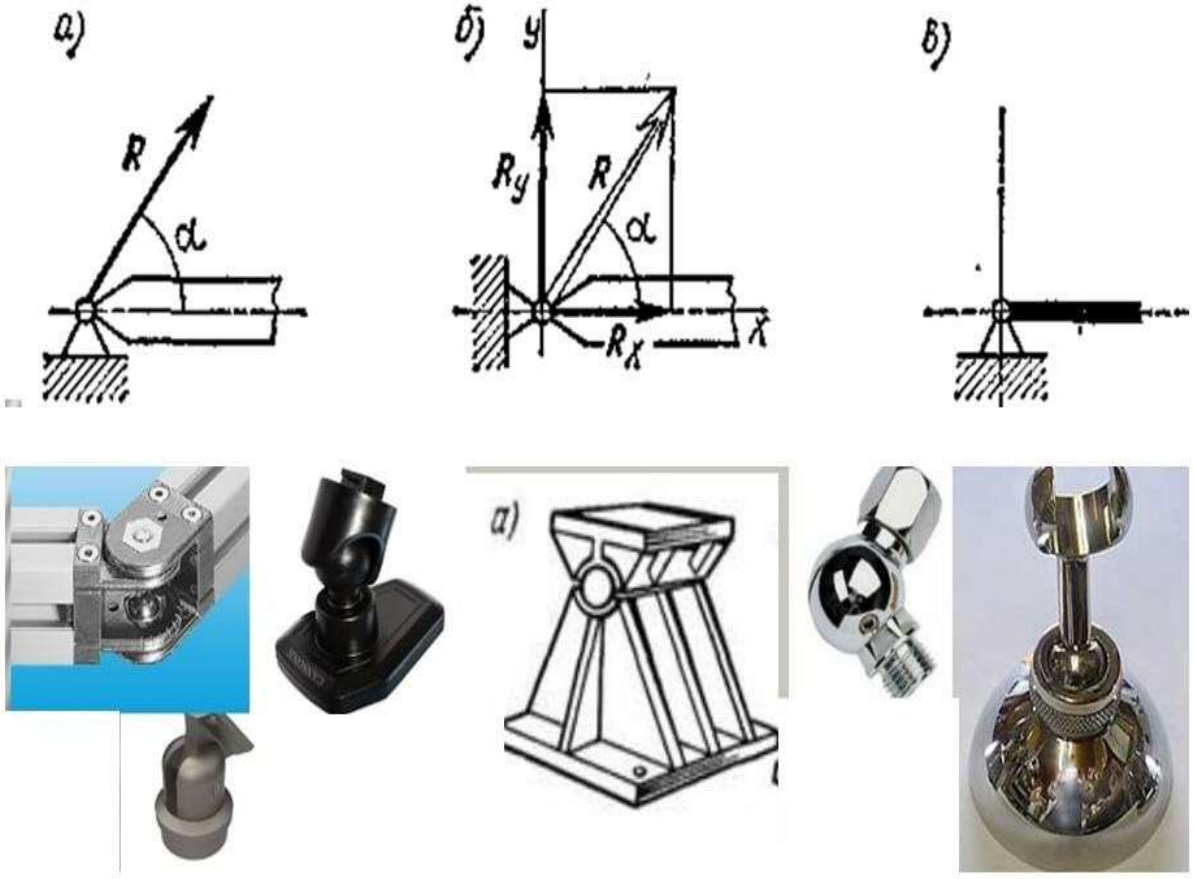
3. Qistirib mahkamlanga tayanch

2.37-shakl



2.38-shakl

Turli sohalarda ham bog`lanishlar turlicha bo`lishi mumkin;



2.39-shakl

Eslatma: Mavzuga oid tushunchalarni quyidagi havola va QR code yordamida ham tomosha qilsihingiz mumkin:

Statik aniq balkalarning tayanchlarida hosil bo‟ladigan reaksiya kuchlari. Balkalarning tayanchlarida hosil bo‟ladigan reaksiya kuchlari statikaning quyidagi muvozanat tenglamalaridan foydalanib topamiz, ular uch xil ko‟rinishda bo‟ladi:

1) $\sum x = 0$; $\sum y = 0$; $\sum M_A = 0$; (1.8)

Bu yerda o‘zaro parallel bo‘lmagan ikki o‘qqa nisbatan olingan proeksiyalar yig‘indisi va kuchlar tekisligida yotgan biror nuqtaga nisbatan kuchlardan olinganmomentlar yig‘indisi olingan.

2) Tekislikning bir to‘g‘ri chizig‘ida yotmagan uchta nuqtasiga nisbatan olingan momentlar yig‘indisi

$$\sum M_A = 0 \ ; \ \sum M_B = 0 \ ; \ \sum M_C = 0 \ ; \qquad (1.9)$$

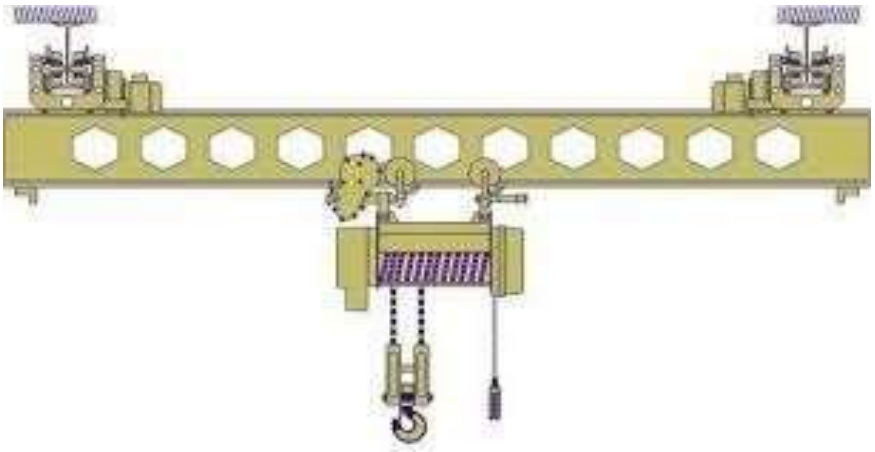
3) Tekislikda yotgan ikki nuqtaga nisbatan olingan momentlar yig‘indisi va nuqtalar yotgan chiziqqa perpendikulyar bo‘lmagan o‘qqa nisbatan olingan proeksiyalar yig‘indisi

$$\sum Z = 0; \ \sum M_A = 0; \ \sum M_B = 0; \qquad (1.10)$$

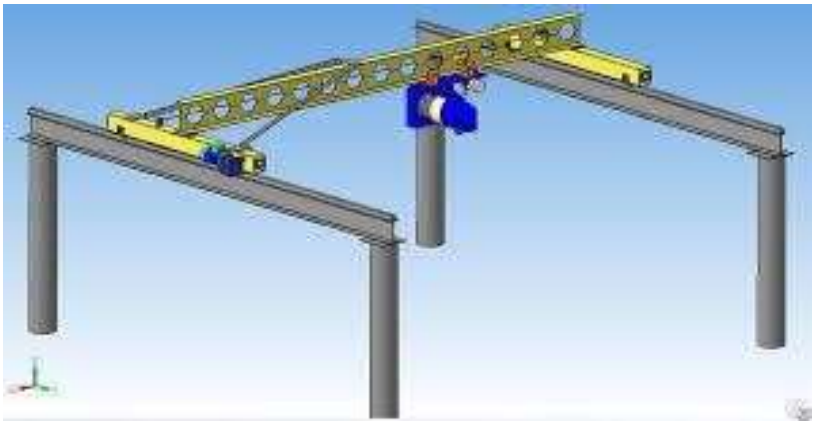
Balka tayanch reaksiyalarini topishda, muvozanat tenglamalarining har biriga bittadan noma‘lum reaksiya kuchi kirishi kerak bo‘ladi, ya‘ni 3-variantdagidek, tayanch nuqtalariga nisbatan ikkita moment tenglamalarini tuzib, ikki tayanch reaksiyasini topib, ularning to‘g‘ri, noto‘g‘riligini $\sum z = 0$ tenglama yordamida tekshirib ko‘ramiz. Bunday holda topilgan tayanch reaksiyalarining algebraik yig‘indisi, balkaga ta‘sir qilayotgan barcha vertikal kuchlarning algebraik yig‘indisiga teng bo‘lishi, ya‘ni $\sum z = 0$ tenglik bajarilishi shart. SHunday holdagina balkaning muvozanati ta‘minlanadi.









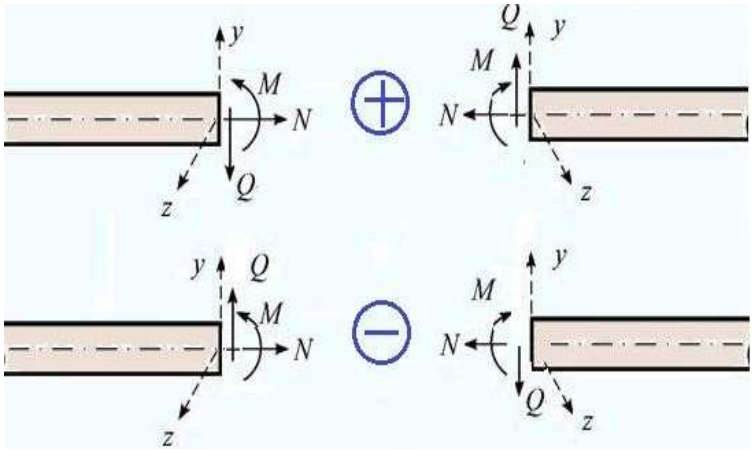


2.40-shakl

2.6. Balka kesimlaridagi ichki kuchlarni aniqlash. Ichki kuchlarning epyuralarni chizish.

Endi $N(x)$, $Q(x)$ va $M(x)$ larning ishoralari qoidasi qanday bo‘lishini ko‘ramiz:

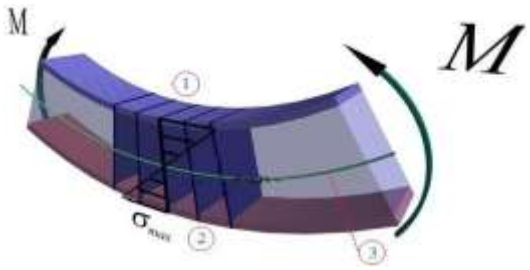
agar bo‘ylama kuch balkaning qoldirilgan qismini cho‘zsa, uning ishorasi musbat, aks holda manfiy bo‘ladi ;



2.41-shakl

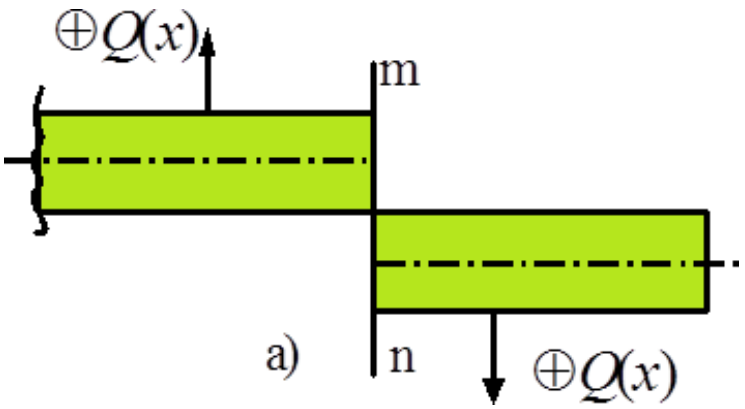
balkaning qoldirilgan qismiga ta‘sir etayotgan kuchlarning teng ta‘sir etuvchisi *mn* kesimidan chap tomonda bo‘lib, pastdan yuqoriga va o‘ng tomonda bo‘lib yuqoridan pastga yo‘nalgan bo‘lsa kesuvchi kuch ishorasi musbat, aks holda manfiy bo‘ladi (2.42-shakl,a);

balkaning qoldirilgan qismining pastki tolalarini cho‘zuvchi eguvchi moment musbat, yuqori tolalarini cho‘zuvchi eguvchi moment esa manfiy deb olinadi (2.42-shakl, b).



2.42-shakl

2.43-shaklda kesuvchi kuch va eguvchi momentlarning musbat ishorali holiga to‘g‘ri keladigan shakli ko‘rsatilgan. Ularning teskari ko‘rinishi esa manfiy holiga to‘g‘ri keladi.



2.43-shakl

Balka ko‘ndalang kesimlarida hosil bo‘ladigan eguvchi moment va kesuvchi kuchlarning qiymatlari qaysi kesimda eng katta qiymatga erishishini, ya‘ni xavfli kesimni bexato topish uchun ularning epyuralari quriladi.

Agar tashqi yuklamalar ta‘sirida sterjen ko’ndalang kesimlarida shu ko’ndalang kesimga tik ichki kuchlar momenti hosil bo’lsa egilish yuzaga keladi. Agar sterjen kesimlarida faqat ichki kuchlar momenti – ***M*** hosil bo’lsa, ***sof egilish***, momentdan tashqari ko’ndalang kuch ***Q*** ham hosil bo’lsa ***ko‘ndalang egilish*** deyiladi.

Agar eguvchi moment tekisligi ko’ndalang kesim bosh inersiya o’qlari biri bilan ustma-ust tushsa to’g’ri egilish, ustma-ust tushmasa ***qiyshiq egilish*** deyiladi. Egri egilish holi «Murakkab qarshilik» bo’limida ko’riladi, bu bo’limda to’g’ri egilish o’rganiladi.

Egilishning cho’zish va buralishga nisbatan o’ziga xos jihati birinchidan deformatsiyada sterjen bo’ylama o’qi to’g’ri chiziq holida qolmaydi, ikkinchidan sterjen ko’ndalang kesimlarida turli ishorali siquvchi va cho’zuvchi normal kuchlanishlar albatta hosil bo’ladi.

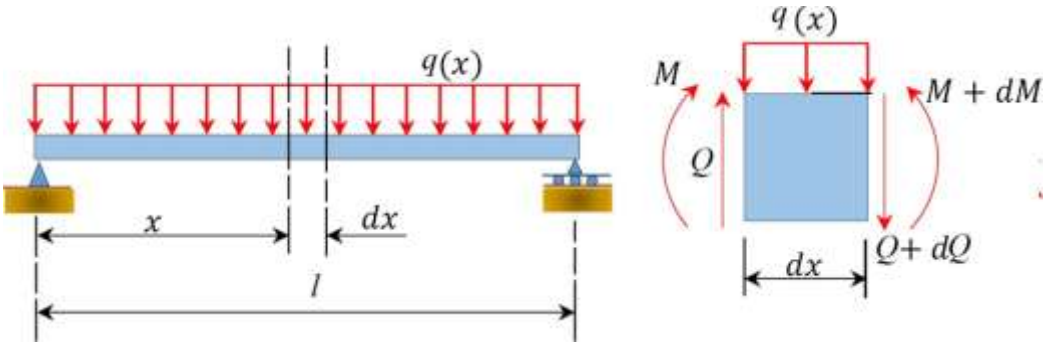
Qoida bo’yicha, egilayotgan sterjenlar ko’ndalang kesimida kamida bitta simmetriya o’qiga ega bo’ladi, shuning uchun hisoblashlarda tashqi yuklama yo’nalishi sterjen ko’ndalang kesimi simmetriya o’qi bilan ustma-ust tushadi deb faraz qilinadi.

Deformatsiyalanishda sterjen to’rining bo’ylama qatlamlari egiladi, lekin parallelligicha qoladi, to’r tik chiziqlari esa to’g’ri chiziqligicha qolib, bir-biriga nisbatan buriladi. Tik chiziqlarni to’g’riligicha qolishi tekis kesimlar gipotezasini qo’llash mumkinligini tasdiqlaydi.

Sterjen yuqori qatlamlari cho’zilgan, pastki qatlamlari siqilgani 1-shakldan ko’rinib turibdi. Bundan siqilgan va cho’zilgan qatlamlar o’rtasida uzunligi o’zgarmaydigan, mos ravishda kuchlanishdan xoli qatlam mavjudligi kelib chiqadi. Ushbu qatlam **neytral qatlam** deyiladi(2.42-shakl, 3).

2.7. Eguvchi moment, ko'ndalang kuch va yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differensial bog'lanishlar. Sof va ko'ndalang egilishlar.

Qurilgan epyuralarning to‘g‘riligini tekshirish va olingan natijalarni muhokama qilish uchun tashqi kuch intensivligi ***q*** bilan, balka ko‘ndalang kesimlarida hosil bo‘ladigan ichki kuchlar, ya‘ni eguvchi moment *M* va ko‘ndalang kuch *Q* o‘rtasidagi muhim bog‘lanishlarning mavjudligi katta ahamiyatga ega.



2.44-shakl. Sterjen elementining muvozanati:

a) ajratilgan element; b) elementga ta`sir etayotgan ichki kuchlar

Ixtiyoriy yoyilgan kuch q bilan yuklangan balkani (1a-shakl) ko‘ramiz. Undan ikkita kesim o‘tkazib uzunligi dz bo‘lgan element ajratamiz (1b-shakl). Ajratilgan elementning chap qirrasi bo‘yicha M va Q ichki kuchlar, o‘ng qirrasi bo‘yicha esa$M + dM$, $Q + dQ$ kuchlar ta`sir qilsin.

Tashqi kuchlarning ajratilgan elementga ta`sirini chiziqli qonunga bo‘ysunadi deb hisoblaymiz. (Ajratilgan elementga ta`sir etuvchi barcha ichki va tashqi kuchlarni musbat deb olamiz).

Ajratilgan elementning muvozanatini tekshiramiz:

$$\sum y = 0 \quad Q - (Q + dQ) + qdx = 0$$

$$\sum M_0 = 0 \quad -M - Q \cdot dx + q \cdot dx \frac{dx}{2} + (M + dM) = 0$$

Ushbu tenglamalardan ikkinchi va uchinchi darajali cheksiz kichik miqdorlarni tashlab yuborsak, quyidagi munosabat hosil bo‘ladi:

$$\left.\begin{aligned} \frac{dQ}{dx} &= -q \\ \frac{dM}{dx} &= Q \end{aligned}\right\} \text{ bo‘lib,} \qquad (1.11)$$

$$\text{bundan} \quad \frac{d^2M}{dx^2} = -q \qquad (1.12)$$

kelib chiqadi.

Bu munosabatlar ***Juravskiyning differensial bog’lanishlari*** deb ataladi.

Agar shakldagi y o‘qining yo‘nalishi o‘zgarsa, q va Q kattaliklarning oldidagi ishoralar ham teskarisiga almashadi.

Juravskiy bog‘lanishlari yoyilgan bo‘ylama kuch *q* va ichki bo‘ylama kuch *N* orasida ham bajariladi, ammo bo‘ylama ichki kuch *N* ning epyurasini qurishda va uni tahlil qilishda kam ishlatiladi.



Dmitriy Ivanovich Juravskiy 1821 yil 29 dekabrda Kursk viloyatining Shchigrovskiy tumani (hozirgi Kursk viloyatining Zolotuxinskiy tumani) Oq quduq qishlog'ida tug'ilgan. Bu yerdan u Nijinskiy litseyiga o'qishga ketdi, uni 1838 yilda ajoyib matematik qobiliyat bilan tugatdi.Litseydan keyin o'n etti yoshli yigit o'sha paytdagi Rossiyaning eng yaxshi oliy o'quv yurtlaridan biri bo'lgan Sankt-Peterburg temir yo'l muhandislari korpusi institutida o'qishni davom ettirdi. O'sha paytda akademik M. V. Ostrogradskiy analitik mexanika kursini o'qidi, uning ma'ruzalari talabalar orasida juda mashhur edi.

Institutni imtiyozli diplom bilan tugatgandan so'ng, Juravskiy Sankt-Peterburg va Moskva o'rtasida Nikolaev temir yo'lini tadqiq qilish, loyihalash va qurish uchun tayinlandi. Yo'l to'g'ridan-to'g'ri variant asosida qurilgan bo'lib, 278 ta sun'iy inshoot, shu jumladan 184 ta ko'prik, 69 ta tosh va quyma temir quvurlar va 19 tayo'l o'tkazgichlar qurilishi kerak edi. Ko'priklar qurilishini amerikalik muhandis D. V. Whistler boshqargan. Asosiy loyiha sifatida amerikalik muhandis va ixtirochi Uilyam gauning shakllari ishlatilgan.

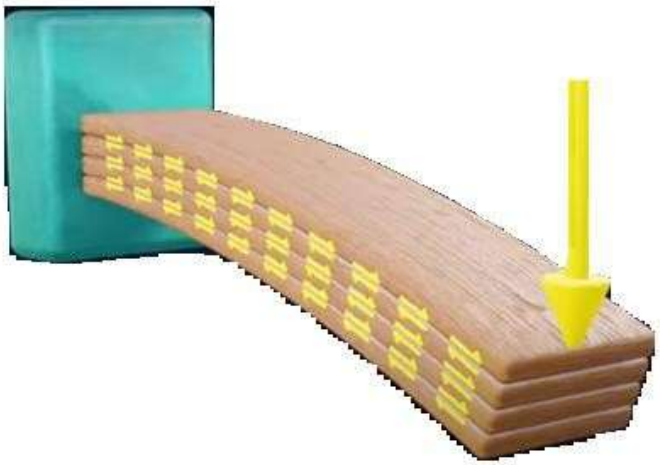
Ma`lumki, $y=f(x)$ funksiya grafigi ekstremum (*max* yoki *min*) qiymatlariga, ushbu funksiya hosilasi nolga teng bo‘ladigan nuqtalarda erishadi. Demak, ichki kuch momentining eng katta yoki eng kichik qiymati ham ko‘ndalang kuch *Q* nolga teng bo‘lgan kesimda hosil bo‘ladi.

Bundan tashqari Juravskiy differensial bog‘lanishlari *M* va *Q*epyuralariga tegishli qator xulosalarni ham chiqarish imkoniyatini yaratadi,ya`ni:

1. Balkaning ko‘ndalang kuch o‘zgarmas bo‘lgan uchastkasida (yoyilgan kuch bo‘lmasa) *M* ning epyurasi to‘g‘ri chiziqli bo‘ladi.
2. Balkaga tekis taqsimlangan yoyilgan *q* kuchi ta`sir etayotgan uchastkasida*Q* ning epyurasi chiziqli qonun bo‘yicha o‘zgaradi (epyura to‘g‘ri chiziqlibo‘ladi). *M ning* epyurasi esa egri chiziqli bo‘lib, uni qurish uchun kamida 3 ta nuqtadagi qiymat ma`lum bo‘lishi kerak.
3. Agar qo‘shni uchastkalar chegarasida bir nuqtaga ta`sir etuvchi tashqi kuch ***P*** berilgan bo‘lsa, u holda ***Q*** ning epyurasida shu kuchga teng sakrash hosil bo‘lib, ***M*** ning epyurasida esa egilish nuqtasi hosil bo‘ladi. Agar ***Q*** ning epyurasida sakrash bo‘lmasa, u holda qo‘shni uchastkalar orasida *M* ning epyurasi silliq o‘zgaradi.
4. Agar balkaga bir nuqtaga qo‘yilgan tashqi moment ta`sir qilsa, u holda ***M*** epyurasining moment ta`sir qilgan joyida sakrash yuz beradi, uning kattaligi tashqi moment qiymatiga teng bo‘ladi, ***Q*** ning epyurasida esa qo‘shni uchastkalardagi ***Q*** ni qiymatlari o‘zaro teng bo‘ladi.

Ko‘ndalang egilishdagi tashqi yuklamalar ta‘sirida egiluvchi sterjen kesimlarida ichki kuchlar momenti ***M*** dan tashqari ko‘ndalang kuch **Q** ham hosil bo‘ladi. Bu **Q** kuch sterjen ko‘ndalang kesimlarida urinma kuchlanish «τ» hosil bo‘lishiga sabab bo‘ladi.

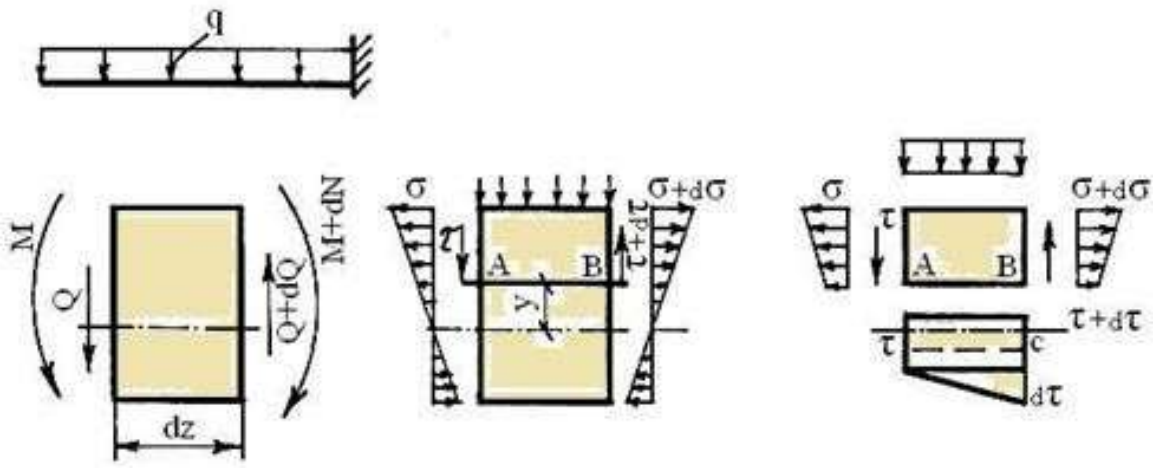
O‘z navbatida «τ» urinma kuchlanishlari burchak deformatsiyalarini hosil qilish barobarida egiluvchi sterjen to‘rida o‘tkazilgan ko‘ndalang chiziqlarni qiyshayishiga olib keladi (2-shakl), yahni ko‘ndalang egilishda yassi kesimlar gipotezasi bajarilmaydi. Ammo, o‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, **Q** kuchning sterjen uzunligi bo‘yicha o‘zgarmas qiymatida ko‘ndalang kesimlar shaklining o‘zgarishi normal kuchlanishlarga ta`sir etmaydi hamda **Q** kuchining o‘zgaruvchi qiymatlarida esa ta`siri juda kichik.



2.45-shakl. Yon tomoniga to‘r chiziqlar chizilgan konsol balkaning egilishi

Bu holat ko‘ndalang egilishda normal kuchlanishlar miqdorini sof egilish kabi aniqlash imkonini beradi. Ko‘ndalang kesimlar shaklini o‘zgarishi sterjen ko‘ndalang kesimlarida normal kuchlanishlarni paydo bo‘lishiga olib keladi, yahni sterjen «qatlamlari» bir-birini «bosadi», ammo ushbu kuchlanishlar miqdori uncha katta bo‘lmagani uchun ularni hisoblashlarda e`tiborga olinmaydi. Demak, urinma kuchlanishlarni aniqlash taqriban, ammo amaliyot uchun yetarli darajadagi aniqlikda amalga oshiriladi degan xulosa kelib chiqadi.

Ko‘ndalang egilish holatidagi balkadan *dz* uzunlikdagi element ajratamiz (3-shakl).



2.46-shakl. Ko‘ndalang egilishda urinma kuchlanishlarni aniqlash

Ajratilgan elementni neytral qatlamdan «*y*» masofada bo‘ylama gorizontal kesim o‘tkazib 2 ta qismga ajratamiz va *AB* tekislik bilan chegaralangan yuqori qismini muvozanatini ko‘ramiz. Hamda, urinma kuchlanishlar ko‘ndalang kesim darajasida neytral o‘q «*x*» ga parallel va normal kuchlanishlar o‘zgarmas deb faraz qilamiz. Urinma kuchlanishlar juftligi qonuniga asosan *AB* tekislik va ko‘ndalang kesim *A* nuqtasida τ , *B* nuqtasida $\tau + d\tau$ urinma kuchlanishlar paydo bo‘ladi.

Ajratilgan element yuqori qismi muvozanat tenglamalarini sterjen bo‘ylama o‘qiga proyeksiyalar yig‘indisi ko‘rinishida tuzamiz.

$$\sum z = 0, \qquad \int_F \sigma dF + \tau b dx + \frac{d\tau \cdot dx \cdot b}{2} - \int_{F^*} \sigma dF - \int_{F^*} d\sigma dF = 0$$

bu yerda: *b*-ko‘ndalang kesimning *AB* tekislik darajasidagi uzunligi.

Ikkinchi darajali kichik miqdor $\left(\frac{d\tau \cdot dzb}{2}\right)$ni e`tiborga olmasdan va

$d\sigma = \frac{dM_y}{J_x}$, $\int_{F^*} d\sigma dF = \frac{dM}{J_x}$, $\int_{F^*} ydF = S_x^*$, bu yerda S_x^* ko‘ndalang kesim *AB* tekislikdan yuqorida joylashgan F^* yuzasining statik momenti,) ekanligini hisobga olib $\frac{dM}{J_x} S_x^* = \tau b dz$ ni hosil qilamiz. Juravskiy bog‘lanishidan $\frac{dM}{dz} = Q$, demak

$\tau = \frac{QS_x^*}{J_x b}$ (1.13) natijada Juravskiy bog‘lanishini hosil qilamiz.

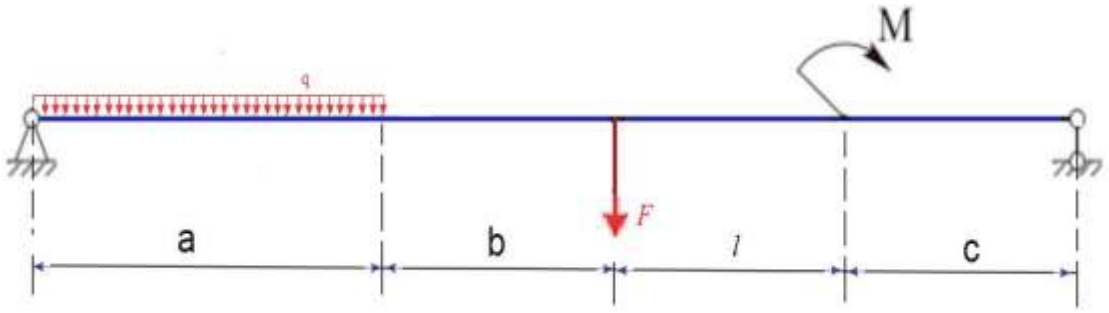
Unga ko‘rilayotgan har bir ko‘ndalang kesim uchun o‘zgarmas, ko‘ndalang kuchlar epyurasidan aniqlanuvchi ***Q***-ko‘ndalang ichki kuch kattaligi, ***Q*** kabio‘zgarmas bo‘lgan neytral o‘qqa nisbatan butun kesim J_x inersiya momenti, aniqlanayotgan kuchlanish darajasidan kesim «eni» *b* (*b* kattaligi to‘g‘ri to‘rtburchak,qo`shtavr devori kabilar uchun o‘zgarmas, doira uchun o‘zgaruvchi bo‘lishi mumkin), hisoblash darajasidagi yuqorida joylashgan ko‘ndalang kesim yuzasini statik momentlar S_x kiradi S_x

Mavzuga oid masala ko`rib chiqamiz.

2.27-masala. Berilgan:

$$q = 4\ \frac{kN}{m},\quad M = 100kN \cdot m,\ P = 20\ kN,$$

$$a = 3m,\ b = 2m,\ l = 2m,\ c = 2m$$



2.47-shakl

Yechish: Berilgan balkani tayanchlarni A va B harflari bilan, hamda ularda hosil bo`ladigan tayanch reaksiya kuchlarini $V_e$ va $V_A$ lar bilan belgilab, noma`lum tayanch reaksiya kuchlarini topamiz. Noma`lum tayanch reaksiya kuchlarini topish uchun (1) formuladan foydalanamiz.(2.47 -shakl)

$$\sum M_B = 0,\ -q \cdot a \cdot \left(\frac{a}{2}\right) - P \cdot (a+b) - M + V_B \cdot (a+b+c+l) = 0$$

$$V_B = \frac{q \cdot a \cdot (a/2) + P \cdot (a+b) + M}{a+b+l+c} = \frac{4 \cdot 3 \cdot (1{,}5) + 20 \cdot (3+2) + 100}{3+2+2+2} =$$

$$= 24{,}2\ kN$$

$$V_B = 24{,}2\ kN$$

$$\sum M_B = 0,\ -V_A \cdot (a+b+l+c) + q \cdot a \cdot (a/2 + b + l + c) + P \cdot (l+c) + M = 0$$

$$V_A = \frac{q \cdot a \cdot (a/2 + b + l + c) + P \cdot (l+c) - M}{a+b+l+c} =$$

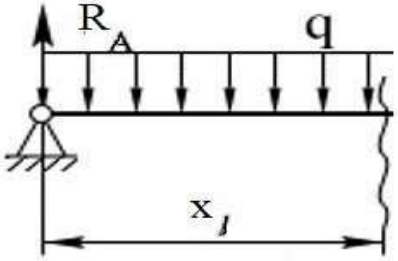
$$= \frac{4 \cdot 3 \cdot (1{,}5+2+2+2) + 20 \cdot (2+2) - 100}{3+2+2+2} = 7{,}8kN$$

$$V_A = 7{,}8 \cdot 10^4\ kN$$

Topilgan reaksiya kuchlarning to`g`ri topilganligini tekshirib ko`ramiz.

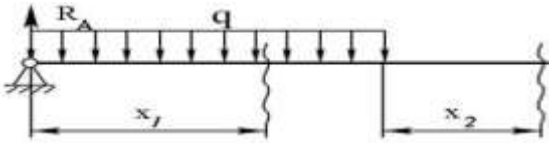
$$\sum y = 0; \quad V_A + V_B - q \cdot a - P = 0$$

$$24{,}2 + 7{,}8 - 12 - 20 = 0$$



So`nggi ayniyat tayanch reaksiyalarining to`g`ri topilganidan dalolat beradi. Endi eguvchi moment va kesuvchi kuch qiymatlarini uchastkalar bo`yicha aniqlaymiz.

1-uchastkada. $0 \le x_1 \le 3m;$



$$M_1 = R_A \cdot x_1 - q \cdot x_1 \cdot (x_1/2);$$

$x_1 = 0;$ $\quad M_1 = 7{,}8 \cdot 0 - 4 \cdot 0 = 0;$

$x_1 = 1{,}5m;$ $\quad M_1 = 7{,}8 \cdot 1{,}5 - 4 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}5 : 2 = 7{,}2 kN \cdot m$

$$Q_x = V_A = 14{,}1\ kN$$

2-uchastkada. $\quad 0 \le x_2 \le 2m$

$$M_2 = R_A \cdot (3 + x_2) - 3 \cdot q \cdot (1{,}5 + x_2);$$

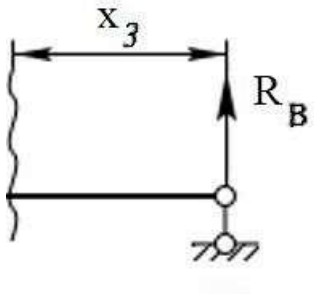
$x_2 = 0;$ $\quad M_2 = 7{,}8 \cdot 3 - 4 \cdot 3 \cdot 1{,}5 = 5{,}4\ kN \cdot m$

$x_2 = 1m;$ $\quad M_2 = 7{,}8 \cdot 4 - 4 \cdot 3 \cdot 2{,}5 = 1{,}2\ kN \cdot m$

$x_2 = 2m$ $\quad M_2 = 7{,}8 \cdot 5 - 4 \cdot 3 \cdot 3{,}5 = -3\ kN \cdot m$

$$Q_2 = q \cdot 3 - R_A = 4 \cdot 3 - 7{,}8 = 4{,}2 kN$$

3-uchastkada. $0 \le x_3 \le 2m$



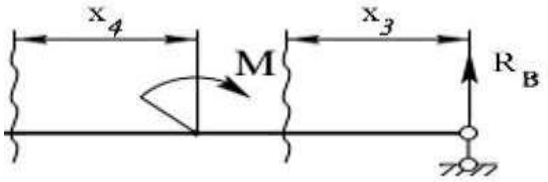
$$M_3 = R_B \cdot x_3;$$

$x_3 = 0$ $\qquad M_3 = 0$

$x_3 = 2m;$ $\qquad M_3 = 24{,}2 \cdot 2 = 48{,}4\ kN \cdot m$

$$Q_3 = R_B = 24{,}2\ \ kN$$

*4-*uchastkada. $0 \le x_4 \le 2m$

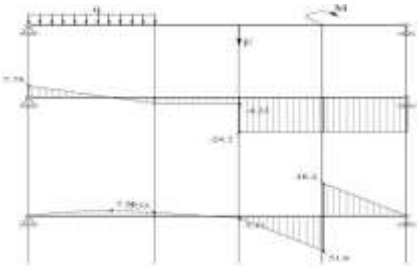


$M_4 = R_B \cdot (2 + x_4) - M$;

$x_4 = 0$ $\qquad M_4 = R_B \cdot 2 - M = 24{,}2 \cdot 2 - 100 = -51{,}6\ kN \cdot m$

$x_4 = 2m$ $\qquad M_4 = 24{,}2 \cdot 4 - 100 = -3{,}2\ \ kN \cdot m$

$$Q_4 = R_B = 24{,}2kN$$



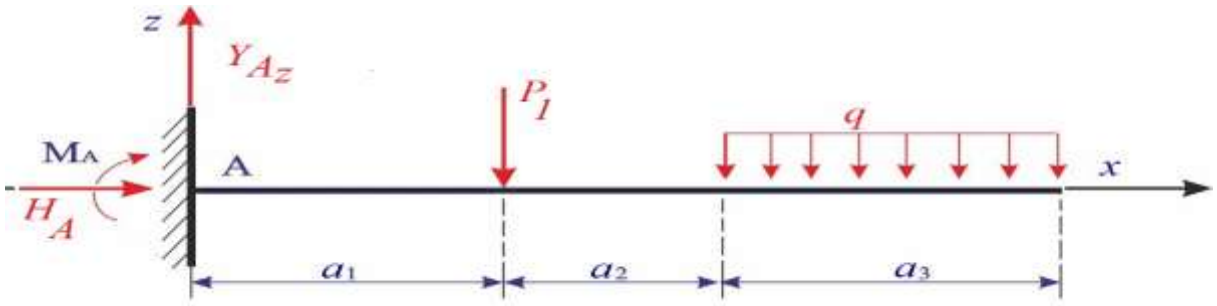
Topilgan qiymatlar bo`yicha uchastkalardagi eguvchi moment(M) va kesuvchi kuch(Q) epyuralarini qurib chiqamiz (shakl 1 a, b.)

2.48- shakl

Masalalar

2.28 - masala. Konsol balkaning tayanch reaksiyasi aniqlansin (2.49 - shakl).

Yechish: qistirib mahkamlangan tayanchla uchta reaksiya qo`zg`alishini qayd qilib o`tgan edik, ulardan ikkitasi vertikal va gorizontal yo`nalgan *A*, *N* reaksiya kuchlari bo`lib, uchinchisi shu tayanchda qo`zg`aladigan M_A reaktiv momentdir



2.49-shakl

Bu reaksiya kuchlarini topish uchun statikaning muvozanat tenglamalarini tuzamiz:

1. $\sum X = 0,$ tenglamadan $H_A = 0$ ni topamiz:

2. $\sum Z = R_A - P_1 - qa_3 = 0,$, bundan $R_A = M_1 + qa_3 = 0$ ifodasi kelib chiqadi.

3. $\sum M_A = 0; M_A + Pa_1 + qa_3 + (a_1 + a_2 + \frac{a_3}{2}) = 0,$

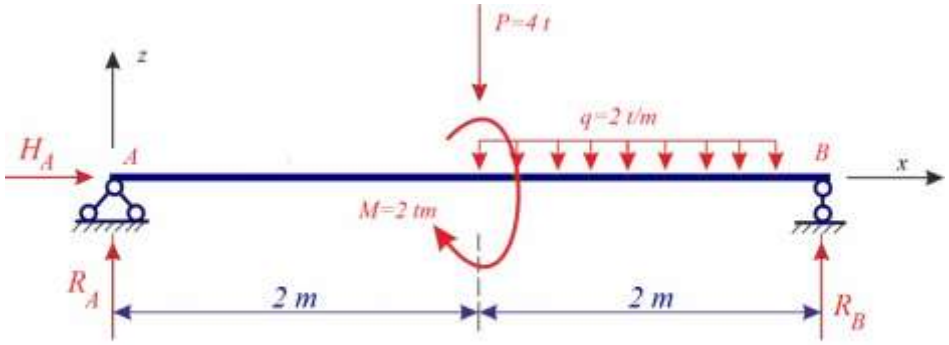
Bundan

$$M_A = -Pa_1 - qa_3 (a_1 + a_2 + \frac{a_3}{2})$$

ifodasi hosil bo'ladi.

Reaktiv moment ishorasining minus chiqqanligi reaktiv moment (M_A) ning yo`nalishini teskariga qaratish kerakligidan darak beradi. Shunday qilib, reaktiv moment balkaga qo'yilgan hamma kuchlardan balkaning mahkamlangan nuqtasiga nisbatan olingan statik momentlar yig'indisiga tengdir. Strelka yo`nalishiga tirnoq belgisi qo`yib, uni shu strelkaning ikkinchi uchiga ko`chiramiz-da, teskari tomonga qaratib qo'yamiz.

2.29 - masala. Ikki tayanchda yotgan balkaning tayanch reaksiyalari topilsin (2.50 - shakl). Kuch va masofa qiymatlari shaklda ko'rsatilgan. Odatda, bunday balka oddiy balka deb ataladi.



2.50-shakl

Yechish: balkaga gorizontal yo`nalgan kuchlar qo'yilmaganligidan $H_A = 0$ bo`ladi. Qolgan reaksiyalarni topish uchun (VII, 2) formuladan foydalanamiz:

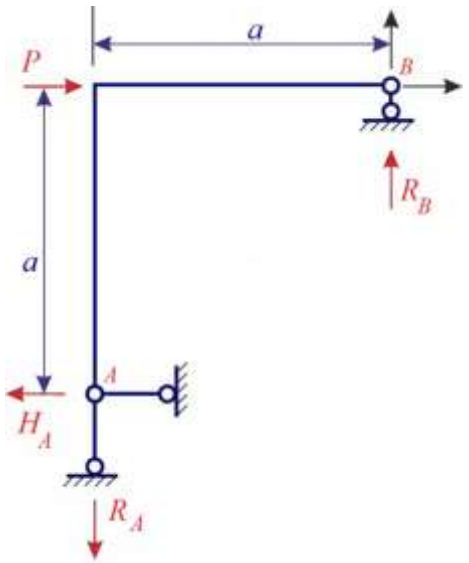
$$\sum M_B = R_A \cdot 4 - P \cdot 2 - q \cdot 2 \cdot 1 + M = 0; \qquad \sum M_A = -R_B \cdot 4 + q \cdot 2 \cdot 3 + P \cdot 2 + M = 0,$$

$$R_A = \frac{10}{4} = 2{,}5 tonna \qquad R_B = \frac{22}{4} = 5{,}5 tonna$$

Tekshirish: $\sum z = 0;\ R_A + R_B - P - q \cdot 2 = 2{,}5 + 5{,}5 - 4 - 4 = 0;$ 0=0.

Keyingi tenglama reaksiyalarning to`g`ri topilganligini tasdiqlaydi.

2.30 - masala. Siniq balkaning tayanch reaksiyalari topilsin (2.51 - shakl).



2.51-shakl

Yechish: bunday konstruksiyalarning qo`zg`almas tayanchlarida gorizontal yo'nalgan *H* reaksiya ham hosil bo`ladi. *A, B* va *H* reaksiyalarni topish uchun statika uchta muvozanat tenglamasi beradi:

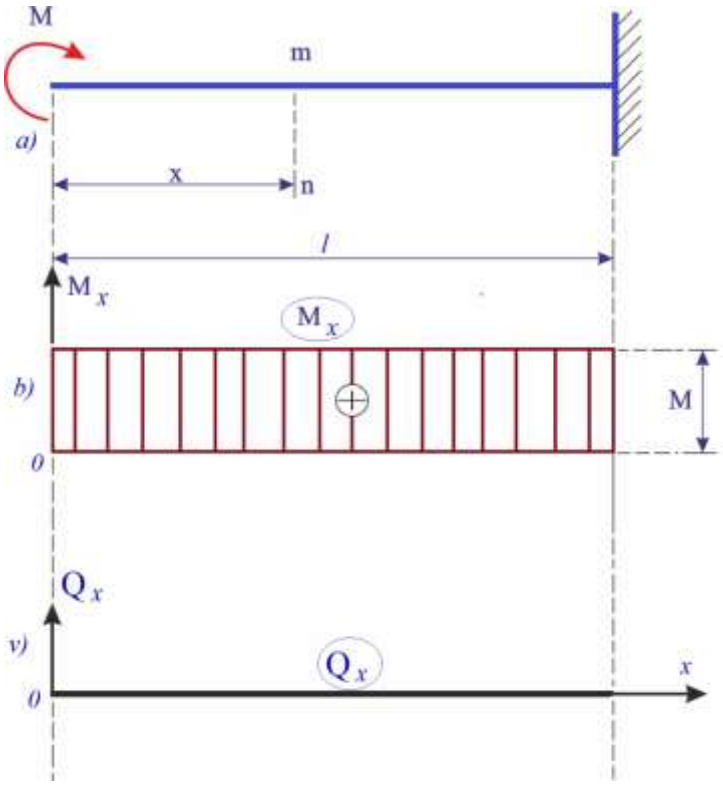
1) $\sum M_A = 0, P \cdot a - R_B \cdot a, = 0 \quad R_B = P$

2) $\sum M_B = 0, R_A \cdot a + H_A \cdot a, = 0, \quad R_A = -H_A$

3) $\sum X = 0, P - H_A = 0, H_A = P$ demak, $R_A = -P$

A reaksiya ishorasining minus chiqqanligi boshda unga qo`yilgan yo`nalishning to`g`ri emasligini ko'rsatadi: bu esa reaksiya yo`nalishni teskari tomonga qaratish kerakligini talab qiladi. Shuning uchun kuch strelkasini tirnoqalomati bilan chizib, uni kuch vektorining ikkinchi uchiga ko'chiramiz.

2.31-masala. Bir uchi qistirib mahkamlangan konsolning erkin uchiga juft *M* kuch qo`yilgan. Eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralari chizilsin (2.52-shakl).



2.52-shakl

Yechish: balkani uchastkalarga ajratamiz. Biz tekshirayotgan balka faqat bitta uchastkadan iborat.

Balkaning erkin uchidan x masofada olingan mn kesim uchun eguvchi moment va kesuvchi kuch tenglamalarini tuzamiz:

$$\left.\begin{aligned} M_x &= M \\ Q_x &= 0 \end{aligned}\right\} \; 0 \le x \le l. \qquad \text{(a)}$$

Bu bog`lanishdan: $x = 0$ bo`lganida $M_x = M$, $x = l$ bo`lganida esa $M_x = M$ bo`ladi. Demak, eguvchi moment balkaning uzunligi bo`ylab o`zgarmas miqdor, kesuvchi Q kuch esa nolga teng bo`ladi.

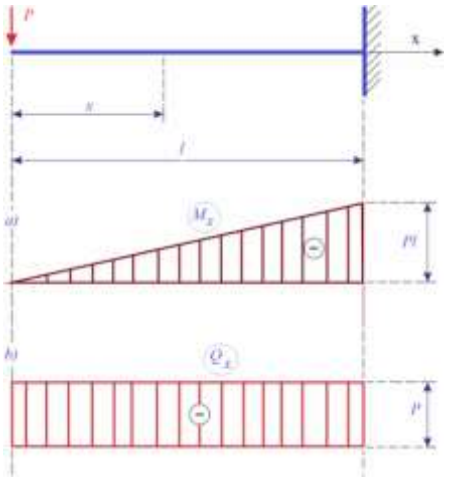
Agar koordinatalar boshini balka uchiga qo`yib $Q_x$ o`qini balka o`qi bo`ylab yo`naltirsak $M_x$ va $Q_x$ qimatlarini ma`lum, masshtabda qo`ysak, ikkala miqdorining, ya`ni M_x va Q_x laring epyurlari hosil bo`ladi.

(a) bog`lanishdan ko`rinadiki, eguvchi o`zgarmas miqdor bo`lganligi uchun uning epyurasi O_x o`qiga paralel to`g`ri chiziq bilan chegaralanadi (2.52-shakl, b); kesuvchi kuch esa nolga teng bo`lganligidan, uning epyurasi bir to`g`ri chiziq, ya`ni $O_x$ o`qidan iborat bo`ladi. (2.52-shakl, v).

Bundan kejingi misollarimizda koordinata o`qlarini ko`rsatmasak ham bo`ladi.

Eguvchi moment epyurasini chizishda eguvchi moment ordinatasini balkaning cho`zilgan tolalari tomoniga qaratib qo`ydik.

2.32-masala. 2.53-shakl, a da ko`rsatilgan konsol uchun eguvchi moment va kesuvchi kuch epyurlari chizilsin.



2.53-shakl

Yechish: konsol bir uchastkadan iborat bo`lib, uning chegarasi 0 dan *l* gacha o`zgaradi.

Konsolning erkin uchidan *x* masofada *mn* kesimni olib, uning chap tomonini tekshiramiz. Balkaning bu qismi uchun eguvchi moment va kesuvchi kuch tenglamalarni tuzamiz:

$$\left.\begin{aligned} M_x &= -Px \\ Q_x &= -P \end{aligned}\right\} 0 \le x \le l. \quad \text{(a)}$$

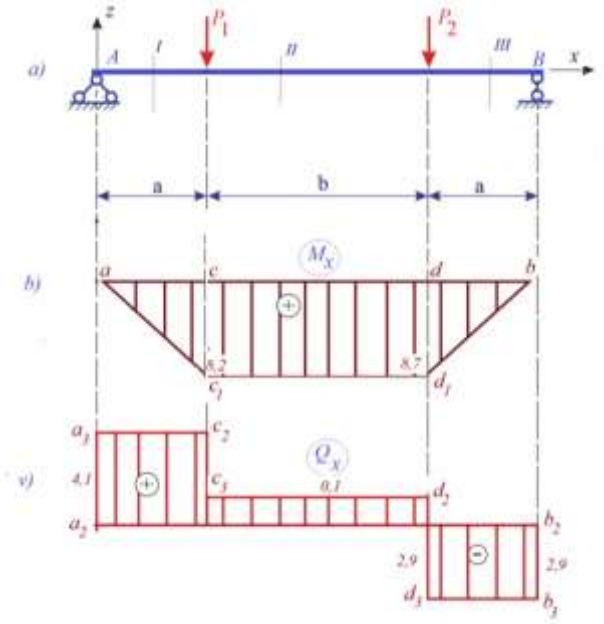
Bu bog`lanishlardan ko`rinadiki, eguvchi momentning ishorasi manfiy, chunki balkaning ustki tolalari cho`ziladi va uning o`qi bo`ylab to`g`ri chiziq qonuni bilan o`zgaradi; kesuvchi kuch esa hamma kesimlarda bir hil qiymatga ega bo`ladi (*x* masofaga bog`liq bo`lmaydi).

Shunday qilib, $x = 0$ bo`lganda $M_x = 0$; $Q_x = -P$, $x = l$ bo`lganda esa $M_x = -Pl$; $Q_x = -P$ bo`ladi.

Bu miqdorlarni tegishli o`qlarga m`ałum masshtabda qo`yib, M_x va Q_x epyurlarini chizamiz (2.53-shakl, b, v).

2.33-masala. Uzunligi $l = 10$ m bo`lgan oddiy balka to`plangan kuchlar:

$P_1 = 4$ T, $P_2 = 3$ T bilan yuklangan (2.54-shakl, a). Kuchlar orasidagi masofalar: $a = 2m$, $b = 5m$, $c = 3m$. Shu balka uchun eguvchi moment va kesuvchi epyurlari chizilsin.



2.54-shakl

Yechish: 1) Ikki tajanchda yotuvchi balkalar uchun, avvalo, tayanch reaksiyalarini topish kerak bo`ladi. Buning uchun balkaning *A* va *B* tayanchlariga nisbatan moment tenglamalarini (VII, 2) formula asosida tuzamiz:

$$\sum M_A = 0; \quad P_1 \cdot a + P_2 \cdot (a+b) - R_B \cdot l = 0,$$

$$R_B = \frac{P_1 \cdot a + P_2 \cdot (a+b)}{l} = \frac{4 \cdot 2 + 3 \cdot 7}{10} = 2{,}9 tonna$$

$$\sum M_B = 0; \quad R_A \cdot l - P_1 \cdot (b+c) - P_2 \cdot c = 0;$$

$$R_A = \frac{P_1 \cdot (b+c) + P_2 \cdot c}{l} = \frac{4 \cdot 8 + 3 \cdot 3}{10} = \frac{41}{10} = 4{,}1 tonna$$

bo`ladi. Topilgan reaksiya kuchlarining to`g`riligini tekshiramiz:

$$\sum z = 0, \quad R_A + R_B + P_1 + P_2 = 0; \quad 4{,}1 + 2{,}9 - 4 - 3 = 0$$

Demak, reaksiya kuchlari to`g`ri topilgan.

Hamma vaqt ham ana shunday tekshirish zarur, chunki noto`g`ri topilgan reaksiya kuchalari eguvchi moment va kesuvchi kuch epyurlaring noto`g`ri chizilishiga sabab bo`ladi.

2) ***eguvchi moment epyurasini chizish***. Bu balka uchta uchastkaga *AC, CD* va *DB* uchastkalarga ajraladi; har bir uchastkaning eguvchi moment va kesuvchi kuch tenglamalari har xil bo`ladi. *AC* uchastkada (I uchastka) *A* tayanch nuqtasidan ixtiyoriy *x* masofaga I – I kesimni olamiz. Kesilgan bo`lakning chap tomonidagi barcha kuchlarning kesim markazi (O_1) ga nisbatan momentlari yigindis shu kesimdagi eguvchi moment bo`ladi:

$$M_x^I = R_A \cdot x.$$

Bu tenglama *x* ga nisbatan birinchi darajali bo`lganligidan, eguvchi moment bu uchastkada to`g`ri qonuni bilan o`zgaradi. O`zgaruvchi *x* esa *AC* uchastka chegarasida o`zgara oladi ya`ni $0 < x < a$ bo`ladi, shuning uchun, $x = 0$ bo`lganda $M_x^I = 0, x_1 = a$ bo`lganda $M_x^I = R_A \cdot a = 4{,}1 \cdot 2 = 8{,}2 tm$ bo`ladi.Chiqqan qiymatlarni ordinatalar o`qi bo`ylab pastga tomon ma`lum masshtabda qo`yamiz, chunki balkaning cho`zilgan tolalari uning pastgi tomonida bo`ladi (2.54 – shakl, b).

Huddi shuningdek, ikkinchi uchastka uchun ham eguvchi moment tenglamasini O_2 nuqtaga nisbatan tuzamiz:

$$M_x^{II} = R_A x - P_1(x-a) = 4{,}1x - 4(x-a). \qquad \text{(b)}$$

Hosil bo`lgan tenglama yana birinchi darajalidir. Shuning uchun ikkita chegara nuqtalaridagi eguvchi momentlarnigina aniqlasak, epyura chizish uchun yetarli bo`ladi. Bu tenglamada x ning chegarasi bunday yoziladi:

$$0 \le x \le a+b.$$

Demak,

$x = a$ bo`lganda, $M_x^{II} = 4{,}1 \cdot 2 - 4(2-2) = 8{,}2 t.m;$

x = (a + b) = 7m bo`lganda, $M_x^{II} = 4{,}1 \cdot 7 - 4(7-2) = 8{,}7 t.m;$ bo`ladi.

Chiqqan qiymatlarni ordinatalar o`qi bo`ylab pastga tomon ma`lum masshtabda qoyamiz, chunki balka qo`yilgan kuchlar ta`sirida hamma uzunligida pastga qarab egiladi, shuning uchun pastki tolalari cho`ziladi. Qo`yilgan ordinatalarni to`g`ri chiziq vositasida tutashtirib *I* va *II* uchastka uchun eguvchi moment epyurasini hosil qilamiz (2.54 – shakl, b).

Uchinchi uchastka uchun uchun eguvchi moment epyurasini chizishdakesimdan o`ng tomonda qolgan kuchlarning $O_3$ nuqtaga nisbatan momentlarning algebraik yig`indisini olamiz:

$$M_x^{III} = R_B \cdot x, \quad 0 \le x \le c.$$

Demak, bu uchastkada ham eguvchi moment musbat bo`ladi, chunki $M_x$ balkaning pastki tolalarini cho`zadi.

$x = 0$ bo`lganda $M_x^{III} = 0, x = 3m$ bo`lganda $M_x^{III} = 8{,}7\, t \cdot m,$. Hosil bo`lgan barcha nuqtalarni tutashtirib, eguvchi moment epyurasini hosila qilamiz (2.54-shakl, b). Bu epyuradan ko`rinadiki, eng katta eguvchi moment P_2 kuch tagida bo`lada, u $8{,}7\, t \cdot m$ ga tengdir. Bu nuqtada xavli kesim kesim hosil bo`ladi.

3) Kesuvchi kuch epyurasin chizamiz. Kesuvchi kuchning tenglamalarini ham har bir uchastka kesimi uchun tuzamiz.

$$\text{I – I kesim uchun } Q_x^I = R_A = 4{,}1t..$$

Bu tenglamaga o`zgaruvchi $x$ kirmaganligidan kesuvchi kuch $AC$ uchastkada o`zgarmaydi. Kesuvchi kuch epyurasini a_2 nuqtadan Q_x ning qiymati yuqoriga qarab ma`lum masshtabda qo`yamiz va a_3 nuqtani hosil qilamiz (2.54 - shakl, v). Bu kesma $a_2\,a_3$ ma`lum masshtabda $A$ reaksiya kuchini yoki $Q_x^I$ ni ifodalaymiz. Bu uchastkada kesuvchi kuch o`zgarmas miqdordir, shuning uchun $a_3\,c_2$ to`g`ri chiziqni o`tkazamiz:

$$Q_x^{II} = R_A - P_1 = 4{,}1 - 4 = 0{,}1t.$$

$$a \le x \le a + b.$$

Demak, kesuvchi kuch ikkinchi uchastkada ham o`zgarmas bo`lib, musbat qiymatga egadir.

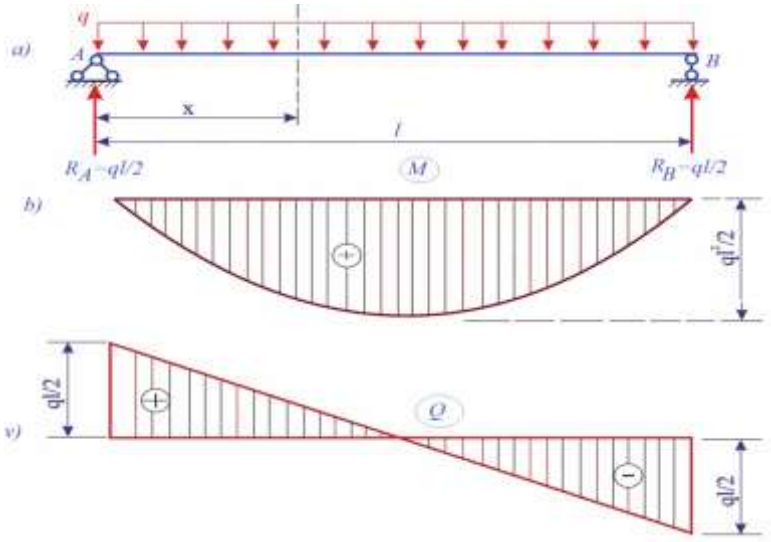
Kesuvchi kuch uchun hosil bo`lgan $Q_x^{II} = 0{,}1t$ ni ma`lum masshtabda yuqoriga tomon qo`yib, bu nuqtadan II uchastkaning ohirigacha hamma ordinatasi 0.1tonnaga teng bo`lgan gorizontal $c_3\,d_2$ chiziqni o`tkazamiz. III uchastka uchun:

$$Q_x^{III} = -R_B = -2{,}9t. \text{ yoki m} Q_x^{III} = R_A - P_1 - P_2 = -2{,}9t.$$

Shundai qilib, uchinchi uchastkada kesuvchi kuch manfiy bo`lib, uchastkaning oxirgacha o`zgarmaydi va $b_3\,d_3$ gorizontal chiziq bilan chegaralanadi.

Kesuvchi kuch epyurasi shaklda ko`rsatilgan siniq Chiziq bilan chegaralanadi (2.54-shakl, v). Bu balka uchun eng katta kuch absolyut miqdor jihatidan $Q_{\max} = R_A = 4{,}1t$ bo`ladi.

2.34-masala. Ikki tayanchda yotgan oddiy balkaga tekis taqsimlangani yuk qoyilgan. Tekis taqsimlangan yukning intensivligi *q t/m*. Shu balka uchun eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralari chizilsin (2.55-shakl, *a*).



2.55-shakl

Yechish: Tayanch reaksiyalarini topamiz. Balka simmetrik yuklangani uchun tayanch reaksiyalari har ikki tayanchga barobar taqsimlangan, ya`ni:

$$R_A = R_B = \frac{ql}{2}$$

bo`ladi.

Endi eguvchi moment tenglamasini tuzamiz. Balka bir uchastkadan iborat bo`lgani uchun chap tomondagi kuchlarning chap tayanchdan ixtiyoriy *x* masofadagi ko`ndalang kesimning og`irlik markaziga nisbatan momentlarning algebraik yigindisini olamiz:

$$M_x = R_A \cdot x - q\frac{x^2}{2} = \frac{ql}{2} \cdot x - q\frac{x^2}{2}.$$

Bu tenglama balkaning hamma uzunligiga yaraydi, yani $0 \le x \le l$ gacha o`z

kuchini saqlaydi. Eguvchi moment tenglamasi ikkinchi darajali tenglama,ya`ni parabola tenglamasi bo`lganligidan, balkaning bir necha nuqtasidagi eguvchi momentning qiymatlarini aniqlaymiz.

$x = 0$ bo`lganda $M_x = 0;$

$x = l/4$ bo`lganda $M_x = \frac{ql^2}{8} - \frac{ql^2}{32} = \frac{3}{32}ql^2.$

$x = l/2$ bo`lganda $M_x = \frac{ql^2}{4} - \frac{ql^2}{8} = \frac{1}{8}ql^2.$

$x = 3/4 \cdot l$ bo`lganda $M_x = \frac{3}{8}ql^2 - \frac{9}{32}ql^2 = \frac{3}{32}ql^2.$

$x = l$ bo`lganda $M_x = \frac{1}{2}ql^2 - \frac{1}{2}ql^2 = 0.$

bo`ladi.

Topilgan nuqtalarni birlashtirib, shaklda ko`rsatilgan parabola egri chizig`ini hosil qilamiz (2.55-shakl, b). Bu Egri chiziq balkaning eguvchi moment epyurasi bo`ladi. Bu epyuradan ko`rinadiki, eng katta eguvchi moment balkaning o`rtasidagi kesimda hosil bo`ladi va uning qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8}.$$

Endi kesuvchi kuch tenglamasini yozamiz. Buning uchun kesimdan chap tomonda qolgan kuchlarning z o`qiga tushirilgan proyeksiyalarini yig`amiz:

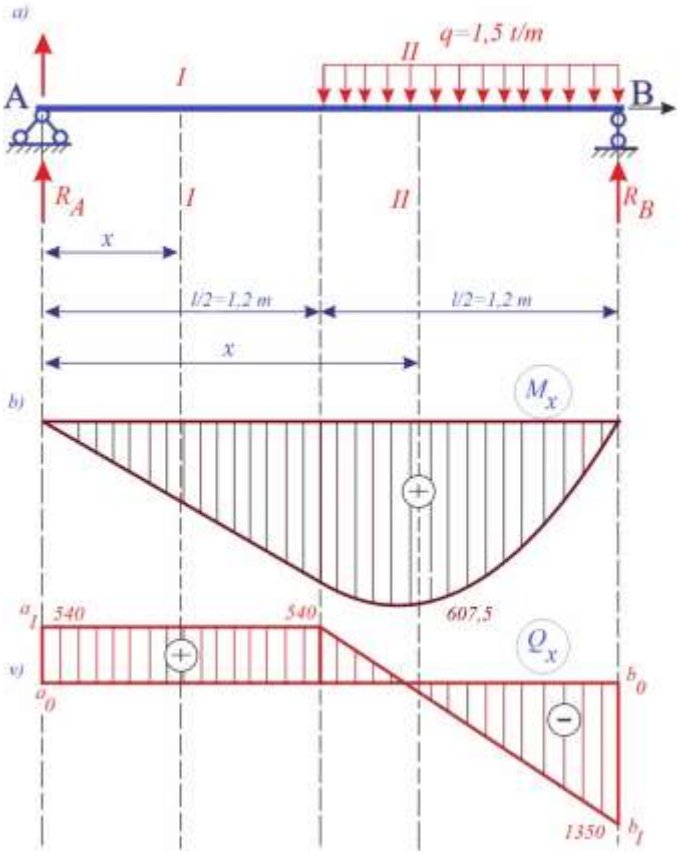
$$Q_x = R_A - qx = \frac{ql}{2} - qx.$$

Bu tenglamadan ko`rinadiki, kesuvchi kuch balka uzunasin bo`ylab to`g`ti chiziq qonuni bilan o`zgaradi. Shuning uchun ikkita chegara nuqtasiga tegishli qiymatlariini aniqlash kifoya:

$x = 0$ bo`lganda va $x = l$ bo`lganda $Q_x = \frac{1}{2}ql.$ $Q_x = -\frac{1}{2}ql.$ bo`ladi.

Topilgan nuqtalar asosida kesuvchi kuch epyurasin chizamiz (2.55-shakl, v). Eng katta kesuvchi kuh tayanch reaksiyalariga teng bo`ladi.

2.35-masala. 2.56-shakl, *a* da ko`rsatilgan balka uchun eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralari chizilsin.



2.56-shakl

Yechish: 1) tayanch reaksiyalarni aniqlaymiz:

$$\sum M_A = 0; \quad -R_B l + \frac{1}{2} ql \cdot \frac{3}{4} l = 0,$$

Bundan,

$$R_B = \frac{3}{8} ql = \frac{3 \cdot 1500 \cdot 2{,}4}{8} = 1350kg;$$

Bundan

$$\sum M_B = -R_A l - q \frac{l}{2} \cdot \frac{l}{4} = 0,$$

bundan,

$$R_A = \frac{1}{8} ql = \frac{1}{8} \cdot 1500 \cdot 2{,}4 = 450kg;$$

bo`ladi.

Tekis taqsimlangan kuchning intensivligin uning taqsimlangan masofasiga ko`paytirib, to`plangan kuchga aylantiramiz. Bu to`plangan kuchni tekis taqsimlangan kuch masofasining qoq o`rtasiga qo`yib, hamma kuchlarning *A* va *B* tayanchlarga nisbatan momentlari yig`indisini nolga tenglashtiramiz – da *A* va *B* reaksiyalarni topamiz.

$$\sum z = 0; \quad R_A + R_B - \frac{1}{2} ql = 450 + 1350 - 1500 \cdot 1{,}2 = 0; \quad 0 = 0.$$

Demak, topilgan tayanch reaksiya kuchlari to`g`ri.

2) Eguvchi moment epyurasini chizamiz. Balkaning birinchi uchastkadagi *I – I* kesim uchun eguvchi moment tenglamasini tuzamiz:

$$M_x^I = R_A \cdot x, \qquad 0 \le x \le \frac{1}{2} l.$$

Bu tenglamadan ko`rinadiki, eguvchi moment *AC* uchastkada to`g`ri chiziq qonuni bilan o`zgaradi.

$x = 0$ bo`lganda $M_x^I = 0$

$x = \frac{1}{2} l = 1{,}2\,m$ bo`lganda $M_x^I = R_A \cdot x = 450 \cdot 1{,}2 = 540 kg \cdot m$ bo`ladi

Bu qiymatlar asosida *AC* uchastka uchun eguvchi moment epyurasini ma`lum masshtabda chizamiz (2.56 – shakl, b). Endi ikkinchi uchastka uchun *II – II* kesimga nisbatan eguvchi moment tenglamasini tuzamiz.

$$M_x^{II} = R_A \cdot x - q\left(x - \frac{l}{2}\right) \cdot \frac{1}{2}\left(x - \frac{l}{2}\right) = 450 \cdot x - 750 \cdot (x - 1{,}2)^2, \qquad \frac{l}{2} \le x \le l.$$

Demak, ikkinchi uchastkada eguvchi moment parabola qonuni bilan o`zgaradi. Bu parabolani chizish uchun *x* ga bir necha qiymat beramiz:

$x = \frac{l}{2} = 1{,}2m$ bo`lganda $M_x^{II} = 540 kg \cdot m,$

$x = \frac{3}{4} l = 1{,}8m$ bo`lganda $M_x^{II} = \frac{3}{32} ql^2 - \frac{1}{32} ql^2 = \frac{1}{16} ql^2 = 540 kg \cdot m,$

$x = l = 2{,}4m$ bo`lganda $M_x^{II} = 0$

Maksimal eguvchi momentninng qiymatini aniqlash uchun eguvchi moment tenglamasidan x bo`yicha birinchi hosila olamiz va uni nolga tenglashtirib, eguvchi momentning maksimal qiymatiga to`gri kelgan absissaning qiymatini topamiz:

$$\frac{dM_x^{II}}{d_x} = R_A - q\left(x - \frac{l}{2}\right) = 0, \quad \text{bundan}$$

$$x = \frac{R_A + \frac{ql}{2}}{q} = \frac{450 + 1500 \cdot 1{,}2}{1500} = 1{,}5\,m.$$

Demak, maksimal eguvchi momentning qiymati balkaning chap tayanchidan 1.5 m masofadagi kesimda hosil bo`lib, uning qiymati

$M_{\max} = 450 \cdot 1{,}5 - 750(1{,}5 - 1{,}2)^2 = 607{,}5\,kgm$ bo`ladi.

Topilgan nuqtalar asosida eguvchi moment epyurasini chizamiz (2.56 – shakl, b).
3) Kesuvchi kuch epurasini chizamiz.
I uchastka uchun kesuvchi kuch tenglamasi:

$$Q_x^I = R_A = 450kg; \qquad 0 \le x \le \frac{1}{2}l$$

II uchastkada esa

$$Q_x^{II} = R_A - q\left(x - \frac{l}{2}\right), \qquad \frac{1}{2}l \le x \le l \quad \text{bo`ladi}$$

Balkaning chap uchastkasi uchun kesuvchi kuch o`zgarmas bo`lib, 200 – shakl,v da ko`satilgan. Balkaning ikkinchi uchastkasida kesuvchi kuch epyurasi to`g`ri chiziq qonuni bilan o`zgaradi. Shuning uchun uning ikkita chegara qiymatini topish kifoya qiladi.

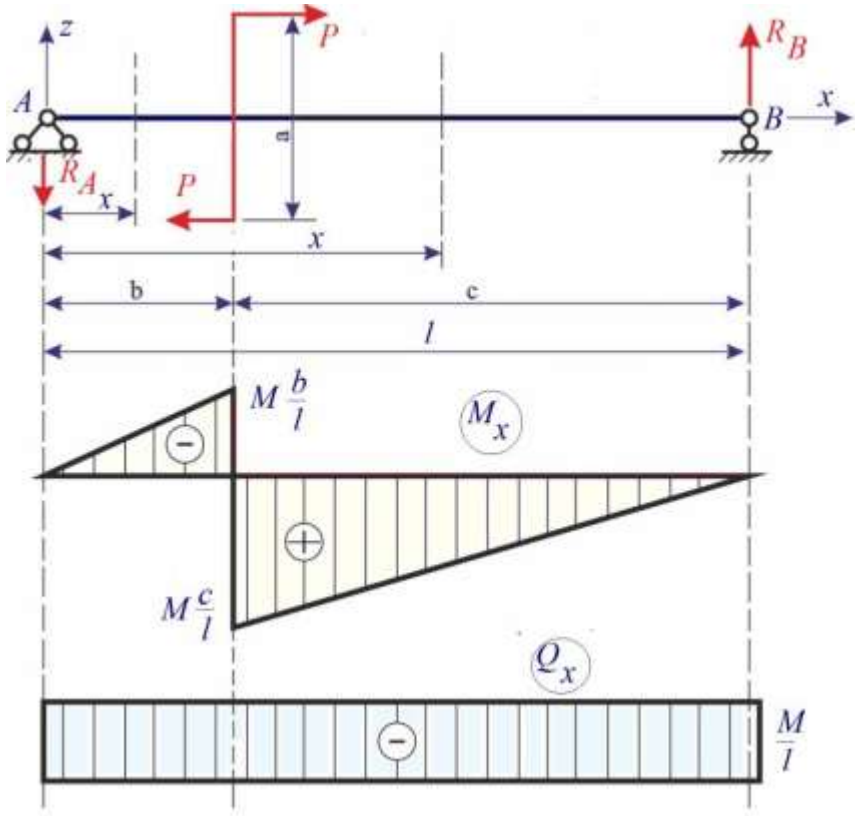
$x = \frac{l}{2} = 1{,}2m$ bo`lganda $Q_x^{II} = R_A = 450 \quad kg;$

$x = l = 2{,}4m$ bo`lganda $Q_x^{II} = R_A - q\left(x - \frac{l}{2}\right) = 450 - 1500(2{,}4 - 1{,}2) = -1350\ kg$

bo`ladi.

Hosil bo`lgan b_1 va c_1 nuqtalarni birlashtirib, ikkinchi uchastka uchun kesuvchi kuch epyurasini hosil qilamiz

2.36-masala. Ikkala tayanchda yotgan oddiy balkaga momenti $M = Pa$ bo`lgan juft kuch qo`yilgan. Eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralari chizilsin (2.57-shakl).



2.57-shakl

Yechish: 1) tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz. Balkaga qo`yilgan moment uning chap tomonini ko`tarib o`ng tomonini pastga qaratib egadi. Agar balkaning chap tayanch reaksiyasi pastga, o`ng tayanch reaksiyasi yuqoriga yo`nalsa, balka muvozanatda turadi, chunki bu holda reaksiya kuchalari l yelkali juft kuch hosil qilib, M moment bilan muvozanatlashadi.

Endi barchacha kuchlarning B tayanchga nisbatan momentlari yig`indisini olamiz:

$$\sum M_B = 0; \quad -R_A \cdot l + M = 0 \text{ bundan,}$$
$$\sum z = 0; \quad -R_A + R_B = 0,$$

$$R_A = \frac{M}{l} \quad va \quad R_A = R_B \text{ bo`ladi.}$$

Shunday qilib, eguvchi moment tayanchlarda teng va qarama – qarshi yo`nalgan reaksiya kuchlarini qo`zg`atadi.

2) ***Eguvchi moment epurasini chizamiz.*** Balkaning ikkinchi uchastkaga bo`lamiz va I uchastka uchun eguvchi moment tenglamasini tuzamiz:

$$M_x^I = -R_A \cdot x = -\frac{M}{l}x$$

x = 0 bo`lganda $M_x^I = 0$

$x = b$ bo`lganda $M_x^I = -\frac{M}{l}b$ bo`ladi.

II uchastka uchun eguvchi moment tenglamasini tuzamiz:

$$M_x^{II} = -R_A \cdot x + M, \qquad b \le x \le l;$$

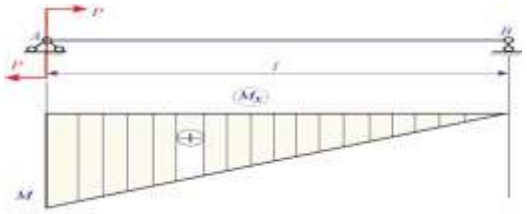
$x = b$ bo`lganda $M_x^{II} = -R_A \cdot b + M = -\frac{M}{l}b + M = \frac{\overline{M}}{l}c;$

$x = l$ bo`lganda $M_x^{II} = -R_A \cdot l + M = -\frac{M}{l}l + M = 0$ bo`ladi

Eguvchi momentining topilgan qiymatlari asosida chizilgan eguvchi moment epyurasi 2.57 - shakl, b da ko`rsatilgan. Epyuradan ko`rinadiki, juft kuch qo`yilgan nuqtada eguvchi moment

$-\frac{M}{l}\cdot b$ qiymatidan $+\frac{M}{\overline{l}}\cdot c$ qiymatiga sakraydi va juft kuch momenti *(M)* ga teng

bo'ladi. Agar juft kuch balka o`qi bo`ylab ko`chirilsa, eguvchi moment epyurasi chizig`ining qiyaligi o`zgarmaydi, faqat sakratma chiziq juft kuch bilan birgalikda harakat qiladi. Masalan, juft kuch chap yoki o`ng tayanchga qo`yilsa (202 - shakl,



2.57-shakl

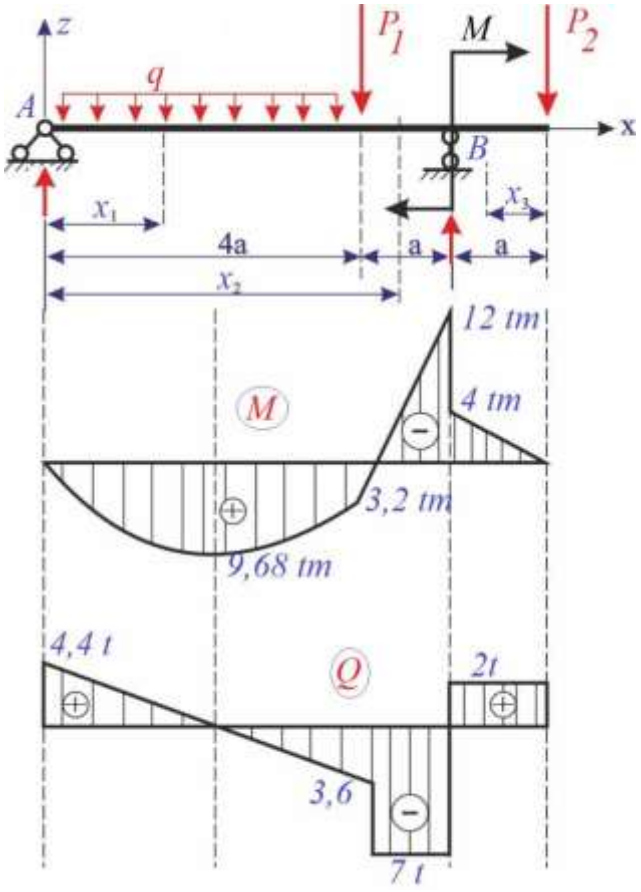
a), eguvchi moment epyurasi to`g`ri burchakli bitta uchburchakdan iborat bo`ladi (2.57- shakl, b).

3) ***kesuvchi kuch epyurasini chizamiz***. Kesuvchi kuch epyurasini chizish uchun tegishli kesimlardan bir tomonda qolgan kuchlarning algebraik yig`indisini topamiz. Ikkala uchastka uchun ham kesuvchi kuchning qiymati: $Q = R_A = \frac{M}{l}$ bo'ladi.

Demak, kesuvchi kuch epyurasi abssissalar o`qiga parallel bo`lgan gorizontal chiziq bilan cheklanadi (2.57 - shakl, v).

Masalalar

2.37- masala. Ikki tayanchda yotgan balka uchun eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralari chizilsin. $P_1 = 2qa,\quad P_2 = qa,\quad M = 2qa^2,\ q = 1t/m, a = 2m$ (2.58- shakl).



2.58-shakl

Yechish: tayanch reaksiyalarini topamiz:

$$\sum M_A = 4qa \cdot 2a + P_1 \cdot 4a + M + P_2 \cdot 6a - R_B \cdot 5a = 0$$

$$R_B = \frac{24}{5}qa = \frac{43}{5} = 9{,}6t$$

$$\sum M_B = R_A \cdot 5 - 4qa \cdot 3a - P_1 a + M + P_2 a = 0$$

$$R_A = \frac{11}{5}qa = \frac{22}{5} = 4{,}4t$$

Topilgan reaksiyalarning to`g`ri-noto`g`riligini tekshirib ko`ramiz:

$$\sum z = 0 \quad R_A + R_B - 4qa - 2qa - qa = 0$$

$$(\frac{11}{5} + \frac{24}{5})qa - 7qa = 7qa - 7qa = 0, \quad 0 = 0$$ bo`ladi.

So`nggi ayniyat tayanch reaksiyalarining to`gri topilganligini tasdiqlaydi.

Balka uchta uchastkadan iborat bo`lganligidan eguvchi moment epyurasini chizishda, avvalo birinchi uchastkaga hos tenglamalarni tuzamiz.

1-uchastka uchun $M_x^I = R_A x - q\frac{x^2}{2}, \qquad Q_x^I = R_A - qx, \qquad 0 \le x \le 4a$

Hosil bo`lgan tenglamalar asosida eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralarini chizamiz (2.58- shakl, b). Birinchi uchastkada eguvchi moment kvadrat parabola qonuni bilan o`zgaradi; bu parabolaning maksimal ordinatasi kesuvchi kuchning qiymati (2.58- shakl, v) o`z ishorasini (+) dan (-) ga o`zgartirgan joyda, ya`ni uning qiymati nol ga teng bo`lgan nuqtadadir. SHu sababli bu kesimningabssisasini topish uchun shu uchastkaga tegishli kesuvchi kuch tenglamasi nolga tenglashtiriladi, chunki berilgan funksiyaning ekstrimal nuqta sini aniqlash uchun shufunksiyadan bitta hosila olib, uni nolga tenglashtirish kerak. Kesuvchi kuch (Q) esa etuvchi momentning birinchi hosilasidir:

$$Q_x = 4{,}4 - x_0 = 0 \text{ yoki } x_0 = 4, m \text{ bo`ladi}, M_{\max} = R_A \cdot x_0 - q\frac{x_0^2}{2} = 4{,}4 \cdot 4{,}4 - 1\frac{(4{,}4)^2}{2} = 9{,}68tm$$

Endi eguvchi moment va kesuvchi kuch qiymatlarini I uchastka ning chegara nuqtalari uchun aniqlaymiz.

A nuqtada $x=0;\ M_x^I=0$ va $Q_x^I=R_A=4{,}4t$

C nuqtada $x=8m;\ M_x^I=4{,}4\cdot 8-\frac{64}{2}=3{,}2tm$ va $Q_x=4{,}4-8=-3{,}6t$ bo`ladi

I uchastka uchun

Eguvchi moment epyurasi esa, kvadrat paraboladan, kesuvchi kuch epyurasi esa a, c, og‘ma to`g`ri chiziqdan iboratdir. Ularning ordinatalari yuqorida aniqlangan qiymatlardan ravshan. Bu uchastkada maksimal eguvchi moment $M_{\max}=9{,}68tm$, kesuvchi kuch esa huddi shu kesimda nolga teng (2.58- shakl, b, v).

II uchastka uchun:

$$M_x^{II}=R_A\cdot x-4qa(x-2a)-P_1(x-4a) \text{ va } M_x^{II}=4{,}4x-8(x-4)-4(x-8)$$

$$Q_x^{II}=R_A\cdot x-4qa-P_1 \text{ yoki } Q_x^{II}=-7{,}6m;\quad 8\le x\le 10$$

C nuqtada $x=8m;\ M_x^{II}=+32tm$

B nuqtada $x=10m;M_x^{II}=-12tm$ bo`ladi

Kesuvchi kuch bu uchastka chegarasida o`zgarmas miqdordir. Shunday qilib, hosil bo`lgan eguvchi moment va kesuvchi kuch miqdorlarini ma`lum masshtabda tegishli nuqtalardan ordinatalar o`qiga parallel chiziqlar ustiga qo`yib, hosil bo`lgan nuqtalarni tutash tirsak, bu uchastka uchun eguvchi moment epyurasi c_1b_2, og`ma chiziq, kesuvchi kuch epyurasi $c_4b_3$ esa gorizontal to`gri chiziq bilan chegaralanadi.

III uchastka uchun:

Bu uchastka uchun eguvchi moment va kesuvchi kuch tenglamasini kesimning chap tomonidan tuzish hisoblashni juda qiyinlashtiradi, ung tomonda faqat bittagina P_2 kuch ta`sir qilganligidan, tenglamalarni shu tomondan tuzish ma`quldir.

Binobarin, koordinatalar boshini D nuqtaga ko`chirib, absissalar o`qini chap tomonga yo`naltirsak, bu uchastkada kesimning koordinatalar boshidan hisoblangan oraligi x ga teng bo`ladi. Biroq eguvchi moment va kesuvchi kuch tenglamalarini tuzishda ular ishoralarining teskarisini olish zarur.

$$M_x^{III} = -P\,x_3; \quad Q_x^{III} = P; \quad 0 \le x_3 \le 2m$$

Agar koordinatlar boshi ko`chirilmasa, bu tenglamalar quyidagicha yozilar edi

$$M_x^{III} = -P_2(12 - x_3); \; Q_x^{III} = P, \quad 10 \le x_3 \le 12$$

Bu tenglamadagi u avvalgi koordinatalar boshidan olingan masofadir. Ikkala holdagi tenglamalar ham bir xil natijaga ega.

D nuqtada $x = 0; M_x^{III} = 0$ va $Q_x^{III} = P = 2t$

B nuqtada $x = 2m; M_x^{III} = -4tm$ va $Q_x^{III} = P = 2t$ bo`ladi

Aniqlangan qiymatlar asosida eguvchi moment va kesuvchi kuch ishoralarini chizsak, ular tegishlicha bd og`ma chiziq bilan $b_5d_2$, gorizontal to`g`ri chiziqlardan iborat bo`ladi.

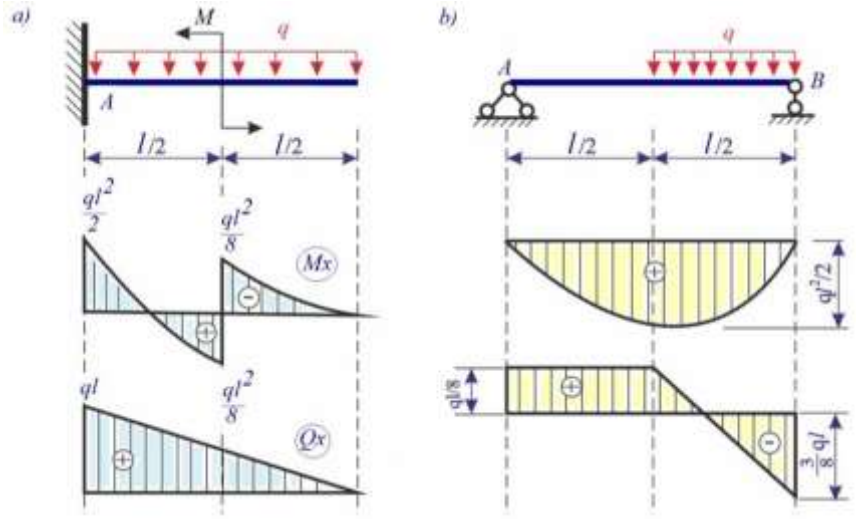
Shunday qilib, eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralarn shaklda ko`rsatilgandek siniq chiziqlar bilan ifodalanadi (2.58- shakl, b, v). Bu ishoralar orasidagi bog`lanish va ulardan har qaysisining ayrim xususiyatlari avvalgi paragrafda keltirilgan qoidalarga tamoman to`gri keladi.

Balkaning I uchastkasida analitik maksimum $M_{\max} = 9{,}68\,tm$ bo`lsa ham, balka uchun absolyut qiymati jihatidan eng katta eguvchi moment $M_{\max} = 12tm$dir. Demak, balka ana shu eguvchi moment bo`yicha hisoblanadi. Balkaning xavfli kesim va eng katta eguvchi moment hosil bo`lgan kesimiga to`gri keladi. shakldan ko`rinadi-ki, birinchi uchastkaning eguvchi moment epyurasi kvadrat parabola qonuni bilan, ikkinchi uchastkaning eguvchi moment z yuzasi esa to`gri chiziq qonuni bilan o`zgarib, ikkala uchastkaning ajralish nuqtasida ular sinib qo`shiladi.

Kitobning oxiridagi ilovada oddiy yuklangan balkalar uchun reaksiya, kesuvchi kuch va etuvchi momentlarning qiymatlari hamda M_x, Q_x larning epyuralari keltirilgan; ularni xotirada saqlash tavsiya qilinadi.

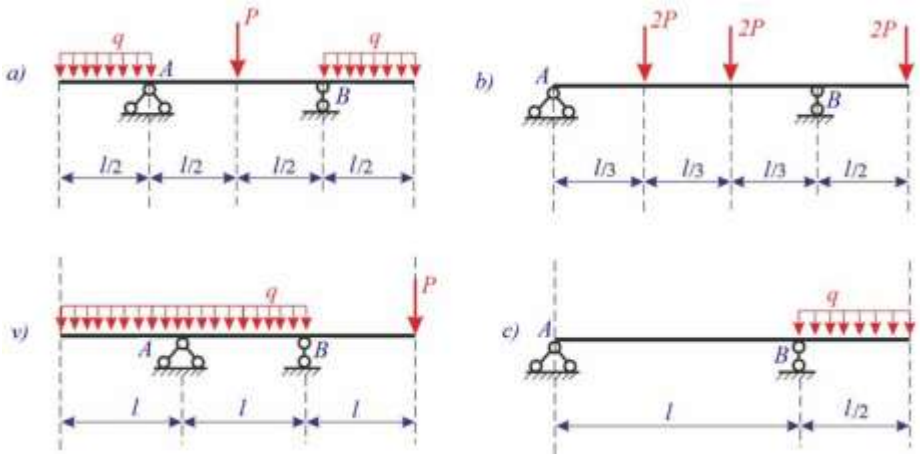
Mustaqil yechish uchun masalalar

2.38-masala. 2.59- shakl, a va bda ko`rsatilgan balkalar uchun eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralari chizilsin.



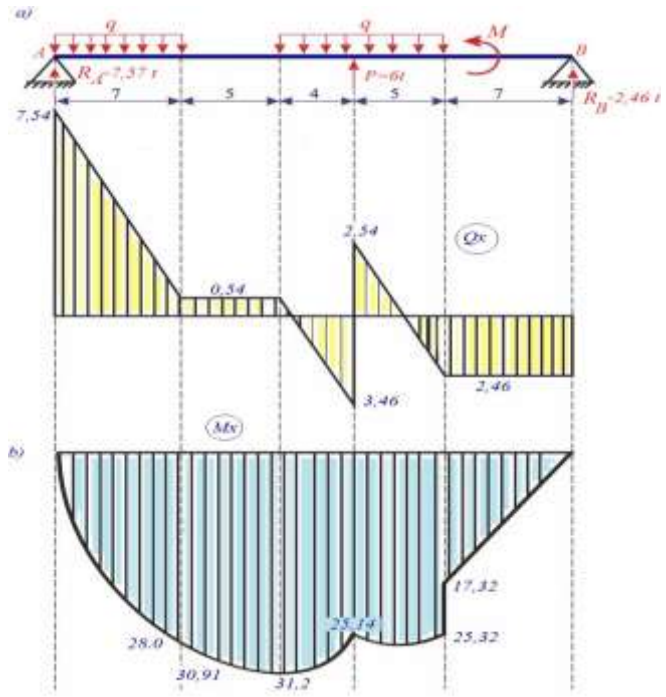
2.59-shakl

2.39-masala. 2.60- shakl, a, b, v, c da ko`rsatilgan balkalar uchun eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralari chizilsin $q = 2\frac{P}{l}$.



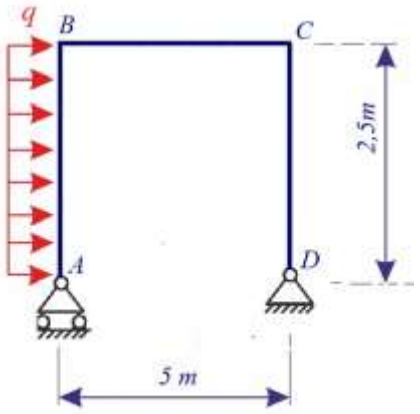
2.60-shakl

2.40-masala. 2.61- shaklda ko`rsatilgan balka uchun eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralari chizilsin.



2.61-shakl

2.41- masala. 2.62- shaklda ko`rsatilgan balkaning AB ustuniga $q = 600\frac{kg}{m}$ yopilgan yuk ta`sir qiladi. Eguvchi moment, kesuvchi kuchi va bo`ylama kuchlar epyuralari chizilsin.

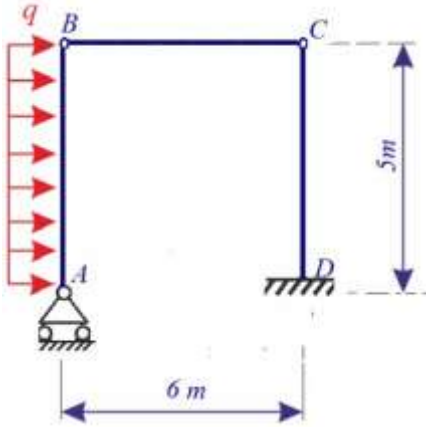


2.62-shakl

Javobi: $H = 1500kg, A = -375kg, D = +375kg$

$M_{\max} = M_B = 1875kgм$

2.42-masala. Bir necha sterjen bir-biriga 2.63-shaklda ko`rsatilgandek mahkamlangan $q = 500\frac{kg}{m}$. SHarnirlarga ko`rsatilgan bosimlar topilsin hamda eguvchi moment epyurasi chizilsin.



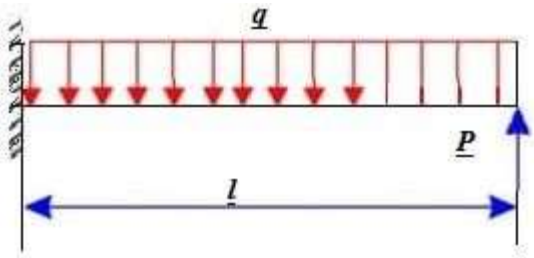
2.63-shakl

$H = 1250kg, B = C = 1250kg, M_A = M_B = 0$

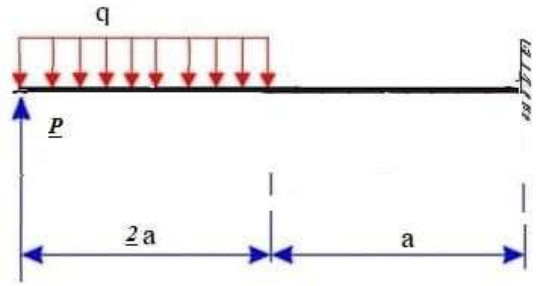
Javobi: $M_D = 6250kg \cdot m$

2.43- masala. 2.64- shaklda ko`rsatilgan balkalar uchun eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralari chizilsin. Bu yerda

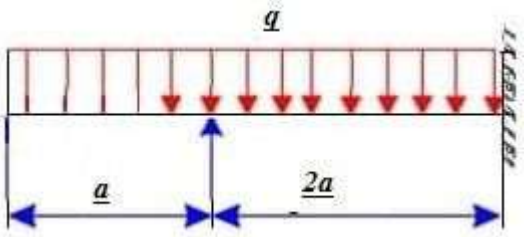
$P = 100kg,\ M = 250kgm,\ q = 10kg/m,\ \ a = 2m$ ga teng deb olinsin.



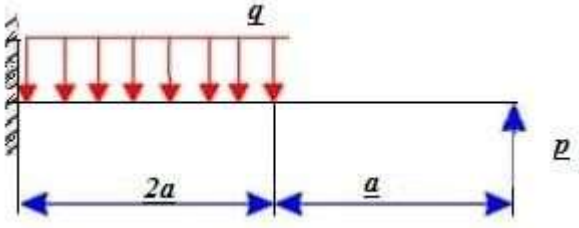
a)



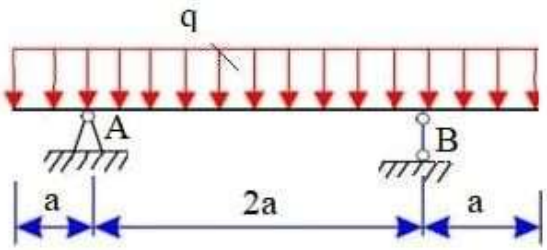
b)



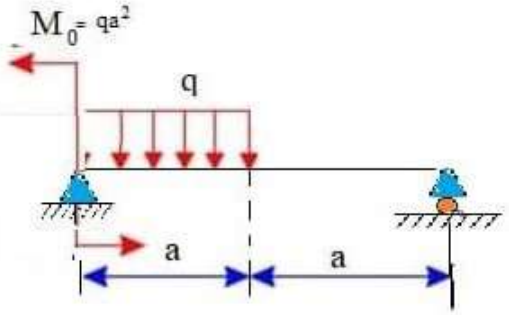
c)



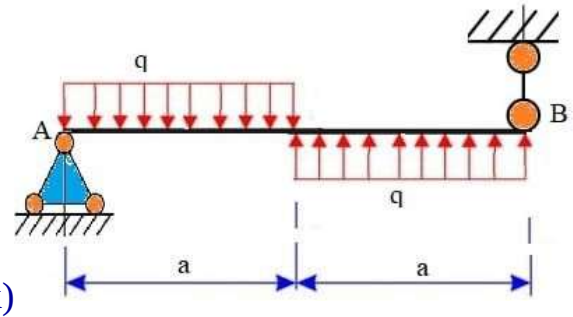
d)


q
A
B
a
2a
a

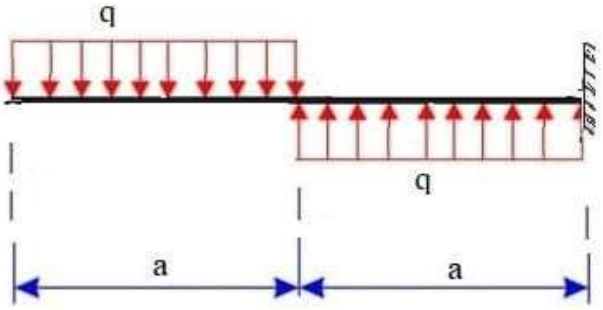
e)


M0= qa2
q
a
a

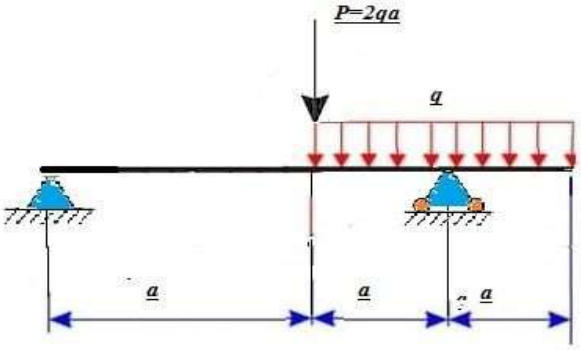
f)


q
A
B
q
a
a

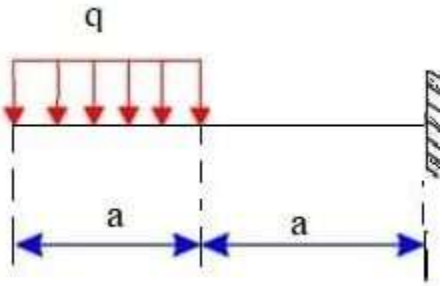
k)


q
q
a
a

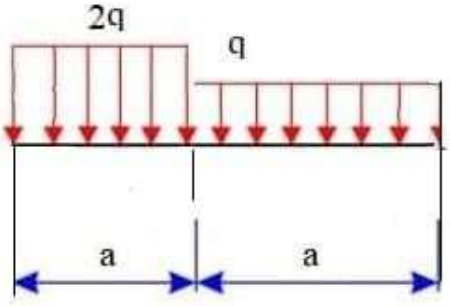
l)


P=2qa
q
a
a
a

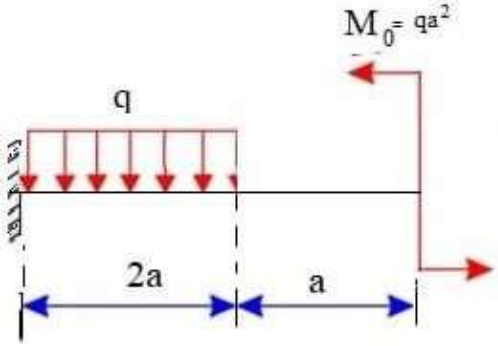
m)


q
a
a

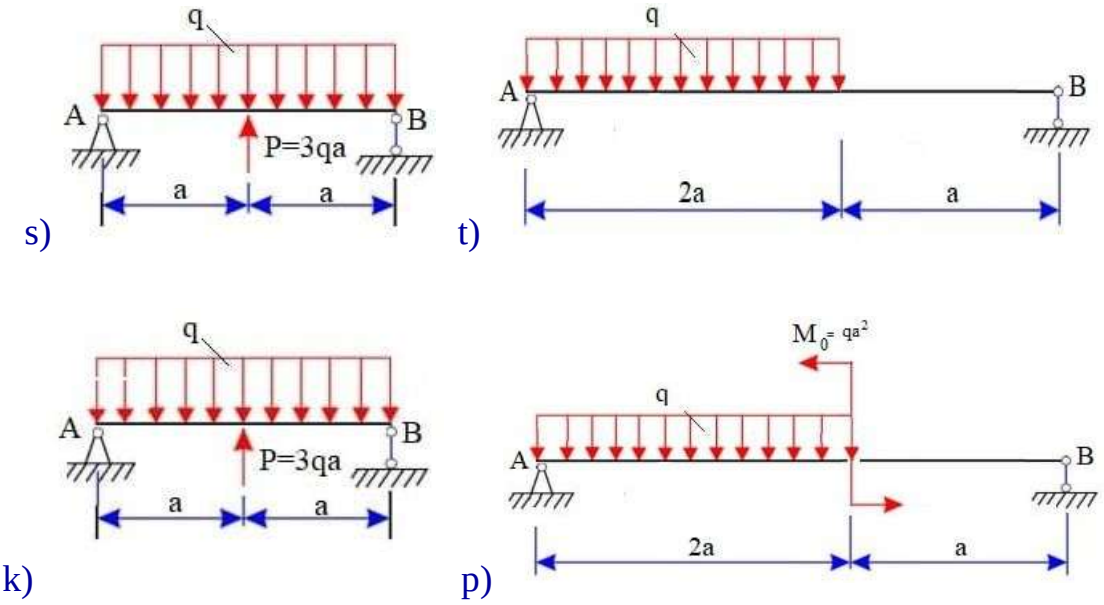
n)


2q
q
a
a

o)

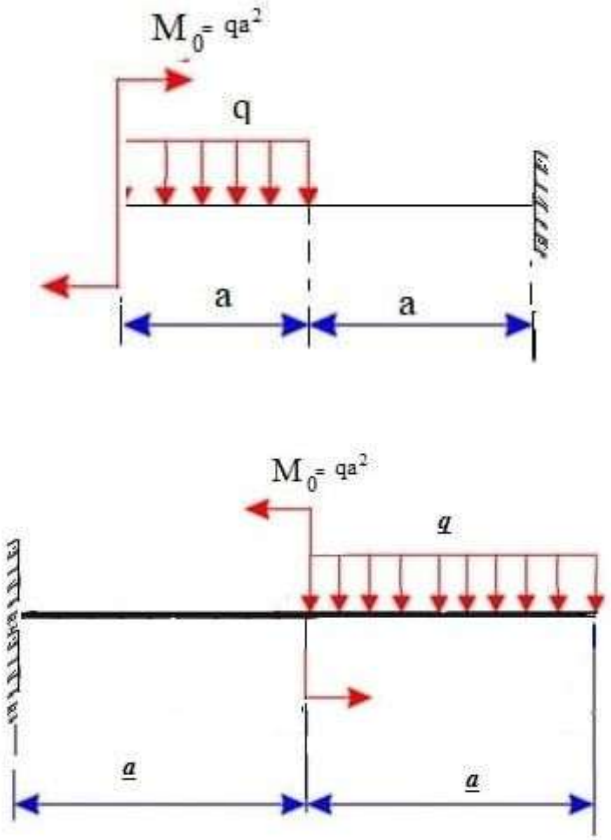

M0= qa2
q
2a
a

q)



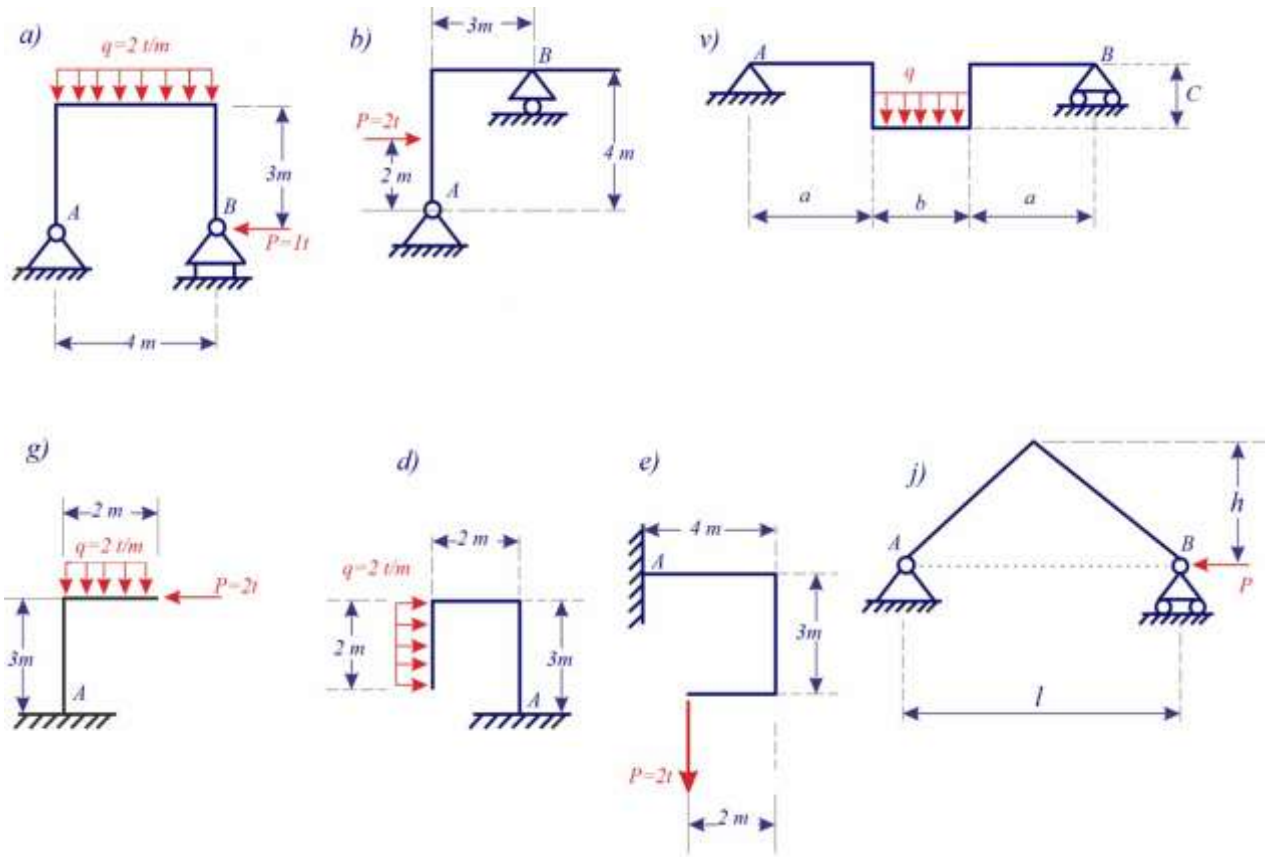
2.64- shakl

2.44-masala. 2.65- shaklda ko`rsatilgan balkaga qanday P kuch qo`yilganda, uning tayanchiga eguvchi moment nolga teng bo`ladi? P kuchning shu qiymatida eguvchi moment va kesuvchi kuch ishoralari chizilsin.



2.65-shakl

2.45-masala. 2.66- shaklda ko`rsatilgan, o`qlari siniq chiziqdan iborat sterjenlar uchun bo`ylama kuch, kesuvchi kuch va eguvchi moment epyuralari chizilsin.



2.66-shakl

2-mavzuga oid tushunchalar uchun –Tushunchalar tahlili‖ metodini qo`llaymiz.

—Tushunchalar tahlili‖ *metodi*

Metodning maqsadi: mazkur metod qatnashchilarni mavzu bo'yicha tayanch tushunchalarni o'zlashtirish darajasini aniqlash, o'z bilimlarini mustaqil ravishda tekshirish, baholash, shuningdek, yangi mavzu bo'yicha dastlabki bilimlar darajasini tashhis qilish maqsadida qo'llaniladi.

1). Bir jismni ikkinchi bir jismga ta`siri kuch deyiladi

2). Kuchni yuza birligiga to`g`ri kelgan intensivligiga deyiladi

3). Kichik sirtga ta`sir qiluvchi kuchga kuch deyiladi

4).Turli yo`nalishida turlicha kuchlanish hosil bo`ladigan materialga ....material deyiladi

5). Egilish deformatsiyaning yuzaga keltiruvchi ikki kuch faktori.....moment

6). Jismning barcha ichki nuqtalariga bir xil ta`sir etadigan kuchga .... kuch deb ataladi

7). Cho`zilish va siqilishda bo`ylama(...) kuchlanish

8) Govaksiz(.....) jism

9). Konstruksiyalarni bir nechta brusni bikr qilib birikishidan hosil bo`lgan qismiga .... deb ataladi

10). Tashqi kuch ta`sirida jismlarda ….kuch paydo bo`ladi

11). Burovchi moment ta`sirida hosil bo`ladigan deformatsiyaga.... deformatsiya deyiladi

12). Ichki kuchlarni aniqlashni..... usuli

13). Kesuvchi kuch ta`sirida hosil bo`ladigan deformatsiyaga..... deformatsiyasi deyiladi

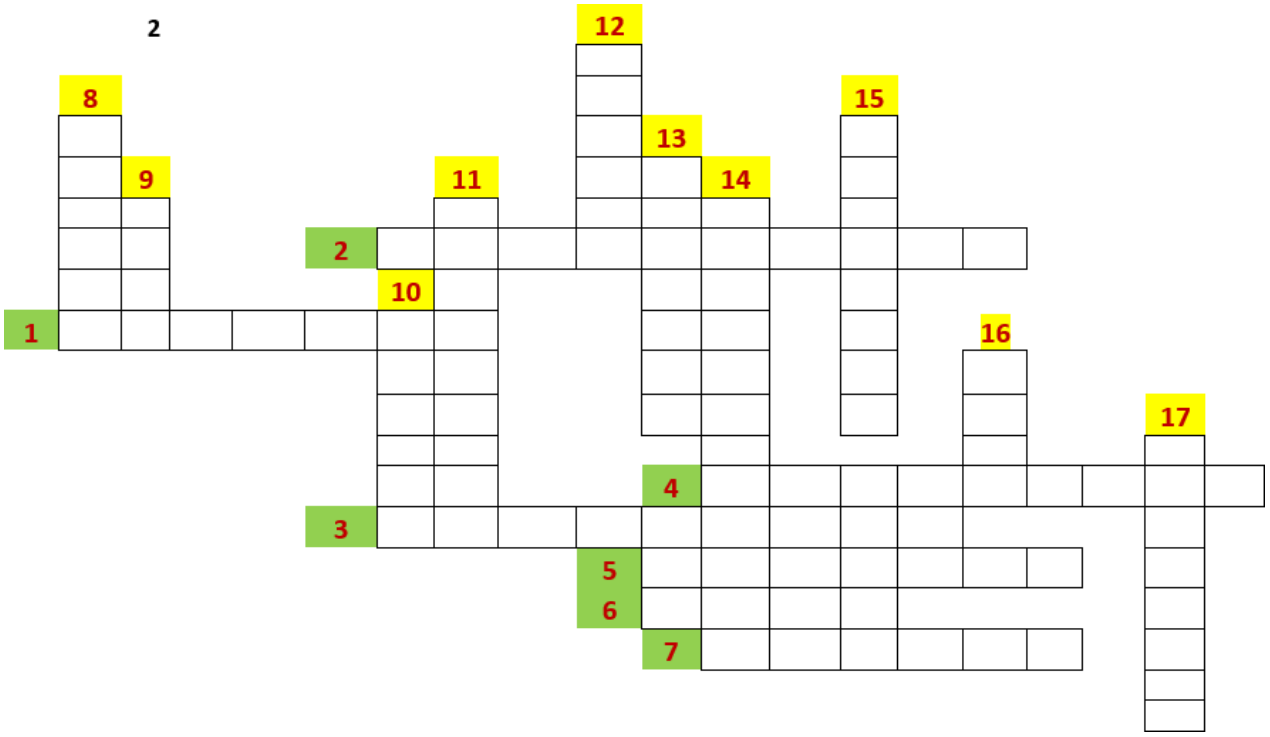
14). Chiziq yoki yuza bo`ylab tarqalgan kuchga ...kuch deb ataladi

15). Tashqi kuch ta`sirida jismlarning zarralari orasida hosil bo`ladigan o`zaro ta`sir kuchlari..... kuchi deyiladi.

16). Guk qonuni bo`yicha kuchni, ruxsat etilgan kuchlanishga nisbati .... deb ataladi

17). Bir tekis tarqalgan(.)kuch

1. Anizatrop
2. Normal
3. To`planish
4. Tashqi
5. Eguvchi
6. Xajm
7. Kuchlanish
8. Yaxlit
9. Kesish
10. Ichki
11. Buralish
12. Rama
13. Siljish
14. Yo`yilgan
15. Zo`Riqish
16. Yuza
17. Taqsimlangan



Eniga:

1) Bir jismni ikkinchi bir jismga ta`siri.....kuch deyiladi
2) Kuchni yuza birligiga to`g`ri kelgan intensivligiga.....deyiladi
3) Kichik sirtga ta`sir qiluvchi kuchga.....kuch deyiladi
4) Turli yo`nalishida turlicha kuchlanish hosil bo`ladigan materialga .... material deyiladi
5) Egilish deformatsiyaning yuzaga keltiruvchi ikki kuch faktori.....moment
6) Jismning barcha ichki nuqtalariga bir xil ta`sir etadigan kuchga .... kuch deb ataladi
7) Cho`zilish va siqilishda bo`ylama(...) kuchlanish

Bo`yiga:

8) Govaksiz(.....) jism
9) Konstruksiyalarni bir nechta brusni bikr qilib birikishidan hosil bo`lgan qismiga ..... deb ataladi
10) Tashqi kuch ta`sirida jismlarda ….kuch paydo bo`ladi
11) Burovchi moment ta`sirida hosil bo`ladigan deformatsiyaga.....deformatsiya deyiladi
12) Ichki kuchlarni aniqlashni .....usuli
13) Kesuvchi kuch ta`sirida hosil bo`ladigan deformatsiyaga.....deformatsiyasi deyiladi
14) Chiziq yoki yuza bo`ylab tarqalgan kuchga ... kuch deb ataladi
15) Tashqi kuch ta`sirida jismlarning zarralari orasida hosil bo`ladigan o`zaro ta`sir kuchlari …..kuchi deyiladi.
16) Guk qonuni bo`yicha kuchni, ruxsat etilgan kuchlanishga nisbati .... deb ataladi
17) Bir tekis tarqalgan(.)kuch

Nazorat savollari

1. Deformatsiya deganda nima tushuniladi?
2. Sterjen deganda nima tushuniladi?
3. Mustahkamlik deganda nima tushuniladi?
4. Ustivorlik deganda nima tushuniladi?
5. Bikrlik deganda nima tushuniladi?
6. Izotrop jism deganda qanday jism tushuniladi ?
7. Anizotrop jism deganda qanday jism tushuniladi ?
8. Anizatrop material deb qanday materialga aytiladi?
9. Qanday materialga elastik material deyiladi?
10. Tashqi kuchlarning qanday turlarini bilasiz ?
11. Ichki kuchlar nima ta`sirida paydo bo`ladi?
12. Ichki kuchlar qanday usullar bilan aniqlanadi?
13. Bir tekislikda yotuvchi tashqi kuchlar sistemasi jismga ta`sir etganda uning kesimida qancha ichki kuch komponentlari paydo bo`ladi?
14. Fazoviy tashqi kuchlar sistemasi jismga ta`sir etganda uning kesimida qancha ichki kuch komponentlari paydo bo`ladi?
15. CHo`zilish, siljish, egilish va buralishda qanday ichki kuchlar paydo bo`ladi?
16. Oddiy va murakkab qarshilik deganda nimani tushunasiz ?

III-BOB. To`g`ri sterjenning cho`zilishi va siqilishi. Kuchlanishlar.

3.1. Ko`ndalang kesimlardagi kuchlanishlar

Sterjenning cho`zilish yoki siqilishi uning bo`ylama o`qi bo`yicha ta`sir etayotgan kuchlar ta`sirida sodir bo`ladi. Bunda sterjen kesimlarida oltita ichki kuch omillaridan faqat bitta bo`ylama zo`riqish kuchi (N) hosil bo`ladi.

Sterjen ko`ndalang kesimidagi kuchlanishlarni aniqlaymiz.

Sterjenni ko`ndalang kesim bilan mos tekislik bilan kesib, uning bir qismining muvozanatini ko`raylik. Masalaning statik tomoni ma`lum

$$N = \int_F \sigma dF \tag{3.1}$$

tenglama bilan ifodalanadi. Ammo normal kuchlanish σ ning taqsimlanish qonuni noma`lum.

Masalaning geometrik tomonini ko`rib chiqamiz. To`g`ri sterjen sirtiga uning o`qiga parallel va tik yo`nalgan to`g`ri chiziqlar yordamida to`r chizamiz. Endi sterjenni statik kuch ta`sirida markaziy cho`zsak, cho`zilgan sterjen sirtidagi bo`ylama va ko`ndalang chiziqlar bir - birlariga tikligicha qolganini va faqat ularning oraliqlari o`zgarganini ko`ramiz. Sterjenning bunday deformatsiyalanishi tekis kesimlar gipotezasining to`g`riligini isbotlaydi: sterjenning deformatsiyasigacha tekisva sterjen o`qiga tik bo`lgan kesimlari deformatsiyadan keyin ham tekis va sterjen o`qiga tikligicha qoladi (YA. Bernulli gipotezasi). Demak, sterjenni tashkil qiluvchi barcha tolalar bir xil qiymatga cho`ziladi, ya`ni

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad \text{- const} \tag{3.2}$$

Masalaning fizik tomoni Guk qonuni

$$\sigma = \varepsilon E \tag{3.3}$$



3.1-shakl

bilan ifodalanadi. Bu yerda *E* - proporsionallik koeffitsienti bo`lib, birinchi darajali elastiklik moduli yoki *Yung moduli deb yuritiladi.* U materialning elastiklik xossalarini ifodalaydigan fizik doimiylardan biri bo`lib, kuchlanish birliklarida o`lchanadi.

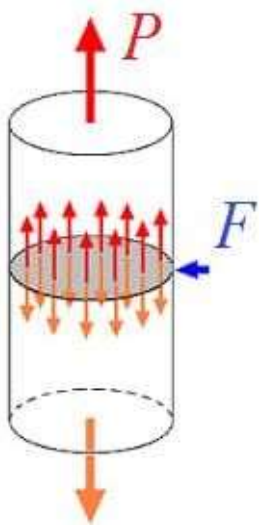
Yung modulini tajribada aniqlashni quyidagi havora orqali ko`rish mumkin;

https://youtu.be/Hz7SROwLvG0

Umuman E materiallarning deformatsiyalarga qarshilik ko`rsatish qobiliyatini, ya`ni materialning qatttiqligini ifodalaydi. Uning kattaliklari spravochniklarda turli materiallar uchun berilgan(3-jadval).

3.1-jadval

Material turi	**E, MPa**	**E, кg s/sm²**	**Material turi**	**E, MPa**	**E, кg s/sm²**
Alyuminiy	70000	713 800	**Po`lat**	200000	2 039 400
suv	2030	20300	**oyna**	70000	713 800
Yog`och	10000	102 000	**olmos**	815773	8 000 000
suyak	30000	305 900	**Kadmiy**	50000	500000
Mis	100000	1 020 000	**Latun**	97000	970000
Резина	5	50	**Nikel**	207000	2070000
			Titan	107000	1070000



Endi 3.2 va 3.3 - lar asosida

$$\sigma = \varepsilon E \ \text{(const)} \tag{3.4}$$

(3.4) ni (3.1) ga qo`yamiz:

$$N = \int_F \varepsilon E dF = \varepsilon E \int_F dF = \varepsilon E \cdot F = \sigma F. \tag{3.5}$$

Bundan

$$\sigma = \frac{N}{F}. \tag{3.6}$$

3.2-shakl



Tomas Yung *(ing. Thomas Young; 1773 yil 13 iyun, Milverton, Somerset — 1829 yil 10 may, London) — ingliz umumiy olimi: fizik (yorug‘likning to‘lqin nazariyasini yaratuvchilardan biri, mexanik energiya tushunchasini kiritgan va elastiklik moduli konseptsiyasi), mexanik, shifokor (astigmatizm hodisasini birinchi bo'lib tavsiflagan), astronom, filolog va sharqshunos ("Hind-yevropa tillari" tushunchasini kiritgan)*

Poliglot - 13 tilda gapirgan. Chet eldagi yozishmalar qirollik jamiyatining ilmiy kotibi (1804-1829). 1801-1803 yillarda Londondagi Qirollik institutida professor bo‘lgan. 1818 yildan uzunliklar byurosining kotibi va dengiz almanaxi muharriri. Misrshunoslik bilan shug'ullanar ekan, u qadimgi Misr ierogliflarini ochishga yaqinlashdi; ingliz tilida so'zlashadigan dunyoda bu Misr yozuvining shifrlovchisi deb hisoblangan Champollion emas, balki Yung. Qiziqishlarning kengligi va fanga qo'shgan fundamental hissasi uchun biograf Endryu Robinson [en] Yungni "hamma narsani biladigan ohirgi odam" deb ta'riflagan.

3.2. Bo`ylama deformatsiya. Guk qonuni. Ko`chishlar

Sterjen deformatsiyasini aniqlashga o`tamiz. (3.5) dan nisbiy cho`zilish:

$$\varepsilon = \frac{N}{EF}. \qquad (3.7)$$

Mahrajdagi EF ko`paytma sterjen ko`ndalang kesimining cho`zilish - siqilishdagi bikrligi deb yuritilib, kuch o`lchoviga ega. c=EF/1 kattalik sterjenning bikrligi deb ataladi.

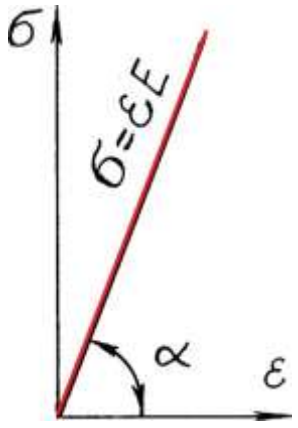
Sterjenning butun uzunligi bo`yicha taqsimlangan elementar uzunliklar nisbiy deformatsiyalarining yig`indisi sterjenning absolyut (mutloq) deformatsiyasini tashkil etadi:

$$\Delta l = \int_l \varepsilon dz = \int_l \frac{Ndz}{EF} = \frac{Nl}{EF}$$

bu yerdagi:

$$\Delta l = \frac{Nl}{EF} \qquad (3.8)$$

formula absolyut deformatsiya uchun Guk qonunini ifodalaydi. Unga ko`ra absolyut cho`zilish yoki siqilish bo`ylama kuchga, sterjen uzunligiga to`g`ri proporsional (mutanosib) va sterjen bikrligiga teskari proporsional.



3.3 - shakl.

Yuqoridagi ma`lum (3.3) bog`lanish Guk qonunideb atalib, unga asosan normal kuchlanish nisbiy deformatsiyaga to`g`ri proporsional. Ana shu (3.3) bog`lanishning chap va o`ng tomonlarini (3.6) va (3.2) orqali ifodalab ham (3.8) formula olinishi mumkin:

$$\frac{N}{F} = \frac{\Delta l}{l} E \text{, bundan } \Delta l = \frac{Nl}{EF}.$$

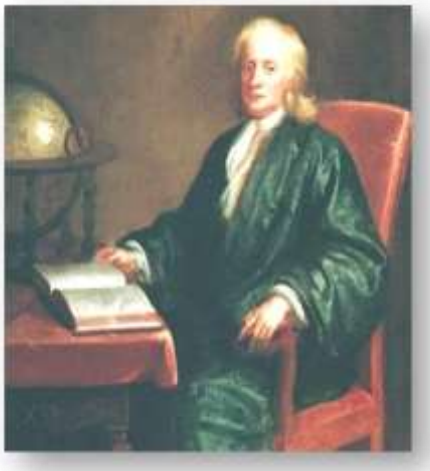
(3.3) bog`lanish koordinata o`qlar sistemasida og`ma to`g`ri chiziq bilan ko`rsatilishi mumkin

To`g`ri chiziq bilan abssissa o`qi orasidagi burchakning tangensi elastiklik moduli E ning miqdorini ko`rsatadi:

$$E = \operatorname{tg} \alpha.$$

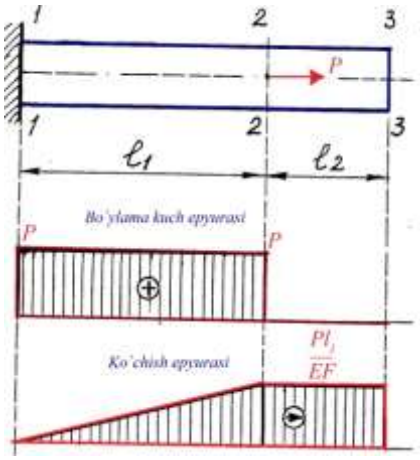
Bu narsa elastiklik moduli E ning geometrik mohiyatini anglatsa, uning fizik mohiyati materiallarning elastiklik xossalarini ifodalashidadir.

Ingliz olimi Robert Guk, XVII asrning eng buyuk kishilaridan biri edi. U to'qimalar tuzilishinio`rganib, fanga oid gipotezalarni va mikroskop vositalarini ishlashini o`rgangan.



U fizik, botanik, ixtirochi va astronom, 1635 yil 18-iyul kuni Wight orolida joylashgan, Shirin suv shaharchasida tug'ilgan.

Sterjenlarning ko`ndalang kesimlari deformatsiya natijasida bo`ylama o`q yo`nalishida ko`chadilar. Ko`chishlar (δ) epyurasini qurishda odatda sanoq boshi uchun biron kesimning (odatda tayanch kesimining) ma`lum ko`chishini qabul qilinadi.



3.4 - shakl.

3.4- shakldagi misol uchun 1-1 tayanch kesimi mahkamlanganidan sanoq boshi $\delta_{1\text{-}1}=0$.

2-2 kesimning ko`chishi

$$\delta_{2-2}=\delta_{1-1}+\Delta l_1=0+\frac{Nl_1}{EF}=\frac{Pl_1}{EF}\text{ (o`ngga).}$$

3 - kesimning ko`chishi

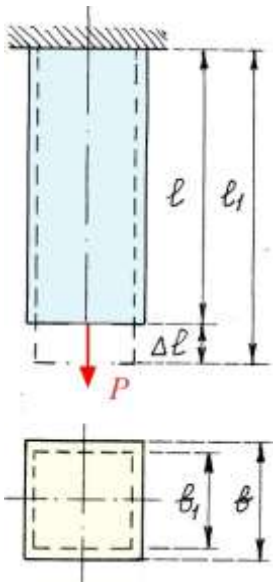
$$\delta_{3-3}=\delta_{2-2}+\Delta l_2=\frac{Pl_1}{EF}+0=\frac{Pl}{EF}\text{ (o`ngga).}$$

Demak, sterjenning l_1 uzunlikka ega bo`lgan chap qismigina deformatsiyalanadi, $l_2$ uzunlikdagi o`ng qismi esa, bu qismda normal kuch ta`sir etmaganligidan, deformatsiyalanmasdan ko`chadi.

3.3. Ko`ndalang deformatsiya koeffitsienti. Puasson koefitsenti. Hajmning nisbiy o`zgarishi.

Sterjen cho`zilganida uning ko`ndalang kesimi o`lchamlari kichrayib, siqilganda kattalashadi. Bu hodisa ko`ndalang deformatsiyani tashkil qiladi.

3.5 - shakldagi sterjenning absolyut deformatsiyalari:



3.5 - shakl.

bo`ylama $\Delta l=l_1-l$;

ko`ndalang $\Delta b=b-b_1$;

nisbiy deformatsiyalari

bo`ylama $\varepsilon=\Delta l/l$;

ko`ndalang $\varepsilon'=\Delta b/b$.

Ko`ndalang va bo`ylama nisbiy deformatsiyalar o`rtasida quyidagi tajribaviy bog`lanish mavjud.

$$\varepsilon'=-\mu\varepsilon \qquad (3.9)$$

bu yerdagi μ - ko`ndalang deformatsiya koeffitsienti (Puasson koeffitsienti) bo`lib, u materialning ko`ndalang deformatsiyalanish qobiliyatini ifolaydi. Bu koeffitsient, umuman, materialning elastiklik xarakteristikalaridan biridir.

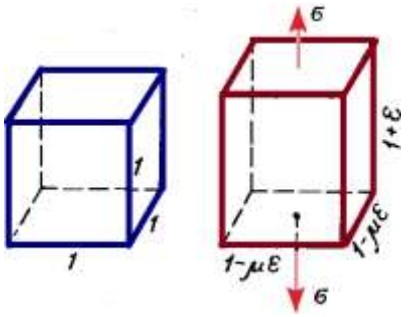
Puasson koeffitsienti kattaligi 0 bilan 0,5 oraligida, ko`pchilik materiallar uchun 0,25 dan 0,35 gacha, o`zgaradi, masalan po`lat uchun $\mu=0,25...0,33$; cho`yan uchun $\mu=0,23...0,210$; po`kak uchun $\mu\approx0,00$; qo`rg`oshin uchun $\mu=0,45$; kauchuk uchun $\mu=0,410$; parafin uchun $\mu\approx0,5$.



Siméon Denis Puasson *(1781-1840) - ilmiy faoliyati politexnika maktabi an'analari bilan chambarchas bog'liq bo'lgan atoqli fransuz mexanikasi, matematigi va fizigi. Bu maktab Fransiyadagi yetakchi oliy o'quv yurti bo'lib, unga kirish eng qattiq tanlov asosida tanlab olindi va Fransiyaning eng yaxshi olimlari dars berishga jalb qilindi, jumladan Monj, Lagranj, Laplas, Lakroa, Furye. S.D. Puasson ushbu maktabga 1798 yilda 17 yoshida kirdi va tanlovda birinchi bo'ldi.*

U hali maktab o'quvchisi bo'lgan chog'ida akademiklar Lejendre va Lakroa taklifi bilan chop etilgan —Chekli ayirmali tenglamalarning to'liq integrallari soniga doir‖ nomli birinchi ilmiy ishini taqdim etdi. 1800 yilda Politexnika maktabini tugatgandan so'ng, Puasson matematik tahlil kafedrasida qoldirildi, 1806 yilda uning rahbari bo'ldi. 1809 yilda Puasson Sorbonnada ratsional mexanika professori etib tayinlandi.

Cho`zilish - siqilishda jism hajmining qanday o`zgarishini ko`ramiz. Buning uchun sterjendan deformatsiyagacha holatidan ikkita ko`ndalang va to`rtta bo`ylama tekisliklar yordamida tomonlari 1 (birlik) bo`lgan elementar kub ajratamiz (3.6 - shakl, a). Deformatsiya natijasida elementar kub o`lchamlari o`zgaradi (3.6 - shakl,b) .



3.6 - shakl.

Deformatsiyagacha hajm:

$V_0=1\cdot1\cdot1=1$

Deformatsiyadan keyingi hajm:

$$V=(1+\varepsilon)(1-\mu\varepsilon)^2=(1+\varepsilon)(1-2\mu\varepsilon+\mu^2\varepsilon^2)=$$
$$=1-2\mu\varepsilon+\varepsilon-2\mu\varepsilon^2=1+\varepsilon(1-2\mu).$$

Bu yerda $\mu^2\varepsilon^2$ va $2\mu\varepsilon^2$ qiymatlar ikkinchi tartibli kichik miqdorlar sifatida e`tiborga olinmadi. Deformatsiya natijasida hajmning nisbiy o`zgarishi.

$$\theta=\frac{V-V_0}{V_0}=\frac{1+\varepsilon(1-2\mu)-1}{1}=\varepsilon(1-2\mu). \qquad (3.10)$$

$0\le\mu\le0,5$ bo`lganidan cho`zilish deformatsiyasi natijasida hajm kattalashadi va aksincha.

3.4. Elastik defomatsiyaning potensial energiyasi

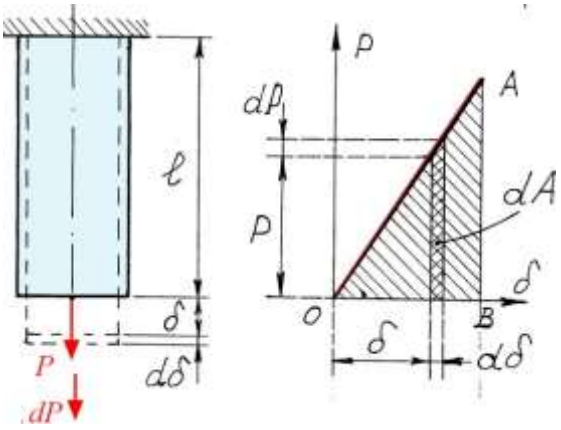
Tashqi kuchlar ko`chishlar jarayonida ish bajaradilar. Bunda ularning potensial energiyasi kamaya borib, energiyaning saqlanish qonuniga ko`ra, deformatsiyaning potensial energiyasiga aylanadi. Tashqi kuch potensial energiyasining kamaygan miqdorining qiymati deformatsiya jarayonida tashqi kuchning bajargan ishiga tengligidan, deformatsiya potensial energiyasini aniqlash masalasi tashqi kuchning bajargan ishini hisoblash masalasiga keltiriladi, ya`ni

U=A.

Tashqi kuchlar ta`sirida hosil bo`lgan elastik (qayishqoq) deformatsiya natijasida materialda to`planadigan energiya deformatsiyaning *potensial energiyasi* deyiladi. Sterjendan tashqi kuch olinganida uning ta`sirida sterjenning o`lchamlari va shakli qayta tiklanadi. Binobarin, deformatsiyalanuvchi elastik jism energiya manbai bo`lgan «akkumulyatorga» aylanadi (masalan, patefon va mexanik soatlarning prujinasi).

Statik o`zgaruvchi kuch ta`sirida ishni aniqlash lozimligidan P-δ grafigidan foydalanish qulay (3.7 - shakl).

Deformatsiyalash jarayonining biron la`zasida kuch qiymati R, sterjen pastki kesimining mos ko`chishi $\delta = \Delta l = \frac{Pl}{EF}$ bo`lsin. Keyingi cheksiz kichik lahzada kuch qiymati dP orttirma oladi, ko`rilayotgan kesim bunga mos ravishda dδ qo`shimchaga ko`chadi. Bunda tashqi kuch bajargan elementar ish



3.7 - shakl.

$$dA=(P+dP)d\delta=Pd\delta+dP\cdot d\delta$$

Ikkinchi tartibli cheksiz kichik qiymatni tashlab yuborsak,

$$dA = Pd\delta = P\frac{dP\cdot l}{EF}$$

tenglamaning ikkala tomonini P bo`yicha integrallasak

$$A=\frac{P^2 l}{2EF}=\frac{P\delta}{2}.$$

Ushbu ifoda cho`zilishi diagramasidagi OAB uchburchak qismining yuzasidan iborat bo`lib, quyidagi ***Klapeyron teoremasi*** ko`rinishida ta`riflanadi.

Chiziqli deformatsiyalanuvchi sistemaga statik qo`yilgan kuchning bajargan ishi kuch oxirgi qiymatining tegishli ko`chishning oxirgi qiymatiga ko`paytmasining yarmiga teng:

$$A=0,5\,P\delta \qquad (3.11)$$

Teoremani deformatsiyaning barcha turlari uchun qo`llash mumkin.

(3.11) formulani va U=A ni ekanligini nazarda tutsak,

$$U=\frac{N^2 l}{2EF}=\frac{(\Delta l)^2 EF}{2l}=\frac{\sigma^2 Fl}{2E}.(J) \qquad (3.12)$$

Sterjenning hajm birligiga to`g`ri kelgan potensial energiya *solishtirma potensial energiya* deyiladi:

$$u=\frac{U}{V}=\frac{\sigma^2}{2E}=\frac{\sigma\varepsilon}{2}.\left(J/m^3\right) \qquad (3.13)$$

Deformatsiyaning potensial energiyasi qanchalik kattaroq bo`lsa, yoki uni xarakterlovchi cho`zilish diagrammasining yuzasi qanchalik kattaroq bo`lsa, sterjen materiali shunchalik plastikroq, zarb ta`sirga shunchalik chidamliroqdir.

Nazorat savollari

1. Tekis kesimlar gipotezasining mohiyati nimada?
2. Markaziy cho`zilish yoki siqilish qanday holda sodir bo`ladi?
3. Bo`ylama kuchning matematik ifodasi qanday?
4. Bo`ylama kuch bilan normal kuchlanish orasidagi bog`lanishni yozing .
5. Absolyut cho`zilish nima?
6. Nisbiy cho`zilish nima va uning o`lchamlari qanday topiladi?
7. Guk qonuni nimadan iborat va uning matematik ifodasi qanday yoziladi?
8. Cho`zilish yoki siqilishdagi elastik moduli nimani xarakterlaydi?
9. Cho`zilish yoki siqilishda sterjen ko`ndalang kesimi bikrligi nima?
10. Sterjen bikrligi nima?
11. Puasson koeffitsienti nima?
12. Cho`zilish yoki siqilishda jism hajmi qanday o`zgaradi?
13. Deformatsiyaning potensial energiyasi nima? U nima hisobiga to`planadi
14. Klayperon teoremasini tushuntiring.
15. Solishtirma potensial energiya nima? U qanday ifodalanadi?

Adabiyotlar

1. Ўрозбоев М.Т. Материаллар қаршилиги. – Т.: Ўқитувчи, 1979. – 510 б.
2. Материаллар қаршилиги / А.Ф.Смирнов таҳрири остида. – Т.: Ўқитувчи, 1988. – 464 б.
3. Феодосев В.М. Сопротивление материалов. – М.: 1979.
4. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986. – 560 с.
5. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности. – М.: 1982.
6. Беряев Н.М. ва б. Материаллар қаршилигидан масалалар тўплами. – Т.: Ўзбекистон, 1993.
7. Терегулов И.С. Сопротивление материалов и основы теории упругости, пластичности. – М.: Высшая школа, 1984.
8. Мансуров К.М. Материаллар қаршилиги. – Т.: Ўқитувчи, 1983. – 504 б.
9. Дарков А.В., Шапиро Г.С. Сопротивление материалов. – М.: 1975.
10. Теребушко О.И. Основы теории упругости и пластичности.
11. Киселов В.А. Плоская задача теории упругости. – М.: 1979.
12. Рекач В.Г. Руководство к решению задач прикладной теории упругости. – М.: 1984.
13. Механика ва гидромелиорация мутахассислигида таълим олаѐтган студентлар учун «Материаллар қаршилиги» фанидан мустақил топшириқларни бажариш бўйича методик кўрсатма / Годованников А.М., Юсупов К.Ю., Раҳимов Х., Абдуллаев К.А. – Т.: ТИИИМСХ, 1987. – 41 б.
14. Плоская задача теории упругости в декартовых координатах / Фролов В.Н., Спиваков Ю.Л., Юсупов К.Ю., Ибрагимов М.Х. – Т.: ТИИИМСХ, 1984. – 45 с.
15. Методические указания по расчету части гидротехнических сооружений методами теории упругости / Годованников А.М., Пунагин В.Н., Спиваков Ю.Л., Юсупов К.Ю. – Т.: ТИИИМСХ, 1987. – 51 с.

16. Машина деталларининг зўриқишини тензометрия усулида ўрганиш («Материаллар қаршилиги» фанидан тажрибалар мисолида методиккўрсатма) / Қорабоев Х.Д. – Т.: 1992. – 15 б.

17. Эластиклик ва пластиклик назарияси асослари: ТошПИ сиртқи бўлимидақурилиш мутахассислиги бўйича таҳсил кўраётган талабалар учун контрол ишларни бадаришга доир методик кўрсатма / Мирсаидов М.М., Хамроев П. – Т.: ТошПИ, 1990. – 38 б.

18. Materilalar qarshiligi M.M.Mirsaidov, A.M.Godovannikov, P.MatkarimovToshkent. Fan 2010

19. TI va QHM instituti va turdosh oliy ta`lim muassalari professor-o`qituvchilaritomonidan tayyorlangan videomateriallar

20. YouTube tarmog‘i media materiallaridan foydalanilgan.

Jahon internet tarmog`i orqali foydalanilgan adabiyotlar manzili.

1. https://pustakkosh.com/rent_or_buy_books/A-Textbook-of-Strength-of-Materials-by-R-K-Bansal-Pustakkosh-com-p79897804

2. https://www.kopykitab.com/Strength-Of-Materials-For-Polytechnic-Students-by-S-S-Bhavikatti

3. https://www.ikbooks.com/books/book/engineering-computer-science/mechanical-production-industrial-engineering/strength-materials/9789384588434/

4. https://www.routledge.com/Mechanics-of-Materials-With-Applications-in-Excel/Muvdi-Elhouar/p/book/9781466570719

5. https://obuchalka.org/20210512132302/soprotivlenie-materialov-uchebnik- dlya-vtuzov-feodosev-v-i-1986.html

6. https://azon.market/soprotivlenie-materialov-uchebnik-i-praktikum-dlja-akademicheskogo-bakalavriata-%28id-812012%29

Mundarija

So‘z boshi……3

I bob. Kirish. Asosiy tushunchalar. Gipotezalar.

1.1. Fanga kirish. Fanning umumta‘lim, umummuhandislik va maxsus fanlar bilan bog'liqligi. Materiallar qarshiligi fanining maqsadi, mohiyati va rivojlanish tarixi…….....8
1.2. Inshoot va mashinalarning asosiy elementlari…….....12
1.3. Materiallar qarshiligida qabul qilingan asosiy gipoteza va cheklanishlar…....17

II bob. Tashqi va ichki kuchlar. Kesish usuli. Ichki kuchlar epyuralari.

2.1. Bino inshoot va mashina mexanizm konstruksiya elementlariga ta‘sir etuvchi tashqi kuchlarning klassifikatsiyasi…….....24
2.2. Brus kesimlaridagi ichki kuchlarni aniqlash. Kesish usuli…….....28
2.3. Brus deformatsiyasining eng oddiy ko‘rinishlari……..…36
2.4. Ichki kuchlar epyuralarini qurish.Cho`zilish va siqilishda ichki kuchlar epyuralarini qurish……...……...……38
2.5. Balkalar va ularning ta`sir reaksiyalari. M va Q epyuralari. Egilishda differensial bog‘lanishlar 57
2.6. Balka kesimlaridagi ichki kuchlarni aniqlash. Ichki kuchlarning epyuralarni chizish……63
2.7. Eguvchi moment, ko'ndalang kuch va yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differensial bog'lanishlar. Sof va ko'ndalang egilishlar…….....65

III bob. To`g`ri sterjenning cho`zilishi va siqilishi. Kuchlanishlar

3.1. Ko`ndalang kesimlardagi kuchlanishlar.....102
3.2. Bo`ylama deformatsiya. Guk qonuni. Ko`chishlar.....105
3.3. Ko`ndalang deformatsiya koeffitsienti. Puasson koefitsenti. Hajmning nisbiy o`zgarishi.....107
3.4. Elastik defomatsiyaning potensial energiyasi.....109

ALLANAZAROV QO‘LDOSH OLIMOVICH

MATERIALLAR QARSHILIGI

(amaliy mashg‘ulotlarni bajarish bo‘yicha)

Uslubiy qo‘llanma.

Muharrir: Eshkarayev S. Ch.

Texnik muharrir: Eshqorayev S. S.
Korrektor: Javgashev Y. J.
Dizayner: Ro‘zimurodov B. I.
Tasdiqnoma № 255979, 13.04.2024
Bosishga 07.11.2026 da ruxsat berilgan. Format 60x84/16.
Garnitura Times New Roman. Shartli bosma tobog‘i 7.
Adadi 60 dona. Buyurtma № 1092
“TERMIZ PUBLISHING CENTER” nashriyotida tayyorlandi va chop etildi. Surxondaryo viloyati, Termiz shahri, Uvaysiy ko‘chasi 8A-uy, Toshkent sh., "TRASTBANK" XA BANKINING BOSH OFISI, MFO: 00491, INN: 311209934 H/R: 20208000307031406001
Telefon: +998-88-808-21-07

ISBN 978-9910-13-595-8

4140

TERMIZ PUBLISHING CENTER

Termiz –“Termiz publishing center”-2026