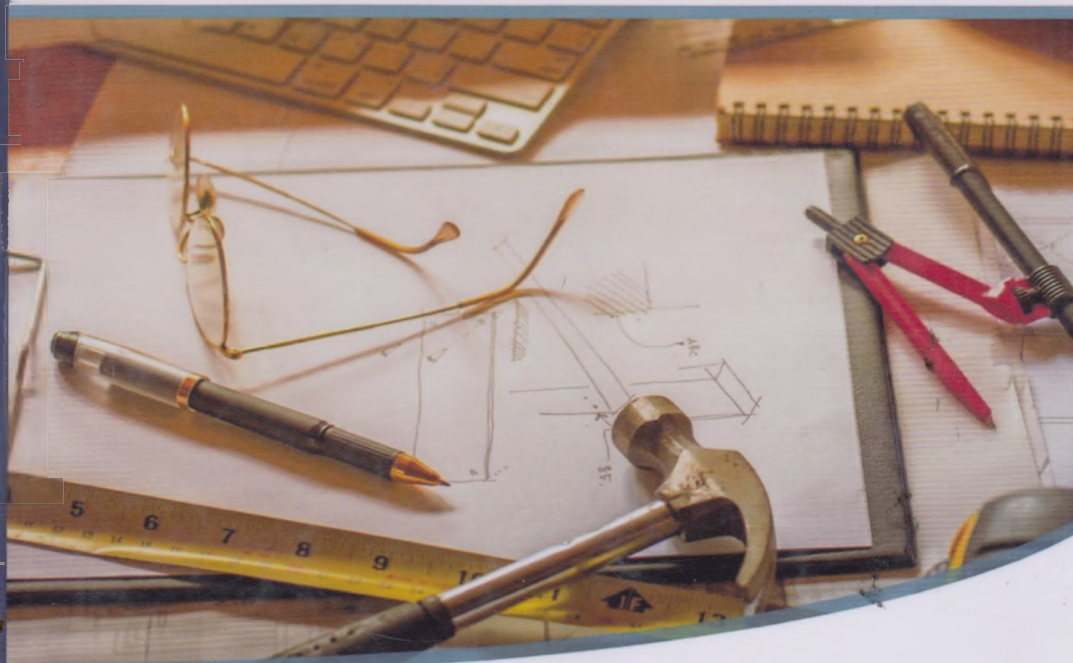


**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**



**MIRSAIDOV MIRZIYOD XUDAYNAZAROV SHERZOD
ABDIMUMINOV ERKIN ASHIROV BOYBO'RI**

**MATERIALLAR QARSHILIGIDAN
MISOL VA MASALALAR
I – QISM**

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

MIRSAIDOV MIRZIYOD
XUDAYNAZAROV SHERZOD
ABDIMUMINOV ERKIN
ASHIROV BOYBO‘RI

MATERIALLAR QARSHILIGIDAN

MISOL VA MASALALAR

I – QISM

Ushbu o‘quv qo‘llanma barcha muhandislik bakalavriat ta‘lim yo‘nalishlari talabalari uchun “Materiallar qarshiligi” fanidan amaliy mashg‘ulotlar o‘tish uchun mo‘ljallangan

TOSHKENT-2022

MATERIALLAR QARSHILIGIDAN MISOL VA MASALALAR.

I-QISM

M.Mirsaidov, SH.Xudaynazarov, E. Abdimo'minov, B.Ashirov

ANNOTATSIYA

O'quv qo'llanma "Materiallar qarshiligi" fani bo'yicha nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun qisqacha nazariy ma'lumotlar, mavzular bo'yicha masalalar yechishdan namunalar, mustaqil yechish uchun masalalar, topshiriqlar va nazorat test savollarini o'z ichiga oladi.

O'quv qo'llanmada Materiallar qarshiligi fanining asosiy muammolari, fan va texnikaning hozirgi kun talablari darajasida yoritilgan bo'lib, cho'zilish, siqilish, tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalarini, siljish, buralish va egilish bo'limlarini o'zlashtirib olish uchun nazariy ma'lumotlar yetarli darajada, qulay va mukammal bayon qilingan. Shuningdek, o'quv qo'llanmaning har bir bobida mavzular bo'yicha masalalar yechib ko'rsatilgan va mustaqil yechish uchun topshiriqlar, nazorat test savollari keltirilgan.

Ushbu o'quv qo'llanma oliy o'quv yurtlarining mashinasozlik, sanoat, qurilish, suv xo'jaligi va texnikaning boshqa yo'nalishlari bo'yicha bilim oluvchi bakalavriat talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, undan magistrlar, ilmiy tadqiqotchi va izlanuvchilar ham keng foydalanishlari mumkin.

АННОТАЦИЯ

В учебник включены краткие теоретические сведения для закрепления теоретических знаний в области «Сопротивление материалов», примеры решения задач по теме, задачи для самостоятельного решения, задания и контрольные тестовые вопросы.

Учебник освещает основные проблемы науки о сопротивлении материалов на уровне современных требований науки и техники, дает теоретические знания об растяжении, сжатии, геометрических характеристиках плоских поверхностей сечения, сечениях на сдвиг, кручение и изгиб. , удобно и отлично объяснил. Кроме того, в каждой главе учебника рассматриваются вопросы по каждой теме и включаются задания для самостоятельного решения, контрольные проверочные вопросы.

Настоящее пособие предназначено для студентов бакалавриата, обучающихся в машиностроении, промышленности, строительстве, водном хозяйстве и других областях высшего образования, в том числе магистров, научных работников и научных сотрудников.

ANNOTATION

The textbook includes brief theoretical information to consolidate theoretical knowledge in the field of "Strength of Materials", examples of solving problems on the topic, tasks for independent solution, assignments and control test questions.

The textbook covers the main problems of the science of the strength of materials at the level of modern requirements of science and technology, gives theoretical knowledge about tension, compression, geometric characteristics of flat cross-sectional surfaces, sections for shear, torsion and bending, comfortable and well explained. In addition, each chapter of the textbook discusses questions on each topic and includes tasks for self-solving, control test questions.

This textbook is intended for undergraduate students studying in mechanical engineering, industry, construction, water management and other areas of higher education, including masters, researchers and researchers.

Taqrizchilar: O'zb.R.F.A. "Mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi" instituti direktori, fizika – matematika fanlari doktori, professor K.S.Sultonov

"TIQXMMI" MTU "NS va SEF" kafedrasi
professori, t.f.d. R.R.Ergashev

SO'Z BOSHI

So'nggi yillarda mamlakatimizda oliy ta'lim tizimining sifati va samaradorligini oshirish, talaba yoshlarda zamonaviy bilim va ko'nikmalarni shakllantirish, ta'lim tizimlari hamda ilm-fan sohalari o'rtasida yaqin hamkorlik va integratsiyani, ta'limning uzviyligi va uzluksizligini ta'minlash borasida tizimli ishlar amalga oshirilib kelinmoqda.

Shu bilan birga, milliy ta'lim-tarbiya tizimining amaldagi holati uni zamon talablari asosida modernizatsiya qilish, yoshlarni yuksak bilim-ma'rifat egalari, jismoniy va ma'naviy sog'lom insonlar etib tarbiyalash, ta'lim muassasalarining rahbar va pedagog xodimlari nufuzini oshirish, ularning samarali faoliyat yuritishi uchun zarur shart-sharoitlar yaratish bo'yicha izchil chora-tadbirlarni amalga oshirishni talab etmoqda.

Mamlakatimiz ta'lim-tarbiya va ilm-fan sohasini takomillashtirish, jamiyatimizda o'qituvchi va pedagog xodimlar, ilmiy va ijodkor ziyolilarga bo'lgan hurmat-e'tiborni yanada oshirish, talabalarning kasbiy mahoratini rivojlantirish maqsadida Yangi O'zbekistonning yangi taraqqiyot davrida ta'lim-tarbiya va ilm-fan sohasini yanada rivojlantirishning asosiy yo'nalishlari etib quyidagilar belgilandi:

mamlakat taraqqiyoti uchun yangi tashabbus va g'oyalar bilan maydonga chiqib, ularni amalga oshirishga qodir bo'lgan, intellektual va ma'naviy salohiyati yuksak yangi avlod kadrlarini tayyorlash, ta'lim

tashkilotlari bitiruvchilari zamonaviy kasb egalari bo'lishlari uchun ularda zarur ko'nikma va bilimlarni shakllantirish;

dunyo miqyosidagi bugungi keskin raqobatga bardosh bera oladigan milliy ta'lim tizimini yo'lga qo'yish, darslik va o'quv qo'llanmalarini zamon talablari asosida takomillashtirish, ularning yangi avlodini yaratish, o'quv dasturlari va standartlarini optimallashtirish;

ta'lim-tarbiya muassasalarining rahbar xodimlari, pedagog va murabbiylari, professor-o'qituvchilari va ilm-fan sohalari vakillarining jamiyatimizdagi o'rni va maqomini oshirish, ularning mashaqqatli mehnatini munosib qadrlash va faoliyat samaradorligiga qarab moddiy rag'batlantirish;

pedagog xodimlarning kasbiy mahorati va faoliyat samaradorligini muntazam oshirib borish uchun zarur shart-sharoitlarni yaratish, malaka oshirish tizimini «hayot davomida o'qish» tamoyili asosida takomillashtirib borish;

ilmiy-tadqiqot va ta'lim xizmatlarini ko'rsatish bo'yicha xususiy sektorning salmog'ini kengaytirish, hududlarda nodavlat ta'lim tashkilotlarini tashkil etish orqali raqobat muhitini shakllantirish, ta'lim sohasida davlat-xususiy sheriklikni rivojlantirish;

zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini qo'llagan xolda ta'limni boshqarishni avtomatlashtirish va har tomonlama takmil qilib borish tizimini yaratish, elektron resurslar va masofaviy ta'limni yanada

rivojlantirish, ta'lim oluvchilar o'rtasida IT-sohasidagi kasblarni ommalashtirish;

ilm-fanni iqtisodiyotning asosiy harakatlantiruvchi kuchiga aylantirish, ilmiy tadqiqotlar ko'lamini kengaytirish, iqtidorli yosh olimlarning innovatsion faolligini rag'batlantirish, mavjud ilmiy tashkilotlar salohiyatini yanada mustahkamlash va rivojlantirish;

ta'lim tizimiga yuqori samarali xalqaro amaliyotni joriy etish, respublika ta'lim tashkilotlarini nufuzli xalqaro reytinglarga kiritish bo'yicha tizimli ishlarni amalga oshirish.

Yo'qoridagi darslik va o'quv qo'llanmalarini zamon talablari asosida takomillashtirish, ularning yangi avlodini yaratish, o'quv dasturlari va standartlarini optimallashtirish borasida universitetimizda o'quv rejaları va fan dasturlari takomillashtirilib, bugungi talab darajasiga javob beradigan o'quv adabiyotlarini yaratish vazifasi qo'yilmoqda.

Ushbu qo'llanma mazkur fan bo'yicha o'quv jarayonida qo'llanilayotgan "Na'munaviy" va "Ishchi fan dasturlar"ga mos ravishda yozildi.

Aynan shu maqsadda, ushbu o'quv qo'llanma "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti va Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutida o'quv qo'llanma mualliflarining uzoq yillar davomida oliy o'quv yurtida o'qigan ma'ruzalari, amaliy mashg'ulotlarda to'plagan va sinovdan o'tgan tajribalari asosida yozilgan. Bunda "Materiallar qarshiligi" faninig so'ngi yutuqlariga tayangan

xorijiy mualliflarning fan sohasida yaratilgan yangi avlod darsliklari va o'quv qo'llanmalaridan foydalanilgan.

Ushbu o'quv qo'llanma oliy o'quv yurtlarining 5430100 – Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalashtirish, 5340701– Gidrotexnika qurilishi (suv xo'jaligida), 5450400 – Gidrotexnika inshootlari va nasos stantsiyalaridan foydalanish, 5450300 – Suv xo'jaligi va melioratsiya ishlarini mexanizatsiyalashtirish, 5450700 – Suv xo'jaligi va melioratsiya, 5310201 – Elektr energetikasi, 5311001 – Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish (suv xo'jaligida) ta'lim yo'nalishlari sohalari bo'yicha bilim oluvchi bakalavriat talabalari uchun mo'ljallangan. Bunda, bugungi kunda qo'yilayotgan talablardan kelib chiqib, talabalarni mustaqil ta'lim olishlariga ko'proq vaqt ajratilayotganligi ham inobatga olindi.

O'quv qo'llanmani ko'rib chiqib, bildirgan foydali maslahatlari uchun mualliflar fizika-matematika fanlari doktori, professor K.S.Sultanov, texnika fanlari doktori, professor T. Mavlonov, texnika fanlari doktori, professor R.R.Ergashevlariga samimiy minnatdorchilik bildiradilar.

Qo'llanma bo'yicha bildirilgan tanqidiy fikr va mulohazalar mualliflar tomonidan mamnuniyat bilan qabul qilinadi. O'z takliflaringizni ushbu elektron manzil: theormir@mail.ru bo'yicha yuborishingizni so'rab qolaniz.

KIRISH

Fan-texnikaning keskin sur'atlarda rivojlanishi jarayonida kundankunga yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan materiallar, yuqori haroratga chidamli materiallarga bo'lgan talab ham kuchayib bormoqda. Rivojlangan fan-texnikaga ega davlatlarda tobora ko'proq yirik inshootlar, baland binolar, zamonaviy samoletlar, kemalar, mashina-mexanizmlar yaratilishida yangi zamonaviy texnologiyalar yordamida yaratilgan yangi, kam urganilgan materiallardan foydalanilmoqda.

Yaratilgan mashinalar, tayyorlangan konstruksiyalar va qurilgan inshootlar chidamli, mustahkam bo'lishi va uzoq vaqt xavf-xatarsiz ishlashi talab etiladi. Bunday vazifalarni bajarish uchun malakali mutaxassislarni tayyorlashda materiallar qarshiligi fanining ahamiyati juda katta. Aynan shu maqsadda, ushbu o'quv qo'llanma mualliflarning uzoq yillar davomida oliy o'quv yurtlarida o'qigan ma'ruzalari, amaliy mashg'ulotlarda to'plagan va sinovdan o'tgan tajribalari asosida tayyorlangan. O'quv qo'llanma "Materiallar qarshiligi" fanining so'ngi yutuqlariga tayangan xorijiy mualliflarning fan sohasida yaratilgan yangi avlod darsliklari va o'quv qo'llanmalaridan foydalanib yaratilgan. Ushbu qo'llanmada nazorat test savollari, mustaqil masalalarni yechish va topshiqalar berilgan. Materiallar qarshiligi fanidan tayyorlangan ushbu o'quv qo'llanma yuqoridagi masalalarni hal qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Materiallar qarshiligi – muhandislik konstruksiyalari va ularning qismlarini mustahkamlik, bikrlilik va ustuvorlikka hisoblash asoslarini urganuvchi fan.

Materiallar qarshiligi “Deformatsiyalanuvchan qattiq jism mexanikasi” ixtisosligining bir bo'limi sifatida shakllangan bo'lib, ushbu “Deformatsiyalanuvchan qattiq jism mexanikasi” ixtisosligida materiallar qarshiligidan tashqari elastiklik nazariyasi, plastiklik va qovushqoqlik nazariyasi, qurilish mexanikasi, kompozitsion materiallar mexanikasi va boshqa yo'nalishlar mavjud.

Materiallar qarshiligining asosiy tushuncha va qoidalari “Nazariy mexanika” fanining nazariy qonun-qoidalari, teoremlariga tayanadi. “Nazariy mexanika” fanining statika bo'limi bo'yicha kuch, kuch momenti, kuch proektsiyasi kabi tushunchalaridan “Materiallar qarshiligi” fanida keng foydalaniladi.

“Materiallar qarshiligi” fanining asosiy masalasi yuqori ishonchlilik va tejamkorlik talablariga javob beradigan muhandislik konstruksiyalari va uning qismlarini mustahkamlik, bikrlilik va ustuvorlikka hisoblash usullarini takomillashtirish hisoblanadi.

“Materiallar qarshiligi” fani oliy texnika o'quv yurtlarida o'qitiladigan fundamental fanlar (fizika, oliy matematika, nazariy mexanika va h.k.z.) masalalari bilan umummuhandislik, umumkasbiy fanlarga oid masalalarni bir-biriga bog'lovchi ko'priklar vazifasini o'taydi.

Fundamental fanlarga oid nazariy masalalarda qabul qilingan cheklanishlardan umummuhandislik, umumkasbiy fanlarida ko'riladigan amaliy masalalarda voz kechilib, amaliy muhandislik masalalariga yaqinlashtiriladi. Shu usullar bilan real bino-inshootlar, konstruksiyalar

loyihalanib yuqori ishonchlilik va tejamkorlik talablariga javob beradigan muhandislik konstruksiyalari va uning qismlari yaratiladi.

Har qanday sohadagi muhandis "Materiallar qarshiligi" fani haqida tasavvurga, tushunchaga ega bo'lishi kerak. "Materiallar qarshiligi" fani amaliy hisob-kitoblar va har xil materiallar ustida o'tkaziladigan amaliy tajribalarga asoslanadi.

O'rta asrlarda mexanika masalalarini, xususan statika masalalarini echish bo'yicha ilk amaliy qadamlar qo'yildi. O'rta asrlarning eng etuk olimlaridan biri Leonardo da Vinchi (1452-1519 yy) tomonidan kuchlarni parallelogram usulida qo'shish, ingichka simni uzilishga sinash, ikki tayanchda turgan balkaning hisobi amaliy hisob-kitob hamda tajribalar yordamida ko'rsatilgan.

Buyuk ital'yan olimi G.Galiley (1564-1642 yy) tomonidan kuchlanish, mustahkamlik tushunchalari, konsol va ikki oraliqli balkalar hisobi, har xil materiallarni uzilishga sinash, konstruksiyani xususiy og'irligini hisobga olgan holda hisoblash kabi masalalarga e'tibor ko'rsatilgan.

1660 yilda R.Guk tomonidan "Materiallar qarshiligi" fanining eng asosiy tushunchalari bo'lgan kuch va deformatsiya orasidagi bog'lanishni aniqladi va ushbu qonunga "Guk qonuni" nomi berildi.

Fanning rivojlanishiga ulkan hissa qo'shgan olimlar sifatida Leonardo da Vinchi, Galileo Galiley, Robert Guk, Bernulli, Sen-Venan, Koshi, Lame, I. Eyler, D.I.Juravskiy, X.S.Golovin, I.G.Bubnov, A.N.Krylov, Sh.O.Kulon,

T.Yung, O.L.Koshi, S.D.Puasson, G.Lame va boshqa mashhur olimlarni keltirishimiz mumkin.

O'quv qo'llanmada klassik masalalar qatorida original misol va masalalar ham keltirilgan bo'lib, ushbu masalalar amaliy muhandislik hisob-kitoblari bilan uzviy bog'langan. Namunaviy echib ko'rsatilgan masalalar har bir bob bo'yicha keltirilgan hisob-grafik ishlari va mustaqil ishlar mavzulariga moslashtirilganligi talabalarda o'z ustida mustaqil ishlash va bilimini mustahkamlashga xizmat qiladi.

Shuning uchun o'quv qo'llanmada hisob-grafik ishlari va mustaqil ishlarni bajarish uchun variantlar asosida masalalar keltirilgan bo'lib, har bir yo'nalishning mazmun-mohiyatidan kelib chiqib hisob-grafik ishlari va mustaqil ishlar soni tegishli kafedra mutaxassislari tomonidan belgilab olinadi.

MATERIALLAR QARSHILIGI FANIDA QO'LLANILADIGAN ASOSIY KATTALIKLAR VA ULARNING O'LCHOV BIRLIKLARI

Hozirgi vaqtda asosiy fizik kattaliklarni o'lchashda Xalqaro SI birliklar sistemasining o'lchov birliklarini ishlatish to'g'ri deb hisoblanadi. SI sistemasining mexanik kattaliklarni o'lchash uchun ishlatiladigan birliklarini MKGSS sistemasidan prinsipial farqi shundaki, SI sistemasida massa birligi asosiy o'lchov birlik bo'lib, kuch birligi undan kelib chiqadigan birlik hisoblanadi. MKGSS sistemasida esa buning aksidir.

Materiallar qarshiligida ishlatiladigan SI sistemasining asosiy birliklari quyidagilardan iborat: uzunlik – metr (m) da, massa – kilogramm (kg) da, vaqt – sekund (sek) da, yassi burchak – radian (rad) da o'lchanadi.

Bu sistemada qo'shimcha birliklar esa quyidagi o'lchov birliklarda o'lchanadi:

Yuza (A) – metr kvadrat (m^2)

Hajm (V) - metr kub (m^3)

Zichlik (ρ) – kilogramm bo'lingan metr kub (kg/m^3)

Tekis shaklning statik momentlari (S) va qarshilik momentlari (W) – metr kub (m^3)

Tekis shaklning inersiya momentlari (I) – metr to'rtinchi daraja (m^4)

Tezlik (v) – metr bo'lingan sekund (m/sek)

Tezlanish (w) – metr bo'lingan sekund kvadrat (m/sek^2)

Burchak tezligi (ω) – radian bo'lingan sekund (rad/sek)

Burchak tezlanishi (w) – radian bo'lingan sekund kvadrat (rad/sek^2)

Kuh (P, F) - Nyuton (N)

Kuh momenti (M) – Nyuton ko'paytirilgan metr (N·m)

Kuhlanish (σ yoki τ) – Nyuton bo'lingan metr kvadrat (N/m²)

Isk energiya (A, P, T) – joul (j)

Quvvat (N) – vatt (vt)

Soishtirma og'irlik (γ) – Nyuton bo'lingan metr kub (N/m³)

Chastota (f) – gers (gs)

Davr (T) – sekund (sek)

Elastiklik (Yung) moduli (E) – Nyuton bo'lingan metr kvadrat (N/m²)

Sijishdagi elastiklik moduli (G) – Nyuton bo'lingan metr kvadrat (N/m²)

Aisolyut deformatsiya (Δl) – metr (m) da

Nsbiy deformatsiya (ϵ) – o'lchovsiz kattalik

Passon koeffitsiyenti (μ) – o'lchovsiz kattalik

Bu birliklarning ba'zilarini karrali yoki ulushli birliklari mavjud bo'lib, ular shu birliklarning oldiga quyidagi qo'shimchalarni qo'shish orqali, ya'ni: Mega (M)-10⁶ ga, kilo (k)-10³ ga, detsi (d)-10⁻¹ ga, santi (s)-10⁻² ga, milli (m)-10⁻³ ga, mikro (mk)-10⁻⁶ ga ko'paytirish orqali hosil qilinadi.

Materiallar qarshiligida uchraydigan ba'zi kattaliklarni odatdagi sistemaga kirmagan birliklarda o'lchanishi ham amaliyotda ko'p uchrab turadi. Bu holda bu birliklar orasida o'zaro quyidagicha bog'lanish borligini etiborga olish kerak.

MKGSS va SGS birliklar sistemalari va sistemaga kirmagan birliklar	SI birliklar sistemasi	MKGSS va SGS birliklar sistemalari va sistemaga kirmagan birliklar	SI birliklar sistemasi
1	2	3	4
Yuza birligi		Hajm birligi	
1 sm ²	10 ⁻⁴ m ²	1 sm ³	10 ⁻⁶ m ³
Tekis shaklning statik va qarshilik momentlari o'lchov birligi		Kuch momenti va juft kuch momentining birliklari	
1 sm ³	10 ⁻⁶ m ³	1 kilogramm kuch · metr (kgk · m)	9,81 Nm ≈ 10 Nm
Tekis shakl inersiya momentlarining o'lchov birligi		1 kilogramm-kuch · santi-metr (kgk · sm)	0,0981 Nm ≈ 10 ⁻¹ Nm
1 sm ⁴	10 ⁻⁸ m ⁴	Solishtirma og'irlik birliklari	
Massa birliklari		1 tk/m ³ yoki 1 gk/sm ³	9,81 · 10 ³ N/m ³ ≈ 10 ⁴ N/m ³
1 tonna (t)	10 ³ kg	1 kgk/sm ³	9,81 · 10 ⁶ N/m ³ ≈ 10 ⁷ N/m ³
1 sentner (s)	10 ² kg	Ish va energiya birliklari	
Burchak tezligining o'lchov birliklari		1 kilogramm kuch · metr (kgk · m)	9,81 ≈ 10 J
1 minutda aylanish soni (ayl/min)	$\frac{\pi}{30}$ rad/sek	1 kvl/soat	3,6 · 10 ⁶ J
1 ayl/sek	2π rad/sek	1 erg	10 ⁻⁷ J
Kuch birliklari		Quvvat birliklari	
1 tonna - kuch (tk)	9,81 · 10 ³ ≈ 10 ⁴ N	1 kilogramm kuch · metr bo'lingan sekund (kgk · m/sek)	9,81 ≈ 10 vt
1 kilogramm-kuch (kgk)	9,81 ≈ 10 N	1 ot kuchi (o.k.)	735,5 vt
1 dina (dina)	≈ 10 ⁻⁵ N	1 erg/sek	10 ⁻⁷ vt
Busim yoki kuchlanishning o'lchov birliklari		Busim yoki kuchlanishning o'lchov birliklari	
1 bar (bar)	10 ⁵ N/m ²	1 bar (bar)	10 ⁵ N/m ²
1 kgk/sm ² = 1 atm	9,81 · 10 ⁴ ≈ 10 ⁵ N/m ² ≈ 0,1 MPa	1 kgk/sm ² = 1 atm	9,81 · 10 ⁴ ≈ 10 ⁵ N/m ² ≈ 0,1 MPa
1 kgk/m ²	9,81 ≈ 10 N/m ² ≈ 10 Pa	1 kgk/m ²	9,81 ≈ 10 N/m ² ≈ 10 Pa
1 tk/m ²	≈ 10000 Pa	1 tk/m ²	≈ 10000 Pa

Karrali yoki ulushli birliklar

Qoshimcha	Giga	Mega	Kilo	Gekto	Deka	Detsi	Centi	Milli	Mikro	Nano
Belgilash	G	M	k	g	Da	d	s	m	mk	n
Ko'paytuvchi	10^9	10^6	10^3	10^2	10	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}

Mexanik qiymatlarning xalqaro o'lchov birliklar sistemasidagi (SI) o'lchov birliklari

Qiymatlar		O'lchov birliklari (SI)		
Nomi	Belgilash	Nomi	Belgilash	Birliklar nisbati
Kuch	F, Q, N	Nyuton	N	$10 \text{ N} = 1 \text{ kg kuch}$
Kuchlanish	σ, τ	Paskal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
Elastiklik moduli	E, G	Paskal	Pa	$1 \text{ MPa} = 10 \text{ kg kuch/sm}^2$
Kuch momenti	M	Nyuton-metr	N·m	$1 \text{ N·m} = 0,1 \text{ kg kuch·m}$
Tarqalgan kuch	q	Nyuton taqsim metr	N/m	$1 \text{ N/m} = 0,1 \text{ kg·kuch/m}$

I BOB. FAN HAQIDA UMUMIY MULOHAZALAR

1.1 Fanning mohiyati, o'rnini va vazifasi

Ma'lumki, ishlab chiqarishda yaratilayotgan mashina, inshoot va konstruksiyalarga kam materiallar sarflanishi, ular nisbatan arzon, mumkin qadar yengil, mustahkam, qulay va uzoq vaqt xavf-xatarsiz ishlashi lozim.

Materiallar qarshiligi fani mashina, inshoot va konstruksiya qismlari yoki ularning elementlarini mustahkamlik, bikrlilik, ustuvorlikka hisoblash usullarini o'rgatadigan fandır.

“Materiallar qarshiligi” fanining asosiy masalasi yuqori ishonchlilik va tejamkorlik talablariga javob beradigan muhandislik konstruksiyalari va uning qismlarini mustahkamlik, bikrlilik va ustuvorlikka hisoblash usullarini takomillashtirish hisoblanadi.

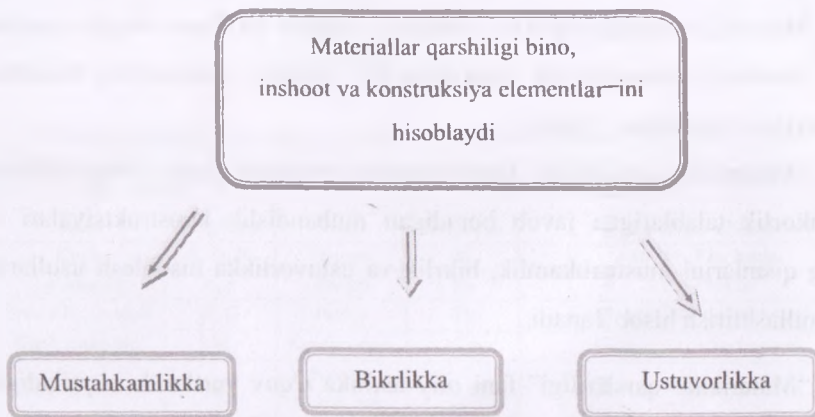
“Materiallar qarshiligi” fani oliy texnika o'quv yurtlarida o'qitiladigan fundamental fanlar (fizika, oliy matematika, nazariy mexanika va h.k.z.) masalalari bilan umummuhandislik, umumkasbiy fanlarga oid masalalarni bir-biriga bog'lovchi ko'priklar vazifasini o'taydi.

Mustahkamlik - inshoot va konstruksiya elementlarining tashqi kuch ta'siridan o'zining dastlabki geometrik shaklini saqlagan holda qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga aytiladi.

Bikrlilik - inshoot, bino, konstruksiyalar va ularning qismlarini deformatsiyalanashga qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga aytiladi.

Ustuvorlik - inshoot va konstruksiya elementlarining o'zining dastlabki muvozanat holatini saqlab qolish qobiliyatiga aytiladi.

Mustahkam, bikr, ustuvor qilib loyihalashtirilgan inshoot, konstruksiyu yoki ularning elementlari chidamli, arzon, yengil va uzoq vaqt, xavf-xatarsiz ishlaydi (1.1-shakl).



1.1.1-shakl

1.2 Fanda qabul qilinadigan gipotezalar (farazlar)

Inshoot va konstruksiya elementlarini mustahkamlikka, bikrlikka va ustuvorlikka hisoblashni osonlashtirish maqsadida materiallar qarshiligi fanida ba'zan gipotezalarga (cheklanishlarga) yo'l qo'yiladi. Buning natijasida hisoblanishda foydalanadigan formula lami keltirib chiqarish osonlashadi.

1-gipoteza. Jism materiali bir jinsli yaxlit (g'ovaksiz) deb qabul qilinadi, ya'ni uning xossasi elementning shakli o'lchamlariga bog'liq emas deb qaraladi.

2-gipoteza. Jism bir jinsli, izotrop deb qabul qilinadi, ya'ni uning xossasi barcha yo'nalishlarda bir xil deb qabul qilinadi. Bu cheklanish anizotrop materiallar uchun kamroq qo'llaniladi.

3-gipoteza. Kuchlar ta'siring mustaqillik prinsipi. Bu pirinsipda kuchlarni sterjenlarga ketma-ket qo'yish yoki birdan to'liq qo'yishdan hosil bo'ladigan ta'sirlar natijasi teng deb faraz qilinadi.

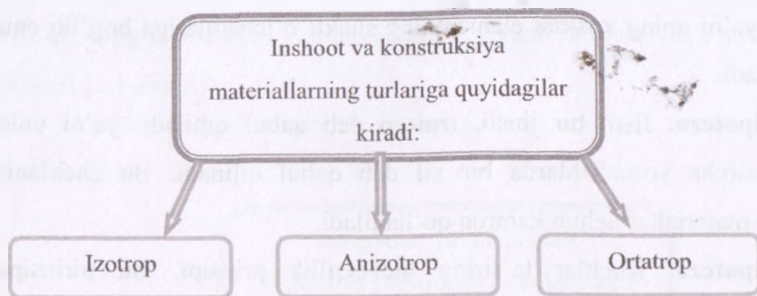
4-gipoteza. Konstruksiya elementlarida yuklanishdan oldin kuchlang'ich zo'riqish kuchlari yo'q deb faraz qilinadi.

5-gipoteza. Sen-Venan prinsipi. Jismlarga qo'yilgan kuchning ta'sir nuqtasidan yeturilcha uzoqda joylashgan kesimlarda hosil bo'ladigan ichki zo'riqish kuchlari xarakteri tashqi kuch xarakteriga bog'liq emas deb qaraladi.

6-gipoteza. Tekis kesim gepotezasi (Bernulli gipotezasi). Sterjenning deformatsiyalanganacha bo'lgan tekis va tik kesimlari deformatsiyalanganidan keyin ham tekis va tikligicha qoladi deb faraz qilinadi.

7-gipoteza. Tashqi kuchlar ta'sirida sterjenlardagi ko'chish va deformatsiyalar uning o'lchmlariga nisbatan juda ham kichik deb hisoblanadi.

Izotrop materiallar deb fizik, mexanik xossalari barcha yo'nalishlarda bir xil bo'lgan materiallarga aytiladi (masalan: po'lat, alyuminiy, mis, beton va boshqa materiallar).



1.2.1-shakl

Anizotrop materiallari deb fizik, mexanik xossalari turli yoʻnalishlarda har xil boʻlgan materiallarga aytiladi (masalan: yogʻoch, faner, plastmassa va boshqalar).

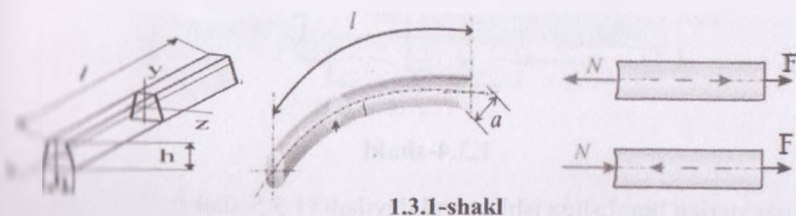
Ortatrop materiallar deb maʼlum yoʻnalishlarda bir xil fizik xossalarga ega materiallarga aytiladi (masalan: prokat poʻlat va sovuqlayin sovutilgan boshqa materiallar) (1.2.1-shakl).

1.3 Konstruksiya elementlari. Deformatsiya turlari. Hisoblash sxemasi.

Mashina, konstruksiya va inshootlarni yaratishda yoki loyihalashda, ishlatilish joyiga qarab, ular elementlarining har xil turi qoʻllaniladi.

Inshoot va konstruksiya turlari xilma-xil boʻlib, ancha murakkab tuzuladi. Ularning elementlari esa oddiy koʻrinishga keltiriladi. Materiallar qarshiligi fanida konstruksiya elementlari oʻlchamlariga qarab uchga boʻlinadi.

1. Bitta o'lchami qolgan o'lchamlaridan bir necha bor katta bo'lgan konstruksiya elementlari brus deb ataladi. (to'sin, sterjen, ustun, val, xori, hayvon va boshqalar). To'g'ri va egri bruslar bo'ladi (1.3.1-shakl).



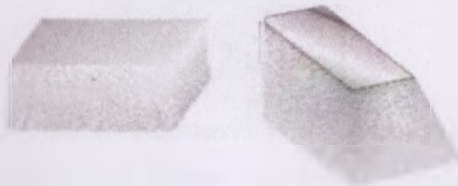
1.3.1-shakl

2. Ikki o'lchami bir o'lchamidan bir necha marotaba katta elementlarga pilla, plastinka yoki qobiqlar deb ataladi (1.3.2-shakl).



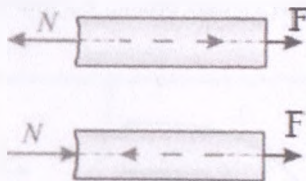
1.3.2-shakl

3. Uch o'lchami taxminan teng konstruksiyalarga blok yoki massivlar deyiladi (g'ishtlar, ustunlar, fundamentlar, to'g'onlar) (1.3.3-shakl).



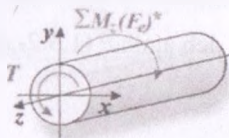
1.3.3-shakl

Agar sterjen cho'zilish yoki siqilishga ishlasa **sterjen** deyiladi (1.3.4-shakl).



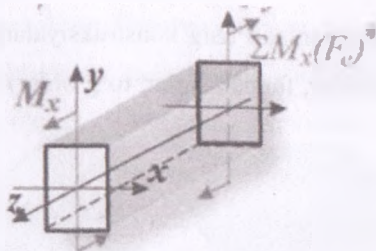
1.3.4-shakl

Agar sterjen buralishga ishlasa **val** deyiladi (1.3.5-shakl).



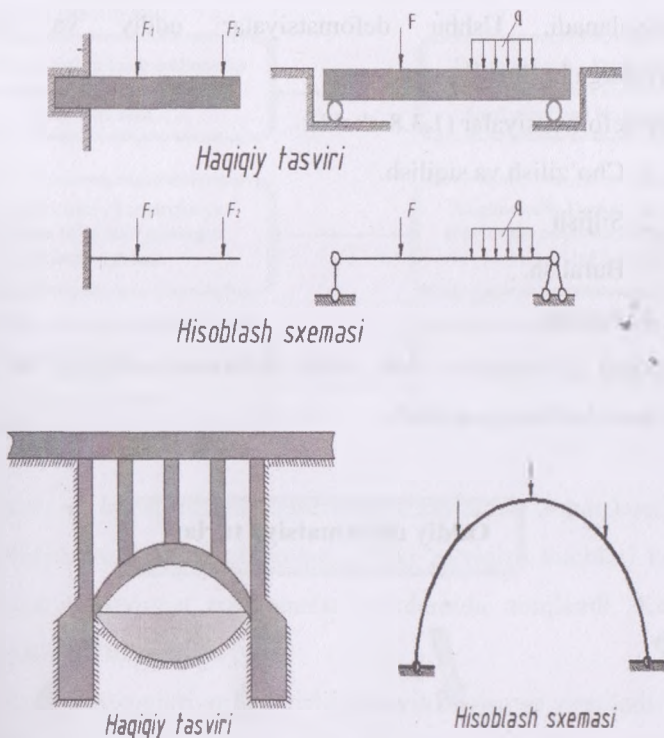
1.3.5-shakl

Agar sterjen egilishga ishlasa **to'sin yoki balka** deyiladi (1.3.6-shakl).



1.3.6-shakl

Inshoot va konstruksiyalarni hisoblash uchun ularning hisoblash sxemasi qo'llaniladi. Inshootlarni **hisoblash sxemasi** deb uning haqiqiy holatini yetarlicha soddalashtirilgan tasviriga aytiladi (1.3.7-shakl).



1.3.7-shakl

Inshootning hisoblash sxemasini tanlash murakkab va muhim ahamiyatga ega. Qaralayotgan inshoot murakkab ko'rinishga ega bo'lsa, uning hisoblash sxemasida faqat yuk ko'taruvchi qismlarigina o'z aksini

topadi. Yuk ko'tarmayotgan yoki asosiy bo'lmagan qismlari esa tashlab yuboriladi.

Tashqi kuch ta'sirida inshoot va konstruksiya qismlari deforamatsiyalanadi. Ushbu defomatsiyalar oddiy va murakkab defomatsiyalarga bo'linadi.

Oddiy defomatsiyalar (1.3.8-shakl):

1. Cho'zilish va siqilish.
2. Siljish
3. Buralish.
4. Egilish

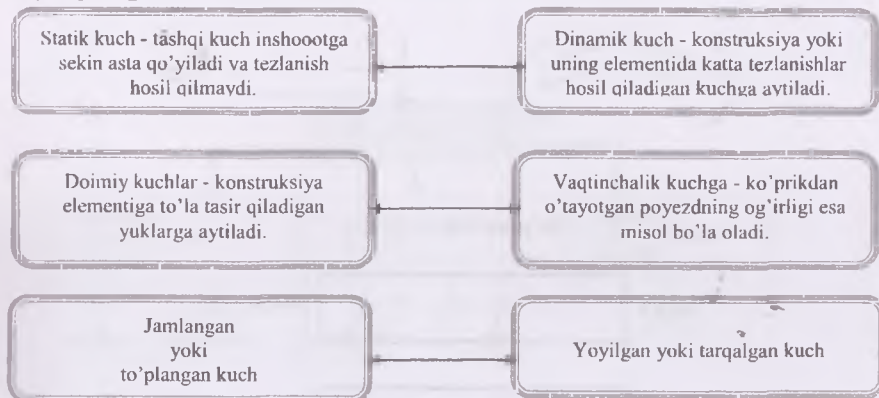
Murakkab defomatsiya deb, oddiy defomatsiyalarning bir nechtasi birgalikda hosil bo'lishiga aytiladi.



1.3.8-shakl

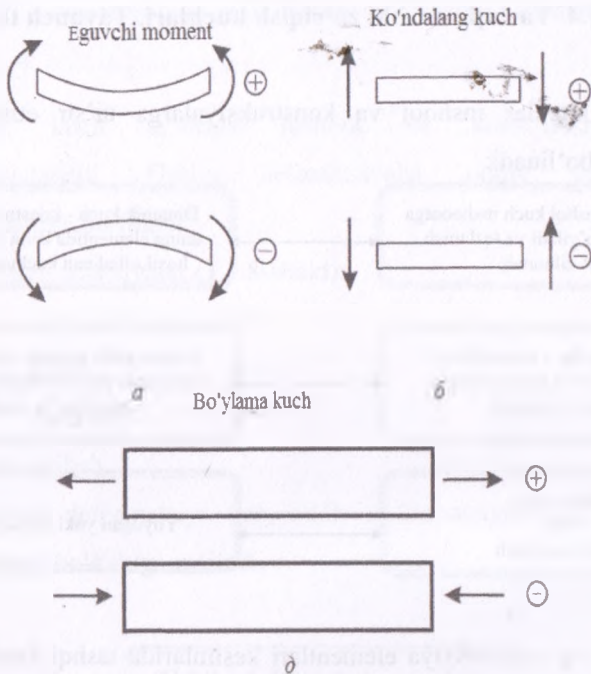
1.4 Tashqi va ishki zo'riqish kuchlari. Tayanch turlari

Tashqi kuchlar inshoot va konstruksiyalarga ta'sir etishiga qarab quyidagilarga bo'linadi:



Inshoot va konstruksiya elementlari kesimlarida tashqi kuch ta'siridan ichki zo'riqish kuchlari hosil bo'ladi. Ichki zo'riqish kuchlari kesish usuli orqali statik muvozanat tenglamalari yordamida aniqlandi. Kesish usuli quyidagi tartibda bajariladi:

1. Xayolan jism ixtiyoriy tekislik bilan ikki qismga ajratiladi.
2. Jismning bir qismi olib tashlanadi.
3. Tashlab yuborilgan qismning qolgan qismga ta'sirini teng ta'sir etuvchi kuch bilan almashtiriladi.
4. Statikaning muvozanat tenglamalaridan kesimdagi ichki kuchlar aniqlanadi.



1.4.1-shakl.

Tashqi kuchlar ta'siridan jism muvozanat holatda bo'lsa, statik muvozanat tenglamasi umumiy holda qo'yidagicha ifodalanadi:

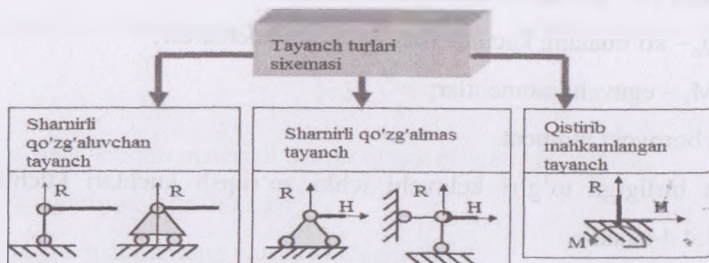
$$\begin{aligned}
 \Sigma X_i = \Sigma F_{ix} = 0 \quad \Sigma M_{xi} = \Sigma M_x (F_i) = 0 \\
 \Sigma Y_i = \Sigma F_{iy} = 0 \quad \Sigma M_{yi} = \Sigma M_y (F_i) = 0 \\
 \Sigma Z_i = \Sigma F_{iz} = 0 \quad \Sigma M_{zi} = \Sigma M_z (F_i) = 0
 \end{aligned}
 \tag{1.1}$$

Agar brusdan ajratilgan qism bitta tekislikda yotuvchi kuchlar ta'sirida bo'lsa, u holda yuqoridagi muvozanat sharti quyidagicha yoziladi:

$$\Sigma X_i = 0, \Sigma Y_i = 0, \Sigma M_{xi} = 0
 \tag{1.2}$$

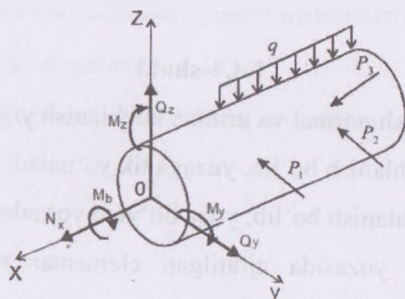
Ichki zo'riqish kuchlari ishoralarini qabul qilish quyidagicha tavsiya qilinadi (1.4.1-shakl).

Inshoot va konustruksiyalarga tashqi kuch ta'sir qilganda ularning tayanchlarida reaksiya (qarshilik) kuchlari hosil bo'ladi (1.4.2-shakl).



1.4.2-shakl

Ichki zo'riqish kuchlari - jism elementar zarrachalarining o'zaro ta'sir kuchlariga aytiladi. Ichki kuchlar kesish usuli orqali aniqlanadi (1.4.3-shakl).



1.4.3-shakl

bu holda:

Q_x, Q_y, N_x – bosh vektorlar;

M_b, M_y, M_z – bosh momentlar.

Jism kesimida 6 ta ichki zo'riqish kuchlari bo'ladi. $Q_x, Q_y, N_x, M_b, M_y, M_z$ – ichki zo'riqish kuchlari.

Bu erda, N_x – normal yoki bo'ylama kuch;

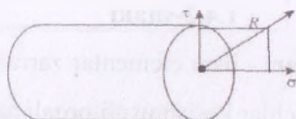
Q_y, Q_z – ko'ndalang kuchlar yoki kesuvchi kuchlardir;

M_y, M_z – eguvchi momentlar;

M_b – burovchi moment.

Yuza birligiga to'g'ri keluvchi ichki zo'riqish kuchlari kuchlanish deyiladi (1.4.4-shakl).

$$R = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} \quad (1.3)$$



1.4.4-shakl

To'liq kuchlanish normal va urinma kuchlanish yig'indisiga teng.

σ – normal kuchlanish bo'lib, yuzaga tik yo'naladi.

τ – urinma kuchlanish bo'lib, yuza bo'ylab yo'naladi.

Sterjen kesim yuzasida ajratilgan elementar yuzacha (ΔA) nolga intilganda kesimning shu nuqtadagi kuchlanishi haqiqiy kuchlanish deb ataladi:

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta R}{\Delta A} \quad (1.4)$$

Konstruksiyaning yemirilmay, uzoq vaqt xavfsiz ishlashini ta'minlaydigan eng katta kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanish deb ataladi.

Ruxsat etilgan kuchlanish xavfli (chekli) kuchlanishdan bir necha marta kichik bo'lishi kerak, ya'ni uning qiymati xavfli kuchlanishning tanlangan ehtiyotlik koeffitsientiga bo'linganligiga teng va qo'yidagicha aniqlanadi.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{chek}}{k} \quad (1.5)$$

bunda, $[\sigma]$ – sterjen materiali uchun ruxsat etilgan kuchlanish;

k – ehtiyotlik koeffitsienti;

σ_{chik} – materialning chekli kuchlanishi.

Mo'rt materiallar uchun ruxsat etilgan kuchlanishni aniqlash qo'yidagicha ifodalanadi:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{ok}}{k} \quad \text{yoki} \quad [\sigma] = \frac{\sigma_s}{k} \quad (1.6)$$

bunda, σ_{ok} – mustahkamlik chegarasi (plastik materiallar uchun);

σ_s – vaqtinchalik chegarasi.

Masalan: po'lat uchun $[\sigma]=160$ MPa, mis uchun $[\sigma]=100$ MPa, yog'och uchun $[\sigma]=8$ MPa.

NAZORAT UCHUN TEST SAVOLLARI

1. Jismning ko'ndalang kesimlarida umumiy holda nechta ichki kuch komponentalari hosil bo'ladi?

oltita

bitta

ikkita

to'rtta

2. Kuchlanish bu -

kesim yuzasi birligiga to'g'ri kelgan ichki kuchdir

kesim yuzasi birligiga to'g'ri kelgan tarqalgan kuchdir

kesim yuzasi birligiga to'g'ri kelgan deformatsiya

kesim yuzasiga ta'sir qiluvchi ichki kuchdir

3. Kuchlanish qanday o'lchov birlik bilan o'lchanadi?

N/mm^2

N

mm

N·m

4. Kuchlanishlar orasida o'zaro qanday bog'lanish bor?

$$R = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$$

$$R = \sqrt{\sigma^2 - \tau^2}$$

$$R = \sigma^2 + \tau^2$$

$$R = \sigma + \tau$$

5. Materiallar qarshiligi faniga birinchi kimlar asos solganlar?

R.Guk, Puasson, Galiley

Beruniy, Kopernik, Ibn Sino

Vershagen, Ibn Sino, Guk

O'rozboev, Beruniy, Kopernik

6. *Materiallar qarshiligi hisoblarida asosan nechta turdagi tuyanchlardan foydalaniladi?*

uchta

ikkita

bitta

to'rtta

7. *Materiallar qarshiligida nima uchun tajribalar o'tkaziladi?*

materiallarni mexanik xarakteristikalarini aniqlash uchun

materiallarni deformatsiyalarini o'lchash va analiz qilish uchun

materiallarni yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash uchun

materiallarning kuchlanganlik hamda deformatsiyalangan hollatini

o'rganish, nazariy formulalarning aniqlik darajasini tekshirish

8. *Materialning mustahkamlik chegarasi deb nimaga aytiladi?*

materialning mustahkamligini ta'min etadigan kuchlanishga

material qarshilik ko'rsata oladigan eng katta kuchlanishga

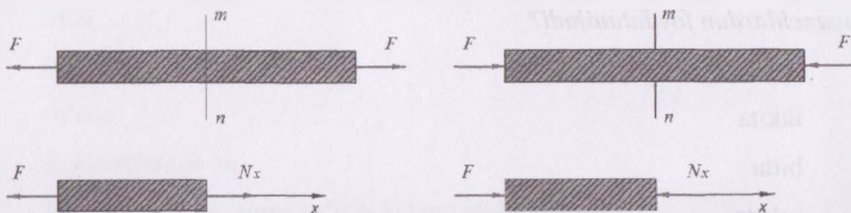
uzilish vaqtidagi shartli kuchlanishga

clastik deformatsiyaga mos kelgan shartli kuchlanishga

II BOB. CHO'ZILISH VA SIQILISH

2.1. Cho'zilish va siqilishda umumiy tushunchalar

Cho'zilish va siqilishda to'g'ri bruslarning ko'ndalang kesimida faqat bo'ylama kuch N hosil bo'ladi.



2.2.1-shakl

Agar tashqi kuch ta'siridan sterjenlar cho'zilsa musbat ishorada, siqilsa manfiy ishorada olinadi.

Bo'ylama kuch ko'ndalang kesimda hosil bo'ladigan normal kuchlarning teng ta'sir etuvchisiga aytiladi va N_x harfi bilan belgilanib quyidagicha ifodalanadi.

$$N_x = \int_A \sigma dA \quad (2.1.1)$$

bu yerda, N_x - normal yoki bo'ylama kuch, A – ko'ndalang kesim yuzasi.

Umumiy holda bo'ylama kuchning qiymatlari quyidagi formula yodamida aniqlanadi:

$$N_x = \sum F + \sum \int_A q_x dx \quad (2.1.2)$$

Markaziy cho'zilish va siqilishda sterjenlarining ko'ndalang kesimida faqat normal kuchlar hosil bo'ladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$\sigma_x = \frac{N_x}{A} \quad (2.1.3)$$

Cho'zilgan yoki siqilgan sterjenlarning mustahkamlik sharti quyidagicha bo'ladi:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma] \quad (2.1.4)$$

bunda, σ_{\max} - sterjenning ko'ndalang kesimidagi eng katta normal kuchlanish;

N_{\max} - sterjen ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan eng katta bo'ylama kuch;

$[\sigma]$ - ruxsat etilgan normal kuchlanish.

Ushbu mustahkamlik shartidan quyidagi 3 ta masala hal qilinadi.

1. Sterjenlar mustahkamligini tekshirish:

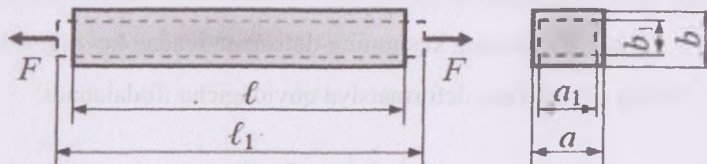
$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] \quad (2.1.5)$$

2. Xavfli ko'ndalang kesim o'lchamlarini tanlash:

$$A \geq \frac{N_{\max}}{[\sigma]} \quad (2.1.6)$$

3. Sterjen yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash:

$$N_{\max} \leq A[\sigma] \quad (2.1.7)$$

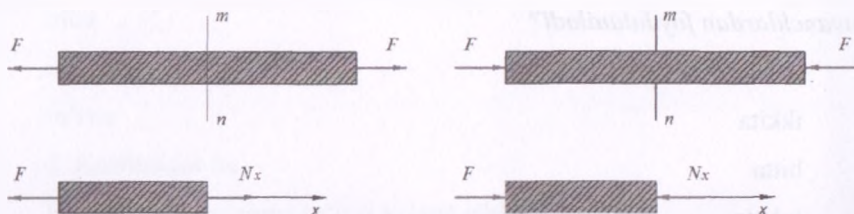


2.2.2-shakl

II BOB. CHO'ZILISH VA SIQILISH

2.1. Cho'zilish va siqilishda umumiy tushunchalar

Cho'zilish va siqilishda to'g'ri bruslarning ko'ndalang kesimida faqat bo'ylama kuch N hosil bo'ladi.



2.2.1-shakl

Agar tashqi kuch ta'siridan sterjenlar cho'zilsa musbat ishorada, siqilsa manfiy ishorada olinadi.

Bo'ylama kuch ko'ndalang kesimda hosil bo'ladigan normal kuchlarning teng ta'sir etuvchisiga aytiladi va N_x harfi bilan belgilanib quyidagicha ifodalanadi.

$$N_x = \int_A \sigma dA \quad (2.1.1)$$

bu yerda, N_x -normal yoki bo'ylama kuch, A – ko'ndalang kesim yuzasi.

Umumiy holda bo'ylama kuchning qiymatlari quyidagi formula yodamida aniqlanadi:

$$N_x = \sum F + \sum \int q_x dx \quad (2.1.2)$$

Markaziy cho'zilish va siqilishda sterjenlarining ko'ndalang kesimida faqat normal kuchlar hosil bo'ladi va quyidagicha aniqlanadi:

Sterjen uzunlik bo'yicha cho'zilganda absolyut cho'zilish quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta L = L_1 - L, \quad (2.1.8)$$

ΔL - absolyut cho'zilish;

L - sterjenning dastlabki uzunligi;

L_1 - sterjenning cho'zilgandan keyingi uzunlik.

Nisbiy bo'yлама deformatsiya quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon_b = \frac{\Delta l}{l}, \quad (2.1.9)$$

Cho'zilish va siqilishda sterjenning absolyut cho'zilishi (siqilishi) tashqi kuch va uzunligiga to'g'ri proporsional, bikrligiga teskari proporsional.

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA}, \quad (2.1.10)$$

bu formula Guk qonuni deyiladi.

Sterjen cho'zilganda uning ko'ndalang kesimi o'lchami kamayadi:

$$\Delta a = |a_1 - a|, \quad (2.1.11)$$

bunda, Δa - nisbiy qisqarish;

a - ko'ndalang kesimning oldingi o'lchami;

a_1 - ko'ndalang kesimning deformatsiyadan keyingi o'lchami.

Nisbiy ko'ndalang deformatsiya quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon_k = \frac{\Delta a}{a} \quad (2.1.12)$$

$$\sigma_x = \frac{N_x}{A} \quad (2.1.3)$$

Cho'zilgan yoki siqilgan sterjenlarning mustahkamlik sharti quyidagicha bo'ladi:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma] \quad (2.1.4)$$

bunda, σ_{\max} - sterjenning ko'ndalang kesimidagi eng katta normal kuchlanish;

N_{\max} - sterjen ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan eng katta bo'ylama kuch;

$[\sigma]$ - ruxsat etilgan normal kuchlanish.

Ushbu mustahkamlik shartidan quyidagi 3 ta masala hal qilinadi.

1. Sterjenlar mustahkamligini tekshirish:

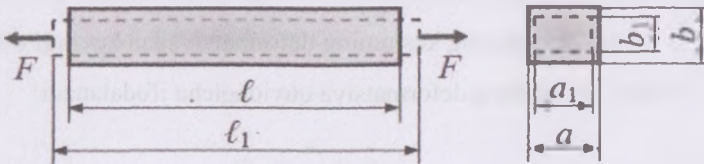
$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] \quad (2.1.5)$$

2. Xavfli ko'ndalang kesim o'lchamlarini tanlash:

$$A \geq \frac{N_{\max}}{[\sigma]} \quad (2.1.6)$$

3. Sterjen yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash:

$$N_{\max} \leq A[\sigma] \quad (2.1.7)$$



2.2.2-shakl

Cho'zilish va siqilishda sterjenning kesimida hosil bo'ladigan normal kuchlanishning nisbiy cho'zilishga to'g'ri proporsionaldir:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (2.1.13)$$

bu formula Guk qonuni deyiladi.

Puasson koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu = \frac{\varepsilon_{\perp}}{\varepsilon_{\parallel}} \quad (2.1.14)$$

Hajmning nisbiy o'zgarishi quyidagi formuladan topiladi:

$$\theta = \frac{\Delta V}{V} = \varepsilon(1 - 2\mu) \quad (2.1.15)$$

Cho'zilgan yoki siqilgan sterjenlarda to'plangan potentsial energiya quyidagi umumiy formuladan topiladi:

$$U = \sum \int \frac{N^2 dx}{2EA} \quad (2.1.16)$$

Agar sterjenning materiali elastiklik chegarasida bo'lsa, cho'zilgan yoki siqilgan sterjen uchun potentsial energiya tahqi kuchning bajargan ishiga teng bo'ladi.

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} F_i \Delta l_i \quad (2.1.17)$$

Sterjenning xususiy og'irligini hisobga olgan holda, bo'ylama kuch va normal kuchlanish quyidagicha bo'ladi:

$$N_x = F + \gamma A \cdot x \quad (2.1.18)$$

$$\sigma_x = \frac{F}{A} + \gamma x \quad (2.1.19)$$

Teng qarshilikli, ya'ni har qanday ko'ndalang kesimda normal kuchlanish bir xil bo'lgan sterjen uchun ko'ndalang kesim yuzini quyidagi formula bilan tanlanadi:

$$A_x = \frac{F}{[\sigma]} e^{[\sigma]x} \text{ yoki } A_x = A_0 e^{[\sigma]x}; \quad (2.1.20)$$

bu yerda, e -natural logarifmning asosi, $A_0 = \frac{F}{[\sigma]}$

Teng qarshilikli sterjenning absolyut deformatsiyasi quyidagicha topiladi:

$$\Delta l = \frac{[\sigma] \cdot l}{E}, \quad (2.1.21)$$

Pog'onali sterjenning n - pog'onasining ko'ndalang kesim yuzi quyidagi formuladan topiladi:

$$A_n = \frac{F[\sigma]^{n-1}}{([\alpha] - \mathcal{H})([\sigma] - \mathcal{H}_2) \dots ([\sigma] - \mathcal{H}_n)}, \quad (2.1.22)$$

Absolyut deformatsiyasi

$$\Delta l = \frac{[\sigma]}{E} \sum l_n \left(1 - \frac{\mathcal{H}_n}{2[\sigma]}\right), \quad (2.1.23)$$

Sterjenlarda hosil bo'ladigan zo'riqish yoki noma'lum reaksiya kuchlarining soni statistikaning muvozanat tenglamalari sonidan ortiq bo'lgan sistemalarga statik aniqmas sistemalar deyiladi.

Bunday sistemalarni yechish uchun statikaning muvozanat tenglamalaridan tashqari deformatsiya tenglamalari deb ataluvchi qo'shimcha tenglamalar tuziladi. Bu qo'shimcha tenglamalar soni «ortiqcha» noma'lumlar soniga teng bo'ladi va u masalaning statik aniqmaslik darajasini

belgilaydi, masalan, «ortiqcha» noma'lumlar soni ikkita bo'lsa, masala ikki marta statik aniqlas deyiladi va h.k. Statik aniqlas masalalarni yechish tartibini keyinroq misollar yechishda ko'rib chiqamiz.

Sterjen temperaturasining o'zgarishida absolyut cho'zilish quyidagicha topiladi:

$$\Delta l = l \alpha \Delta t \quad (2.1.24)$$

bu yerda, α - chiziqli kengayish koeffitsienti deyiladi;

l - sterjen uzunligi; Δt - temperaturaning o'zgarishi.

Temperaturaning o'zgarishidan hosil bo'lgan kuchlanish quyidagi formuladan topiladi:

$$\sigma = \frac{F}{A} = E \alpha \Delta t, \quad (2.1.25)$$

2.2. Cho'zilish va siqilishda statik aniq masalalarni yechishga doir namunalar

Masalalar yechish bo'yicha uslubiy tavsiyalar:

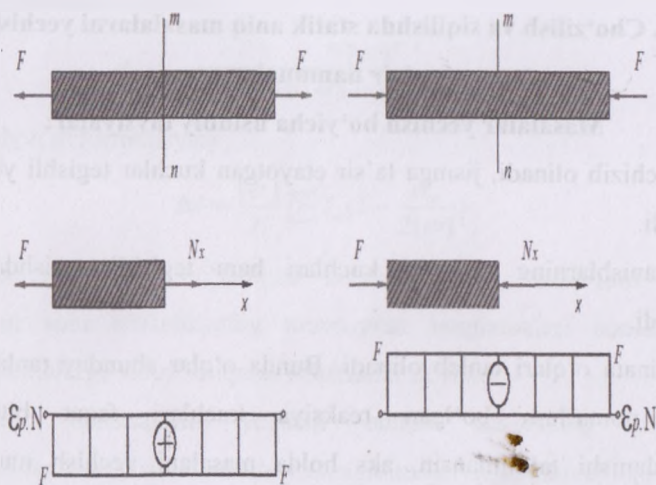
1. Shakl chizib olinadi, jismga ta'sir etayotgan kuchlar tegishli yo'nalishda ko'rsatiadi.
2. Bog'lanishlarning reaksiya kuchlari ham tegishli ravishda shaklda ko'rsatiladi.
3. Koordinata o'qlari tanlab olinadi. Bunda o'qlar shunday tanlab olinishi kerakki, noma'lum bo'lgan reaksiya kuchlari faqat bitta o'qqa proektsiyalanishi ta'minlansin, aks holda masalani yechish murakkabroq bo'lishi mumkin.

4. Bog'lanishlar tashlab yuborilib reaksiya kuchlari ko'rsatiladi va statikaning muvozanat tenglamalari tuziladi.

5. Tuzilgan tenglamalardan foydalanib noma'lum reaksiya kuchlariga nisbatan yechib noma'lum kuchlar aniqlanadi.

2.2.1-masala. Ko'rsatilgan sterjenlar ko'ndalang kesimida bo'ylama kuch N_x ning qiymatlari topilsin (2.2.3-shakl).

Yechish: Sterjenning ixtiyoriy nuqtasidan ko'ndalang kesim o'tkazib bir tomonini (chap qismini) tashlab yuboramiz va ko'ndalang kesimda noma'lum bo'ylama kuch N_x yo'nalishini qo'yamiz. Yuqoridagi statik muvozanat tenglamalaridan foydalanib qiymatini aniqlaymiz.



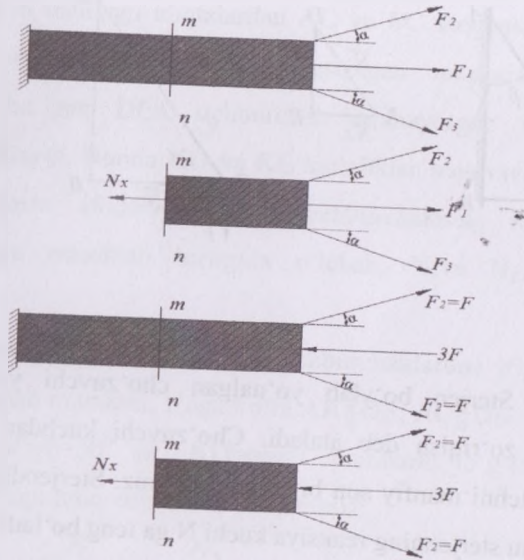
2.2.3-shakl

$$\sum X = 0. -F + N_x = 0.$$

$$N_x = F$$

$$\sum X = F - N_x = 0$$

$$N_x = F$$



2.2.4-shakl

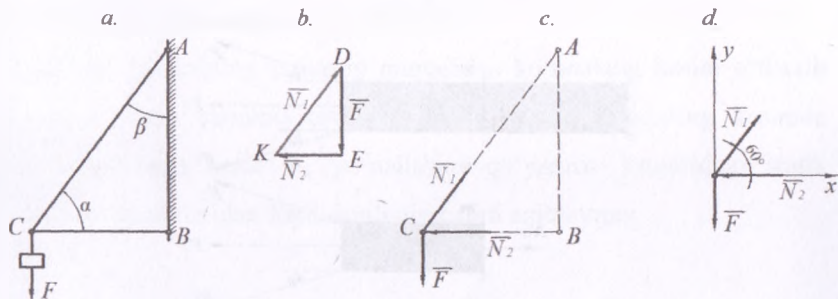
$$\sum X = -N_x + F_1 + 2F_2 \cos \alpha = 0$$

$$N_x = F_1 + 2F_2 \cos \alpha$$

$$\sum X = -N_x - 3F + 2F \cos \alpha = 0$$

$$N_x = 3F - 2F \cos \alpha$$

2.2.2-masala. AC va BC sterjenlar o'zaro va vertikal devor bilan sharnirlar vositasida birlashtirilgan. C sharnirga og'irligi $F=1000$ N bo'lgan yuk osilgan. Agar sterjenlar orasidagi burchak $\alpha = 60^\circ$ va AC sterjen bilan devor orasidagi burchak $\beta = 30^\circ$ bo'lsa, sterjenlarning og'irligini hisobga olmay ularda hosila bo'ladigan zo'riqishlar aniqlansin (2.2.5.a-shakl).



2.2.5-shakl

Izoh. Sterjen bo'ylab yo'nalgan cho'zuvchi yoki siquvchi kuch sterjendagi zo'riqish deb ataladi. Cho'zuvchi kuchdan farq qilish uchun siquvchi kuchni manfiy son bilan ifodalaymiz. Sterjendagi zo'riqish miqdor jihatidan shu sterjenning reaksiya kuchi N ga teng bo'ladi.

Yechish: C sharnirni moddiy nuqta deb qarab uning muvozanatini tekshiramiz. C nuqtada $F=1000$ N bo'lgan vertikal pastga yo'nalgan og'irlik kuchi qo'yilgan. AC va BC sterjenlarning reaksiya kuchlari shu sterjenlar bo'ylab yo'nalgan bo'lib, ularni mos ravishda N_1 va N_2 bilan belgilaymiz. Natijada F, N_1, N_2 kuchlar C nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasini tashkil etadi. Reaksiya kuchini aniqlash uchun kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatining geometrik shartidan foydalanamiz. Unga ko'ra (F, N_1, N_2)

izlanuvchi kuchlar sistemasi ta'siridagi C nuqta muvozanatda bo'lishi uchun ularning geometrik yig'indaisi 0 ga teng bo'lishi kerak.

$$F+N_1+N_2=0$$

Yani, F, N₁, N₂ kuchlarga qurilgan kuch uchburchagi yopiq bo'lishi kerak. Kuch uchburchagini chizish uchun biror masshtabda ixtiyoriy D nuqtada kuchni o'ziga parallel ravishda o'tkazamiz (2.2.5.b-shakl). F kuchning boshi D va uchidagi nuqtalardan AC va BC sterjenlarga parallel chiziqlar o'tkazamiz. Bu chiziqlarning kesishgan nuqtasini K bilan belgilasak, hosil bo'lgan DEK uchburchak izlanayotgan yopiq kuch uchburchagini ifodalaydi. Bunda KD va KE kattaliklar mos ravishda N₁ va N₂ reaksiya kuchlarini ifodalaydi. DEK uchburchakning KD va KE tomonlarini berilgan masshtab birligida o'lchab, N₁ va N₂ kuchlarini aniqlaymiz.

N₁ va N₂ larning qiymatlarini DEK uchburchaklardan trigonometrik yo'l bilan ham aniqlash mumkin. Unga ko'ra AB || DE, AC || DK va BC || EK bo'lgani uchun, KDE=β=30° va EKD=α=60° binobarin to'g'ri burchakli uchburchakdan quyidagi munosabatlarni chiqaramiz:

$$\frac{N_1}{\sin 90^\circ} = \frac{N_2}{\sin 90^\circ} = \frac{F}{\sin 60^\circ}$$

$$N_1 = \frac{F}{\sin 60^\circ} = \frac{1000}{\sqrt{3}/2} = 1154 \text{ N}$$

$$N_2 = F \operatorname{ctg} 60^\circ = 1000 \sqrt{3} = 577 \text{ N}$$

N₁ va N₂ lar AC va CB sterjenlarning C sharnerga ta'sir kuchini, yani markaz sterjenlarning reaksiya kuchlarini ifodalaydi. Sterjenlardagi kuchlarni topish uchun sterjenlarning siqilish yoki cho'zilishini

aniqlaymiz. Agar reaksiya kuchi C sharnirdan sterjen bo'ylab yo'nalsa sterjen cho'ziladi, reaksiya kuchi C sharnirga yo'nalsa sterjen siqiladi. Ushbuni nazarda tutib topilgan kuchlarni C sharnirga qo'ysak (2.2.5 c shakl), AC sterjen cho'zilishi va CB sterjen siqilishini ko'ramiz. Shu sababli

$$N_1 = 1164 N, \quad N_2 = 577 N$$

Kesish usuli bilan statik muvozanat tengliklaridan foydalanib ham N_1 va N_2 qiymatlarini aniqlasa bo'ladi. Barcha kuchlarni X va Y o'qlariga proyeksiyalaymiz (2.2.5.d-shakl).

$$\sum X = 0, \quad N_1 \cdot \cos 60^\circ - N_2 = 0$$

$$\sum Y = 0, \quad N_1 \cdot \cos 30^\circ - F = 0$$

(2) tenglamadan:

$$N_1 = \frac{F}{\cos 30^\circ} = \frac{1000 \cdot 2}{\sqrt{3}} = 1154 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_1 \cos 60^\circ = 115 \cdot \frac{1}{2} = 577 \text{ kN}$$

2.2.3-masala. C va B nuqtalari tayanchda va O nuqtada F kuch bilan yuklangan sterjenlar sistemasining ichki bo'ylama kuchlari aniqlansin (2.2.6.a-shakl).

Yechish. Sterjenlarni bo'ylama o'qiga tik tekislik bilan ixtiyoriy kesimdan qirqib ikki qismga ajratamiz va tayanch qismini tashlab yuboramiz.

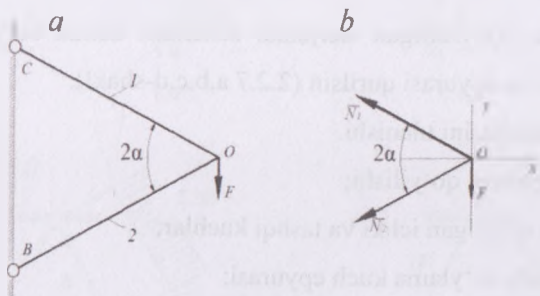
Olib qolingan har bir sterjenga tashlab yuborilgan qism N_1 va N_2 kuchlarni qo'yamiz. Sistemaning muvozanat shartini ta'minlovchi ikkita tenglama tuzamiz (2.2.6 shakl, b).

$$\sum x = -N_1 \cos \alpha - N_2 \cos \alpha = 0$$

$$\sum y = N_1 \sin \alpha - N_2 \sin \alpha - F = 0$$

(1) Tenglamadan $N_1 = -N_2$ tenglikni (2) shartga keltirib qo'ysak

$$N_2 = \frac{F}{2 \sin \alpha}$$



2.2.6-shakl

Bruslarda ichki zo'riqish kuchlarini aniqlash uchun ularni uzunligi bo'yicha oraliqlarga ajratiladi. Oraliqlarga ajratish quyidagicha bo'ladi:

- Kuchlarning ta'sir etuvchi nuqtalari;
- Bruslarning ko'ndalang kesim o'zgarishi chegarasi;
- Brus materialining o'zgarishi chegarasi.

Ushbu bir oraliqda bo'ylama kuch N va normal kuchlanish σ larning qiymati oraliq uzunligi bo'yicha o'zgarmaydi.

Ichki zo'riqish kuchlari yoki ko'chishlarning epyurasi quyidagicha quriladi:

Sterjen o'qiga parallel bo'lgan chiziq o'tkazilib, unga har biri oraliq chegarasida ichki zo'riqish kuchlari qiymatlari tik qilib, masshtab bo'yicha

qiyiladi (masshtab, har bir ichki zo'riqish uchun alohida tanlanadi) va u qiymatlar to'g'ri chiziq bilan tutashtiriladi.

Epyura qiymatlarini to'g'ri chiziqdan yuqorida yoki o'ng tomonda joylashtirsak musbat, pastda yoki chap tomonda joylashgan bo'lsa manfiy deb qabul qilamiz.

2.2.4-masala. Ko'rsatilgan sterjenlar sistemasi uchun bo'ylama kuch qiymatlari topilsin va epyurasi qurilsin (2.2.7 a,b,c,d-shakl).

Sterjenlar sistemasini ulanishi.

- a) Tashqi kuchlarni qo'yilishi;
- b) B nuqtaga qo'yilgan ichki va tashqi kuchlar;
- c) AB sterjenda bo'ylama kuch epyurasi;
- d) BC sterjenda bo'ylama kuch epyurasi.

AB sterjenning I-oraliq'ida ichki bo'ylama kuch

$$N_1 = N_{AB} = 1.73 \cdot F$$

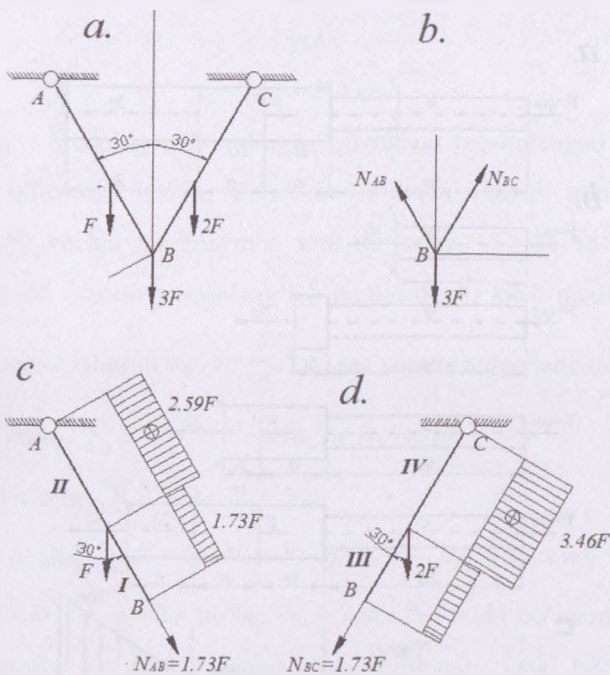
II-oraliqda

$N_2 = N_{AB} + F \cos 30^\circ$ ni tashkil etadi.

III-oraliqda

BC sterjen III oraliqda: $N_3 = N_{BC} = 1.73F$

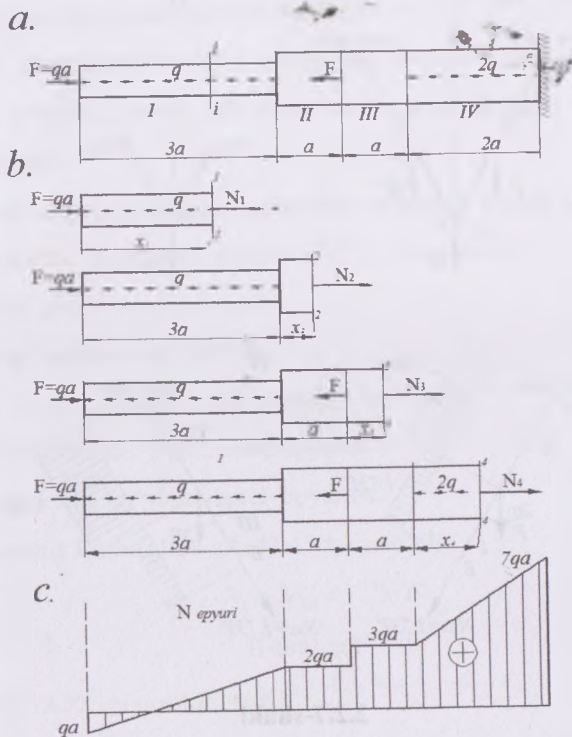
IV-oraliqda: $N_4 = N_3 + 2F \cos 30^\circ$



2.2.7-shakl

2.2.5-masala. To'plangan va teng tarqalgan kuchlar bilan yuklangan brus uchun bo'ylama kuch aniqlansin va epyurasi qurilsin (2.2.5-shakl).

Yechish. Yuklanish oraliqlari 2.2.8- shakl, a-da ko'rsatilgan. I-oraliqning tayanchdan ozod tomonidan x masofada tanlangan I-I-qir'qim bilan ko'rsatilgan ko'ndalang kesimidagi (2.2.8 shakl, b) ichki kuchni aniqlaymiz. Uning uchun brusni olib qolingan qismidagi barcha kuchlarni X - o'qiga proyeksiyalaymiz.



2.2.8- shakl

- a) Pog'onali brusning yuklanish sxemasi;
 b) Pog'onali brusning kesilish tartibi;
 c) Pog'onali brusning ichki bo'ylama kuch epyurasi.

$$\sum X = 0, N_1 + F - qx = 0$$

yoki

$$N_1 = -F + qx$$

bu yerda qx - brusning olib qolingan qismidagi taqsimlangan kuchlarning teng ta'sir qiluvchisi bo'lib, $0 \leq x \leq 3a$ oraligida chiziqli qonuniyat bilan o'zgaradi. N_1 kuchni hisoblaymiz: $x=0$ bo'lsa $N_1 = -F = -qa$ va bo'lsa $x=3a$ $N_1 = 2qa$. Demak brusning boshlang'ich nuqtasida N_1 kuch manfiy va oxirgi nuqtasida musbat ishorali va $x = \frac{F}{q} = a$ ma'nofada nolga teng bo'ladi.

II-II oraliq. $\sum X = N_2 + F - q3a$ va $N_2 = 3qa$

III-III oraliq. $\sum X = 0, N_3 = 3qa$

IV-IV oraliq. $\sum X = 0, N_4 + F - q3a - F - 2qx = 0, x = 0$

bo'lsa $N_4 = 3qa$ va $x = 2a$ bo'lsa $N_4 = 7qa - N_x$ ichki bo'ylama kuch brusning uzunligi bo'ylab o'zgarishining grafikasiga ichki bo'ylama kuch epyurasi deyiladi.

2.2.6-masala. Shaklda ko'rsatilgan sterjen uchun bo'ylama kuch va normal kuchlanish epyuralari qurilsin (2.2.9-shakl).

Yechish: Har bir uchastkadan ixtiyoriy kesim olib bo'ylama kuch va normal kuchlanish uchun quyidagi qiymatlarni topamiz.

DC uchastkada

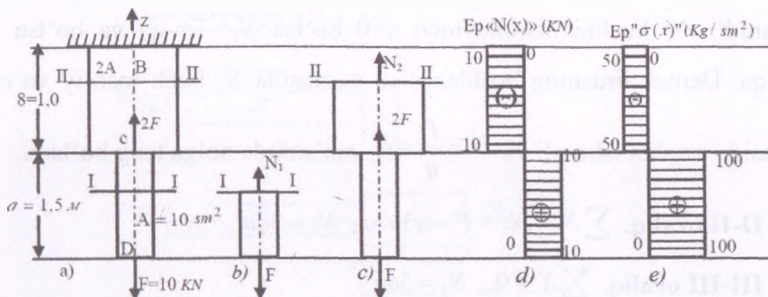
$$\sum z_1 = N_1 - F = 0; N_1 = F = 10 \text{ kN} = \text{const} = 1 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A} = \frac{10 \cdot 10}{10 \cdot 10^{-4}} = 1 \cdot 10^7 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 100 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

CB uchastkada

$$\sum z_2 = N_2 + 2F - F = 0; \quad N_2 = F - 2F = -10 \text{ kN} = \text{const} = -1 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{2A} = \frac{10 \cdot 10^3}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = -0,5 \cdot \frac{10^7 \text{ N}}{\text{m}^2} = 50 \cdot \frac{10^5 \text{ N}}{\text{m}^2}$$



2.2.9-shakl

2.2.7-masala. Sharnirlar vositasida mahkamlangan sterjenlar sistemasining mustahkamligi tekshirilsin (2.2.10-shakl, a). OA sterjen materiali po'lat, kesim yuzasi doiraviy $d=2$ sm, OB sterjen materiali mis, kesim yuzasi kvadrat $a=2$ sm. Sterjenlar vertikal bilan $\alpha_1 = 30^\circ$ va $\alpha_2 = 45^\circ$ burchaklar hosil qiladi. Kuch $F = 5 \cdot 10^4 \text{ N} = 0,05 \text{ MN}$, po'lat uchun ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]_p = 16 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$, mis uchun ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]_M = 1 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$

Yechish. Sterjenlarni kesib, ularni cho'zuvchi yo'nalishda N_1 va N_2 kuch deb qo'yamiz. Keyin qoldirilgan pastki qism muvozanatini tekshiramiz (2.2.10 shakl, b).

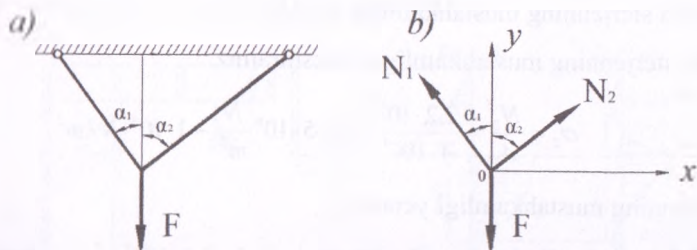
$$\sum X = -N_1 \cos 60^\circ + N_2 \cos 45^\circ = 0$$

$$\sum Y = N_1 \cos 30^\circ + N_2 \cos 45^\circ = 5$$

Tenglamani birga yechamiz N_1 va N_2 qiymatini topamiz:

$$N_1 \approx 3,1 \cdot 10^4 N;$$

$$N_2 \approx 2,2 \cdot 10^4 N$$



2.2.10-shakl

Yechish. Sterjenlarni kesib, ularni cho'zuvchi yo'nalishda N_1 va N_2 kuch deb qo'yamiz. Keyin qoldirilgan pastki qism muvozanatini tekshiramiz (2.2.10 shakl,b).

$$\sum X = -N_1 \cos 60^\circ + N_2 \cos 45^\circ = 0$$

$$\sum Y = N_1 \cos 30^\circ + N_2 \cos 45^\circ = 5$$

Tenglamani birga yechamiz N_1 va N_2 qiymatini topamiz:

$$N_1 \approx 3,1 \cdot 10^4 N;$$

$$N_2 \approx 2,2 \cdot 10^4 N$$

Endi esa kuchlanishlarni aniqlab, sterjenlar mustahkamligini tekshiramiz:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma];$$

Po'lat sterjenning ko'ndalang kesim yuzasi

$$A_1 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$\alpha_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{3,14 \cdot 10^4}{4 \cdot 10^{-4}} = 1 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2} = 10 \cdot 10^7 N/m^2$$

$$10 \cdot 10^7 N/m^2 \leq 1,6 \cdot 10^7 N/m^2$$

Po'lat sterjenning mustahkamligi yetarli:

Mis sterjenning mustahkamligini tekshiramiz

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{2,2 \cdot 10^4}{4 \cdot 10^{-4}} = 0,55 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2} < 1 \cdot 10^8 N/m^2$$

Mis sterjenning mustahkamligi yetarli.

2.2.8 masala. Ko'ndalang kesim yuzasi $A = 0,8 \cdot 10^{-4} m^2$ va uzunligi $l = 1$ m bo'lgan po'lat sterjenning $F = 10000$ N cho'zuvchi kuchdan hosil bo'lgan absolyut uzayishi aniqlansin.

Yechish. Sterjen materiali uchun $E = 2 \cdot 10^3 N/m^2$ ekanligini e'tiborga olib (1.6) ifodadan absolyut uzayishni topamiz:

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA} = \frac{10000 \cdot 1}{2 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 10^4} = 0,625 \cdot 10^{-3} m$$

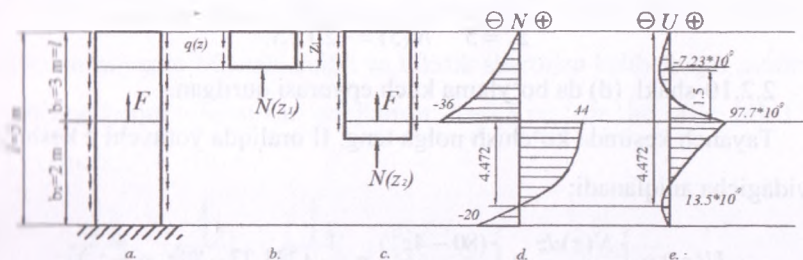
2.2.9-masala. Ko'ndalang kesimi kvadrat shaklidagi po'lat brus tashqi kuch ta'siridan bo'ylama yo'nalishda $\Delta l = 3,2 \cdot 10^{-5} m$ ga uzayib, bo'ylama o'lchami (uzunligi) $l = 30 \cdot 10^{-2} m$ va ko'ndalang o'lchami $h = 1 \cdot 10^{-2} m$ bo'lsa, Puasson koeffitsiyenti nechaga teng?

Yechish. Puasson koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu = \frac{\Delta h}{\Delta l} \cdot \frac{l}{h} = \frac{0,03 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{30 \cdot 10^2}{1 \cdot 10^{-3}} = 0,28$$

2.2.10-masala. Pastki uchi tayanchga qistirib mahkamlangan po'lat sterjenga $F = 80$ kN ga teng to'plangan kuch hamda $q(z) = ql/z$ ($q = 40$ N/m

bo'lib, tayanch kesimga qo'yilgan) qonuniyat bo'yicha o'zgaruvchi tekis tarqalgan yuk ta'sir etmoqda. Sterjenning ko'ndalang kesim yuzasi $A=15 \text{ sm}^2=15 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ ga teng. Bo'ylama kuch va ko'ndalang kesimlar ko'chishining epyuralari qurilsin (2.2.10-shakl, a).



2.2.10-shakl

Yechish. Sterjenni yuqori uchidan boshlab ikkita oraliqqa ajratamiz va kesish usulini tadbir etamiz.

I oraliq: $0 \leq z_1 \leq 3 \text{ m}$

$$N(z_1) = -\int_0^{z_1} \frac{q}{l} z dz = -\frac{qz_1^2}{2l} = -4z_1^2$$

bunda:

$$z_1 = 0, N(0) = 0;$$

$$z_2 = 2, N(2) = -16 \text{ kN};$$

$$z_3 = 3, N(3) = -36 \text{ kN};$$

II oraliq:

$$3 \text{ m} \leq z_2 \leq 5 \text{ m}$$

$$N(z_{12}) = F - \int_0^{z_2} \frac{q}{l} z dz = F - \frac{qz_2^2}{2l}$$

yoki

$$N(z_2) = 80 - 4z_2^2$$

bunda:

$$z_2 = 3, \quad N(3) = 80 - 36 = 44 \text{ kN}$$

$$z_2 = 4,472 \quad N(4,472) = 0;$$

$$z_2 = 5 \quad N(5) = -20 \text{ kN}$$

2.2.10-shakl, (d) da bo'ylama kuch epyurasi qurilgan.

Tayanch kesimda ko'chish nolga teng. II oraliqda yotuvchi z kesimlarni quyidagicha aniqlanadi:

$$U(z_2) = \int_{z_2}^5 \frac{N(z) dz}{EA} = \int_{z_2}^5 \frac{(80 - 4z_2^2)}{EA} = \frac{1}{EA} (233,33 - 80z_2 + \frac{4}{3} z_2^3).$$

bu yerda, $EA = 15 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{11} = 3 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2} \cdot m^2 = 3 \cdot 10^8 N$

Eng katta ko'chishni topamiz:

$$\frac{dU(z_2)}{dz_2} = -80 + 4z_2^2 = 0 \text{ bundan, } z_2 \approx 4,472 \text{ m}$$

demak, $z_2 = 5 \text{ m}$ da $U(5) = 0$;

$$z_2 = 4,472 \text{ m da } U(4,472) = -\frac{4,0644}{EA} = -13,548 \cdot 10^{-9} \text{ m};$$

$$z_2 = 3 \text{ m da } U(3) = \frac{29,33}{EA} = 97,77 \cdot 10^{-9}$$

I oraliq uchun ko'chishning ifodasini topamiz:

$$U(z_1) = U(3) + \int_{z_1}^3 \frac{N(z) dz}{EA} = 97,77 \cdot 10^{-9} - \int_{z_1}^3 \frac{4z^2 dz}{EA} = -22,23 \cdot 10^{-9} + \frac{4}{3} \cdot \frac{z_1^3}{EA}$$

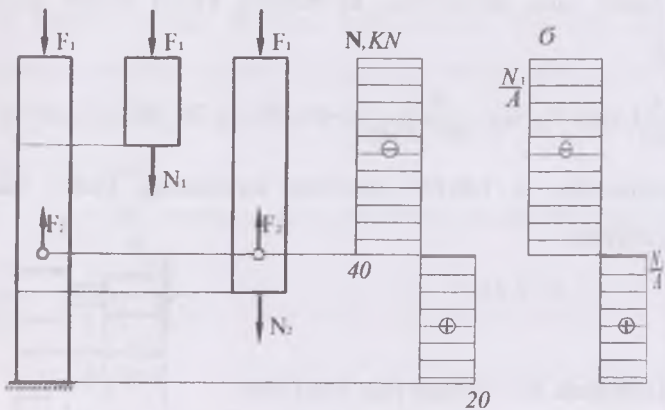
$z_1 = 0$ bo'lsa, $U(0)$;

$$z_1=1,5 \text{ bo'lsa, } U(1,5)=-7,23 \cdot 10^{-9} \text{ m;}$$

$$z_1=3 \text{ bo'lsa, } U(3)=97,77 \cdot 10^{-9} \text{ m.}$$

Yuqorida hosil qilingan qiymatlar asosida ko'chish epyurasini qur (2.2.10-shakl, e).

2.2.11-masala. Ko'rsatilgan po'lat ustunga $F_1=40 \text{ kN}$ va $F_2=60 \text{ kN}$ kuch ta'sir qilyapti. Mustahkamlik va bikrlilik shartidan kelib chiqib ustun bo'ndalang kesim o'lchamlari aniqlansin. $A=0,5 \text{ m}^2$; $[\sigma]=180 \text{ MPa}$; $[\delta]=1$ (2.2.11-shakl).



2.2.11-shakl

Yechish. Bo'ylama kuch qiymatlarini aniqlaymiz:

$$1\text{-oraliq: } \sum X = 0 - N_1 - F_1 = 0; \quad N_1 = F_1 = -40 \text{ kN}$$

$$2\text{-oraliq: } \sum X = 0 - N_2 + F_2 - F_1 = 0; \quad N_2 = F_2 - F_1 = 60 - 40 = 20 \text{ kN}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A} = -\frac{40}{A} \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}; \quad \sigma_2 = \frac{N_2}{A} = \frac{20}{A} \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Bo'ylama kuch N va normal kuchlanish σ larning epyurasini qur

yoki

$$N(z_2) = 80 - 4z_2^2$$

bunda:

$$z_2 = 3, \quad N(3) = 80 - 36 = 44 \text{ kN};$$

$$z_2 = 4,472 \quad N(4,472) = 0;$$

$$z_2 = 5 \quad N(5) = -20 \text{ kN}.$$

2.2.10-shakl, (d) da bo'ylama kuch epyurasi qurilgan.

Tayanch kesimda ko'chish nolga teng. II oraliqda yotuvchi z

quyidagicha aniqlanadi:

$$U(z_2) = \int_{z_1}^{z_2} \frac{N(z) dz}{EA} = \int_{z_1}^{z_2} \frac{(80 - 4z_2^2)}{EA} = \frac{1}{EA} (233,33 - 80z_2 + \frac{4}{3} z_2^3)$$

bu yerda, $EA = 15 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{11} = 3 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2} \cdot m^2 = 3 \cdot 10^8 \text{ N}$

Eng katta ko'chishni topamiz:

$$\frac{dU(z_2)}{dz_2} = -80 + 4z_2^2 = 0 \text{ bundan, } z_2 \approx 4,472 \text{ m}$$

demak, $z_2 = 5 \text{ m}$ da $U(5) = 0$;

$$z_2 = 4,472 \text{ m da } U(4,472) = -\frac{4,0644}{EA} = -13,548 \cdot 10^{-9} \text{ m};$$

$$z_2 = 3 \text{ m da } U(3) = \frac{29,33}{EA} = 97,77 \cdot 10^{-9}$$

I oraliq uchun ko'chishning ifodasini topamiz:

$$U(z_1) = U(3) + \int_{z_1}^3 \frac{N(z) dz}{EA} = 97,77 \cdot 10^{-9} - \int_{z_1}^3 \frac{4z^2 dz}{EA} = -22,23 \cdot 10^{-9}$$

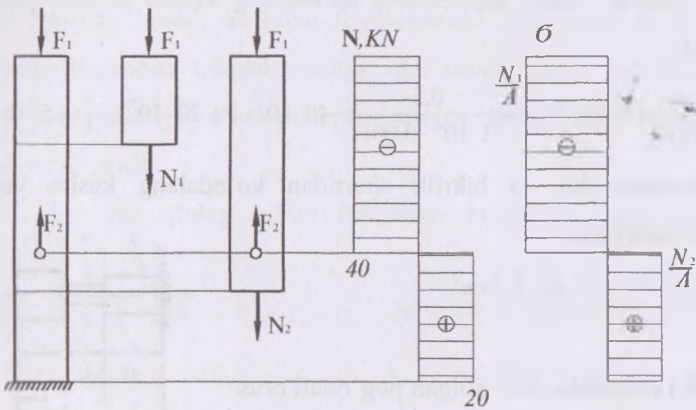
$z_1 = 0$ bo'lsa, $U(0)$;

$$z_1=1,5 \text{ bo'lsa, } U(1,5)=-7,23 \cdot 10^{-9} \text{ m;}$$

$$z_1=3 \text{ bo'lsa, } U(3)=97,77 \cdot 10^{-9} \text{ m.}$$

Yuqorida hosil qilingan qiymatlar asosida ko'chish epyurasini quramiz (2.2.10-shakl, e).

2.2.11-masala. Ko'rsatilgan po'lat ustunga $F_1=40 \text{ kN}$ va $F_2=60 \text{ kN}$ kuch ta'sir qilyapti. Mustahkamlik va bikrlilik shartidan kelib chiqib ustunning ko'ndalang kesim o'lchamlari aniqlansin. $A=0,5 \text{ m}$; $[\sigma]=180 \text{ MPa}$; $[\delta]=1 \text{ mm}$ (2.2.11-shakl).



2.2.11-shakl

Yechish. Bo'ylama kuch qiymatlarini aniqlaymiz:

$$1\text{-oralik: } \sum X = 0 - N_1 - F_1 = 0; \quad N_1 = F_1 = -40 \text{ kN}$$

$$2\text{-oralik: } \sum X = 0 - N_2 + F_2 - F_1 = 0; \quad N_2 = F_2 - F_1 = 60 - 40 = 20 \text{ kN;}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A} = -\frac{40}{A} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}; \quad \sigma_2 = \frac{N_2}{A} = \frac{20}{A} \text{ kN/m}^2$$

Bo'ylama kuch N va normal kuchlanish σ larning epyurasini quramiz:

Mustahkamlik shartidan: $\sigma = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma]$

$$A = \frac{|-40 \cdot 10^3|}{180 \cdot 10^6} = 2,22 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Bikrlik shartidan: C kesimning ko'chishi $[\delta] = 1 \text{ mm}$ dan oshmasligi kerak.

$$\delta_c = \Delta l_I + \Delta l_{II} = \frac{N_I \cdot 2\alpha}{EA} + \frac{N_{II}\alpha}{EA} = (N_I \cdot 2 + N_{II}) \leq [\delta]$$

B bundan ustun sterjenining ko'ndalang kesim yuzasi quyidagicha anqlanadi:

$$A \geq \frac{\alpha}{E[\delta]} (N_I \cdot 2 + N_{II}) = \frac{0,5}{2 \cdot 10^4 \cdot 0,001} (-40 \cdot 10^3 \cdot 2 + 20 \cdot 10^3) = |1,5 \cdot 10^{-4}| \text{ m}^2$$

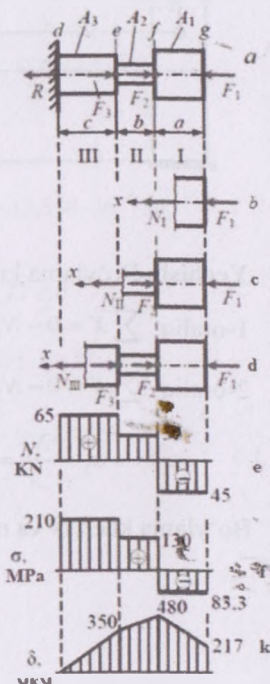
Mustahkamlik va bikrlik shartidan ko'ndalang kesim yuzasining kattasini tanlaymiz.

$$A \geq 2,2 \text{ sm}^2$$

2.2.12-masala. Ko'satilgan pog'onali brus uchun bo'ylama kuch N , normal kuchlanish σ va absolyut cho'zilish δ larning epyurasi qurilsin (2.2.12-shakl):

Berilgan:

$F_1 = 45 \text{ kN}$; $F_2 = 80 \text{ kN}$; $F_3 = 30 \text{ kN}$; Material po'lat



$$A_1=5,4 \text{ sm}^2; \quad A_2=2,7 \text{ sm}^2, \quad A_3=3,1 \text{ sm}^2; \quad \sigma_x=250 \text{ MPa};$$

$$a=0,3 \text{ m}; \quad b=0,2 \text{ m}; \quad c=0,4 \text{ m}; \quad E=2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

Masalani yechish uchun brusni o'zligini bo'yiga oraliqlarga ajratamiz.

Masalalarni yechishda mahkamlangan reaksiya kuchi R ni aniqlaymiz:

$$\sum X=0, \quad R=F_3+F_2-F_1=0;$$

$$R=F_3+F_2-F_1=30+80-45=0$$

Bo'ylama kuch N ning qiymatlarini

aniqlash uchun erkin (mahkamlanmagan)

2.12-shakl

qisimidan boshlab kesish usulidan foydalanamiz. Bo'ylama kuch N ning yo'nalishini kesimdan qolgan qismga cho'zuvchi qilib qo'yamiz. Ichki zo'riqish kuchlarining yo'nalishini teskarisiga yo'naltirsak ishorasi ham teskarisiga o'zgaradi.

A. Har bir oraliq uchun bo'ylama kuch N ning qiymatlarini aniqlaymiz:

$$\text{I oraliq: } \sum X=0; \quad -N_1-F_1=0; \quad N_1=-F_1=-45 \text{ kN}$$

$$\text{II oraliq: } \sum X=0; \quad -N_2+F_2-F_1=0; \quad N_2=F_2-F_1=80-45=35 \text{ kN}$$

$$\text{III oraliq: } \sum X=0; \quad -N_3+F_3+F_2-F_1=0; \quad N_3=F_3+F_2-F_1=30+80-45=65 \text{ kN}$$

Ichki zo'riqish kuchlarining epyurasi - bu brusning uzunligi bo'yiga ularning tarqalish qiymatini ko'rsatuvchi qonuniyat grafikasiga aytiladi.

B. Har bir oraliq uchun normal kuchlanish σ larning qiymatini aniqlaymiz.

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{-45 \cdot 10^3}{5,4 \cdot 10^{-4}} = -8,33 \cdot \frac{10^7 \text{ N}}{\text{m}^2} = -83,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{35 \cdot 10^3}{2,7 \cdot 10^{-4}} = 1,30 \cdot \frac{10^8 N}{m^2} = 130 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{65 \cdot 10^3}{3,1 \cdot 10^{-4}} = 2,10 \cdot \frac{10^8 N}{m^2} = 210 \text{ MPa}$$

C. Oquvchanlik chegarasidagi extiyojlik koeffitsientini aniqlaymiz.

I oraliq: $n = \frac{\sigma_{ust}}{\sigma_I} = \frac{250}{|-83,3|} = 3,0$; mustahkamligi ortiqcha.

II oraliq: $n = \frac{\sigma_{II}}{\sigma_{II}} = \frac{250}{130} = 1,92$; mustahkamligi yetarli

III oraliq: $n = \frac{\sigma_{III}}{\sigma_{III}} = \frac{250}{210} = 1,19$; $-n$ yetarli emas.

Odatda plastik materiallar uchun extiyotlik koeffitsiyentini $[n]=1,3 \div 2,2$ qabul qilinadi.

Ko'rinib turibdiki: I oraliq ko'ndalang kesim o'lchamlarini kichkina tanlash mumkin, III oraliq ko'ndalang kesim o'lchamlarini oshirish kerak bo'ladi. Agar $n=2$ deb qabul qilsak, ruxsat etilgan normal kuchlanish quyidagicha teng bo'ladi:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{ust}}{[n]} = \frac{350}{2} = 175 \text{ MPa}$$

Ko'ndalang kesim yuzalarini quyidagicha tanlash mumkin:

$$A_I \geq \frac{N_I}{[\sigma]} = \frac{|-45 \cdot 10^3|}{175 \cdot 10^6} = 2,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{III} \geq \frac{N_{III}}{[\sigma]} = \frac{65 \cdot 10^3}{175 \cdot 10^6} = 3,71 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

D. Har bir oraliqning absalyut cho'zilishini aniqlaymiz:

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 a}{EA_1} = \frac{-45 \cdot 10^3 \cdot 0,3}{2 \cdot 10^{11} \cdot 2,57 \cdot 10^{-4}} = -263 \text{ mkm}$$

$$\Delta l_2 = \frac{N_2 b}{EA_2} = \frac{35 \cdot 10^3 \cdot 0,2}{2 \cdot 10^{11} \cdot 2,7 \cdot 10^{-4}} = 130 \text{ mkm}$$

$$\Delta l_3 = \frac{N_3 c}{EA_3} = \frac{65 \cdot 10^3 \cdot 0,2}{2 \cdot 10^{11} \cdot 3,71 \cdot 10^{-4}} = 350 \text{ mkm}$$

E. Ko'ndalang kesimlarning ko'chishini aniqlaymiz: $\delta_{ij} = 0$

$$\delta_e = \Delta l_{III} = 350 \text{ mkm}$$

$$\delta_f = \Delta l_{III} + \Delta l_{II} = 350 + 130 = 480 \text{ mkm}$$

$$\delta_g = \Delta f + \Delta l_I = 480 - 263 = 217 \text{ mkm}$$

Yuqoridagi natijalardan foydalanib ko'ndalang kesimlarning epyurasini quramiz.

2.2.13-masala. 2.2.13-shaklda ko'rsatilgan sterjenning mustahkamligi tekshirilsin. Quyidagilar berilgan:

$$F = 250 \text{ kN}; A = 4 \times 4 = 16 \text{ sm}^2 [\sigma] = 1600 \text{ kg/sm}^2$$

2.2.13-shakl

Yechish: Statik muvozanat tenglamalarini tuzamiz:

$$\sum X = N_1 + N_2 \cos 45^\circ = 0$$

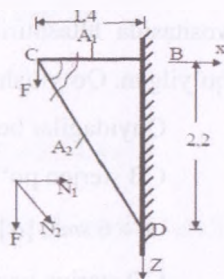
$$\sum Y = -N_2 \cos 45^\circ - F = 0$$

$$N_2 = -354 \text{ kN}$$

$$N_1 = 250 \text{ kN}$$

Sterjen ko'ndalang kesimdagi normal

tug'lanishni topamiz $\frac{N_1}{A} = \frac{250 \cdot 10^3}{16} = 1562,5 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$





$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A} = \frac{354 \cdot 10^2}{10} = 2210 \frac{kg}{sm^2}$$

Mustahkamlik shartiga asosan $\sigma_1 \leq [\sigma]$; $1562,5 \leq 1600$.

$$\sigma_2 \geq [\sigma], 2210 \geq 1600.$$

Birinchi sterjenning mustahkamligi yetarli, ikkinchi sterjenning mustahkamligi esa yetarli emas.

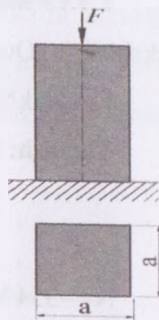
2.2.14-masala. Sement qorishmasi yordamida g'ishtdan terilgan ustun $F=70$ kN bo'ylama kuch bilan siqilyapti. $[\sigma]=12$ kg/sm² bo'lganda ustunning ko'ndalang kesim o'lchamlari a topilsin

Yechish: Ustunning ko'ndalang kesim yuzini aniqlaymiz.

$$A \geq \frac{N_{max}}{[\sigma]} = \frac{F}{[\sigma]} = \frac{70 \cdot 10^2}{12} = 583,3 \text{ sm}^2$$

kvadratning tomoni $a = \sqrt{583,3} = 24,15 \text{ sm}$. Ustun ko'ndalang kesimning tomonini bir g'ishtdan qilib qurish kerak ekan.

2.2.15-masala. 2.2.15-shaklda ko'rsatilgandek sharnir vositasida tutashtirilgan sterjenlarning C sharnirga F yuk qo'yilgan. Qo'yilishi mumkin bo'lgan F kuch aniqlansin.



Quyidagilar berilgan:

CB sterjen po'latdan bo'lib uning uchun:

$$A_1 = 6 \text{ sm}^2, [\sigma] = 1600 \text{ kg/sm}^2$$

CD sterjen yog'ochdan bo'lib

$$A_2 = 300 \text{ sm}^2; [\sigma]_u = 80 \text{ kg/sm}^2; [\sigma]_c = 35 \text{ kg/sm}^2$$

Yechish: Kesish usulidan foydalanib, N_1 va N_2 zo'riqish kuchlarining ta'riflashini ko'rsatib, muvozanat tenglamalarini tuzatamiz.

$$\sum X = N_1 + N_2 \cos \alpha = 0 \quad (a)$$

$$\sum Y = F + N_2 \sin \alpha = 0 \quad (b)$$

BCD uchburchakdan CD gipotenuza $CD = \sqrt{1,4^2 + 2,2^2} = 2,6$

Bu uchburchakdan $\cos \alpha = \frac{CB}{CD} = \frac{1,4}{2,6} = 0,538$;

$$\sin \alpha = \frac{BD}{CD} = \frac{2,2}{2,6} = 0,846$$

(b) dan $N_2 = \frac{F}{\sin \alpha} = -\frac{F}{0,846}$ bo'ladi:

(a) dan $N_1 = -N_2 \cos \alpha = -F \frac{0,538}{0,846} = -0,636 F$; $N_2 = -1,182 F$ bo'ladi.

N_1 va N_2 zo'riqish kuchlarining ishorasidan ko'rinadiki, CB sterjen qisqaradi, CD esa siqiladi

CB sterjenning mustahkamlik shartidan:

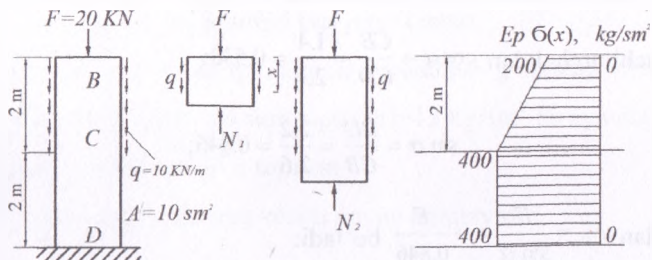
$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{0,636}{6} F = 0,10 F \leq 1600; \quad F = 15094 \text{ kg}$$

CD sterjenning mustahkamlik shartidan:

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = -\frac{1,182}{360} F = -0,0039 F \leq -3 \cdot 5; \quad F = 8974 \text{ kg}$$

Shunday qilib, ruxsat etilgan yuk CD sterjenning mustahkamlik shartidan aniqlanar ekan.

2.16-masala. 2.16-shaklda ko'rsatilgan po'lat sterjen uchun normal kuchlanish epyurasi qurilsin, agar $E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/sm}^2$ bo'lsa sterjenning absolyut cho'zilish va potensial energiyasi topilsin. Sterjenning yuqori qismiga uzunligi bo'yicha tekis taqsimlangan va intensivligi $q = 10 \text{ kN/m}$ bo'lgan o'q bo'yicha kuch ta'sir etadi.



2.2.16-shakl.

Yechish. Kesish usulidan foydalanib har bir uchastkadagi bo'ylama kuch normal kuchlanishni topib, normal kuchlanish epyurasini quramiz.

BC uchastkada $N_1(x) = -F - qx$, ($0 \leq x \leq 2$) $N_1(2) = -40 \text{ kN}$

CD uchastkada $N_2(x) = -F - q \cdot 2 = -40 \text{ kN}$

BC uchastkada ($0 \leq x \leq 2$)

$$\sigma_1(0) = \frac{N_1(0)}{A} = -\frac{20 \cdot 10^3}{10} = -200 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

CD uchastkada

$$\sigma_2(x) = \frac{N_2(x)}{A} = -\frac{40 \cdot 10^3}{10} = -400 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$$

Sterjenning absolyut cho'zilishi

$$\begin{aligned}
 \Delta l &= -\int_0^l \frac{N_1(x) dx}{EA} - \frac{N_2(x) \cdot \frac{l}{2}}{EA} = -\int_0^l \frac{(F+qx) dx}{EA} - \frac{(F+2q)l}{2EA} = \\
 &= -\frac{Fl}{2EA} - \frac{ql^2}{8EA} - \frac{Fl}{2EA} - \frac{ql}{EA} = -\frac{Fl}{EA} - \frac{ql}{EA} - \frac{ql^2}{8EA} = \\
 &= -\frac{20 \cdot 10^2 \cdot 200}{2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 10} - \frac{10 \cdot 200}{2 \cdot 10^6 \cdot 10} - \frac{10 \cdot 200^2}{8 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 10} = -0,0126 \text{ sm}
 \end{aligned}$$

Sterjendagi to'plangan potensial energiya quyidagi formuladan topiladi:

$$U = \frac{1}{2} F \Delta l = \frac{1}{2} 20 \cdot 10^2 \cdot 0,0126 = 12,6 \text{ kg} \cdot \text{sm}$$

2.3. Cho'zilish va siqilishda statik noaniq masalalar

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

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

1. Konstruksiyadagi tashqi, ichki zo'riqish kuchlari va reaksiya kuchlarining yo'nalishlari belgilanadi;

2. Statikaning ma'lum bo'lgan tenglamalari tuziladi;

3. Masalaning statik noaniqlik darajasi aniqlanadi: $n = S - m$;

bu yerda, n - masalaning noaniqlik darajasi;

S - noma'lum kuchlar soni;

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

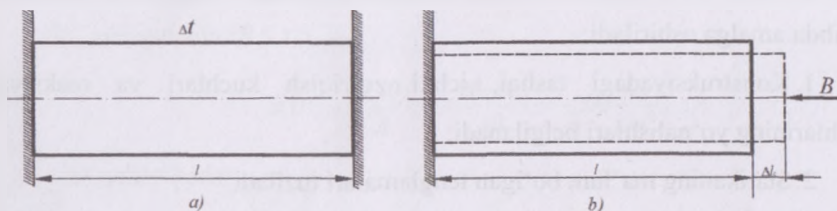
4. Masalaning shartlaridan foydalanib qo'shimcha deformatsiya tenglamalari tuziladi: (qo'shimcha deformatsiya tenglamalari soni statik noaniqlik darajasiga teng).

5. Qo'shimcha deformatsiya va statik muvozanat tenglamalari birgalikda yechilib, masalada statik aniq masalaga aylantiriladi yoki noma'lum ichki zo'riqish kuchlarining qiymatlari aniqlanadi.

Ko'pgina holatlarda statik aniqmas masalalar asosiy sistema tanlash yo'li bilan yechiladi.

Asosiy sistema sterjendagi ortiqcha bog'lanish tashlab yuborilib, o'rniga bog'lanish reaksiya kuchiga teng bo'lgan noma'lum kuch qo'yilishi yo'li bilan tanlanadi, ya'ni berilgan sistemaga ekvivalent sistema hosil qilinadi.

Ekvivalent sistemadagi noma'lum kuch va sistemaga ta'sir qilayotgan kuchlardan hosil bo'ladigan ko'chishlarning miqdorlari nolga tenglashtirilib, noma'lum kuch (reaksiya kuchi) qiymati topiladi. Keyin esa statik aniq sistema kabi ichki zo'riqish kuchlari aniqlanadi.



Statik noaniq masalada harorat o'zgarishi ta'sirida hosil bo'ladigan kuchlanishlarni aniqlashda ham yuqoridagi tartib saqlanib qoladi.

$$\alpha l \Delta t = \frac{Bl}{EA}; \quad B = E \cdot A \cdot \alpha \cdot \Delta t; \quad \sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t.$$

2.3.1-masala. Ko'ndalang kesim yuzasi A ga teng bo'lgan ustunning yuqori uchi shipga, pastki uchi esa polga qistirib mahkamlangan bo'lib, unga $F_1=50$ kN va $F_2=100$ kN tashqi kuchlar qo'yilgan (2.3.1-shakl).

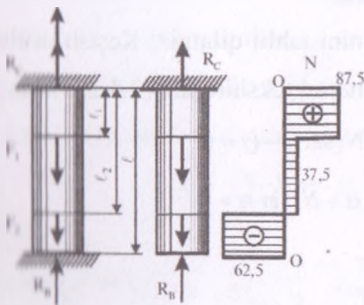
Ustunning ko'ndalang kesimi hosil bo'luvchi zo'riqish kuchlarini topish talab etiladi. Bikrlik $EA=\text{const}$, $l_1=0.3$ m, $l_2=1.1$ m, $l=2$ m deb hisoblansin.

Yechish. 1. Masalani statik tomonini tekshiramiz. Yuqori va pastki tayanchlarni R_c va R_b reaksiya kuchlari bilan almashtiramiz.

Ustun F kuch va ship bilan polning reaksiyalari ta'sirida muvozanat holatida turadi, shu sababli, statikaning muvozanat tenglamasi quyidagicha ko'rinishda yoziladi:

$$\sum X_i = 0, \quad \text{yoki} \quad R_c + R_b - F_1 - F_2 = 0$$

Oxirgi tenglamada ikkita noma'lum bor, ya'ni masala bir marta statik muvazinsizdir. Qo'shimcha tenglama tuzish uchun deformatsiyalarni solishtirish usulidan foydalanamiz.



2. Ustunni pastki tayanchdan ozod qilib, asosiy tizim tanlaymiz; berilgan tizimga ekvivalent tizim hosil qilish uchun asosiy tizimga F_1 , F_2 va R_b kuchlarni ta'sir ettiramiz.

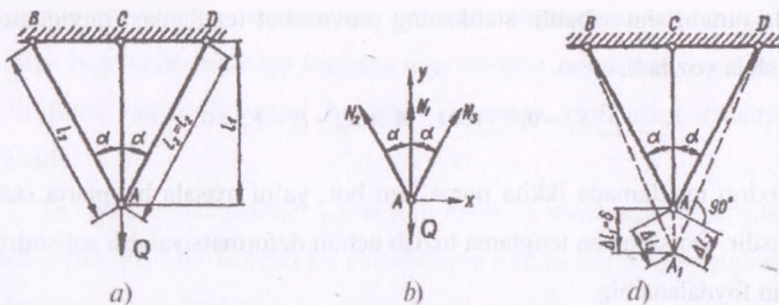
3. Guk qonunidan foydalanib, B kesimning ko'chishini topamiz va uni nolga tenglashtiramiz:

$$\alpha = \frac{F_1 l_1}{EA} + \frac{F_2 l_2}{EA} - \frac{R_b}{EA} = 0$$

4. Hosil qilingan tenglamalar noma'lum reaksiya kuchlariga nisbatan yechiladi:

$$R_B = 62,5 \text{ kN}, \quad R_C = 87,5 \text{ kN}$$

2.3.2-masala. Sterjenlar tizimining sharnirli Λ tuguniga Q yuk osib qo'yilgan (2.3.2.a-shakl). Sterjenlarning materiali, ko'ndalang kesim yuzasi va tashqi yuklangan hosil bo'lgan zo'riqishlar aniqlansin. Bikrlik $EA = \text{const}$ deb hisoblansin.



2.3.2-shakl

Yechish. 1. Masalaning statik tomonini tahlil qilamiz. Kesish usulidan foydalanib, A sharnirli tugunning muvozanatini tekshiramiz (2.3.2.b-shakl).

$$\sum X_i = 0; \quad N_2 \sin \alpha - N_3 \sin \alpha - Q = 0$$

$$\sum Y_i = 0; \quad N_1 + N_2 \cos \alpha + N_3 \sin \alpha = 0$$

bu tenglamalarning birinchisidan

$$N_2 = N_3$$

Ekanligi ma'lum buni e'tiborga olib, ikkinchisini

$$N_1 + 2N_2 \cos \alpha = Q \text{ shaklida yozamiz.}$$

Oxirigi tenglama ikkita noma'lum bo'lganligi uchun masala bir marta statistik aniqmas deyiladi.

2. Masalaning geometrik tomonini tekshiramiz; (2.3.2.d-shakl) dan foydalanib, sterjenlarning deformatsiyalarining orasidagi munosabatni quyidagicha yozamiz:

$$\Delta l_2 = \Delta l_3 = \Delta l_1 \cos \alpha$$

3. Masalaning fizik tomonini qarab chiqamiz. Guk qonuniga asosan sterjenlarning deformatsiyasini aniqlaymiz:

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{EA}; \quad \Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{EA}$$

4. Yuqorida olingan tenglamalardan ichki zo'riqish kuchlarini topamiz:

$$N_1 = \frac{Q}{1 + 2 \cos^2 \alpha}; \quad N_2 = N_3 = \frac{Q}{1 + 2 \cos^2 \alpha} \cos \alpha$$

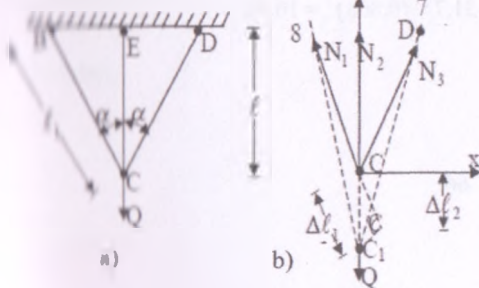
2.3.3-masala. Ko'ndalang kesim yuzi bir xil bo'lgan po'latdan yasalgan uchta sterjenlar sistemasi C sharnirga osilgan $Q=50 \text{ kN}$ yuk ta'sirida bo'ladi. $\alpha = 30^\circ$ bo'lganda sterjenlardagi zo'riqish kuchlari aniqlansin.

Yechish: Sterjenlardagi zo'riqish kuchlarini topish uchun kesish usulidan foydalanib C sharnirning muvozatini tekshiramiz:

$$\sum X = -N_1 \sin \alpha + N_3 \sin \alpha = 0;$$

$$N_1 = N_3 \quad (a)$$

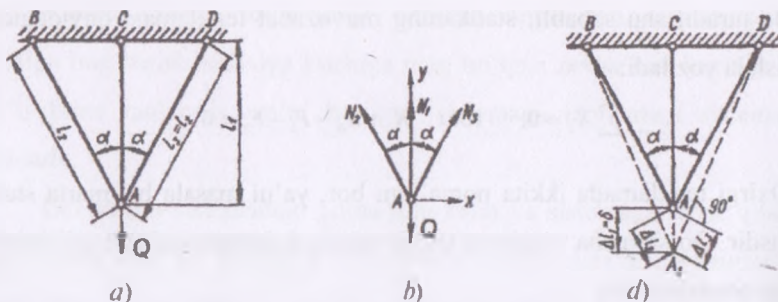
$$\sum Z = N_2 + 2N_2 \cos \alpha = Q; \quad (b)$$



4. Hosil qilingan tenglamalar noma'lum reaksiya kuchlariga nisbatan yechiladi:

$$R_B = 62,5 \text{ kN}, \quad R_C = 87,5 \text{ kN}$$

2.3.2-masala. Sterjenlar tizimining sharnirli A tuguniga Q yuk osib qo'yilgan (2.3.2.a-shakl). Sterjenlarning materiali, ko'ndalang kesim yuzasi va tashqi yuklangan hosil bo'lgan zo'riqishlar aniqlansin. Bikrlik $EA = \text{const}$ deb hisoblansin.



2.3.2-shakl

Yechish. 1. Masalaning statik tomonini tahlil qilamiz. Kesish usulidan foydalanib, A sharnirli tugunning muvozanatini tekshiramiz (2.3.2.b-shakl).

$$\sum X_i = 0; \quad N_2 \sin \alpha - N_3 \sin \alpha - Q = 0$$

$$\sum Y_i = 0; \quad N_1 + N_2 \cos \alpha + N_3 \sin \alpha = 0$$

bu tenglamalarning birinchisidan

$$N_2 = N_3$$

Ekanligi ma'lum buni e'tiborga olib, ikkinchisini

$N_1 + 2N_2 \cos \alpha = Q$ shaklida yozamiz.

Oxirigi tenglama ikkita noma'lum bo'lganligi uchun masala bir marta statik aniqmas deyiladi.

2. Masalaning geometrik tomonini tekshiramiz; (2.3.2.d-shakl) dan foydalanib, sterjenlarning deformatsiyalarining orasidagi munosabatni quyidagicha yozamiz:

$$\Delta l_2 = \Delta l_3 = \Delta l_1 \cos \alpha$$

3. Masalaning fizik tomonini qarab chiqamiz. Guk qonuniga asosan sterjenlarning deformatsiyasini aniqlaymiz:

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{EA}; \quad \Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{EA}$$

4. Yuqorida olingan tenglamalardan ichki zo'riqish kuchlarini topamiz:

$$N_1 = \frac{Q}{1 + 2 \cos^2 \alpha}; \quad N_2 = N_3 = \frac{Q}{1 + 2 \cos^2 \alpha} \cos \alpha$$

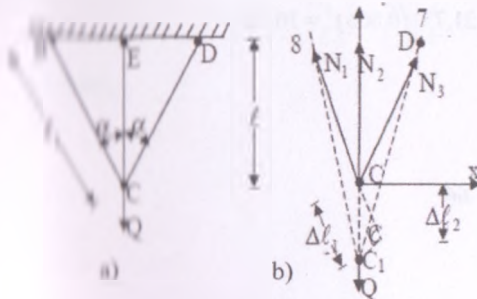
2.3.3-masala. Ko'ndalang kesim yuzi bir xil bo'lgan po'latdan yasalgan uchta sterjenlar sistemasi C sharnirga osilgan $Q=50$ kN yuk ta'sirida bo'ladi. $\alpha = 30^\circ$ bo'lganda sterjenlardagi zo'riqish kuchlari aniqlansin.

Yechish: Sterjinlardagi zo'riqish kuchlarini topish uchun kesish usulidan foydalanib C sharnirning muvozzatini tekshiramiz:

$$\sum X = -N_1 \sin \alpha + N_3 \sin \alpha = 0;$$

$$N_1 = N_3 \quad (a)$$

$$\sum Z = N_2 + 2N_2 \cos \alpha = Q; \quad (b)$$



bu (b) tenglamada N_1 va N_2 noma'lum bo'lib, masala bir marta statik aniqmasdir. Bitta qo'shimcha tenglama tuzamiz. C nuqta Q yuk ta'siridan pasayadi natijada uchta sterjen kam cho'ziladi. O'rtadagi sterjenning uzayishi Δl_2 ga teng bo'ladi. Chetki sterjenlarning uzayishi bir-biriga teng bo'lib $\Delta l_1 = \Delta l_3$ bo'ladi.

2.3.3-shakl Bu uchala sterjenlar uzayishining orasidagi munosabatlar quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta l_2 = \frac{\Delta l_1}{\cos \alpha} \quad (c).$$

Guk qonuniga asosan $\Delta l_1 = \Delta l_2$ larni N_1 va N_2 zo'riqish kuchlari orqali ifodalangan qiymatini (c) ga qo'ysak quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{N_2 l_2}{EA} = \frac{N_1 l_1}{EA \cos \alpha} \quad (d);$$

bu yerda $l_1 = \frac{l}{\cos \alpha}$; $l_2 = l$ bo'lishini hisobga olsak va $\frac{1}{EA}$ ga qisqartirgandan keyin quyidagiga ega bo'lamiz:

$$N_1 = N_2 \cos^2 \alpha \quad (g)$$

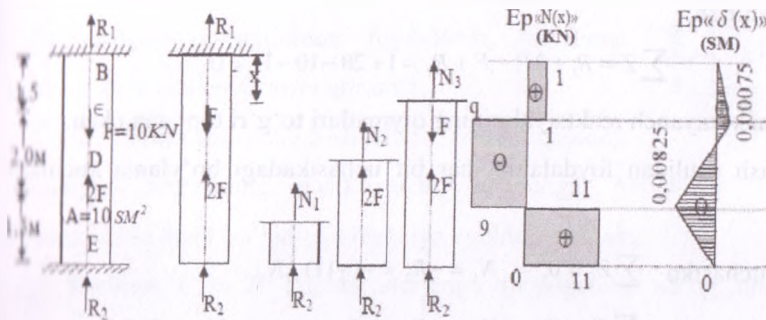
(b) va (g) larni birgalikda yechib, sterjenlardagi zo'riqish kuchlarini topamiz:

$$N_2 + 2N_2 \cos^3 \alpha = Q;$$

$$N_2 = \frac{Q}{1 + 2 \cos^3 \alpha} = \frac{50}{1 + 2(0,866)^2} = 21,75 \text{ kN}$$

$$N_1 = N_3 = N_2 \cos^2 \alpha = 21,75 \cdot (0,866)^2 = 16,31 \text{ kN}$$

2.3.4-masala. Po'lat sterjening ko'ndalang kesim yuzi o'zgarmas bo'lib, 2.3.4-shaklda ko'rsatilgandek yuklangan. Bo'ylama kuch va ko'chish qpyuralari qurilsin.



2.3.4-shakl

Yechish: Sterjening muvozanat tenglamasini tuzamiz:

$$\sum Z = R_1 - F + 2F + R_2 = 0; \quad R_1 + R_2 = F. \quad (a)$$

Tenglamada ikkita noma'lum bo'lib, static muvozanat tenglamasi bitta, demak masala bir marta statik aniqlanmasdir.

Bu masalani yechish uchun muvozanat tenglamasiga qo'shimcha bitta tenglama tuzamiz. Buning uchun sterjenni pastki tayanchdan ozod qilib, uzoqiy sistema tanlaymiz va uni berilgan hamda hozircha noma'lum bo'lgan kuchlar bilan yuklaymiz. E kesimning ko'chishini topib nolga tenglashtiramiz.

$$\delta_E = -\frac{R_2 \cdot 5}{EA} - \frac{2F \cdot 3,5}{EA} + \frac{F \cdot 1,5}{EA} = 0; \quad (b)$$

bundan,

$$R_2 = \frac{1,5F - 7F}{5} = -1,1F = -11 \text{ kN.}$$

(a) dan

$$R_1 = -F - R_2 = -10 - (-11) = 1 \text{ kN}$$

Tekshirish:

$$\sum Z = R_1 + 2F - F + R_2 = 1 + 20 - 10 - 11 = 0.$$

Demak, tayanch reaksiyalarining qiymatlari to'g'ri topilgan ekan.

Kesish usulidan foydalanib, har bir uchastkadagi bo'ylama kuchlarni topamiz:

$$\text{ED uchastka } \sum Z_1 = 0; \quad N_1 = -R_2 = -(-11) \text{ kN}$$

$$\text{DC uchastka } \sum Z_2 = 0; \quad N_2 = -R_2 - 2F = -(-11) - 20 = -9 \text{ kN}$$

$$\text{CB uchastka } \sum Z_3 = 0; \quad N_3 = -R_2 - 2F + F = -(-11) - 20 + 10 = 1 \text{ kN}$$

Endi har bir uchastkaning ko'chishini topamiz. Buning uchun yuqori tayanchdan x masofada kesib olib, ko'chish formulasidan foydalanib shu uchastkaning ko'chishini topamiz.

$$\text{BC uchastkada } (0 \leq x \leq 1,5) \quad \delta_{BC}(x) = \frac{N_3 x}{EA};$$

$$\delta_B(0) = 0; \quad \delta_C(1,5) = \frac{N_3 \cdot 1,5}{EA} = \frac{1 \cdot 10^2 \cdot 150}{2 \cdot 10^6 \cdot 10} = 0,00075 \text{ sm.}$$

$$\text{CD uchastkada } (0 \leq x \leq 1,5) \quad \delta_{CD}(x) = \delta_C(1,5) + \frac{N_2(x-1,5)}{EA};$$

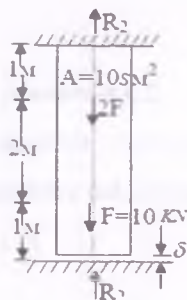
$$\delta_C(1,5) = 0,00075 \text{ sm}; \quad \delta_D(3,5) = 0,00075 - \frac{9 \cdot 10^2 \cdot 200}{2 \cdot 10^6 \cdot 10} = -0,00025 \text{ sm.}$$

$$\text{DE uchastkada } (0 \leq x \leq 1,5)$$

$$\delta_{D_1}(x) = \delta_D(3,5) + \frac{N_1(x-3,5)}{EA}; \quad \delta_D(1,5) = -0,00825 \text{ sm.}$$

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

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



2.3.5-masala. 2.3.5-shaklda ko'rsatilgandek

yuklangan sterjening pastki uchi tayanchga $\delta = 0,01 \text{ sm}$ yetmaydi.

Tayanchlarda hosil bo'ladigan reaksiya kuchlari topilsin.

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

Muvozanat tenglamasini tuzamiz:

2.3.5-shakl

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

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

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

hunda,

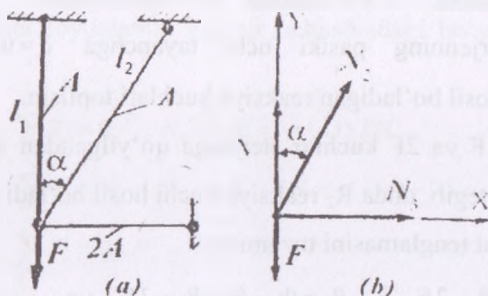
$$400F - EA\delta = R_2$$

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

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

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

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



2.3.6-shakl

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

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

Demak, masala bir marta statik noaniq ekan.

Deformatsiyaning potensial energiyasini aniqlash ifodasini yozamiz:

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

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

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

yoki:

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

Deformatsiya potensial energiyasining minimallik shartiga ko'ra:

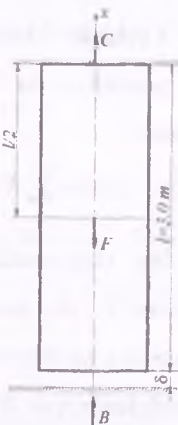
$$\frac{dU}{dN_2} = 0 \text{ yoki}$$

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

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

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

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



2.3.7-shakl

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

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

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

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

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

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

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

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

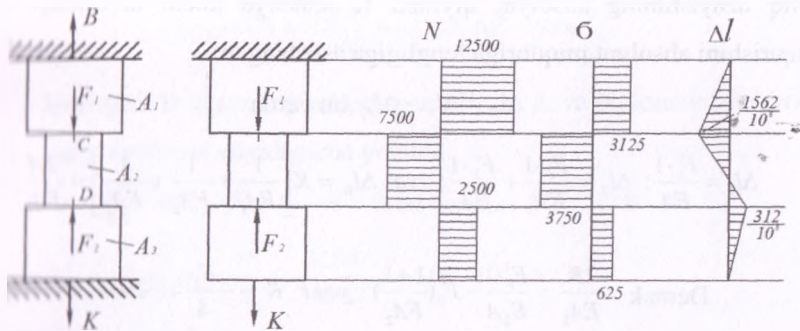
$$B = 0,8 \cdot 10^4 \text{ N} \quad \text{va} \quad C = 13,2 \cdot 10^4 \text{ N},$$

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

Endi kuchlanishlarni aniqlaymiz:

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

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



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

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

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

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

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

$$\Delta l_1 = \frac{F_1 \cdot l}{EA}; \quad \Delta l_2 = \frac{F_2 \cdot l}{EA_2} + \frac{F_2 \cdot l}{EA_1}; \quad \text{va} \quad \Delta l_K = K \left[\frac{1}{FA_1} + \frac{1}{FA_2} + \frac{1}{FA_3} \right] = \frac{2A}{FA_2}$$

$$\text{Demak} \quad \frac{2K}{EA_2} = \frac{F_1 \cdot l}{E_2 A} - F_2 \left(\frac{1+l}{FA_2} \right) \quad \text{yoki} \quad K = -\frac{F_2}{4} = -2500 \text{ N}$$

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

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

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

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

1-1 qirqim. Ajratilgan brusni muvozanat tenglamasini tuzamiz:

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

Normal kuchlanish $\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{2500}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 625 \cdot 10^1 \text{ N/m}^2$

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

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

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

Muvozanat tenglamasi quyidagicha yoziladi.

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

Normal kuchlanish $\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{12500}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 3125 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$

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

$$\Delta l_D = \frac{N_1 y_1}{EA_1}, \quad y_1 = 0, \quad \Delta l_D = \Delta l_K = 0, \text{ va } y_1 = 1 \text{ m,}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Masalani yechish uchun sistemani muvozanat tenglamasini tuzamiz:

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

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

bu yerda, $\Delta_K = \frac{K_1}{EA_1} + \frac{K_2}{EA_2} + \frac{K_3}{EA_3}$ brusni K reaksiya kuchi ta'siridan

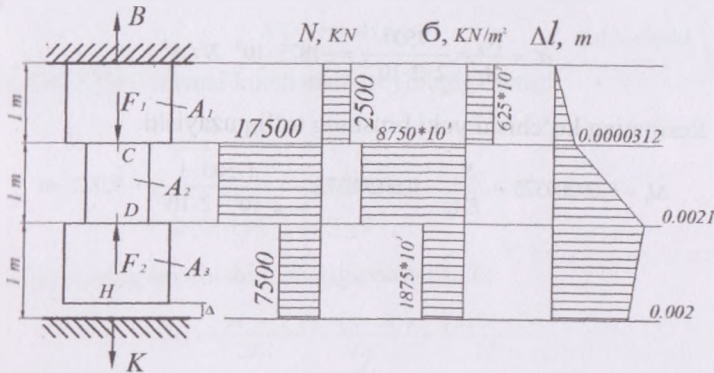
uzayishi

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

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

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

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



2.3.9-shakl

1-1-qliqim.

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

2.4.2-masala. 2.4.2-shaklda ko'rsatilgan uzunligi, materiali bir xil bo'lgan o'zgarmas ko'ndalang kesimli, pog'onalar o'zgaruvchi va teng qarshilikli sterjenlar uchun eng katta ko'ndalang kesim yuzi A , xususiy og'irligi Q va absolyut deformatsiyasi aniqlansin.

Quyidagilar berilgan:

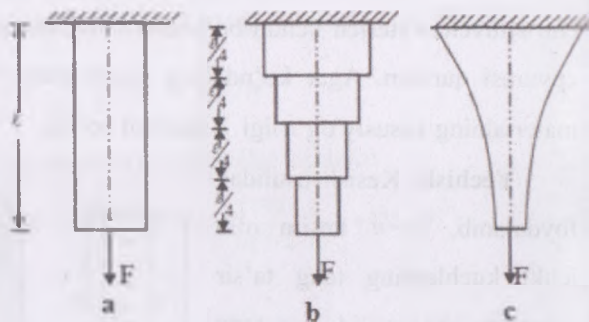
$$F = 20 \text{ kN}$$

$$\gamma = 8 \text{ g/sm}^3$$

$$[\sigma] = 1600 \text{ kg/sm}^2$$

$$E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/sm}^2$$

$$\ell = 20 \text{ m}$$



2.4.2-shakl

Yechish: O'zgarmas ko'ndalang kesimli sterjenning yuzasini topamiz (2.4.2-shakl, a).

$$A = \frac{F}{[\sigma] - \gamma \ell} = \frac{20 \cdot 10^2}{1600 - 8 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3} = 1,26 \text{ sm}^2$$

Xususiy og'irligi

$$Q = \gamma A \ell = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 1,26 \cdot 2 \cdot 10^3 = 20,16 \text{ kg}$$

Absolyut cho'zilishni topamiz

$$\Delta \ell = \frac{(F + \frac{Q}{2}) \ell}{E A} = \frac{(20 + \frac{20,16}{2}) \cdot 20}{2 \cdot 10^6 \cdot 1,26} = 1,59 \text{ sm}$$

Pog'onali sterjenning eng katta ko'ndalang kesim yuzini topamiz (2.4.2-shakl, b).

$$A = \frac{F[\sigma]^3}{([\sigma] - \frac{\ell}{4}\gamma)^4} = \frac{F}{[\sigma] \left(1 - \frac{\gamma \ell}{4[\sigma]}\right)^4} = \frac{20 \cdot 10^2}{1600 \left(1 - \frac{8 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3}{4 \cdot 1600}\right)} = 1,26 \text{ sm}^2$$

$$Q = [\sigma] \cdot A - F = 1600 \cdot 1,26 - 20 \cdot 10^2 = 16 \text{ kg}$$

$$\Delta \ell = \frac{[\sigma] \cdot \ell}{E} \cdot \left(1 - \frac{\gamma \ell}{2 \cdot 4[\sigma]}\right) = \frac{1600 \cdot 2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^6} \cdot \left(1 - \frac{8 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 1600}\right) = 1,6 \text{ sm}$$

Teng qarshilik ko'rsatuvchi sterjenning eng katta ko'ndalang kesim yuzini topamiz (2.4.2-shakl, c).

$$A = \frac{F}{[\sigma]} e^{\frac{\gamma \ell}{[\sigma]}} = \frac{20 \cdot 10^2}{1600} e^{\frac{8 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3}{1600}} = 1,25 e^{0,01} = 1,26 \text{ sm}^2$$

$$Q = [\sigma]A - F = 1600 \cdot 1,26 - 20 \cdot 10^2 = 16 \text{ kg}$$

Absolyut cho'zilishini topamiz:

$$\Delta \ell = \frac{[\sigma] \ell}{E} = \frac{1600 \cdot 2000}{2 \cdot 10^6} = 1,6 \text{ sm}$$

2.4.3-masala. Pog'onali sterjen uchta qismdan tuzilgan (2.4.3-shakl, a): uning AB qismi misdan BC qismi alyuminiydan va CD qismi po'latdan yasalgan. Sterjen ikki devor orasiga qisilgan. Tegishli o'lchamlar shaklda ko'rsatilgan. Agar bu sterjen 55 °C isitilsa, uning ayrim qismlaridagi kuchlanishlar qanchadan bo'ladi? Boshlang'ich temperatura $t_0 = 15$ °C. Elastiklik moduli, chiziqli kengayish koeffitsiyenti mis, alyuminiy va po'lat uchun mana bunday:

$$E_M = 1 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}, \alpha_M = 165 \cdot 10^{-2}, E_{al} = 0,7 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}, \alpha_{al} = 25,5 \cdot 10^{-6},$$

$$E_p = 2 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}, \alpha_p = 125 \cdot 10^{-7}$$

Yechish: Sterjenning o'ng tomonini bog'lanishdan ozod qilamiz va uning ta'sirini F kuch bilan almashtiramiz (2.4.3-shakl, b). Bu hol-da sterjenning barcha kesimlarida bo'ylama $N=F$ kuch ta'sir qiladi. Bu kuch sterjenni siqadi va uning qismlarida har xil deformatsiya hosil bo'ladi. Sterjenning AB qismining deformatsiyasi:

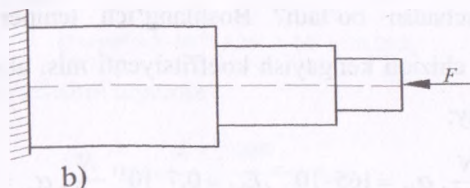
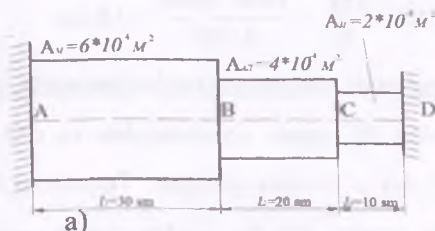
$$\Delta l_{AB} = \frac{N \cdot l_{AB}}{E_M F_M} = \frac{N \cdot 30 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 10^{11} \cdot 6 \cdot 10^{-4}} = \frac{5N}{10^9} = 5N \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

Sterjen BC qismining deformatsiyasi;

$$\Delta l_{BC} = \frac{N \cdot l_{BC}}{E_{al} F_{al}} = \frac{N \cdot 20 \cdot 10^{-2}}{0,7 \cdot 10^{11} \cdot 6 \cdot 10^{-4}} = \frac{5N}{0,7 \cdot 10^9} = \frac{5}{0,7} N \cdot 10^{-9}$$

Sterjen CD qismining deformatsiyasi:

$$\Delta l_{CD} = \frac{N \cdot l_{CD}}{E_p F_p} = \frac{N \cdot 10 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = \frac{5N}{10^9} = \frac{5}{2} N \cdot 10^{-9}$$



2.4.3-shakl

F kuch ta'siridan butun sterjening to'la qisqarishi bunday ifodalanadi:

$$\Delta l_F = \Delta l_{AB'} + \Delta l_{CD} + \Delta l_{BC} = \frac{5N}{10^{11}} \left(1 + \frac{1}{0,7} + \frac{1}{2} \right) = \frac{205 N}{14 \cdot 10^8}$$

Agar sterjenga P kuch ta'sir qilmaganda edi, temperaturaning ko'tarilishi bilan u quyidagi miqdorga cho'zilgan bo'lar edi:

$$\begin{aligned} \Delta l_t &= \alpha_M (t^\circ - t^\circ_0) l_{AB} + \alpha_{al} (t^\circ - t^\circ_0) l_{BC} + \alpha (t^\circ - t^\circ_0) l_{CD} = (t^\circ - t^\circ_0) (\alpha_M l_{AB} + \alpha_{al} l_{BC} + \alpha l_{CD}) = \\ &= 40^\circ (165 \cdot 10^{-7} \cdot 30 + 2,55 \cdot 10^{-7} \cdot 20 + 125 \cdot 10^{-7} \cdot 10) \cdot 10^{-2} = 1130 \cdot 40 \cdot 10^{-8}. \end{aligned}$$

Haqiqatda esa sterjen qo'zg'almas ikki devor orasida bo'lganligi uchun u cho'zilmaydi, binobarin:

$$\Delta l_F = \Delta l_T \quad \text{bo'ladi.}$$

$$\text{Demak, } \frac{205 N}{14 \cdot 10^{11}} = 1130 \cdot 40 \cdot 10^{-8}$$

Bog'lanishi hosil bo'ladi:

$$\text{Bundan: } N = \frac{1130 \cdot 40 \cdot 10^{-8} \cdot 14 \cdot 10^{11}}{205} = 3,090 \cdot 10^5 N.$$

Endi kuchlanishlarni aniqlaymiz:

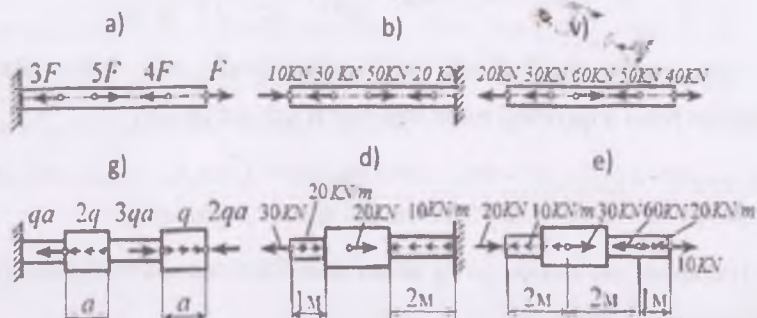
$$\sigma_M = \sigma_{AB} = \frac{3,090 \cdot 10^5}{6 \cdot 10^{-4}} = 516 \cdot 10^4 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_{AB} = \sigma_{BC} = \frac{3090}{2} = 773 \cdot 10^2 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_P = \sigma_{CD} = \frac{3090}{2} = 1545 \cdot 10^4 \frac{N}{m^2}$$

2.5. Mustaqil yechish uchun masalalar va topshiriqlar

2.5.1. Ko'rsatilgan bruslar uchun bo'ylama kuch epyuralari qurilsin.



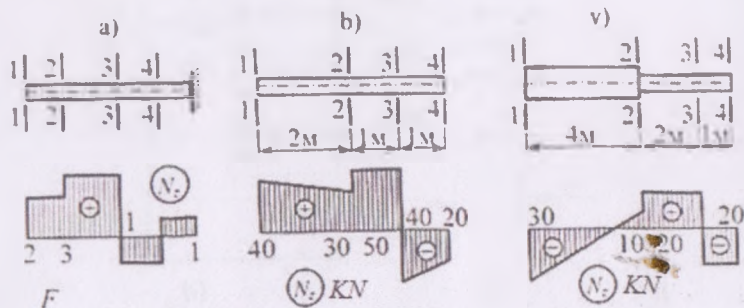
2.5.1-shakl

Javob: Eng katta kuch absolyut qiymatlari:

a) $3F$ (siqilish); b) 30 kN (siqilish); v) 50 kN (cho'zilish);

g) $2qa$ (cho'zilish va siqilish) d) 30 kN (cho'zilish) e) 30 kN (cho'zilish va siqilish)

2.5.2. Qurilgan bo'ylama kuch epyurasidan foydalanib ta'sir qilayotgan kuch qiymatlari va yo'nalishlari aniqlansin.



2.5.2-shakl.

Javob:

a) $F_1 = 2F, F_2 = F, F_3 = 2F$ chapga; $F_3 = 4F$ o'unga;

b) $F_1 = 40 \text{ kN}, F_2 = 20 \text{ kN}, q_{34} = 20 \text{ kN/m}, F_4 = 20 \text{ kN}$, chapga;

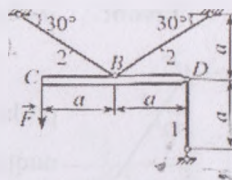
$q_{12} = 5 \text{ kN/m}, F_3 = 90 \text{ kN}$ o'unga;

v) $q_{12} = 10 \text{ kN}; F_2 = 10 \text{ kN}, F_4 = 20 \text{ kN}$ chapga;

$F_1 = 30 \text{ kN}, F_3 = 40 \text{ kN}$ o'unga;

2.5.3. Cho'zilish va siqilishdagi sterjenlarning mustahkamligi va bikrligini hisoblash.

Ko'rsatilgan sterjenlar sistemasining mustahkamligi va bikrligi tekshirilsin. (CD brus absolyut qattiqligi)



2.5.3-shakl

Berilgan: $F=10\text{kN}$,

$A = A, \alpha = 2\text{sm}^2, \alpha = 2\text{m}, E = 200\text{Gpa}, [\sigma] = 120 \text{ MPa}, [\delta_c] = 10 \text{ mm}$.

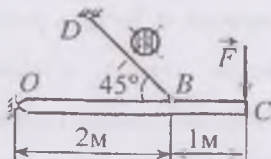
Javob:

$\sigma_c = \sigma_c = 100 \text{ MPa} < [\sigma], \delta_c = 8,5 \text{ mm}$

sterjenlarning mustahkamligi va bikrligi yetarli.

2.5.4. Gorizontol holatdagi absolyut qattiq OC balka uzunligi 2 m bo'lgan po'lat sterjen BD

bilim ushlab turilibdi. Sterjen diametri va balka C qismining vertikal ko'chishi aniqlansin. Berilgan: $F=60\text{kN}, [\sigma]=140 \text{ MPa}$

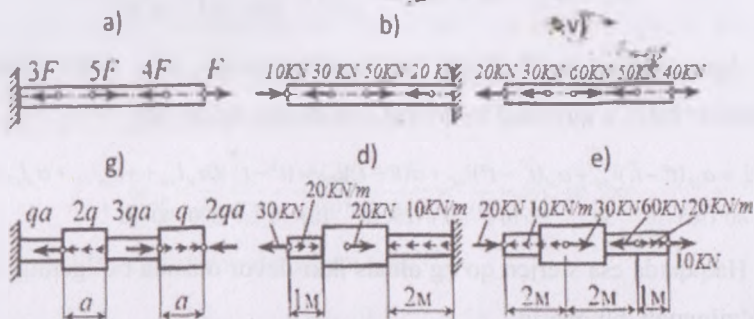


2.5.4-shakl

Javob: $d = 34 \text{ mm}, \delta_c = 3 \text{ mm}$.

2.5. Mustaqil yechish uchun masalalar va topshiriqlar

2.5.1. Ko'rsatilgan bruslar uchun bo'ylama kuch epyuralari qurilsin.



2.5.1-shakl

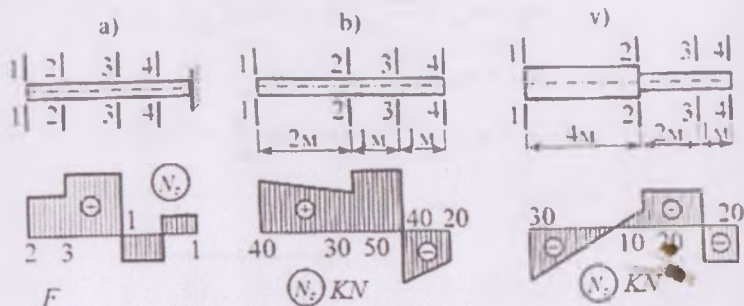
Javob: Eng katta kuch absolyut qiymatlari:

a) $3F$ (siqilish); b) 30 kN (siqilish); v) 50 kN (cho'zilish);

g) $2qa$ (cho'zilish va siqilish) d) 30 kN (cho'zilish) e) 30 kN (cho'zilish

va siqilish)

2.5.2. Qurilgan bo'ylama kuch epyurasidan foydalanib ta'sir qilayotgan kuch qiymatlari va yo'nalishlari aniqlansin.



2.5.2-shakl.

Javob:

a) $F_1 = 2F$, $F_2 = F$, $F_3 = 2F$ chapga; $F_3 = 4F$ o'nga;

b) $F_1 = 40 \text{ kN}$, $F_2 = 20 \text{ kN}$, $q_{34} = 20 \text{ kN/m}$, $F_4 = 20 \text{ kN}$, chapga;

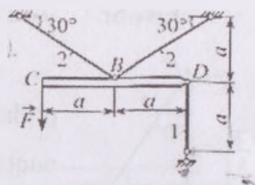
$q_{12} = 5 \text{ kN/m}$, $F_3 = 90 \text{ kN}$ o'nga;

v) $q_{12} = 10 \text{ kN}$; $F_2 = 10 \text{ kN}$, $F_4 = 20 \text{ kN}$ chapga;

$F_1 = 30 \text{ kN}$, $F_3 = 40 \text{ kN}$ o'nga;

2.5.3. Cho'zilish va siqilishdagi sterjenlarning mustahkamligi va bikrligini hisoblash.

Ko'rsatilgan sterjenlar sistemasining mustahkamligi va bikrligi tekshirilsin. (CD brus absolyut qattiqligi)



2.5.3-shakl

Berilgan: $F=10\text{kN}$,

$A_1 = A_2 = 2\text{sm}^2$, $\alpha = 2\text{m}$, $E = 200\text{Gpa}$, $[\sigma] = 120 \text{ MPa}$, $[\delta_c] = 10 \text{ mm}$.

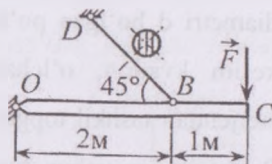
Javob:

$\sigma_{max} = \sigma_c = 100 \text{ MPa} < [\sigma]$, $\delta_c = 8,5 \text{ mm}$

sterjenlarning mustahkamligi va bikrligi yetarli.

2.5.4. Gorizontal holatdagi absolyut qattiq OK bulka uzunligi 2 m bo'lgan po'lat sterjen BD

bilan ushlab turilibdi. Sterjen diametri va bulka C qismining vertikal ko'tchishi aniqlansin. Berilgan: $F=60\text{kN}$, $[\sigma]=140 \text{ MPa}$

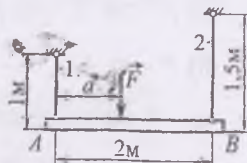


2.5.4-shakl

Javob: $d = 34 \text{ mm}$, $\delta_c = 3 \text{ mm}$.

2.5.5 Absolyut qattiq brus AB ikkita simga osilgan. Mis sim diametri $d_1=25$ mm, po'lat sim diametri $d_2=20$ mm.

$F=30$ kN kuch ta'siridagi simlar cho'zilgandan keyin brus AB gorizontal holatida qolsin. F kuch joylashishi masofasi a va normal kuchlanishlar σ_1 va σ_2 qiymati aniqlansin.

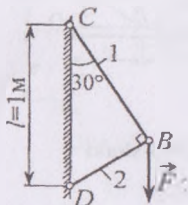


2.5.5-shakl

Javob: $a=0,92$ m, $\sigma_1=33$ MPa, $\sigma_2=44$ MPa.

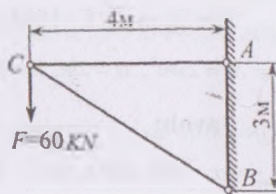
2.5.6 Ko'ndalang kesimlari $A=5$ sm² bo'lgan ikkita po'lat sterjenlar sistemasidagi normal kuchlanishlar va B nuqtalarning ko'chishi aniqlansin.

Javob: $\sigma_1=100$ MPa, $\sigma_2=173$ MPa, $\delta=0,77$ mm



2.5.6-shakl

2.5.7 Ko'rsatilgan sterjenlar sistemasi diametri d bo'lgan po'lat sterjen va ko'ndalang kesim kvadrat, o'lchami b bo'lgan yog'och sterjendan tashkil topgan, sterjen ko'ndalang kesimi o'lchamlari aniqlansin. Po'lat sterjen uchun ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma_p]=160$ MPa MPa yog'och sterjin uchun $[\sigma_1]=10$ MPa. C tugunning gorizontal, vertikal va to'liq ko'chishi aniqlansin.

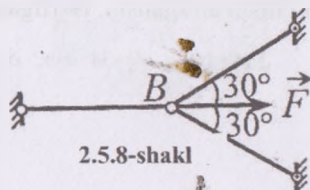


2.5.7-shakl

Javob: $d=25$ mm, $b=100$ mm,

$\delta_g=3,2$ mm

$\delta_v=12,6$ mm, $\delta_C=13,0$ mm.



2.5.8-shakl

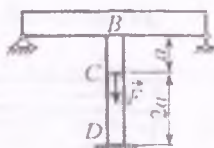
2.5.8. Uchta bir xil sharnir orqali biriktirilgan B tugunga $F=120$ kN kuch qo'yilgan. Sterjenlarning ko'ndalang kesim yuzasi aniqlansin.

Javob: $A=3$ sm².

2.5.9. Po'lat ustun BD pastdan fundamentga, yuqori tomoni balkaga mahkamlangan. B nuqtada

mahkamlanish muvofiqlik koefsiyenti $\alpha=3 \frac{mkm}{kN}$. BD

sterjen ko'ndalang kesimidagi kuchlanish aniqlansin. $F=6 \cdot 10^4$ N, $a=1$ m.

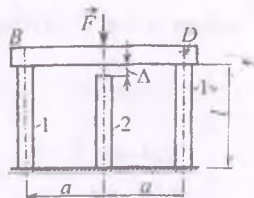


2.5.9-shakl 12,

Javob: $\sigma_{BC}=120$ MPa, $\sigma_{CD}=-150$ MPa.

2.5.10. Absolyut qattiq BD brus, uchta yog'och ustunga F kuch ta'sirida tegishi kerak. Yog'och ustun ko'ndalang kesimi kvadrat ($b \times b$). O'rtacha ustun

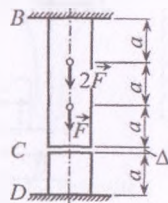
$\Delta=2$ mm ga kalta qilib tayyorlangan. Ustun ko'ndalang kesimlari aniqlansin. (Ustunlarning o'rtacha bosimi $[p]=5$ MPa dan oshmagan holda), ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]=15$ MPa, $F=1$ MN, $l=4$ m, $E=10$ GPa.



2.5.10-shakl

Javob: $b=20$ sm.

2.5.11. Ko'ndalang kesimi $A=25$ sm² bo'lgan po'lat sterjen ikki tomondan mahkamlangan va F, 2F kuchlar ta'sir qilyapti. Pastki tayanchdan a masofada $\Delta=0,0002a$ oraliq qoldirilgan. F kuchning eng katta qiymati aniqlansin. Taya bosim $[P]=30$ MPa dan oshmasligi kerak.

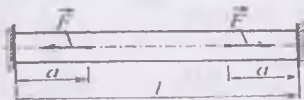


2.5.11-shakl 13,

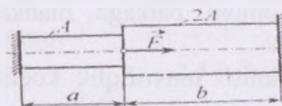
Javob: $[F]=100 \text{ kN}$.

2.5.12. Ko'rsatilgan sterjenda F kuch qaysi a masofada ta'sir etsa, sterjen mustahkamligi uzunligi bo'yicha bir xil bo'ladi (2.5.12-shakl).

Javob: $a=l/4$.



2.5.12 –shakl



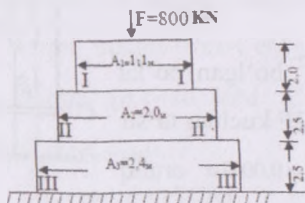
2.5.13-shakl

2.5.13. Ko'rsatilgan pag'onali brusning og'irligi eng yengil bo'lishi uchun a va b oraliq masofa nisbati qanday bo'lishi kerak, agar: $\frac{[\sigma_c]}{[\sigma_p]} = 4$ (2.5.13-shakl).

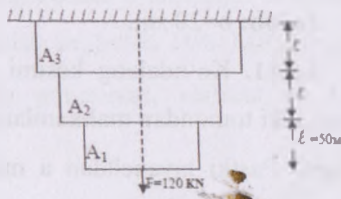
Javob: $\frac{a}{b} = 4$.

2.5.14. Shaklda ko'rsatilgan kesimi kvadrat bo'lgan pog'onali fundament materialining hajmiy og'irligi $\gamma = 0,024 \text{ kg/sm}^3$ bo'lsa, I-I, II-II, III-III kesimlarida hosil bo'ladigan kuchlanishlar topilsin (2.5.14-shakl).

Javob: $\sigma_{I-I} = 7,29 \text{ kg/sm}^2$, $\sigma_{II-II} = 2,75 \text{ kg/sm}^2$, $\sigma_{III-III} = 2,51 \text{ kg/sm}^2$



2.5.14-shakl



2.5.16-shakl

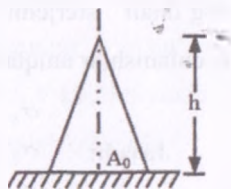
2.5.15. Ko'ndalang kesim yuzi $6 \times 6 \text{ sm}^2$, uzunligi $l=10 \text{ m}$ bo'lgan po'lat sterjen $F=200 \text{ kN}$ kuch bilan cho'ziladi. Sterjenning o'z og'irligini hisobga olgan holda undagi eng katta kuchlanish va uzayishi aniqlansin.

Javobi: $\sigma_{\max} = 563,4 \text{ kg/sm}^2$; $\Delta l = 0,27996 \text{ sm}$

2.5.16. Ruxsat etilgan kuchlanishi $[\sigma]=500 \text{ kg/sm}^2$ bo'lgan pog'onali prizmatik po'lat shtanganing o'z og'irligini hisobga olgan holda, har bir pog'onasining ko'ndalang kesim yuzi va to'la uzayishi aniqlansin (2.5.16-shakl).

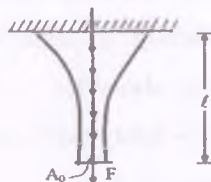
Javob: $A_1 = 26 \text{ sm}^2$ $A_2 = 28,2 \text{ sm}^2$ $A_3 = 30,6 \text{ sm}^2$ $\Delta l = 3,32 \text{ sm}$

2.5.17. Shaklda ko'rsatilgan ustunning ko'ndalang kesim yuzasi $A_x = A_0 \frac{x}{h}$ qonunga muvofiq o'zgaradi. Agar E va γ ma'lum bo'lsa, ustunning o'z og'irligidan to'liq kattalashishini toping.



2.5.17-shakl

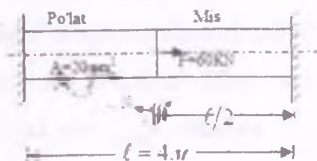
2.5.18. Teng qarshilikli sterjenning o'z og'irligini hisobga olgan holda, ko'ndalang kesimining o'zgarish qonunini aniqlang va to'la cho'zilishini toping.



2.5.18-shakl

Javobi: $A_x = \frac{A_0}{[\sigma]} e^{\frac{\gamma x}{E}}$; $\Delta l = \frac{[\sigma]}{E} l$

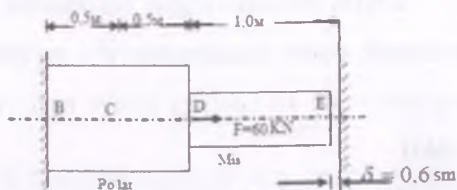
2.5.19. Shaklda ko'rsatilgandek yuklangan sterjenning temperaturasi $t=20^0$ ga ko'tarilganda ikkala qismda hosil bo'ladigan kuchlanishlar hisoblansin.



Javob:

$$\sigma_n = 380 \text{ kg/sm}^2; \quad \sigma_m = -680 \text{ kg/sm}^2$$

2.5.19-shakl



2.5.20. Shaklda ko'rsatilgan

pog'onali sterjenni $t=20^0$ ga qizdirganda qismlarida hosil bo'lgan kuchlanishlar aniqlansin.

$$\sigma_{BC} = 92,5 \text{ kg/sm}^2$$

Javob:

$$\sigma_{CD} = -157,5 \text{ kg/sm}^2;$$

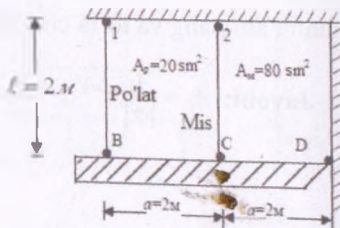
$$\sigma_{DE} = -315 \text{ kg/sm}^2$$

2.5.20-shakl

2.5.21. Shaklda korsatilgan BD absolyut bikr brus yig'ilgandan so'ng $t=60^0$ ga qizdirilganda sterjenlarda hosil bo'ladigan kuchlanishlarni brusning hususiy og'irligini hisobga olmagan holda aniqlang.

Javobi:

$$\sigma_1 = 320 \text{ kg/sm}^2; \quad \sigma_2 = -160 \text{ kg/sm}^2$$



2.5.21-shakl

Shaklda ko'rsatilgan pog'onali bruslar uchun (2.5.22-shakl) (2.5.1-

jadval) bajarilishi talab qilinadi:

1. Masshtab bo'yicha sterjenlarning hisoblash sxemasi chizilsin.
2. Tayanch reaksiya kuchlari aniqlansin.
3. Bruslarda bo'ylama kuch N , normal kuchlanish σ va xarakterli kesimlarida ko'ndalang kesim yuzalari δ aniqlansin va epyuralari qurilsin.
4. Sterjenlarning xavfli kesimlari aniqlansin va mustahkamlik shartidan ko'ndalang kesim yuzalari aniqlansin. $a=1$ m, $[\sigma_{sh}]=160$ MPa, $[\sigma_c]=60$ MPa deb qabul qilinsin.

Statik aniqmas sistemalarda absolyut qattiq po'lat balka (1 va 2) bilan mahkamlangan hamda F kuch ta'sir qiladi (AB balkaning o'z og'irligi hisobga olinmasin.). Ko'ndalang kesim yuzalari nisbati va F kuch qiymatlari

2.5.2-jadvalda berilgan 2.5.23-shakldagi sxemalar uchun talab qilinadi:

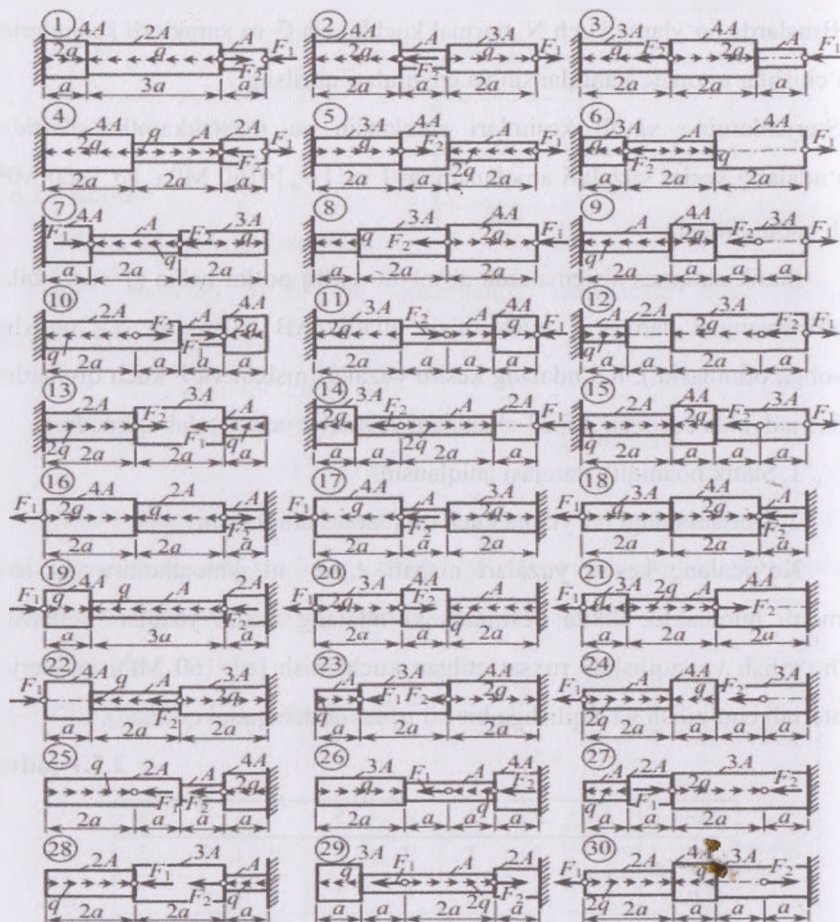
1. Statik noaniqlik darajasi aniqlansin.
2. Sterjenlardagi bo'ylama kuch qiymatlari aniqlansin.

Ko'ndalang kesim yuzalari nisbati A_2/A_1 ni qanoatlantiruvchi teng tomoli burchaklik ikkita kesimdan ko'ndalang kesim yuzalari tanlansin. (Cho'zilish va siqilishda ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]=160$ MPa va sterjen materiali cho'zilish va siqilishda bir xil ishlaydi deb qabul qilinsin).

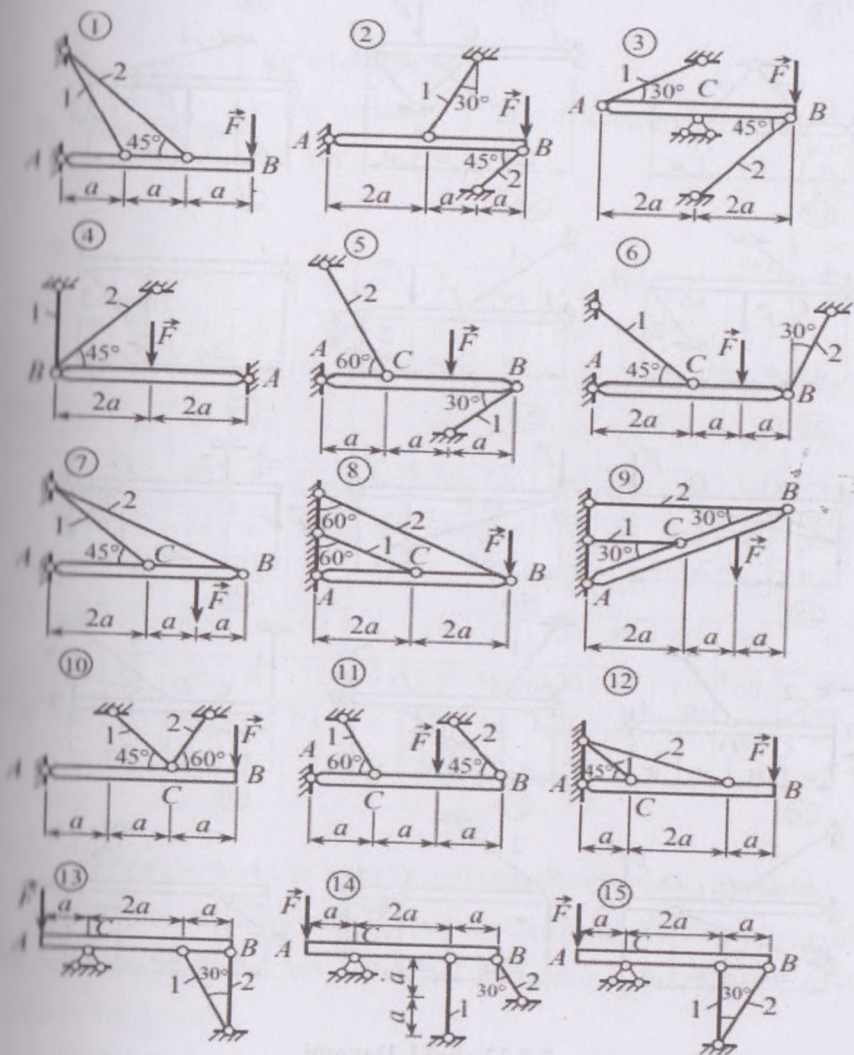
2.5.1-jadval

Variant	1	2	3	4	5	6	7	8
α_1	1	2	1	1	2	3	2	3
α_2	2	3	3	4	3	4	4	3
$q, \text{kN/m}$	100	200	300	400	500	600	400	800

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
F_1 , кН	1000	600	800	400	700	500	900	600
A_2 / A_1	1,2	1,8	1,5	2,0	1,4	1,6	2,2	1,3



2.5.22-shakl

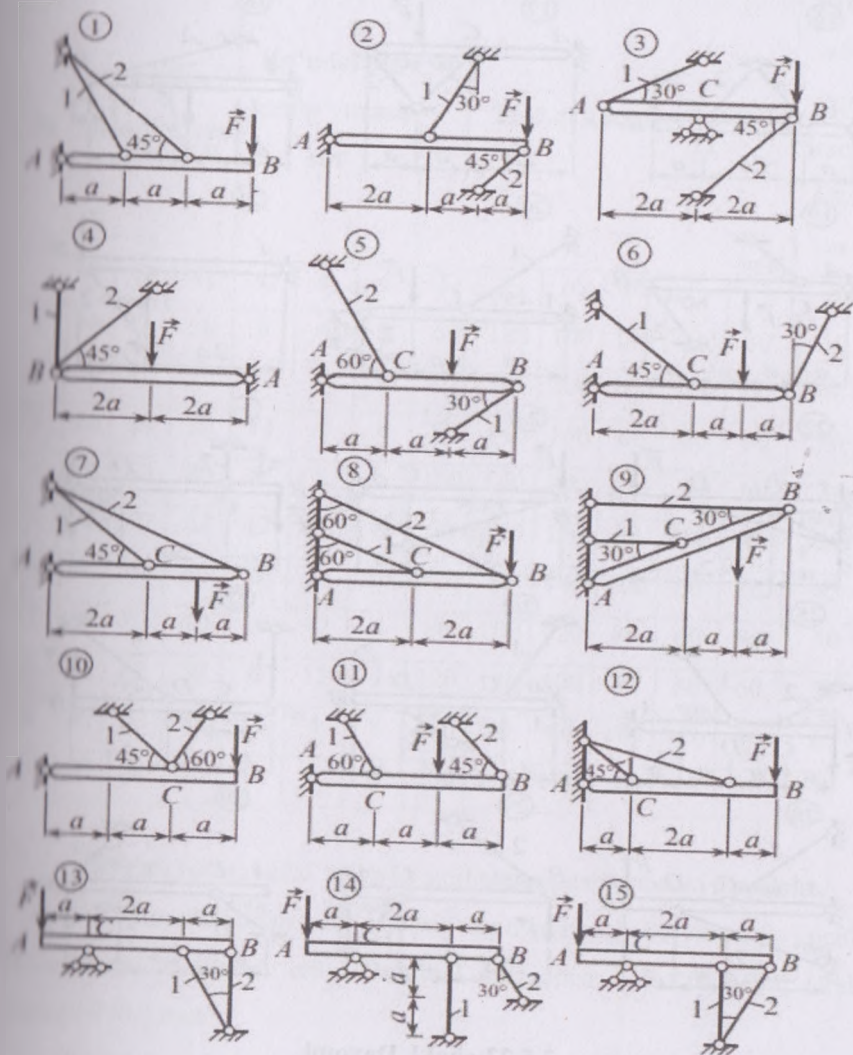


2.5.23-shaki.

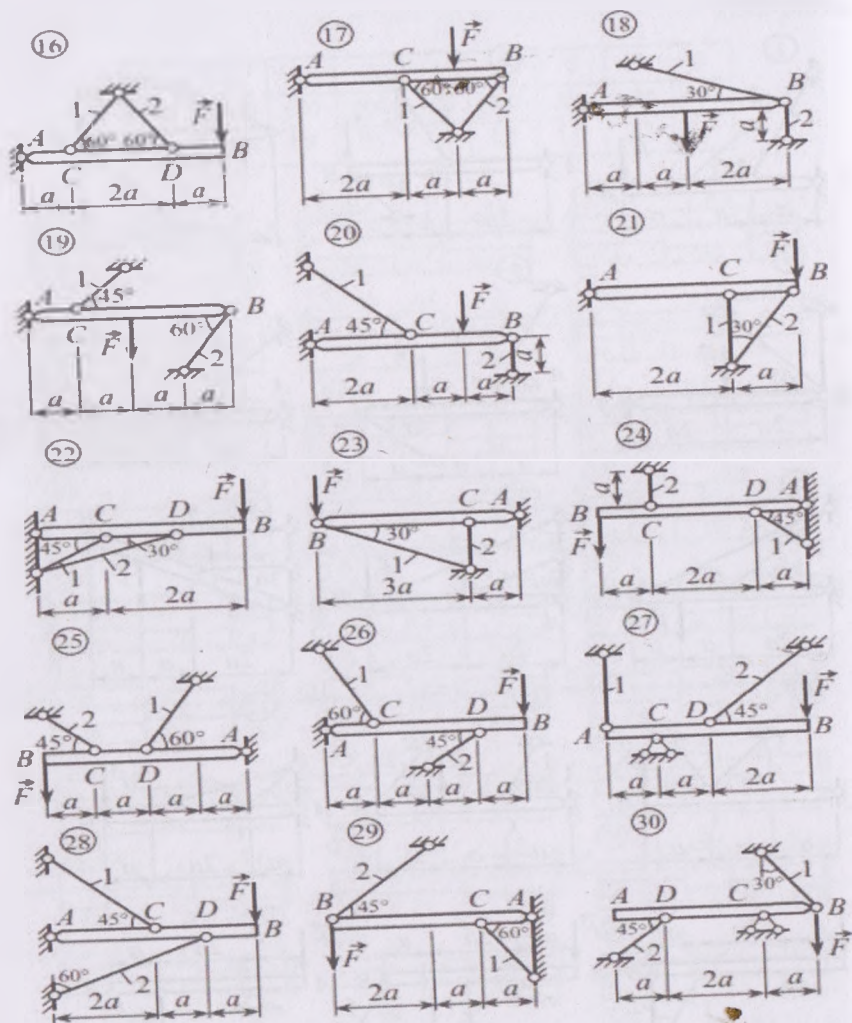
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
F_1 , кН	1000	600	800	400	700	500	900	600
A_2 / A_1	1,2	1,8	1,5	2,0	1,4	1,6	2,2	3



2.5.22-shakl



2.5.23-shakl.



2.5.23-shakl. Davomi.

№	Uchastka uzunligi, sm			Ko'ndalang kesim yuzasi, sm ²			Tashqi kuchlar, kN						Tarqalgan kuch, kN/s m
	l_1	l_2	l_3	A_1	A_2	A_3	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	q
1	40	80	50	8	4	6	60	180	160	140	100	80	30
2	50	45	70	10	4	4	120	80	200	160	120	60	40
3	80	40	30	14	4	8	80	140	160	60	60	80	20
4	40	60	80	12	8	6	100	140	100	120	40	60	35
5	52	42	62	12	16	8	60	120	160	80	100	40	25
6	80	50	60	8	4	16	120	80	140	100	60	120	45
7	30	80	40	10	12	6	80	100	120	80	60	80	50
8	42	62	50	6	12	4	120	140	100	60	80	60	50
9	60	30	48	10	4	8	140	80	60	100	120	40	65
10	70	50	90	6	8	4	100	120	100	140	40	80	70

Markaziy bo'lgan cho'zilish va siqilishdagi statik noaniq masalalar.

Berilgan: Po'latdan yasalgan pog'onali sterjenga bo'ylama F_1 kuchlar

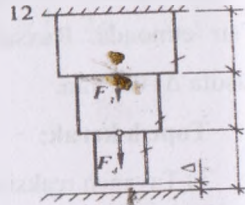
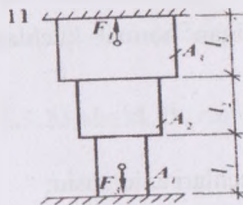
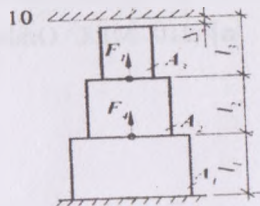
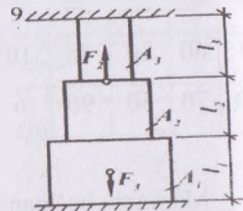
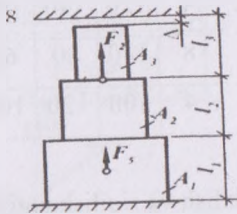
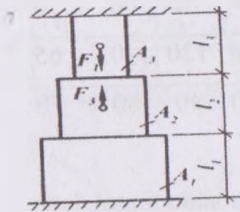
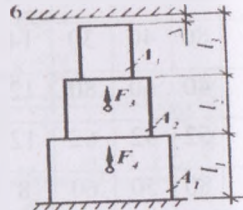
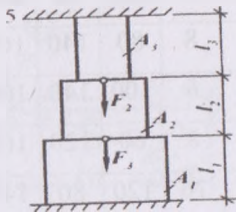
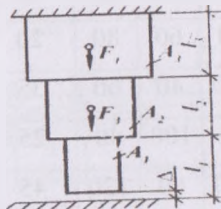
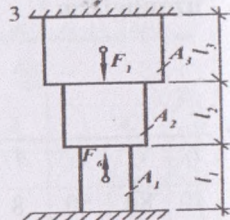
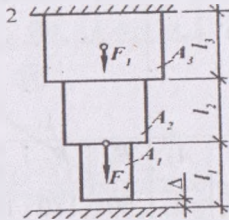
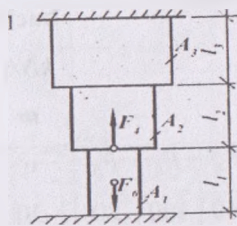
ta'sir etmoqda. Ruxsat etilgan normal kuchlanish $[\sigma]=210$ MPa. Oraliq masofa $\Delta=0,1$ mm.

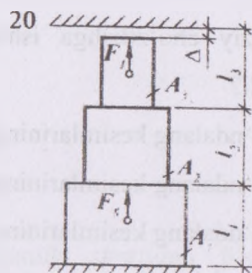
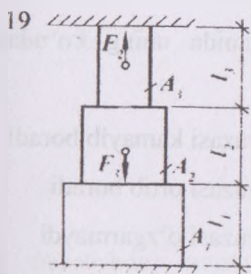
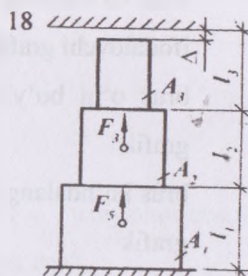
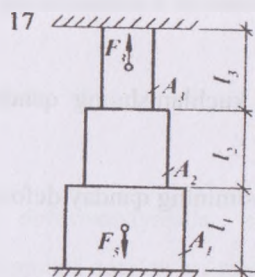
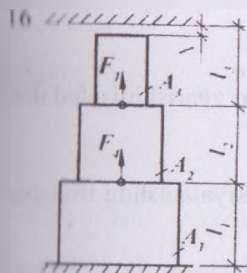
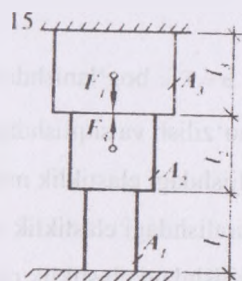
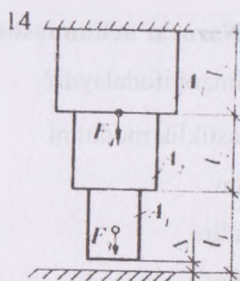
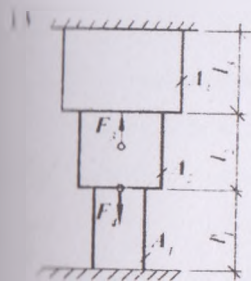
Topish kerak:

1) Tayanch reaksiya kuchlari aniqlansin;

2) Bo'ylama kuch, normal kuchlanish va deformatsiya epyuralari qurilsin;

3) Sterjenning mustahkamligi aniqlansin.





Nazorat uchun testlar

1. $\sigma = E \cdot \varepsilon$ bog'lanishda E nimani ifodalaydi?

cho'zilish va siqilishdagi elastiklik modulini

siljishdagi elastiklik modulini

buralishdagi elastiklik modulini

egilishdagi elastiklik modulini

2. Brus ko'ndalang kesimidagi kuchlanish epyurasi deb nimaga aytiladi?

brus ko'ndalang kesimida kuchlanishning qanday taqsimlanganligini ifodalovchi grafik

brus o'qi bo'ylab kuchlanishning qanday o'zgarishini ifodalovchi grafik

brus ko'ndalang kesimining qanday deformatsiyalanishini ifodalovchi grafik

brus ko'ndalang kesimidagi eng katta kuchlanishini ko'rsatuvchi grafik

3. Brus markaziy cho'zilishga ishlaganida uning ko'ndalang kesimlari qanday o'zgaradi?

brus ko'ndalang kesimlarining yuzasi kamayib boradi

brus ko'ndalang kesimlarining yuzasi ortib boradi

brus ko'ndalang kesimlarining yuzasi o'zgarmaydi

brus ko'ndalang kesimi yuzasi ortib, uzunligi kamayadi

4. Cho'zilish (siqilish) deformatsiyasida sterjen ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan kuchlanish qaysi formula orqali aniqlanadi?

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

5. Cho'zilish (siqilish) deformatsiyasida sterjenning eng katta yuk ko'tarish qobiliyatini qaysi formula yordamida aniqlash mumkin?

$$F = |\sigma| A$$

$$F = |\sigma| A$$

$$F = \sigma A$$

$$F = \sigma A$$

6. Cho'zilish (siqilish) deformatsiyasida haqiqiy uzayishni(absolyut deformatsiyani) aniqlash formulasi qanday ko'rinishga ega?

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{EA}$$

$$\Delta l = \frac{Q \cdot a}{GI}$$

$$\Delta l = \frac{\sigma}{E}$$

$$\Delta l = \frac{M \cdot l}{GI_p}$$

7. Cho'zilish (siqilishda) mustahkamlik shartidan foydalanib qanday masalalarni hal qilish mumkin?

mustahkamlikni tekshirish, sterjenning ko'tarish qobiliyatini aniqlash va sterjen ko'ndalang kesim yuzasini aniqlash mumkin

faqat mustahkamlikni tekshirish mumkin

faqat sterjenning ko'tarish qobiliyatini aniqlash mumkin

faqat sterjen ko'ndalang kesim yuzasini aniqlash mumkin

8. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasiga nisbatan bir xil mexanik xarakteristikaga ega bo'lgan materialni ko'rsating.

po'lat

cho'yan

yog'och

beton

9. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasida bo'ylama kuch N qanday usul yordamida aniqlanadi?

kesish usuli

proeksiyalash usuli

aralash usul

parallel ko'chirish usuli

10. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasida normal kuchlanish qanday o'lchov birlikda o'lchanadi?

$\text{kg} \cdot \text{k} / \text{sm}^2$

N / mm

N

$\text{N} \cdot \text{m}$

11. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasida qanday ichki kuchlar hosil bo'ladi?

bo'ylama kuch "N"

kesuvchi kuch "Q"

burovchi moment " M_b "

eguvchi moment "M"

12. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasida xavfli kesim qanday aniqlanadi?

normal kuchlanish maksimal bo'lgan kesim orqali

urinma kuchlanish maksimal bo'lgan kesim orqali

bo'ylama kuch maksimal bo'lgan kesim orqali

ko'ndalang kesim yuzasi eng kichik bo'lgan kesim orqali

13. Cho'zilish va siqilish masalasida nisbiy deformatsiya nimaga teng?

sterjen absolyut cho'zilishining sterjen uzunligiga nisbatiga teng

sterjenning absolyut cho'zilishiga teng

sterjen absolyut cho'zilishining sterjen uzunligiga ko'paytmasiga teng

sterjen absolyut cho'zilishining sterjen uzunligidan ayirmasiga teng

14. Cho'zilish va siqilishda mustahkamlik shartidan foydalanib necha xil

masalani hal qilish mumkin?

uch xil

ikki xil

bir xil

to'rt xil

15. Cho'zilish va siqilishda sterjen ko'ndalang kesimining bikrligi nimaga

teng?

EA

EI

GA

EG

16. Cho'zilish va siqilishdagi normal kuchlanish qaysi formula yordamida aniqlanadi?

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I_x}$$

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

$$\sigma = \frac{M}{A}$$

17. Cho'zilishda (siqilishda) nisbiy bo'ylama deformatsiya qaysi ifoda bilan aniqlanadi?

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

$$\Delta l = \Delta l_2 - l_1$$

$$\Delta d = d_2 - d_1$$

$$\mu = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$$

18. Cho'zilishda absolyut deformatsiyaning o'lchov birligi qanaqa bo'ladi?
uzunlik birligida

gradus

radian

o'lchovsiz kattalik

19. Cho'zilishda bir xil materialdan yasalgan sterjen mustahkamligini qanday oshirish mumkin?

kesim yuzasini oshirish orqali

uzunligini kamaytirish orqali

uzunligini orttirish orqali

kesim yuzasi kamaytirish orqali

10. Cho'zilish va siqilishdagi birklik nima?

EA ning ko'paytmasi

$\frac{1}{E}$ ning nisbati

$\sigma = E \epsilon$

$E = A$

11. Ichki kuchlar qanday usul asosida aniqlanadi?

Yotish usuli

Vereshagin usuli

Lagranj usuli

Juravskiy usuli

12. Kesish usuli nimaga kerak?

kesimdagi ichki kuchlarni topish uchun

kesim o'lchamini o'zgarishini aniqlash uchun

kesimdagi kuchlanishni aniqlash uchun

kesim yuzasining og'irlik markazini aniqlash uchun

13. Markaziy cho'zilgan yoki siqilgan sterjen ko'ndalang kesimida normal kuchlanishlar qanday taqsimlangan?

normal kuchlanishlar teng taqsimlangan

normal kuchlanishlar qavariq parabola shaklida taqsimlangan bo'ladi

normal kuchlanishlar botiq parabola shaklida taqsimlangan bo'ladi

EG

16. Cho'zilish va siqilishdagi normal kuchlanish qaysi formula yordamida aniqlanadi?

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I_z}$$

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

$$\sigma = \frac{M}{A}$$

17. Cho'zilishda (siqilishda) nisbiy bo'ylama deformatsiya qaysi ifoda bilan aniqlanadi?

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

$$\Delta l = \Delta l_2 - l,$$

$$\Delta d = d_2 - d,$$

$$\mu = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon}$$

18. Cho'zilishda absolyut deformatsiyaning o'lchov birligi qanaqa bo'ladi?
uzunlik birligida

gradus

radian

o'lchovsiz kattalik

19. Cho'zilishda bir xil materialdan yasalgan sterjen mustahkamligini qanday oshirish mumkin?

kesim yuzasini oshirish orqali

uzunligini kamaytirish orqali

uzunligini orttirish orqali

kesim yuzasi kamaytirish orqali

10. Cho'zilish va siqilishdagi birklik nima?

EA ning ko'paytmasi

f ning nisbati

$\sigma = E\epsilon$

E=A

11. Ichki kuchlar qanday usul asosida aniqlanadi?

Yerush usuli

Vereshagin usuli

Lagranj usuli

Juravskiy usuli

12. Kesish usuli nimaga kerak?

kesimdagi ichki kuchlarni topish uchun

kesim o'lehamini o'zgarishini aniqlash uchun

kesimdagi kuchlanishni aniqlash uchun

kesim yuzasining og'irlik markazini aniqlash uchun

13. Markaziy cho'zilgan yoki siqilgan sterjen ko'ndalang kesimida normal kuchlanishlar qanday taqsimlangan?

normal kuchlanishlar teng taqsimlangan

normal kuchlanishlar qavariq parabola shaklida taqsimlangan bo'ladi

normal kuchlanishlar botiq parabola shaklida taqsimlangan bo'ladi

normal kuchlanishlar qavariq hamda botiq parabola shaklida taqsimlangan bo'ladi.

24. Markaziy cho'zilish va siqilish qaysi holda hosil bo'ladi?

agar sterjenga ta'sir etuvchi kuch sterjen o'qi bo'yicha ta'sir etsa
agar sterjenga ta'sir etuvchi kuch sterjen o'qiga perpendikulyar ta'sir etsa

agar sterjenga ta'sir etuvchi kuch sterjen o'qiga biror burchak ostida ta'sir etsa

kesim yadrosi kesimdan tashqarida bo'lsa

25. Markaziy cho'zilish va siqilishga ishlayotgan brusda o'tkazilgan qayni kesimlardagi normal kuchlanishlar absolyut qiymati jihatidan maksimal bo'ladi?

brus ko'ndalang kesimlarida.

brus o'qi bilan 45 gradus burchak tashkil qilgan kesimlarda

brus o'qi bilan 135 gradus burchak tashkil qilgan kesimlarda

brus o'qi bilan 90 gradus burchak tashkil qilgan kesimlarda

26. Materialning Puasson koeffitsienti (μ) qanday o'lchov birligida o'lchanadi?

o'lchovsiz kattalik

n/m

sm²

sm

III BOB. TEKIS SHAKLLARNING GEOMETRIK XARAKTERISTIKALARI

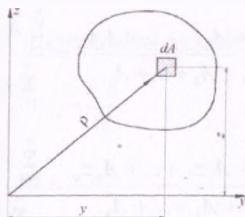
3.1. Umumiy tushunchalar

Inshoot va konstruksiya sterjenlari cho'zilish yoki siqilish va siljish deformatsiyalariga ishlayotganda ularning ko'ndalang kesim yuzasi sterjenning mustahkamligini va bikrligini xarakterlovchi miqdor hisoblanadi. Aniq buralish va egilish deformatsiyalarida sterjenlarning mustahkamligi yoki bikrligi kesim yuzasi emas, balki undan ham murakkabroq bo'lgan geometrik xarakteristikalariga bog'liq bo'ladi. Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari quyidagilardan iborat:

1. Tekis kesim yuzalarining o'qqa nisbatan statik momentlari
2. Tekis kesim yuzalarining inersiya momentlari
3. Tekis kesim yuzalarining qarshilik momentlari

$$S_y = \int_F z \cdot dA \text{ (sm}^3\text{)} \quad (3.1.1)$$

$$S_z = \int_F y \cdot dA \text{ (sm}^3\text{)}$$



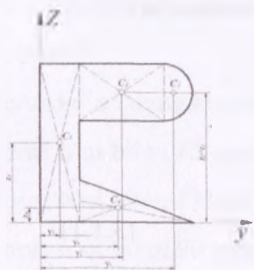
3.1.1-shakl

Statik moment qiymatlari o'qlarning vaziyatiga qarab, ishoralari musbat, manfiy va nol bo'lishi mumkin.

Agar tekis kesim yuzaning statik momenti va yuzasi ma'lum bo'lsa, uning og'irlik markazi koordinatalari quyidagicha aniqlanadi:

$$y_c = \frac{S_x}{A}; \quad z_c = \frac{S_y}{A}; \quad (3.1.2)$$

$$S_x = A \cdot y_c; \quad S_y = A \cdot z_c$$



Demak kesim yuzasining og'irlik markazidan o'tuvchi o'qlarga (markaziy o'qlarga) nisbatan statik momentning qiymati nolga tengdir.

Agar tekis kesim yuzasi murakkab bo'lsa, kesim yuzasi oddiy ma'lum bo'lgan yuzalarga bo'linadi.

Murakkab kesim yuzasi og'irlik markazi

3.1.2-shakl

koordinatalari quyidagicha aniqlanadi:

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + \dots + A_n y_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i y_i}{\sum_{i=1}^n A_i};$$

$$z_c = \frac{A_1 z_1 + A_2 z_2 + \dots + A_n z_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i z_i}{\sum_{i=1}^n A_i};$$

bunda, A_1, A_2, \dots, A_n – oddiy kesimlarning yuzalari;

y_1, y_2, \dots, y_n va z_1, z_2, \dots, z_n - og'irlik markazlarining koordinatalari.

Tekis kesim yuzalarining inersiya momentlari

Tekis kesim yuzalarining inersiya momentlari O_y va O_z o'qlarga nisbatan quyidagicha ifodalanadi (3.1.1-shakl):

$$I_y = \int_F z^2 \cdot dA, \quad (3.1.4)$$

$$I_z = \int_F y^2 \cdot dA$$

Qutb inersiya momenti quyidagicha topiladi:

$$I_p = \int_F \rho^2 \cdot dA \quad (3.1.5)$$

$$I_p = I_y + I_z = const \quad (3.1.6)$$

Kesim yuzasining markazdan qochirma inersiya momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{yz} = \int_F y \cdot z \cdot dA \quad (3.1.7)$$

Inersiya momentlarining o'lchov birligi to'rtinchi daraja bilan aniqlanadi (odatda sm^4).

Oddiy kesim yuzalarining inersiya momentlari

1. To'g'ri to'rtburchak kesimining inersiya momentlari quyidagicha aniqlanadi:



$$I_y = \frac{bh^3}{12}; \quad I_z = \frac{b^3h}{12} \quad (3.1.8)$$

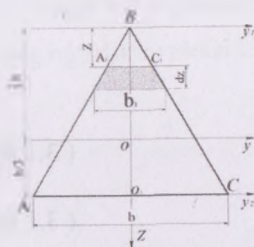
$$I_{y1} = \frac{bh^3}{3}; \quad I_{z1} = \frac{hb^3}{3} \quad (3.1.9)$$

3.1.3-shakl

2. Kvadrat ($b=h=a$)

$$I_y = I_z = \frac{a^4}{12}; \dots \dots \dots I_{y_1} = I_{z_1} = \frac{a^4}{3}; \dots$$

(3.1.10)



3. Uchburchak shaklidagi kesimning inersiya momentlari:

$$I_y = \frac{bh^3}{36};$$

(3.1.11)

$$I_z = \frac{bh^3}{12}$$

(3.1.12)

4. Doira shaklidagi kesimning inersiya momentlari quyidagicha ifodalanadi:

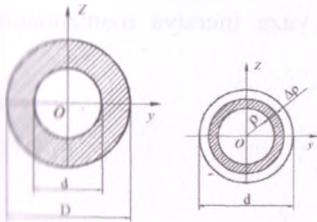
$$I_p = \frac{\pi D^4}{32} \approx 0,1D^4$$

(3.1.13)

$$I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \approx 0,05D^4$$

(3.1.14)

5. Halqasimon shakldagi kesimning inersiya momenti quyidagicha bo'ladi:



$$I_p = \frac{\pi D^4}{32} - \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi D^4}{32} (1 - c^4) \quad (3.1.15)$$

bunda,

$$c = \frac{d}{D}; \quad I_y = I_z = \frac{\pi D^4}{64} (1 - c^4); \quad (3.1.16)$$

3.1.5-shakl

Kesimning qarshilik momenti

Kesim yuzasining o'qiga nisbatan qarshilik momenti yuzaning shu o'qdan eng chekka nuqtasiga bo'lgan masofaga nisbati bilan o'lchanadi:

$$W_y = \frac{I_y}{Z_{\max}}; \quad W_z = \frac{I_z}{Y_{\max}}; \quad (3.1.17)$$

Qarshilik momentining o'lchov birligi m^3 , mm^3 , sm^3 da bo'ladi, ishorasi musbat va manfiy bo'lishi mumkin.

Oddiy kesimlarning qarshilik momentlari quyidagicha bo'ladi:

1, To'g'ri to'rtburchak: $W_y = \frac{bh^2}{6}; \quad W_z = \frac{hb^2}{6}$

2, Uchburchak: $W_y = \frac{bh^2}{24}; \quad W_z = \frac{hb^2}{24}$

3, Doira: $W_y = \frac{\pi d^3}{32} = W_z; \quad W_p = \frac{\pi d^3}{16}$

Agar tekis kesim yuzasi murakkab shakllardan iborat bo'lsa, uning inersiya momentlari har bir ajratilgan kesim yuza inersiya momentlarini algebraik qo'shib chiqiladi:

$$I_y = I_y^1 + I_y^2 + I_y^3 + \dots + I_y^n; \sum_{i=1}^n I_{y_i} \quad (3.1.18)$$

$$I_z = I_z^1 + I_z^2 + I_z^3 + \dots + I_z^n; \sum_{i=1}^n I_{z_i}$$

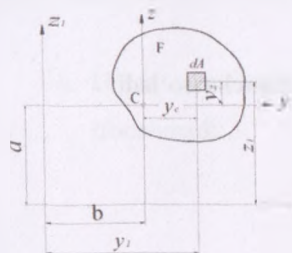
$$\begin{aligned} I_y^1 &= I_{y_1}^1 + a_1^2 A_1; I_y^2 = I_{y_2}^2 + a_2^2 A_2 \\ I_z^1 &= I_{z_1}^1 + b_1^2 A_1; I_z^2 = I_{z_2}^2 + b_2^2 A_2 \end{aligned} \quad (3.1.19)$$

bunda

$I_{y_i}^1, I_{y_i}^2, \dots, I_{z_i}^n$ - har qaysi ajratilgan kesimning o'z o'qlariga nisbatan inersiya momentlari;

a_1, a_2, \dots, a_n - har qaysi kesim yuza markaziy o'qidan murakkab kesim yuza markaziy o'qigacha bo'lgan masofalar.

Tekis kesim yuzalarining markaziy o'qlarga parallel bo'lgan o'qlarga nisbatan inersiya momentlari:



$$I_{y_1} = I_y + a^2 A;$$

$$(3.1.20)$$

$$I_{z_1} = I_z + b^2 A$$

$$(3.1.21)$$

$$I_{yz_1} = I_{yz} + a \cdot b \cdot A \quad (3.1.22)$$

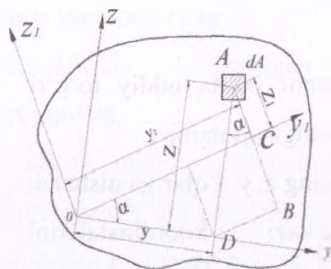
3.1.6-shakl

Koordinata o'qlari burilganda inersiya momentlarining o'zgarishi:

$$I_{y_1} = I_y \cdot \cos^2 \alpha + I_z \cdot \sin^2 \alpha - I_{yz} \cdot \sin 2\alpha \quad (3.1.23)$$

$$I_{z_1} = I_y \cdot \sin^2 \alpha + I_z \cdot \cos^2 \alpha + I_{yz} \cdot \sin 2\alpha \quad (3.1.24)$$

$$I_{y_1 z_1} = \frac{1}{2}(I_z - I_y) \sin 2\alpha + I_{yz} \cdot \cos 2\alpha \quad (3.1.25)$$



3.1.7-shakl

O'zaro tik bo'lgan o'qlarga nisbatan markazdan qochma inersiya momentlari qiymati nolga teng. Ekvatorial inersiya momentlari esa ekstremal qiymatga erishsa, bunday o'qlarga bosh inersiya o'qlari deyiladi. Bosh inersiya momentlari o'qlarining burchagi quyidagicha topiladi:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = -\frac{2I_{yz}}{I_y - I_z} \quad (3.1.26)$$

Bosh inersiya momentlari qiymati quyidagiga teng:

$$I_{\max} = \frac{1}{2} \left[(I_y + I_z) \pm \sqrt{(I_y - I_z)^2 + 4I_{yz}^2} \right] \quad (3.1.27)$$

Inersiya momentlari radiuslari quyidagicha aniqlanadi:

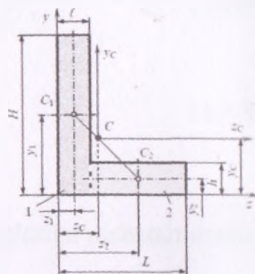
$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}; \quad i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}}; \quad i_{\rho} = \sqrt{\frac{I_{\rho}}{A}} \quad (3.1.28)$$

3.2. Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari mavzusiga doir masalalar

3.2.1-masala. Ko'rsatilgan kesim yuzasi uchun bosh inersiya momentlari qiymati aniqlansin. Berilgan: $H=10$ sm, $h=2$ sm, $L=8$ sm, $l=2$ sm.

Yechish:

- a) Murakkab kesimni ikkita oddiy to'g'ri to'rtburchak shaklga ajratamiz;
- b) Oddiy shakllarning z, y o'qlariga nisbatan og'irlik markazi koordinatalarini aniqlaymiz:



3.2.1-shakl

$$z_1 = \frac{l}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ sm};$$

$$z_2 = l + \frac{L-l}{2} = 2 + \frac{8-2}{2} = 5 \text{ sm}$$

$$y_1 = \frac{H}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ sm};$$

$$y_2 = \frac{h}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ sm}$$

- c) Oddiy shakllarning yuzalari quyidagicha aniqlanadi:

$$A_1 = l \cdot H = 2 \cdot 10 = 20 \text{ sm}^2;$$

$$A_2 = (L-l)h = (8-2)2 = 12 \text{ sm}^2;$$

- d) Oddiy shakllarning statik momentlari:

$$S_{z1} = y_1 \cdot A_1 = 5 \cdot 20 = 100 \text{ sm}^3; \quad S_{y1} = z_1 \cdot A_1 = 1 \cdot 20 = 20 \text{ sm}^3;$$

$$S_{z2} = y_2 \cdot A_2 = 1 \cdot 12 = 12 \text{ sm}^3; \quad S_{y2} = z_2 \cdot A_2 = 5 \cdot 12 = 60 \text{ sm}^3$$

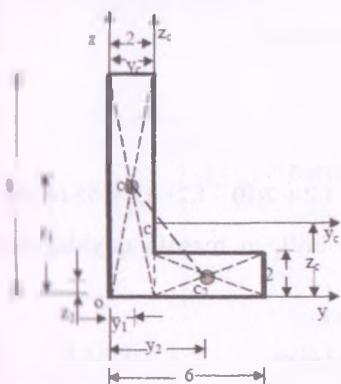
- e) Murakkab kesimning og'irlik markazi koordinatalarini aniqlaymiz:

$$z_c = \frac{S_{y1} + S_{y2}}{A_1 + A_2} = \frac{20 + 60}{20 + 12} = 2,5 \text{ sm}; \quad y_c = \frac{S_{z1} + S_{z2}}{A_1 + A_2} = \frac{100 + 12}{20 + 12} = 3,5 \text{ sm}$$

Og'irlik markazi koordinatalari orqali markaziy o'qlari z_c va y_c ni o'tkazamiz. Ko'rinib turibdiki ikkita shakldan iborat kesimning og'irlik markazi koordinatalari alohida ikkita to'g'ri to'rtburchak og'irlik markazlarini tutashtirilgan to'g'ri chiziqda joylashar ekan.

3.2.2-masala. 3.2.2-shaklda ko'rsatilgan kesimning og'irlik markazining koordinatalari topilsin.

Yechish: Kesimni ikkita oddiy to'g'ri to'rtburchakka ajratamiz. Yordunchi z , o , y o'qini o'tkazamiz. Bu to'g'ri to'rtburchaklarning og'irlik markazi ularning diagonalining kesishgan nuqtasi c_1 va c_2 bo'ladi.



to'g'ri chiziqda yotadi.

3.2.2-shakl

Kesimning og'irlik markazining koordinatalari y_c va z_c larni topamiz:

$$y_c = \frac{S_z}{A} = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2}{A_1 + A_2} = \frac{8 \cdot 2 \cdot 1 + 4 \cdot 2 \cdot 4}{8 \cdot 2 + 4 \cdot 2} = 2 \text{ sm}$$

$$z_c = \frac{S_y}{A} = \frac{A_1 \cdot z_1 + A_2 \cdot z_2}{A_1 + A_2} = \frac{8 \cdot 2 \cdot 4 + 4 \cdot 2 \cdot 4}{8 \cdot 2 + 4 \cdot 2} = 3 \text{ sm}$$

Topilgan y_c va z_c larning qiymatini mashtab bo'yicha qo'yib C nuqtasini topamiz, y C_1 va C_2 nuqtalarni tutashtiruvchi

3.2.3-masala. 3.2.3-shaklda ko'rsatilgan shvellarning markaziy kvadratorial inersiya momenti topilsin. O'lchamlar sm da berilgan.

Markaziy o'qlarga nisbatan markazdan qochirma inertsia momentini aniqlaymiz:

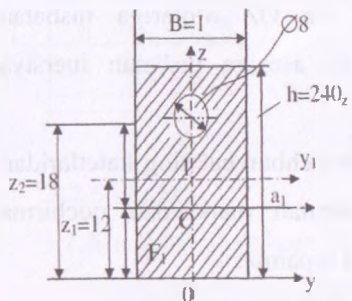
$$I_{yz} = I_{y_1 z_1} - a \cdot b F = \frac{b^2 h^2}{24} - \frac{b h b h}{3 \cdot 3 \cdot 2} = \frac{b^2 h^2}{24} - \frac{b^2 h^2}{18} = \frac{b^2 h^2}{72} \text{ yoki}$$

$$I_{yz} = \frac{b^2 h^2}{72} \text{ bo'ladi.}$$

Endi uchburchakning asosidan o'tgan OY_1 o'qqa nisbatan inertsia momentini topamiz:

$$I_{y_1} = \frac{bh^3}{12}$$

3.2.7-masala. 3.2.7-shaklda keltirilgan kesim yuzining shu kesim og'irlik markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inertsia momenti aniqlansin (O'lchamlar mm hisobida berilgan).



Yechish: Kesim og'irlik markazining koordinatalarini ixtiyoriy olingan YOZ koordinatalar sistemasiga nisbatan aniqlaymiz:

$$z_c = \frac{\sum S_i}{F} = \frac{F_1 z_1 - F_2 z_2}{F_1 - F_2} = \frac{24 \cdot 16 \cdot 12 - \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} \cdot 18}{24 \cdot 16 - \frac{3,14 \cdot 8^2}{4}} \cdot 10^{-2} M = 11,1 \text{ sm}$$

demak $C(0; 1; 1)$.

3.2.7-shakl

To'g'ri to'rtburchakning Y o'qiga nisbatan inertsia momentini aniqlaymiz:

$$I_y^I = I_y^I + F_1 \cdot a_1^2 = \frac{bh^3}{12} + bh \left(\frac{h}{2} - z_c \right)^2 = \frac{16 \cdot 24^3}{12} + 16 \cdot 24 \cdot 0,9^2 = 18743 \text{ sm}^4$$

$$I_y^{II} = I_y^{II} + F_2 \cdot a_2^2 = \frac{\pi d^4}{64} + \frac{\pi d^2}{4} (z_2 - z_c)^2 = \frac{3,14 \cdot 8^4}{64} + \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} (18 - 11,1) = 2593 \text{ sm}^4.$$

Harcha kesimning Y o'qiga nisbatan inertsiya momentini aniqlaymiz:

$$I_y^{\sim} = I_y^I - I_y^{II} = 18743 - 2593 = 16150 \text{ sm}^4$$

Harcha kesimning Z o'qiga nisbatan inertsiya momenti:

$$I_z = \frac{b^3 h}{12} - \frac{\pi d^4}{64} = \frac{24 \cdot 16^3}{12} - \frac{3,14 \cdot 8^4}{64} = 7991 \text{ sm}^4$$

1.2.8-masala. 24 nomerli qo'shtavr bilan 16a nomerli shvellardan

tashtkil topgan kesim yuzasi uchun og'irlik markazining koordinatalari aniqlansin:

1. Og'irlik markazi orqali o'tadigan Y_c va Z_c o'qlarga nisbatan kvatorial va markazdan qochirma inertsiya momentlari topilsin;

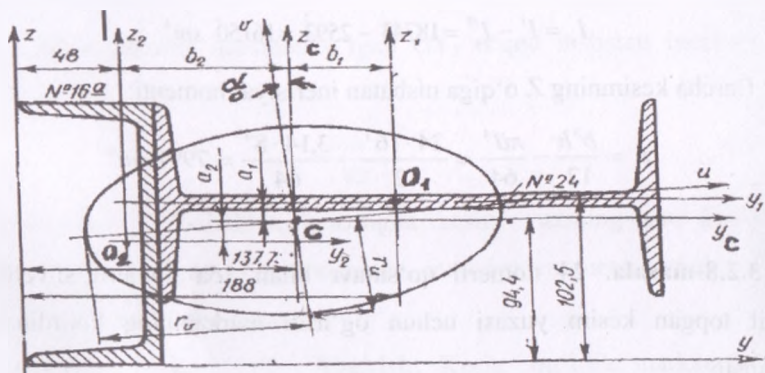
2. Bosh markaziy o'qlarning yo'nalishi aniqlansin;

3. Bosh markaziy o'qlarga nisbatan inertsiya momentlarining qiymati topilsin.

Zarur bo'ladigan quyidagi ma'lumotlarni jadvaldan olamiz:

Qo'shtavr №24	Shvellar №16a
$h=240\text{mm}$	$h=160\text{mm}$
$b=115\text{mm}$	$b=68\text{mm}$
$F_1=34,8 \text{ sm}^2$	$z_0=20 \text{ mm}$
$I_{za}=3460 \text{ sm}^4$	$F_2=195 \text{ sm}^2$

$I_{ya}=198 \text{ sm}^4$	$I_y=823 \text{ sm}^4$
	$I_{za}=78,8 \text{ sm}^4$



3.2.8-shakl

Yechish. Berilgan kesimning og'irlik markazini Y va Z o'qlarga nisbatan aniqlaymiz:

$$Z_c = \frac{F_1 \cdot Z_1 + F_2 \cdot Z_2}{F_1 + F_2} = \frac{34,8 \cdot 10,25 + 19,5 \cdot 8}{54,3} = 9,44 \text{ sm}$$

$$Y_c = \frac{F_1 \cdot Y_1 + F_2 \cdot Y_2}{F_1 + F_2} = \frac{34,8 \cdot 18,8 + 19,5 \cdot 4,8}{54,3} = 13,77 \text{ sm}$$

Topilgan koordinatalarning qabul qilingan ma'lum mashtabda chizmaga qo'yib, og'irlik markazi C dan o'qlar o'tkazamiz.

Kesim yuzining markaziy Y_c va Z_c o'qlarga nisbatan inertsiya momentlarini topamiz:

$$I_y = I_v^1 + F_1 \cdot a_1^2 + I_v^2 + F_2 \cdot a_2^2$$

$$I_z = I_z^1 + F_1 \cdot b_1^2 + I_z^2 + F_2 \cdot b_2^2;$$

Hunda chizmadan a_1 , b_1 , b_2 larni aniqlaymiz:

$$a_1 = 10,25 - 9,44 = 0,81 \text{ sm}; \quad b_1 = 18,8 - 13,77 = 5,03 \text{ sm};$$

$$a_2 = 8 - 9,44 = -1,44 \text{ sm}; \quad b_2 = 4,8 - 13,77 = -8,97 \text{ sm};$$

$$I_{y_c} = 198 + 34,8(0,81)^2 + 82,3 + 1,95(-1,44)^2 = 1084,27 \text{ sm}^4;$$

$$I_{z_c} = 3460 + 34,8(5,03)^2 + 78,8 + 19,5(-8,97)^2 = 5988,21 \text{ sm}^4$$

Kesimning markazdan qochirma inertsiya momentini Y_c va Z_c o'qlarga nisbatan topamiz:

$$I_{y_z} = F_1 \cdot a_1 \cdot b_1 + F_2 \cdot a_2 \cdot b_2 + 19,5(-1,44) \cdot (-8,97) = 421,72 \text{ sm}^4$$

Kesim markaziy bosh o'qlarining yo'nalishini topamiz:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{2I_{y_z}}{I_{y_c} - I_{z_c}} = \frac{2 \cdot 421,72}{1084,27 - 5988,21} = 0,47$$

$$2\alpha_0 = 9^\circ 48', \quad \alpha_0 = 4^\circ 54'$$

α_0 burchak markaziy bosh o'qning $\alpha_0 + 90^\circ$ burchak esa markaziy bosh o'q V ning yo'nalishini aniqlaydi.

Bosh markaziy V va U o'qlarga nisbatan bosh inertsiya momentlarini hisoblaymiz:

$$I_{u_{\max}} = I_{\min} = \frac{I_{y_c} + I_{z_c}}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(I_{y_c} - I_{z_c})^2 + 4I_{y_z}^2} =$$

$$= 3536,24 \pm \frac{1}{2} \sqrt{(-4903,94)^2 + 4(421,72)^2} = 3536,24 \pm 2487,07$$

Shunday qilib:

$$I_u = I_{\max} = 6024,21 \text{ sm}^4 \quad I_v = I_{\min} = 1048,27 \text{ sm}^4$$

$$I_u + I_v = I_y + I_z$$

$$6024,21 + 1048,27 = 1084,27 + 5988,21$$

$$7072,48 = 7072,48$$

Bu tekshirish natijasi hisobning to'g'ri o'tkazilganligini ko'rsatadi.

Endi bosh inertsiya radiuslarini hisoblaymiz:

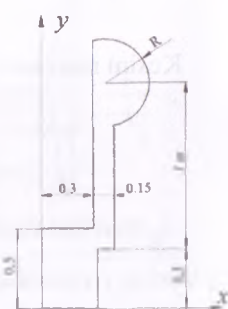
$$i_u = \sqrt{\frac{I_u}{F}} = \sqrt{\frac{6024,21}{54,3}} = 10,40 \text{ sm}$$

$$i_v = \sqrt{\frac{I_v}{F}} = \sqrt{\frac{1048,27}{54,3}} = 4,93 \text{ sm}$$

Endi inertsiya ellipsini chizish mumkin, buning uchun u o'qi bo'yicha i_u ni v o'qi bo'yicha i_v ning qiymatlarini ma'lum masshtabda qo'yib, chizmada ko'rsatilgan ellips chiziladi.

3.2.9-masala. Murakkab shaklli kesim yuzaning geometrik tasniflarini hisoblash.

O'lchamlar metrda berilgan. Murakkab shaklni oddiy shakllarga bo'lamiz. (3.2.9-shakl) va har bir oddiy yuzaning o'g'irlik markazlarini belgilaymiz. U nuqtalardan kesimlarning markaziy o'qlarini o'tkazamiz, ushbu o'qlardan X, O, Y koordinata o'qlarigacha bo'lgan masofalarni aniqlaymiz. Hisoblash ixtiyoriy o'qlar sistemasida og'irlik markazini topishdan boshlanadi.



3.2.9-shakl

$$x_c = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_3 x_3}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{50 \cdot 30 \cdot 15 + 120 \cdot 15 \cdot 37,5 + 628 \cdot 53,5}{50 \cdot 30 + 120 \cdot 15 - \frac{\pi(20)^2}{2}}$$

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 - A_3 y_3}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{50 \cdot 30 \cdot 25 + 120 \cdot 15 \cdot 90 - 628 \cdot 130}{1500 + 1800 + 628}$$

bu yerda $A_1 = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ m}^2$ $A_2 = 1,2 \cdot 0,15 = 0,18 \text{ m}^2$

$$A_3 = \frac{\pi R^2}{2} = \frac{3,14(0,2)^2}{2} = 0,0628 \text{ m}^2 \quad \Sigma A = A_1 + A_2 + A_3 = 0,3928 \text{ m}^2$$

$$x_1 = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ m} \quad y_1 = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ m} \quad x_2 = 0,3 + \frac{0,15}{2} = 0,375 \text{ m}$$

$$y_2 = \frac{1 + R}{2} + 0,3 = 0,9 \text{ m} \quad x_3 = 0,3 + 0,15 + \frac{4R}{3\pi} = 0,535 \text{ m}$$

$$y_3 = 0,3 + 1 = 1,3 \text{ m} \quad \text{va} \quad x_c = 0,31467 \text{ m} \quad y_c = 0,71474 \text{ m}$$

Parallel o'qlarga nisbatan inertsiya momentlari formulasidan foydalanib kesimning x_c va y_c o'qlarga nisbatan inertsiya momentlarini topamiz (3.2.10-shakl).

Markaziy o'qlarga nisbatan markazdan qochma inertsiya momentini topamiz:

$$I_{xc} = [-(y_c - y_1)] \cdot [-(x_c - x_1)] \cdot 0,15 + (y_2 - y_c)(x_2 - x_c) \cdot 0,18 + (y_1 - y_c)(x_3 - x_c) \cdot 0,0628 = 0,02154 \text{ m}^4$$

Bosh inertsiya momentlarini topamiz:

$$I_{xc} = \frac{I_{x1} + I_{xc}'}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(I_{xc} - I_{xc}')^2 + 4 \cdot I_{xc}^2} = \frac{0,08545 + 0,011246}{2} \pm$$

$$\frac{1}{2} \sqrt{(0,08545 - 0,011246)^2 + 4 \cdot (0,02154)^2};$$

$$I_{xc \max} = 0; \quad I_{xc \min} = 0,006575 \text{ m}^4$$

$$I_{yc} + I_{xc} = I_{yc \max} + I_{xc \min}; \quad 0,0854 + 0,01246 = 0,04895 + 0,006575$$

Bosh inertsiya o'qlarining og'ishgan burchagini topamiz:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{2I_{xc}}{I_{xc} - I_{yc}} = \frac{2 \cdot 0,02154}{0,08545 - 0,01246} = -0,59 \operatorname{rad}$$

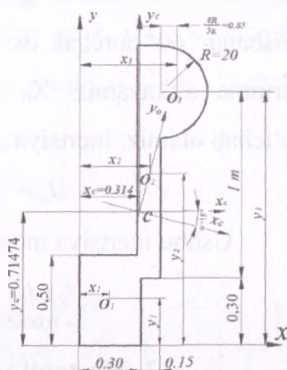
$$2\alpha_0 = -30' \text{ yoki } \alpha_0 = -15'$$

3.2.10-shakl

$I_{yc} > I_{xc}$ bo'lganligi uchun x_c o'qqa nisbatan inertsiya momenti maksimal qiymatga erishadi. α_0 burchagi manfiy ishorali bo'lgani uchun qiymatini x_c o'qidan soat strelkasining harakat yo'nalishi bo'ylab joylashtiramiz. α_0 burchak bosh inertsiya o'qining holatini belgilaydi. Inertsiya radiuslarini topamiz:

$$i_{\max} = \sqrt{\frac{0,09133}{0,3928}} = 0,48 \text{ m}; \quad i_{\min} = \sqrt{\frac{0,00657}{0,3928}} = 0,129 \text{ m}$$

Shaklning inertsiya radiuslarini yarim o'qlar sifatida qabul qilib, x_0y_0 koordinata o'qlarida inertsiya ellipsini quramiz (3.2.10-shakl). Bunda cx_0



o'qi bo'ylab i_{\min} inertsiya radiusini cy_0 o'qi bo'ylab i_{\max} inertsiya radiusini qo'yamiz. Ellipsdan gorizontga 45° burchak ostida joylashgan x_α o'qqa nisbatan 60° burchak ostida yo'nalgan. Bu o'qqa parallel ravishda ellipsga urinma o'tkazamiz. X_0 o'q bilan urinma orasidagi $h=0,265$ m masofani o'lchab olamiz. Inertsiya momenti grafik usulda quyidagicha topiladi:

$$I_k = h^2 A = (0,265)^2 \cdot 0,3928 = 0,0276 \text{ m}^4$$

Ushbu inertsiya momentini analitik usulda topamiz:

$$I_k = I_{\max} \cdot \cos^2 \alpha - I_{\min} \cdot \sin^2 \alpha = 0,091339 \cos^2 60^\circ + 0,006575 \cdot \sin^2 60^\circ = 0,0277 \text{ m}^4$$

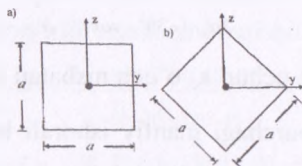
3.3. Mustaqil yechish uchun masalalar va topshiriqlar

3.3.1. Shaklda ko'rsatilgan to'g'ri burchak to'rtburchakning yuzasining y va z o'qlariga nisbatan ekvatorial va markazdan qochirma inertsiya momentlari hisoblansin.

Javobi: $I_y = 126666,67 \text{ sm}^4$,

$$I_z = 106666,67 \text{ sm}^4,$$

$$I_{y_0} = 160000 \text{ sm}^4.$$



3.3.2-shakl

3.3.2. Shaklda ko'rsatilgan kvadrat shaklning o'qlarini o'zgartirmasdan qoldirib, shaklni 45° burganimizda shaklning y va z o'qlariga nisbatan inertsiya momenti qanday o'zgaradi.

Javobi: O'zgarmaydi.



3.3.1-shakl

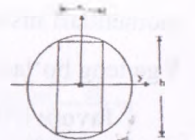


3.3.3-shakl

3.3.3. Shaklda ko'rsatilgan uchburchak yuzasining y va z o'qlariga nisbatan ekvatorial, markazdan inertsiya momentlari va z_1 o'qiga nisbatan ekvatorial inersiya momenti hisoblansin hamda bosh o'q'lari vaziyati aniqlansin.

Javobi: $I_y = \frac{6h^3}{36}$; $I_z = \frac{6a^3}{36}$; $I_{yz} = -\frac{6^2 h^2}{72}$; $I_{z_1} = \frac{lc^3}{36} = \frac{6^3 h^3}{36l^2}$; $tg 2\alpha = -\frac{6h}{6^2 - h^2}$

3.3.4. Ikki kanalli trubaning bosh markaziy inertsiya momentlarini quyidagi ikki variantda hisoblansin: a) diametrik $d=10$ sm bo'lgan ikki doira. b) 10×10 sm bo'lgan ikki kvadrat teshikli.

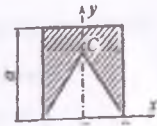


3.3.4-shakl

Javobi: a) $I_y = 15018,75 \text{ sm}^4$, $I_z = 16406,75 \text{ sm}^4$

b) $I_y = 14333,33 \text{ sm}^4$, $I_z = 14173,33 \text{ sm}^4$.

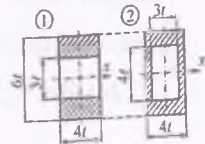
3.3.5. Shaklda ko'rsatilgan teng tomonli uchburchak ABC balandligi y_c kattaligi topilsin. Uchburchak C burchagi kesimining og'irlik markaziga to'g'ri kelsin.



3.3.5-shakl

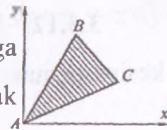
Javob: $y_c = 0.634a$

3.3.6 Shaklda ko'rsatilgan kesimlarning gorizantal X o'qiga nisbatan inertsiya momentlari nisbati aniqlansin



Javob: $I_{x_1} / I_{x_2} = 9/8$

3.3.7. Ko'rsatilgan ABC uchburchakning X o'qiga nisbatan inertsiya momenti topilsin. Uchburchak



3.3.7-shakl

burchaklarining koordinatalari quyidagicha berilgan A(0,0) B(b,2b) C(2b,b).

Javob: $I_x = 7b^4 / 4$

3.3.8. Shaklda ko'rsatilgan BCD uchburchakning X o'qiga nisbatan unertsiya momenti topilsin.

Uchburchak yuzasi $A=12 \text{ sm}^2$, $b=6 \text{ sm}$, $c=4 \text{ sm}$.

Javob: $I_x = 152 \text{ sm}^4$

3.3.9. Shaklda ko'rsatilgan kesimning bosh inertsiya momentlari nisbati I_x/I_y k-koeffitsientning qaysi qiymatida 5 ga teng bo'ladi.

Javob: $k=0,707$

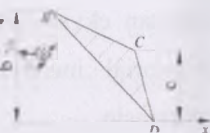
3.3.10. Tomonlari $b=2 \text{ sm}$, $h=3 \text{ sm}$ bo'lgan to'g'ri y to'rtburchakning O nuqtaga nisbatan bosh inersiya momentlari qiymati va bosh o'qlar joylashi (burilish) burchagi aniqlansin.

Javob: $\alpha_{\max} = -30'28'$; $I_{\max} = 23,3 \text{ sm}^4$; $I_{\min} = 2,7 \text{ sm}^4$

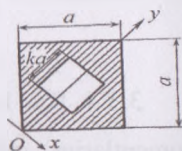
3.3.11. Yarim aylana shakl uchun O nuqtadan o'tadigan bosh o'qlar burchagi α_{\max} bosh inersiya momentlari qiymati hisoblansin.

Javob: $\alpha_{\max} = -69'50'$; $I_{\max} = 2,21 r^4$; $I_{\min} = 0,15 r^4$

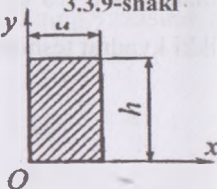
3.3.12. Radiusi r-bo'lgan yarimdoira bo'lgan kesim uchun X o'qqa nisbatan inertsiya momentini



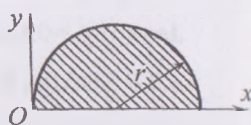
3.3.8-shakl



3.3.9-shakl



3.3.10-shakl



3.3.11-shakl

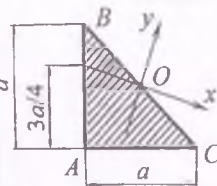


aniqlansin.

Javob: $I_x = \pi^4 / 8$

3.3.12-shakl

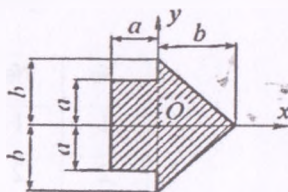
3.3.13. Shaklda ko'rsatilgan ABC to'g'ri burchakli uchburchak kesim uchun gipotuniza BC ning o'rtasidan o'tadigan X, Y o'qlariga nisbatan va markazdan qochma inertsiya momentlari aniqlansin.



Javob: $I_x = I_y = a^4 / 24$; $I_{xy} = 0$.

3.3.13-shakl

3.3.14. Ko'rsatilgan kesimlar uchun O nuqtadan o'tuvchi bosh o'qlar joylashishi topilsin.



Javob: O nuqtadan o'tuvchi barcha o'qlar, chunki

$$I_x = I_y$$

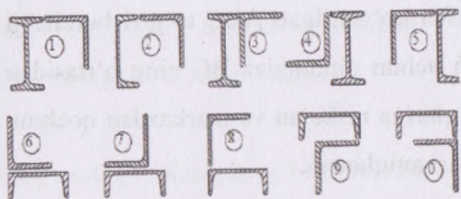
3.3.14-shakl

Topshiriqlar

Ko'rsatilgan shakllar uchun aniqlansin: (3.1-shakl)

1. O'g'irlik markazining koordinalarini aniqlansin;
2. Og'irlik markazi orqali o'tadigan o'qlarga nisbatan qochma inersiya momentlari topilsin;
3. Bosh markaziy o'qlarning yo'nalishi aniqlansin;

4. Bosh markaziy o'qlarga nisbatan inersiya momentlarining qiymati topilsin. **Berilganlar:** burchaklik, shveller va qo'shtavrlarni 3.1-jadvaldan olinsin.



3.1-shakl

3.1-jadval

No	No	Shveller	Burchaklik	Qo'shtavr
1	1	14	80x80x6	12
2	2	16	80x80x8	14
3	3	18	90x90x6	16
4	4	20	90x90x7	18
5	5	22	90x90x8	20
6	6	24	100x100x8	20a
7	7	27	100x100x10	22
8	8	30	100x100x12	22a
9	9	33	125x125x10	24
0	0	36	125x125x20	24a
	e	g	d	v

Nazorat uchun testlar

1. Agarda X va Y o'qlarga nisbatan tekis shaklning $I_{xy}=0$ bo'lsa bu o'qlar qanday o'qlar bo'ladi?

bosh o'qlar

markaziy bosh o'qlar

qutib koordinatasini o'qlari

dekart koordinatasini o'qlari

2. Balandligi h va eni b bo'lgan to'g'ri to'rtburchak kesimning asosidan o'tuvchi o'qiga nisbatan inersiya momenti nimaga teng?

$bh^3/3$

$bh^3/6$

$bh^3/12$

$bh^3/36$

3. Balandligi h va eni b bo'lgan to'g'ri to'rtburchak kesimning markaziy "x" o'qiga nisbatan inersiya momenti nimaga teng?

$bh^3/12$

$bh^3/6$

$bh^3/3$

$bh^3/36$

4. Diametri d ga teng bo'lgan aylananing markaziy o'qlariga nisbatan inersiya momenti nimaga teng bo'ladi. $I_x = I_y =$

$\pi \frac{d^4}{64}$

$\pi \frac{d^4}{32}$

$$\frac{\pi d^4}{32}$$

$$\frac{\pi d^4}{16}$$

5. Doira shaklidagi kesim uchun qaysi inersiya momenti to'g'ri yozilgan?

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32}$$

$$J_p = \frac{\pi d^4}{12}$$

$$J_p = \frac{\pi d^3}{12}$$

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32}$$

6. Doiraviy kesimli valning sof buralishida normal kuchlanish nimaga teng bo'ladi?

nolga

urinma kuchlanishga

cheksizga

urinma kuchlanishning eng katta qiymatiga

7. Doiraviy kesimli valning sof buralishida qanday kuchlanishlar hosil bo'ladi?

faqat urinma kuchlanish

faqat normal kuchlanish

urinma va normal kuchlanish

kuchlanish hosil bo'lmaydi

8. E va G elastiklik modullari orasida qanday matematik bog'lanish

bor?

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\mu^2)}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\sqrt{\mu})}$$

$$G = \frac{E}{(1+\sqrt{\mu})}$$

9. Kesim inersiya momentlari qanday o'lchov birligida o'lchanadi?

sm⁴

N

N·m

N·m²

10. Kesimning o'qlarga nisbatan statik momentlari qanday o'lchov birligida o'lchanadi?

sm⁴

N·m²

m

N·m

11. Kvadrat shaklidagi kesim uchun qaysi inersiya momenti to'g'ri yozilgan?

$$J_p = \frac{a^4}{12}$$

$$J_p = \frac{a^2}{12}$$

$$J_y = \frac{a^4}{6}$$

$$J_v = \frac{a^3}{6}$$

12. Kvadrat shaklidagi kesimning markaziy o'qlarga nisbatan statik momenti nimaga teng?

0

a^3

$a^3/2$

$a^3/4$

13. Kvadrat shaklidagi tomonlari "a" ga teng kesimning asosidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti nimaga teng?

$a^4/3$

0

a^3

$a^3/4$

14. Markazdan qochirma inersiya momentlari qanday ishorali qiymatlarga ega bo'lishlari mumkin?

musbat, manfiy ishorali va nolga teng qiymatlarga ega bo'ladilar

faqat musbat ishorali

ular har doim nolga teng bo'ladilar

faqat manfiy ishorali

15. Markazdan qochma inersiya moment qiymatining ishorasi qanday bo'ladi?

musbat, manfiy va nolga teng bo'lishi mumkin

manfiy va nol bo'ladi

nolga teng bo'ladi

manfiy bo'ladi

16. Markaziy inersiya o'qi deb qanday o'qqa aytiladi?

og'irlik markazidan o'tgan o'qlarga

markazdan qochma inersiya momenti nolga teng bo'lgan o'qlarga

inersiya momentlari maksimal hamda minimal qiymatlarga ega bo'lgan

o'qlarga

inersiya momentlari maksimal bo'lgan o'qlarga

IV BOB. SILJISH

4.1. SILJISH HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHLAR

Siljish deformatsiyasi deb, brusning birorta kesimidan parallel qatlami oraliq masofasini o'zgartirmasdan bir-biriga nisbatan ko'chishiga aytiladi.

Sterjen kesimida oltita ichki zo'riqish kuchidan faqat ko'ndalang kuch Q ta'sirida siljish deformatsiyasi hosil bo'ladi.

$$\gamma \approx \operatorname{tg} \gamma = \frac{\Delta S}{a} \quad \begin{array}{l} \Delta - \text{absolyut siljish} \\ \gamma - \text{nishiy siljish} \end{array}$$

Materiallar qarshiligi fanida bruslarning ko'ndalang kesimlarining ko'chish (siljish), deformatsiya va kuchlanish orasidagi analitik bog'lanishni bilish uchun cheksiz kichkina element olinib, ularning tashqi kuchlar ta'siri bilan muvozanati o'rganiladi.

Har qanday hisoblanayotgan element 4 ta qismdan iborat bo'ladi:

Statik analiz - ko'ndalang kesimdagi kuchlanish bilan tashqi kuch ta'siri orasidagi bog'lanishni muvozanat tenglamasi yordamida aniqlash.

Geometrik analiz - sterjen cheksiz kichkina elementining ko'chish bilan deformatsiya orasidagi bog'lanishini aniqlash.

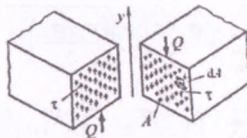
Fizik analiz - kichkina elementdagi deformatsiya bilan kuchlanish orasidagi bog'lanishni aniqlash. Elastik deformatsiya chegarasida Guk qonuni qo'llaniladi.

Aniqlangan bog'lanishlarning sintezi - yuqoridagi qismlar bog'lanishlarini bir-birini o'rniga qo'ysak, kerakli hisoblash formulasi kelib chiqadi.

Masalan siljishdagi ichki zo'riqish kuchlari kuchlanish va deformatsiya orasidagi bog'lanishlarni ko'rib chiqamiz

1. Statik analiz.

$$\sum y = 0; \quad Q = \int \tau \cdot dA. \quad (4.1.1)$$

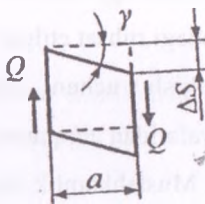


Agar ko'ndalang kesimda urinma kuchlanish teng taqsimlangan deb faraz qilsak ($\tau = const$):

$$Q = \tau \cdot A; \quad \tau = \frac{Q}{A}; \quad (4.1.2)$$

2. Geometrik analiz – ajratilgan elementda

$$tg \gamma = \frac{\Delta S}{a} \quad (4.1.3)$$



3. Fizik analizda Guk qonuni qo'llaniladi:

$$\tau = G \cdot \gamma \quad (4.1.4)$$

4. Masalaga matematik tomondan qaralsa,

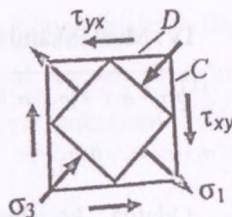
$$\frac{Q}{A} = G \cdot \frac{\Delta S}{a}; \quad \Delta S = \frac{Q \cdot a}{G \cdot A} \quad (4.1.5)$$

bunda G - siljishdagi elastik moduli; GA - siljishdagi bikrlik;

4.2. Siljishdagi ruhsat etilgan kuchlanish

Ko'rsatilgan element tomonlariga faqat urinma kuchlanish τ ta'sir qilayapti.

Normal kuchlanishlar $\sigma_x = 0, \sigma_y = 0$. Bosh yuzalarning yo'nalishi:



$$tg 2\alpha = \frac{-2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} = -\frac{2\tau_{xy}}{0} = \infty; \quad 2\alpha = 90^\circ$$

Bosh normal kuchlanishlar:

$$\sigma_{\frac{\max}{\min}} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + r_{xy}^2}; \quad (4.2.1)$$

$$\sigma_{\max} = r_{xy} = \sigma; \quad \sigma_2 = 0; \quad \sigma_{\min} = -r_{xy} \sigma_1 \quad (4.2.2)$$

$$\sigma_1 = -\sigma_3 = \sigma = \tau \quad (4.2.3)$$

demak, bosh normal kuchlanish, urinma kuchlanishga teng bo'lar ekan.

Siljishdagi ruhsat etilgan kuchlanishni aniqlash (tanlash) cho'zilish yoki siqilishdagi ruhsat etilgan kuchlanishga qaraganda murakkabroqdir.

Siljish uchun ruhsat etilgan urinma kuchlanish mustahkamlik nazariyalaridan aniqlanadi:

I. Mustahkamlik nazariyasiga muvofiq:

$$\sigma_1 \leq [\sigma]; \quad \sigma_1 = \tau \text{ bo'lgani uchun } [\tau] = [\sigma]; \quad (4.2.4)$$

II. Mustahkamlik nazariyasiga muvofiq:

$$\sigma_1 - \mu \sigma_3 \leq [\sigma] = \tau + \mu(1 + \mu); \quad \mu = 0,3 \text{ bo'lsa, u holda } [\tau] \approx 0,77[\sigma] \quad (4.2.5)$$

III. Mustahkamlik nazariyasiga muvofiq:

$$\sigma_1 = \sigma_1 - \sigma_3; \quad \sigma_1 = \tau \quad \sigma_3 = -\tau. \text{ u holda } 2[\tau] \leq [\sigma]; \quad [\tau] = 0,5[\sigma] \quad (4.2.6)$$

IV. Mustahkamlik nazariyasiga muvofiq:

$$\sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \leq [\sigma]; \quad (4.2.7)$$

$$\sigma_1 = \tau; \quad \sigma_2 = 0 \quad \sigma_3 = -\tau \text{ bo'lsa, u holda } [\tau] = \frac{[\sigma]}{\sqrt{3}} = 0,577[\sigma]$$

Odatda kesishga ishlaydigan sterjenlarning mustahkamlik sharti quyidagicha ifodalanadi:

$$\tau = \frac{Q}{A} \leq [\tau]; \text{ bunda } [\tau] = (0,5 \div 0,6)[\sigma] \quad (4.2.8)$$

Amaliyotda siljish deformatsiyasi kesish, yorish yoki ezilish kabi deformatsiyalar tarzida uchraydi.

Ezilish ikki jismning bir-biri bilan tutashgan joyida hosil bo'ladi. Masalan, bu xildagi deformatsiyalar ikki elementni bir-biriga biriktiruvchi parchin mix, bolt, shtift, pona va hokazo materiallarda uchraydi.

4.3. SOF SILJISH

Ajratilgan elementning tomonlariga faqat urinma kuchlanishlar ta'sir qilsa, kuchlanish holatining bunday holiga *sof siljish* deyiladi.

Sof siljishda Guk qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$\tau = G \cdot \gamma \quad (4.3.1)$$

bu yerda γ - siljish burchagi.

G - siljishdagi elastiklik moduli deyiladi va sterjen materialining siljish deformatsiyasiga qarshilik ko'rsata olish qobiliyatini xarakterlaydi. U quyidagicha ifodalanadi:

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}; \text{ bunda, } \mu - \text{Puasson koeffitsienti} \quad (4.3.2)$$

bu ifodaga uchta o'zgarmas miqdor orasidagi matematik bog'lanish deyiladi.

Siljishda deformatsiyaning solishtirma potensial energiyasi urinma kuchlanishning yoki nisbiy deformatsiyaning kvadrat funksiyasi bo'ladi, ya'ni

$$u = \frac{\tau^2}{2G} \text{ yoki } u = \frac{G\gamma^2}{2} \quad (4.3.3)$$

Amalda siljish deformatsiyasi kesilish yoki ezilish deformatsiyalari tarzida namoyon bo'ladi. Siljishga ishlaydigan mashina yoki inshoot elementlari parchin mixli va payvant birikmalar ko'rinishida bo'ladi.

Parchin mixli birikmalarda kesuvchi kuch ta'siridan hosil bo'ladigan urinma kuchlanish quyidagicha bo'ladi,

$$\tau_{kes} = \frac{F}{k \cdot n \cdot A} \quad (4.3.4)$$

Parchin mixning kesilishiga xavf-xatarsiz qarshilik ko'rsatishi, ya'ni mustahkamlik sharti quyidagicha bo'ladi.

$$\tau_{kes} = \frac{F}{k \cdot n \cdot A} \leq [\tau]_{kes} \quad (4.3.5)$$

Parchin mix ezilishining mustahkamlik sharti quyidagicha bo'ladi:

$$\sigma_{ez} = \frac{F}{nA_{ez}} \leq [\sigma]_{ez} \quad (4.3.6)$$

Uchma-uch payvandlashda cho'zuvchi yoki siquvchi kuch ta'siridagi to'g'ri chokli payvand birikma, birikuvchi listlar chetining qanday payvandlanishdan qat'iy nazar, cho'zilish yoki siqilishga tekshirilganda uning mustahkamligi quyidagicha bo'ladi:

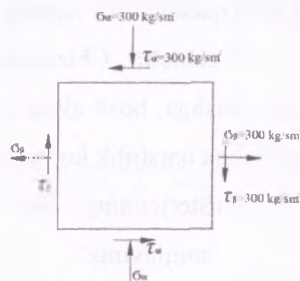
$$\sigma_{oz} = \frac{F}{A_{oz}} = \frac{F}{lh} \leq [\sigma] \quad (4.3.7)$$

Ustma-ust payvandlashda, ko'ndalang valiksimon chokli birikmalar uchun mustahkamlik sharti quyidagicha bo'ladi:

$$\tau_{oz} = \frac{F}{2A_{oz}} = \frac{F}{2 \cdot 0,71\delta} \leq [\tau]_{oz} \quad (4.3.8)$$

4.4. Siljishga doir masalalar yechishdan namunalar

4.4.1-masala. Sof siljish holatidagi materiali po'latdan bo'lgan parallelepiped tomonlarining nisbiy siljish burchagi va solishtirma potensial energiyasi topilsin (4.4.1-shakl).



Yechish: Parallelepipedning materiali po'latdan bo'lganligi uchun cho'zilishdagi elastiklik moduli

$E = 2 \cdot 10^{10} \text{ kg/sm}^2$, Puasson koeffitsiyenti $\mu = 0,25$ ga teng bo'lganda siljishdagi elastiklik G modulini hisoblaymiz.

4.4.1-shakl

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} = \frac{2 \cdot 10^{10}}{2(1 + 0,25)} = 8 \cdot 10^9 \text{ kg/sm}^2$$

Siljishdagi Guk qonunidan foydalanib nisbiy siljish burchagini topamiz:

$$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{300}{8 \cdot 10^9} = 3,75 \cdot 10^{-4}$$

Solishtirma Potensial energiyani hisoblaymiz,

$$u = \frac{\tau^2}{2G} = \frac{(300)^2}{2 \cdot 8 \cdot 10^9} = 0,05625 \text{ kg/sm}^2$$

4.4.2-masala. Cho'zuvchi F kuch bilan yuklangan bolt qalpog'ining diametri D va h ni aniqlang (4.4.2-shakl).

Quyidagi joiz kuchlanishlar ma'lum:

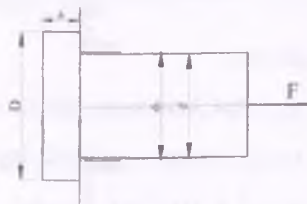
$$\sigma_{adm} = 140 \text{ MPa (cho'zilishdagi)}$$

$$\tau_{adm} = 140 \text{ MPa (kesilishdagi)}$$

$$\sigma_{adm} = 250 \text{ MPa (ezilishdagi)}$$

$$d_0 = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}; d = 3,2 \cdot 10^{-2}$$

Material cho'zilish, kesilish va ezilishlarga



4.4.2-shakl

bir xil qarshilik ko'rsatishi inobatga olingan holda hisoblash olib borilsin.

Yechish: Chizmadan ko'rinib turibdiki, boltning sterjen qismi cho'zilishga, bosh qismi kesilishga, devorga tegib turgan tayanch yuzasi esa ezilishga qarshilik ko'rsatadi.

a) Sterjenning cho'zilishdagi mustahkamlik shartidan joiz kuchni aniqlaymiz:

$$F_{adm} = \sigma_{adm} \cdot A = \frac{\pi d^2}{4} = 140 \cdot 10^3 \frac{3,14(3,2 \cdot 10^{-2})^2}{4} = 112,6 \text{ kN}$$

b) Ezilishdagi mustahkamlik shartidan tayanch yuzaning diametridini aniqlaymiz:

$$\frac{F}{A_{ks}} \leq \sigma_{adm}$$

bu yerda, $A_{ks} = \frac{\pi(D^2 - d_0^2)}{4}$; $F = F_{adm}$ (masalaning shartiga ko'ra)

bundan, $D \geq \sqrt{\frac{4F_{adm}}{\pi\sigma_{adm}} + d_0^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 112,6}{3,14 \cdot 250 \cdot 10^3} + (3,14 \cdot 10^{-2})^2} = 4,17 \cdot 10^{-2} \text{ m}$;

$D = 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ deb qabul qilamiz

c) Kesilishga mustahkamlik shartini yozamiz: $\frac{F}{A_{ks}} \leq \sigma_{adm}$

bu yerda, $A_{ks} = \pi d_0 \cdot h$; $F = F_{adm}$ (masalaning shartiga asosan).

Demak, $h \geq \frac{F_{adm}}{\pi d_0 \sigma_{adm}} = \frac{112,6}{3,14 \cdot 3,4 \cdot 10^{-2} \cdot 100 \cdot 10^3} = 1,055 \cdot 10^{-2} \text{ m}$; $h = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ deb qabul

qilinadi.

4.4.3-masala. Ikkita $90 \times 56 \times 8$ li burchaklikdan iborat ferma raskosini $\delta = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ qalinlikdagi kosinkaga biriktirish uchun diametri $d = 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ li parchin mixdan nechta zarur (4.3.3-shakl). Raskosdagi

cho'zuvchi kuch $F=300$ kN bo'lib, uning materiali uchun $\sigma'_{adm} = 280$ MPa, $\tau_{adm} = 100$ MPa ga teng.

Yechish: Birikmada ikki kesilishli parchin mix ishlatilganligi sababli, uning kesilmaslik sharti

$$\tau_{kes} = \frac{F}{2n \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \leq \tau_{adm}$$

ko'rinishda yoziladi;

$$\text{Bunda, } n \geq \frac{N}{2 \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \tau_{adm}} = \frac{300 \cdot 10}{2 \cdot \frac{\pi (2,3 \cdot 10^{-2})^2}{4} \cdot 100} = 3,6$$

Ezilmaslik sharti esa quyidagicha: $\sigma_{ez} = \frac{F}{n \cdot \delta \cdot d} \leq \sigma'_{adm}$

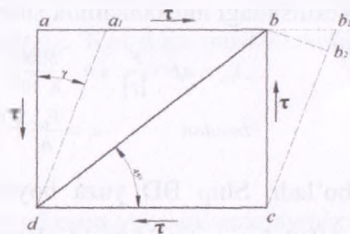
$$\text{Bunda, } n \geq \frac{F}{\delta \cdot d \cdot \sigma'_{adm}} = \frac{300 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 2,3 \cdot 10^{-4} \cdot 280} = 3,9 \text{ demak, birikmada } n=4 \text{ ta parchin mix}$$

yetarli ekan.

4.4.4-masala. Elastiklik moduli

$E = 0,7 \cdot 10^{11} \frac{H}{m^2}$ bo'lgan materialdan yasalgan abcd kubning (4.4.4-shakl) Puasson ko'effitsiyenti $\mu = 0,25$. Kubga ta'sir qiluvchi

winma kuchlanish $\tau = 7 \cdot 10^7 \frac{H}{m^2}$. Shu kubning nisbiy siljish burchagi γ topilsin.



Yechish: cho'zilishdagi elastiklik moduli va Puasson ko'effitsiyenti ma'lum bo'lganligi uchun siljishdagi elastiklik modulini formuladan topamiz.

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{0,7 \cdot 10^{11}}{2(1+0,25)} = 28 \cdot 10^9 \frac{N}{m^2}$$

Siljishdagi Guk qonuniga binoan, nisbiy siljishni aniqlaymiz:

$$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{700 \cdot 10^3}{28 \cdot 10^9} = 25,7 \cdot 10^{-4}$$

Endi diagonalning nisbiy cho'zilish bilan nisbiy siljish γ orasidagi bog'lanishni quyidagi formuladan topamiz:

$$\varepsilon = \frac{\gamma}{2} = \frac{0,0025}{2} = 0,00125$$

4.4.5-masala. Qarag'ay yog'och ustunga ship vositasida gorizontaal vaziyatda qo'ndirilgan (4.4.5-shakl). $F=5000$ N, $b=12 \cdot 10^{-2}$ m kesilish uchun ruhsat etilgan kuchlanish $[\tau]=8 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$. Ezilish uchun ruhsat etilgan kuchlanish $[\sigma_{\perp}] = 20 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$. Shuning o'lchamlari aniqlansin.

Yechish: Birikma F kuch ta'sirida AB tekislik bo'yicha kesiladi. Shipning xavfsiz o'lchamlarini kesilishdagi mustahkamlik shartidan aniqlaymiz:

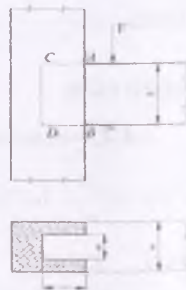
$$A_{\text{uz}} = a, b > \frac{F}{[\tau]}, a, b = \frac{5000}{8 \cdot 10^5} = 625 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 62,5 \text{ sm}^2,$$

$$\text{bundan } a_1 = \frac{F_{\text{uz}}}{b} = \frac{62,5}{12} = 5,2 \text{ sm},$$

bo'ladi. Ship BD yuza boyicha eziladi. Endi shipning ezilishdagi mustahkamlik shartini yozamiz:

$$A = \frac{F}{[\sigma_{\perp}]} = \frac{5000}{20 \cdot 10^5} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 = 25 \text{ sm}^2,$$

bundan, $C = \frac{F_{\text{uz}}}{a_1} = \frac{25}{5,2} = 4,8 \text{ sm}$ kelib chiqadi. C ni 5 sm deb qabul qilamiz.



4.4.5-shakl

4.4.6-masala. Po‘latdan bo‘lgan list bilan nokladkani birlashtiruvchi zaklyopka diametri topilsin va zaklyopkaning mustahkamligi ezilish va kesilishga tekshirilsin (4.4.6-shakl).

Berilgan: $F=8 \text{ kN}$;

$t_1 = 5 \text{ mm}$, $t_2 = 3 \text{ mm}$, $b = 50 \text{ mm}$, $\sigma_{\text{aq}} = 235 \text{ MPa}$

Yechish: Normativ hujjatdan po‘lat uchun mexanik xarakteristikalarini aniqlaymiz ($n=1,5$).

$$[\sigma_2] = \sigma_{\text{aq}} / n = 235 / 1,5 = 156,7 \text{ MPa} = 160 \text{ MPa}$$

$$[\tau] = 0,6[\sigma_r] = 0,6 \cdot 160 = 96 \text{ MPa};$$

$$[\sigma_{\text{ez}}] = (2 \div 2,5)[\sigma_r] = (2 \div 2,5) \cdot 160 = (320 \div 400) \text{ MPa}$$

Cho‘zilishga ruhsat etilgan kuchlanishlarni

talab qilingan jadvaldan quyidagicha qabul qilamiz:

$$[\sigma_{\text{ch}}] = 125 \text{ MPa}; [\tau_{\text{kes}}] = 75 \text{ MPa}; [\sigma_{\text{ez}}] = 190 \text{ MPa}$$

Kesishga ruhsat etilgan urinma kuchlanishdan (96 va 75 MPa) kichkinasini, ya‘ni $[\tau_{\text{kes}}] = 75 \text{ MPa}$ ni qabul qilamiz. Kesishga mustahkamlik shartidan:

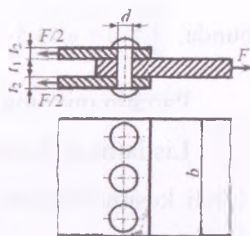
$$\tau = \frac{Q}{A_{\text{ovri}}} \leq [\tau_{\text{kes}}]$$

Talab qilingan parchin mixning ko‘ndalang kesim yuzasini aniqlaymiz:

Parchin mix ikkita tekislikda kesilishga ishlaydi; kesilish yuzasining yig‘indisi quyidagicha aniqlanadi:

$$A_{\text{kes}} \geq \frac{Q}{[\tau_{\text{kes}}]} = \frac{\pi d^2}{4} m \cdot n, \quad d \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot m \cdot n \cdot [\tau]}}$$

hunda $m=2$ kesiladigan yuzalar soni, $n=3$ parchin mixlar soni.



4.4.6-shakl

$$d > \sqrt{\frac{4}{\pi \cdot 2 \cdot 3 \cdot 75 \cdot 10^9}} = 0,00476 \text{ m}; d = 5 \text{ mm} \text{ deb qabul qilamiz.}$$

Parchin mixning ezilishga mustahkamligi quyidagicha tekshiriladi. Ezilishga mustahkamlik shartidan

$$\sigma_{ec} = \frac{F}{A_{ec}} \leq [\sigma_{ec}]$$

bunda, $A_{ec} = d \cdot t \cdot n = 5 \cdot 5 \cdot 3 = 75 \text{ mm}^2$, $\sigma_{ec} = \frac{F}{A_{ec}} = \frac{8000}{75} = 106,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 106,7 \text{ MPa}$

Parchin mixning ezilishga mustahkamligi yetarli ekan.

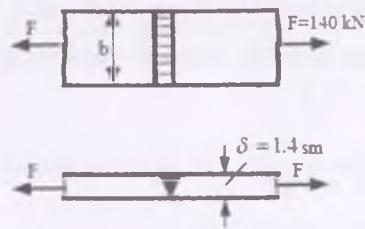
Listlarning kesilishga mustahkamligi quyidagicha tekshiriladi. Uning xavfli kesimi parchin mix bilan birlashtirilgan joyida bo'ladi. Listning o'sha joydagi yuzasi:

$$A_{kcv} = b \cdot t_1 - n \cdot d \cdot t = t_1(b - n \cdot d) = 5(50 - 3 \cdot 5) = 175 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kcv} = \frac{8000}{175} = 45,7 \text{ MPa.}$$

bu qiymat ruhsat etilgan $[\sigma] = 125 \text{ MPa}$ dan kichkinadir.

4.4.7-masala. 4.4.7-shaklda ko'rsatilgandek ikkita po'lat list uchma-uch, payvandlangan. List materiali uchun ($[\sigma] = 1600 \text{ kg/sm}^2$), chok uchun ($[\sigma] = 1000 \text{ kg/sm}^2$), bo'lganda listning eni topilsin.



4.4.7-shakl

$$A_c = d \cdot t \cdot n = 5 \cdot 5 \cdot 3 = 75 \text{ mm}^2$$

Yechish: Chokning cho'zilishga qarshilik ko'rsata olish shartidan uning zaruriy yuzini topamiz:

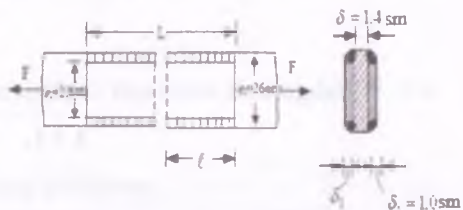
$$A_F \geq \frac{F}{[\sigma]_F} = \frac{14010^2}{1000} = 14 \text{ cm}^2$$

Chokning qalinligini $\delta = 1,4 \text{ sm}$ qilib olamiz, chunki listning qalinligi ham

$\delta = 1,4 \text{ sm}$ ga teng, listning enini aniqlaymiz: $b_1 = \frac{A_F}{\delta} = \frac{14}{1,4} = 10 \text{ sm}$

Chokning oxiriga qo'yilgan metal to'la bo'lmaganligi uchun chokning uzunligiga ehtiyotdan 1 sm qo'shiladi va $b=11 \text{ sm}$ qilib olinadi.

4.4.8-masala. 4.4.8-shaklda ko'rsatilgandek, ikkita ust quyma orasiga olingan ikki list uchma-uch biriktirilgan, birikma F kuch bilan biriktiriladi. Bu payvand birikma



hisoblansin. List uchun $[\sigma] = 1600 \text{ kg/sm}^2$,

4.4.8-shakl

Chok uchun $[\tau]_k = 1000 \text{ kg/sm}^2$ deb olinsin.

Yechish: Listni cho'zuvchi F kuchni mustahkamlik shartidan topamiz:

$$A_{se} = d \cdot t \cdot n = 5 \cdot 5 \cdot 3 = 75 \text{ mm}^2$$

$$F = [\sigma] \cdot b \cdot \delta = 1000 \cdot 26 \cdot 1,4 = 58240 \text{ kg} = 582,4 \text{ kN}$$

Yonbosh choklarni o'rnatish uchun ust quymaning enini $b_1=23 \text{ sm}$ qilib olamiz. Ust quyma bilan list bir xilda qarshilik ko'rsatadi desak, ikkita ust quymaning ko'ndalang kesim yuzi listning ko'ndalang kesim yuzidan kam bo'lmasligi, ya'ni $2b_1\delta_1 > A$ bo'lishi kerak, bundan:

$$\delta_1 \geq \frac{A}{2b_1} = \frac{1,4 \cdot 26}{2 \cdot 23} = 0,79 = 0,8 \text{ sm} \quad \delta_1 \text{ ni } 9 \text{ mm deb qabul qilamiz.}$$

Uchma-uch ulanuvchi listlar quyma bilan ikki tomonlama qoplangan bo'lsa, choklarning soni ikki hissa kamayadi. Buni hisobga olib, yonbosh chokning to'la uzunligini topamiz:

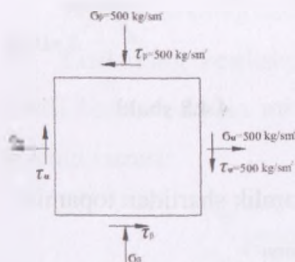
$$l \geq \frac{F}{4 \cdot 0,7 \cdot \delta_1 \cdot [\tau]_k} = \frac{58240}{4 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1000} = 23,11 \text{ sm}$$

Texnik shartlarga muvofiq, yonbosh chokning to'la uzunligi $\ell = \ell_0 + 1,0 = 23,11 + 1,0 = 24,11 \text{ sm}$ bo'lishi kerak, bu esa $\ell_0 = 240 \text{ mm} = 24 \text{ sm}$ deb olamiz va chokning zaruriy uzunligi quyidagicha bo'ladi:

$$L = 2(\ell_0 + 1) = 2(24 + 1) = 50 \text{ sm}$$

4.5. Siljishga doir mustaqil yechish uchun masalalar va topshiriqlar.

4.5.1. Shaklda ko'rsatilgan parallelepipedning yonboshdagi qirralarining nisbiy siljish burchagi va deformatsiyaning solishtirma potensial energiyasi aniqlansin.



$$\tau_\beta = 500 \text{ kg/sm}^2,$$

$$\sigma_\alpha = 500 \text{ kg/sm}^2,$$

$$\tau_\alpha = 500 \text{ kg/sm}^2,$$

$$\sigma_\beta = 500 \text{ kg/sm}^2.$$

4.5.1-shakl

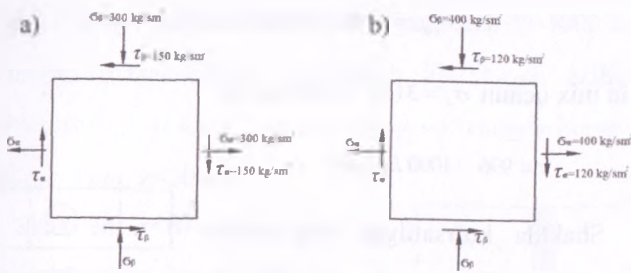
Javobi: $\gamma = 0,000625 \text{ sm}$, $u = 0,31 \text{ kg/sm}^3$

4.5.2. Shakllarda ko'rsatilgan sof siljish holatidagi parallelepiped uchun

σ_{\max} , σ_{\min} , τ_{\max} , τ_{\min} kuchlanishlarning qiymatlari hisoblansin.

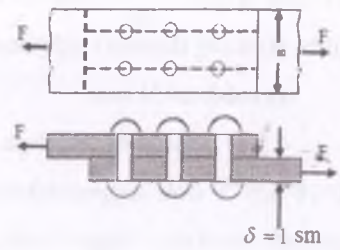
Javobi: a) $\sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$, $\tau_{\max} = -\tau_{\min} = 150 \text{ kg/sm}^2$

b) $\sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$, $\tau_{\max} = -\tau_{\min} = 418 \text{ kg/sm}^2$



4.5.2-shakl

4.5.3. Shaklda ko'rsatilgandek ikki list ustma-ust qo'yib 6 ta $d=2$ sm li parchin mix bilan biriktirilgan. Ruxsat etilgan cho'zuvchi F kuchlar va listning zaruriy kengligi b aniqlansin.

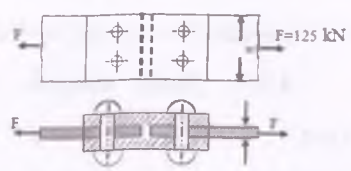


4.5.3-shakl

Ruxsat etilgan kuchlanishlar: cho'zilishiga $[\sigma] = 1600 \text{ kg/sm}^2$, kirishga $[\tau] = 1600 \text{ kg/sm}^2$ va ezilishga $[\sigma_c] = 3200 \text{ kg/sm}^2$, deb olinsin.

Javobi: $F=226 \text{ kH}$; $b=18 \text{ sm}$.

4.5.4. Shaklda kesimi o'lchamlari $1,0 \times 15 \text{ sm}$ va qalinligi $[\delta]=0,6 \text{ sm}$ bo'lgan ikki list shaklda ko'rsatilgan ikki ust quyma bilan biriktirilgan. Parchin mixlarning diametrik $d=2 \text{ sm}$. Ruxsat etilgan kuchlanishlar



4.5.4-shakl

$[\tau]=1000$

kg/sm^2 va $[\sigma_c]=3200 \text{ kg/sm}^2$, bo'lsa birikmaning mustahkamligi tekshirilsin.

Javobi: list uchun

$$\delta_{\text{max}} = 1140 < 1600 \text{ kg/sm}^2$$

Parchin mix uchun $\sigma_c = 3120 < 3200 \text{ kg/sm}^2$

$$\tau = 996 < 1000 \text{ kg/sm}^2$$

4.5.5. Shaklda ko'rsatilgan bog'lanish

uchun ruxsat etilgan kuchlanishlarni

$[\sigma] = 2000 \text{ kg/sm}^2$, $[\tau] = 2000 \text{ kg/sm}^2$ deb qabul

qilib, boltning diametri aniqlansin.

Javobi: $d=31 \text{ mm}$

4.5.6. Shakl cho'zilishga ishlaydigan

$d=10 \text{ sm}$ li bolt qalpoqchasi bilan listga

tayanib turibdi. Agar bolt kesimidagi

cho'zuvchi kuchlanish $[\sigma] = 1000 \text{ kg/sm}^2$

qalpoqcha tayangan yuzadagi ezish

kuchlanishi $[\sigma_e] = 400 \text{ kg/sm}^2$ va qalpoqchani qirqish kuchlanishi

$[\tau] = 500 \text{ kg/sm}^2$ bo'lsa, qalpoqcha diametrik D va balandligi h aniqlansin.

Javobi: $D=18,7 \text{ sm}$, $h=5 \text{ sm}$.

4.5.7. Shakl strapilo

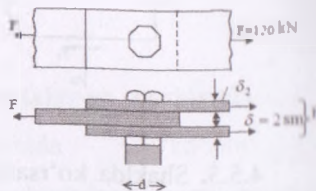
oyog'i bilan uning

tortqisining payvandi

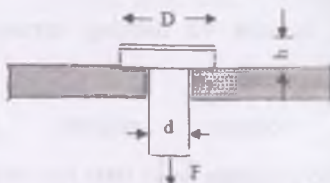
hisoblansin. Konstruksiya

elementlarining yo'nalishlari

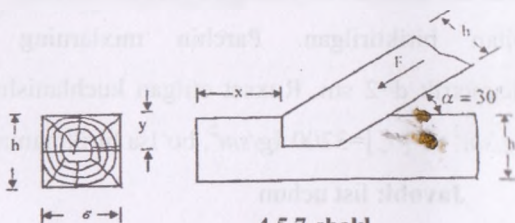
orasidagi burchak



4.5.4-shakl



4.5.6-shakl

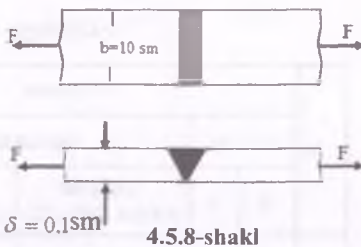


4.5.7-shakl

$\alpha = 30^\circ$ Strapilo oyog'i bo'ylab ta'sir qiladigan kuch $F=4000$ kg, qarag'ay uchun yorilishga ruxsat etilgan kuchlanish $[\tau]=12$ kg/sm², ezilishiga ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma_c]=12$ kg/sm², strapilo oyog'i o'lchamlari $h=\alpha=15$ sm.

Javobi: $y=4$ sm, $x=20$ sm

4.5.8. Shakl eni $\delta=10$ sm, qalinligi $\delta=1,0$ sm bo'lgan ikkita list uchma-uch payvandlangan. List materiali uchun ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]=1400$ kg/sm², chok uchun ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma_c]=1000$ kg/sm².



4.5.8-shakl

List materiali va chok uchun ruxsat etilgan kuch topilsin.

Javobi: List uchun $F=14000$ kg, chok uchun $F=9000$ kg.

4.5.9. Qalinligi $[\delta]=1,6$ sm² va eni $y=14$ sm bo'lgan ikki list ustma-ust payvandlangan. Choklar ko'ndalang bo'lib, ruxsat etilgan kuchlanishlar.



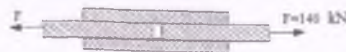
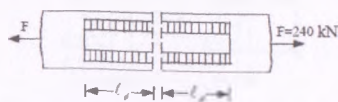
4.5.9-shakl

$[\sigma]=1600$ kg/sm², $[\tau_c]=900$ kg/sm². Payvandning mustahkamligi tekshirilsin.

Javobi: Chokning mustahkamligi: $[\tau_c]=824,2$ kg/sm² $< [\tau_c]$,

Listning mustahkamligi: $[\sigma]=1071,4$ kg/sm² $< [\sigma]$.

4.5.10. Ikkita list ikkita ustqo'yma bilan tutashtirilgan. Agar listlarning qalinligi $\delta=1,0$ sm, $\delta=0,8$ sm, ustquymalarning qalinligi, choklarni



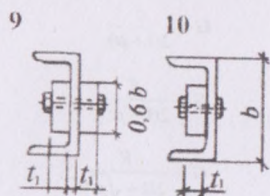
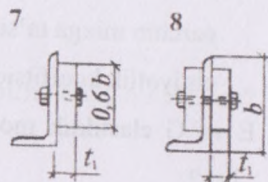
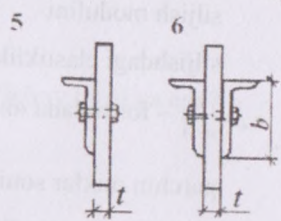
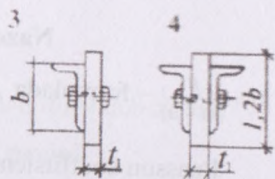
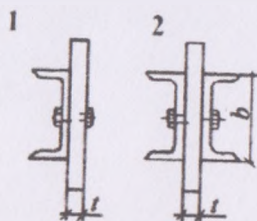
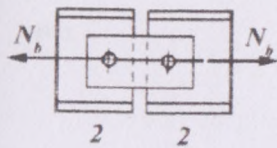
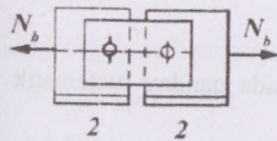
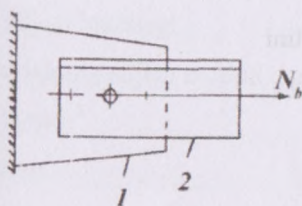
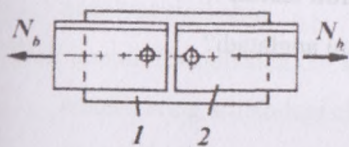
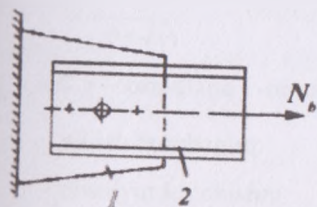
4.5.10-shakl

qirqishga ruhsat etilgan kuchlanishi $[\tau_c]=1000 \text{ kg/sm}^2$ ustqo'ymalarning biriktirish uchun zaruriy bo'ylama choklarning uzunligi topilsin.

Javobi: $\ell_b = 11,2 \text{ sm}$

Siljishga oid topshiriqlar.

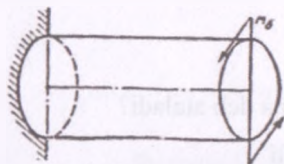
№	O'lchamlar				Nomer	
	List, sm		Burchaklik, mm		Qo'shtavr (GOST -72)	Shvellar (GOST -72)
	h	b	Teng yonli (GOST 8509 - 72)	Teng yorsiz (GOST 8510 - 72)		
1	16	1.8	80x80x8	-	18a	22
2	16	2.2	80x80x7	-	18	20a
3	16	1.4	80x80x6	-	16	22
4	18	2.0	-	100x63x6	20	22a
5	18	2.4	-	110x70x7	18a	22
6	18	1.6	-	90x56x6	18	22a
7	20	2.2	110x70x7	-	20a	24
8	20	2.4	-	110x70x7	18a	22
9	20	1.8	100x100x8	-	18a	20
10	22	2.4	-	125x80x12	22	24a



V BOB. Buralish

5.1. Buralish deformatsiyasi haqida umumiy tushunchalar

Silindrik sterjenning ikkita erkin uchiga qarama-qarshi yo'nalgan juft kuch ta'sir etsa yoki bir uchi mahkamlangan ikkinchi erkin uchining ko'ndalang kesimiga juft kuch qo'yilsa buralish deformatsiya hosil bo'ladi.



Silindrik sterjen buralishga qarshilik ko'rsatsa val deyiladi. Valning mustahkamligini tekshirish cho'zilish yoki siqilish deformatsiyasi kabi sterjen mustahkamligini tekshirishga o'xshab ketadi. Bo'ralishda ham uning xavfli kesimini topish uchun sterjen o'qi bo'yiga ko'ndalang kesimini burovchi moment qiymatlari aniqlanib, uning o'zgarishini ifodalovchi grafik chiziladi. Agar sterjen uzunligi bo'yiga ko'ndalang kesim yuzi o'zgarmas bo'lsa, u holda maksimal burovchi moment qiymati hosil bo'lgan ko'ndalang kesim xavfli kesim hisoblanadi. Bo'rovchi momentning miqdorlari kesish usuli bilan aniqlanadi. Bundan tashqari har bir shkifga ta'sir qilgan burovchi moment miqdorlarini, unga shkifga bog'langan stanok quvvati va aylanish tezligi orqali ham ifodalasa bo'ladi.

$$M_s = 7162 \cdot \frac{N}{n} \cdot N \cdot m \quad 5.1.1$$

bunda N - quvvat, ot kuchi hisoblanadi;

$$M_s = 9736 \cdot \frac{K}{n} \cdot N \cdot m \quad 5.1.2$$

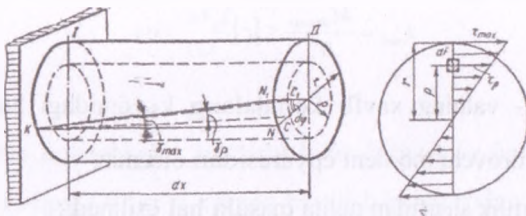
(bir ot kuchi 0,736 kVt ga teng);

bunda K - quvvat kilovatt hisobida, n - valning bir minutda aylanishlar soni.

Doiraviy ko'ndalang kesimli ($d=2r$) sterjen og'irlik makazidan ρ masofadagi nuqtasidagi urinish kuchlanish quyidagi formuladan topiladi:

$$\sigma_p = \frac{M\delta}{J_p} \cdot \rho \quad 5.1.3$$

bunda, M_δ - moment; J_p - qutb inersiya momenti.



Eng katta urinma kuchlanish esa ko'ndalang kesimning atki nuqtalarida hosil bular ekan va quyidagicha aniqlanadi:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\delta(\max)}}{J_p} \cdot r \quad 5.1.4$$

yoki

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\delta(\max)}}{W_p}; \quad (J_p/r = W_p) \quad 5.1.5$$

bunda, W_p - qutb qarshilik momenti.

Doiraviy kesim yuza uchun qutb inersiya momenti quyidagicha ifodalanadi:

$$W_{\rho} = \frac{J_{\rho}}{\tau} = \frac{\pi d^4}{32 d/2} = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2 d^3; \quad 5.1.6$$

Halqasimon kesim yuza uchun:

$$W_{\rho} = \frac{J_{\rho}}{D/2} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{16D} = \frac{\pi D^3}{16} (1 - c^4), \quad c = \frac{d}{D}; \quad 5.1.7$$

Buralishdagi mustahkamlik sharti ham cho'zilish yoki siqilishdagi mustahkamlik shartiga o'xshash ifodalanadi:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\delta(\max)}}{W_{\rho}} \leq [\tau] \quad 5.1.8$$

bunda, $M_{\delta(\max)}$ - valning xavfli ko'ndalang kesimidagi burovchi moment. Qiymatini esa burovchi moment epyurasidan olamiz.

Mustahkamlik shartidan uchta masala hal qilinadi:

1. Mustahkamlikni tekshirish:

$$\tau_{\max} = [\tau] \quad 5.1.9$$

2. Valning diametrini aniqlash:

$$W_{\rho} = \frac{M_{\delta(\max)}}{[\tau]}; \quad 5.1.10$$

$$\frac{\pi d^3}{16} = \frac{M_{\delta}}{[\tau]}; \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{16M_{\delta}}{\pi[\tau]}} = 1,72 \sqrt[3]{\frac{M_{\delta}}{(1-c^4)[\tau]}}; \quad 5.1.11$$

Kovak vallar uchun:

$$D_{\rho} \geq \sqrt[3]{\frac{16M_{\delta}}{\pi(1-c^4)[\tau]}} = 1,72 \sqrt[3]{\frac{M_{\delta}}{(1-c^4)[\tau]}}; \quad 5.1.12$$

2. Val ko'tara oladigan burovchi moment miqdorini aniqlash:

$$M_{\delta} \leq W_{\rho}[\tau]; \quad 5.1.13$$

Serjen bir ko'ndalang kesimining ikkinchi ko'ndalang kesimiga nisbatan aylanish burchagi shu kesimlar orasidagi qismining buralish burchagi deyiladi va quyidagi formuladan topiladi:

$$\varphi = \int_0^l \frac{M_x dx}{GJ_p}, \quad 5.1.14$$

Agar M_x va J_p o'zgarmas bo'lsa, l uzunlikdagi uchastkaning buralish burchagi:

$$\varphi = \frac{M_\delta l}{GJ_p} \quad 5.1.15$$

bo'ladi.

Val materiali mustahkam bo'lishi bilan birga biki ham bo'lishi ya'ni valning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan buralish burchagidan ortib ketmasligi kerak:

$$\varphi_{\max}^0 = \frac{M_\delta}{GJ_p} \leq [\varphi^0] \quad \text{yoki} \quad \varphi_{\max}^0 = \frac{180^\circ M_\delta 100}{\pi GJ_p} \leq [\varphi^0] \quad 5.1.16$$

Odatda, vallarning diametri mustahkamlik va biklik shartlaridan topilib, ulardan kattasi olinadi.

Buralishda deformatsiyasida ham cho'zilish yoki siqilish deformatsiyasidagi kabi statik aniqlamas masalalar uchrab turadi.

Urinma kuchlanish prujina o'ramining ko'ndalang kesimida quyidagicha ifodalanadi:

$$\tau_1 = \frac{F}{A_{\text{kes}}} = \frac{F}{\pi r^2}; \quad 5.1.19$$

Eng katta urinma kuchlanish burovchi momentdan uram ipi chetida hosil bo'lib, quyidagicha topiladi:

$$\tau_2 = \frac{M}{W_\rho} = \frac{2M}{\pi \rho^3} = \frac{2FR}{\pi \rho^3} \quad 5.1.20$$

$$\tau_{\text{max}} = \tau_1 + \tau_2 = \frac{F}{\pi \rho^2} + \frac{2FR}{\pi \rho^3} = \frac{2FR}{\pi \rho^3} \left(1 + \frac{r}{2R}\right) \quad 5.1.21$$

Odatda, $\frac{r}{R} = 0$ deb qabul qilib, faqat urinma kuchlanish τ_2 qiymatini burovchi momentdan hosil bo'ladi deb, qabul qilinadi:

$$\tau_{\text{max}} = \frac{2FR}{\pi \rho^3}; \quad 5.1.22$$

Mayda qadamli prujina o'ramlarining deformatsiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta = \frac{4FR^3 H}{Gr^4}; \quad 5.1.23$$

bunda, n - prujinadagi o'ramlar soni.

5.2. Buralishga doir masalalar yechishdan namunalar

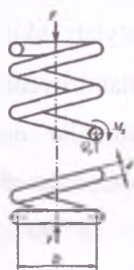
5.2.1-masala. O'ramli prujina $F=10\text{ kg}$ kuch bilan

cho'zilsin. Prujina o'rtacha radiusi $R=7\text{ sm}$, ipining radiusi $r=0,5\text{ sm}$. Prujining cho'zilishi va eng katta urinma kuchlanish aniqlansin.

O'ramlar soni $n=20$, $G=8\cdot 10^5\text{ kg/sm}^2$

Prujining uzunligi:

$$\Delta = \frac{4F \cdot R^3 \cdot n}{G \cdot r^4} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 7^3 \cdot 20}{8 \cdot 10^5 \cdot (0,5)^4} = 5,5\text{ sm}$$



5.2.1-shakl

O'ram ipining ko'ndalang kesimidagi eng katta o'rinma kuchlanishi:

$$\tau_{\max} = \frac{F}{\pi r^2} + \frac{2\pi R}{\pi r^3} = \frac{10}{3,14 \cdot 0,25} + \frac{2 \cdot 10 \cdot 7}{3,14 \cdot 0,125} = 12,8 + 350 = 362,8\text{ kg/sm}^2$$

5.2.2-masala. 5.2.2-shaklda tasvirlangan transmissiya vali uchun

burovchi momentlar epyurasi qurilsin. Aylantiruvchi momentlar:

$M_1 = 500\text{ N}\cdot\text{m}$,

$M_2 = 150\text{ N}\cdot\text{m}$, $M_3 = 250\text{ N}\cdot\text{m}$, $M_4 = 100\text{ N}\cdot\text{m}$ ga

teng.

Yechish. Valni 5.2.2-shakl, a da

ko'rsatilganidek uchastkalarga bo'lamiz.

Kesish metodi va yumshatilgan chegaraviy

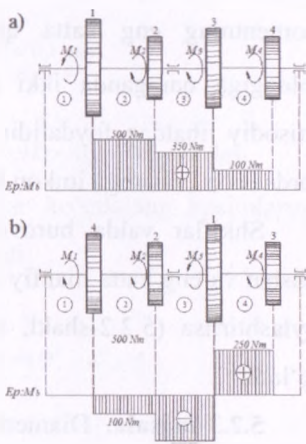
shartlarni tatbiq qilamiz. Musbat burrovchi

momentlarni epyura o'qidan pastga qo'yamiz

deb shartlashib olamiz. Burrovchi momentlar

epyrasini quramiz (5.2.2-shakl, a) Birinchi,

shuningdek, beshinchi uchastkalarda burrovchi momentlar nolga teng, chunki



5.2.2-shakl.

bu uchastkalarda aylantiruvchi momentlar yo'q. Shu tufayli epyuraning o'qi bo'ylab shkif I gacha gorizontal to'g'ri chiziq o'tkazamiz, shkif I da epyura aylantiruvchi moment kattaligi, ya'ni $500 \text{ N}\cdot\text{m}$ ga teng kattalikka "sakraydi" (ishoralar qoidasini esga olaylik). Boshqa uchastkalarda ham burovchi momentlar epyurasi shunga o'xshash quriladi.

Shuni aytib o'tish kerakki, burovchi momentlar epyurasidagi "sakrash" son jihatidan har doim qurilayotgan kesimga quyilgan aylantiruvchi moment qiymatiga teng bo'ladi. Epyuradan kurinib turibdiki, eng katta burovchi moment ikkinchi uchastkada bo'ladi:

$$M_{B_{\max}} = M_{B_2} = 500 \text{ Nm}$$

Shkiflarni ratsional joylashtirish yo'li bilan $M_{B_{\max}}$ qiymatini kamaytirish mumkin. 5.2.2-shakl, b da shkiflarni joylashtirish sxemasi va unga mos bo'lgan M_B epyura tasvirlangan, bu sxemadan ko'rinib turibdiki, burovchi momentning eng katta qiymatini $M_{B_{\max}} = M_{B_1} = 250 \text{ N}\cdot\text{m}$, ya'ni birinchi holdagiga qaraganda ikki marta kichik. Shkiflarni bunday joylashtirish iqtisodiy jihatdan foydalidir, chunki berilgan quvvatni kichik diametrlil val yordamida uzatishga imkon beradi.

Shkiflar valda burovchi momentlarining uchastkalardagi eng katta musbat va eng katta manfiy qiymatlari mumkin qadar bir xil bo'ladigan qilib joylashtirilsa (5.2.2-shakl, b da M_B epyuraga qarang), maqsadga muvofiq bo'ladi.

5.2.3-masala. Diametri $d=70 \text{ mm}$ bo'lgan yaxlit val ichki diametri tashqi diametridan 10% kichik bo'lgan halqa kesimli valga almashtirilsin. Dastlabki mustahkamlik ehtiyot koeffitsientini saqlab qolish sharti bilan ichi

kovak val diametrlari aniqlansin. Yaxlit va ichi kovak vallar massasi aniqlansin.

Yechish. Ichi kovak valning tashqi diametrini D bilan, ichki diametrini d_0 bilan belgilaymiz, masala shartiga ko'ra $d_0 = 0,9 \cdot D$. Buralishda mustahkamlikka hisoblash formulasidan, dastlabki mustahkamlik ehtiyot koefitsientini saqlab qolish uchun ichi kovak va yaxlit vallarning qarshilik momentlari teng bo'lish zarur, chunki M_b va $[\tau_b]$ lar o'zgarmas deb hisoblanadi. Buralishda qarshilik momentarini hisoblab topamiz.

Doiraning qarshilik momenti:

$$W_p \approx 0,2d^2 = 0,2(70 \cdot 10^{-3})^3 m^3$$

Halqaning qarshilik momenti:

$$W_p \approx 0,2D^4(D - d^4)/D = 0,2D^4(1 - (0,9)^4)/D = 0,2D^3 \cdot 0,344$$

W_p - qiymatlarini tenglashtirib,

$$D = \sqrt[3]{0,2(70 \cdot 10^{-3})^3 / (0,2 \cdot 0,344)} \approx 0,1 \text{ m}$$

mu ega bo'lamiz.

$D = 100 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz. Unda $d_0 = 0,9D = 0,9 \cdot 100 = 90 \text{ mm}$.

Yaxlit va ichi kovak vallar massasi ular ko'ndalang kesimlarining yuzalari F_{ya} va F_k nisbati kabi nisbatda bo'linadi.

Bu yuzalarni hisoblab topamiz:

$$F_{ya} = \pi d^2 / 4; F_k = \pi D^2 / 4 - \pi d^2 / 4 = \pi(D^2 - d^2) / 4$$

Ular nisbatini topamiz:

$$F_{ya} / F_k = \pi d^2 \cdot 4 / [4\pi(D^2 - d^2)] = d^2 / (D^2 - d^2) = (70 \cdot 10^{-3})^2 / [(100^2 - 90^2) \cdot 10^{-6}] = 2,58$$

Ichi g'ovak val yaxlit valdan 2,58 marta yengil.

5.2.4-masala. Diametri $d=7,5$ sm bo'lgan po'lat valning quvvati $N=300$ ot kuchi bo'lib, uning minutiga aylanishi $n=300$ aylanishga teng. Valning mustahkamligi tekshirilsin.

Yechish: Burovchi momentining qiymatini topamiz:

$$M_{\delta} = 71620 \frac{N}{n} = 71620 \frac{300}{320} = 67143,75 \text{ kg} \cdot \text{sm}$$

Doiraviy kesim qarshilik momenti:

$$W_{\rho} = \frac{\pi d^3}{16} = 0,2d^3 = 0,2 \cdot 7,5^3 = 84,375 \text{ sm}^3 \text{ bo'ladi.}$$

Eng katta urinma kuchlanishni topamiz:

$$\tau = \frac{M_{\delta}}{W_{\rho}} = \frac{67143,75}{84,375} \text{ kg/sm}^2$$

Ruxsat etilgan kuchlanishni quyidagicha olamiz:

$$[\tau_{\max}] = (0,5 - 0,6)[\sigma] = (0,5 - 0,6) \cdot 1600 = (800 - 960) \text{ kg/sm}^2$$

Demak valning mustahkamligi ta'minlanar ekan.

5.2.5-masala. Kovak val $M_{\delta} = 600 \text{ kg} \cdot \text{m}$ moment bilan buraladi. Agar ruxsat etilgan kuchlanish $\tau = 600 \text{ kg/sm}^2$ va ichki diametrning tashqarisiga nisbati $\alpha = d_k/D_k = 0,8$ bo'lsa, kesimning o'lchamlari aniqlansin. Agar valning kesimi yaxlit bo'lsa, shu mustahkamlikda valning og'irligini qanchaga kamaytirish mumkin.

Yechish. Kavak kesim uchun qarshilik momentini hisobga olib, valning tashqi diametrini topamiz:

$$D_k = \sqrt[3]{\frac{M_{\delta}}{\pi(1-\alpha^4)[\tau]}} = 1,72 \sqrt[3]{\frac{M_{\delta}}{(1-\alpha^4)[\tau]}} = 1,72 \sqrt[3]{\frac{60000}{(1-0,8^4)600}} = 9,5 \text{ sm}$$

Valning ichki diametri $d_k = \alpha \cdot D_k = 0,8 \cdot 9,5 = 7,6 \text{ sm}$

Agar valning kesimi yaxlit bo'lsa, yaxlit doiraviy kesim uchun qarshilik momentini hisobga olib, valning diametrini topamiz:

$$d_n \geq 1,723 \sqrt{\frac{M_b}{[\tau]}} = 1,723 \sqrt{\frac{60000}{600}} = 7,798 \cong 8,0 \text{ sm}$$

Kovak va yaxlit vallarning og'irliklarining nisbati, ular ko'ndalang kesim yuzalarining nisbatiga teng.

Kovak valning ko'ndalang kesim yuzi

$$d_k = \frac{\pi}{4} (D_k^2 - d_k^2) = \frac{3,14}{4} (9,5^2 - 7,6^2) = 25,5 \text{ sm}^2$$

Yaxlit valning ko'ndalang kesim yuzi

$$A_n = \frac{\pi}{4} d_n^2 = \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 = 50,24 \text{ sm}^2$$

$$\frac{A_k}{A_n} = \frac{22,5}{50,24} = 0,5075$$

Demak bir xil mustahkamlikdagi kovak val yaxlit valga nisbatan 49.25% kam og'irlikda bo'lar ekan.

5.2.6-masala. 1.5 m uzunlikka to'g'ri keladigan buralish burchagi $\varphi^0 = 0,5^0$ bo'lgan valning dvigatelga beradigan quvvati topilsin. Valning diametri $d=10 \text{ sm}$, minutiga aylanish soni $n=500 \text{ ayl/min}$, materialining elastiklik moduli:

$$G = 8 \cdot 10^9 \text{ kg/sm}^2$$

Ichi g'ovak val yaxlit valdan 2,58 marta yengil.

5.2.4-masala. Diametri $d=7,5$ sm bo'lgan po'lat valning quvvati $N=100$ ot kuchi bo'lib, uning minutiga aylanishi $n=300$ aylanir ga teng. Valning mustahkamligi tekshirilsin.

Yeshish: Burovchi momentning qiymatini topamiz:

$$M_b = 71620 \frac{N}{n} = 71620 \frac{300}{320} = 67143,75 \text{ kg} \cdot \text{sm}$$

Doiraviy kesim qarshilik momenti:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} = 0,2d^3 = 0,2 \cdot 7,5^3 = 84,375 \text{ sm}^3 \text{ bo'ladi.}$$

Eng katta urinma kuchlanishni topamiz:

$$\tau = \frac{M_b}{W_p} = \frac{67143,75}{84,375} \text{ kg/sm}^2$$

Ruxsat etilgan kuchlanishni quyidagicha olamiz:

$$[\tau_{\max}] = (0,5 - 0,6)[\sigma] = (0,5 - 0,6) \cdot 1600 = (800 - 960) \text{ kg/sm}^2$$

Demak valning mustahkamligi ta'minlanar ekan.

5.2.5-masala. Kovak val $M_b = 600 \text{ kg} \cdot \text{m}$ moment bilan buraladi. Agar ruxsat etilgan kuchlanish $\tau = 600 \text{ kg/sm}^2$ va ichki diametrning tashqarisiga nisbati $\alpha = d_k/D_k = 0,8$ bo'lsa, kesimning o'lchamlari aniqlansin. Agar valning kesimi yaxlit bo'lsa, shu mustahkamlikda valning og'irligini qanchaga kamaytirish mumkin.

Yechish. Kavak kesim uchun qarshilik momentini hisobga olib, valning tashqi diametrini topamiz:

$$D_K = \sqrt[3]{\frac{M_b}{\pi(1-\alpha^4)[\tau]}} = 1,72 \sqrt[3]{\frac{M_b}{(1-\alpha^4)[\tau]}} = 1,72 \sqrt[3]{\frac{60000}{(1-0,8^4)600}} = 9,5 \text{ sm}$$

Valning ichki diametri $d_k = \alpha \cdot D_k = 0,8 \cdot 9,5 = 7,6 \text{ sm}$

Agar valning kesimi yaxlit bo'lsa, yaxlit doiraviy kesim uchun qarshilik momentini hisobga olib, valning diametrini topamiz:

$$d_s \geq 1,723 \sqrt{\frac{M_b}{[\tau]}} = 1,723 \sqrt{\frac{60000}{600}} = 7,798 \cong 8,0 \text{ sm}$$

Kovak va yaxlit vallarning og'irliklarining nisbati, ular ko'ndalang kesim yuzalarining nisbatiga teng.

Kovak valning ko'ndalang kesim yuzi

$$d_k = \frac{\pi}{4} (D_k^2 - d_s^2) = \frac{3,14}{4} (9,5^2 - 7,6^2) = 25,5 \text{ sm}^2$$

Yaxlit valning ko'ndalang kesim yuzi

$$A_s = \frac{\pi}{4} d_s^2 = \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 = 50,24 \text{ sm}^2$$

$$\frac{A_k}{A_s} = \frac{22,5}{50,24} = 0,5075$$

Demak bir xil mustahkamlikdagi kovak val yaxlit valga nisbatan 49,25% kam og'irlikda bo'lar ekan.

5.2.6-masala. 1,5 m uzunlikka to'g'ri keladigan buralish burchagi $\varphi = 0,5^\circ$ bo'lgan valning dvigatelga beradigan quvvati topilsin. Valning diametri $d = 10 \text{ sm}$, minutiga aylanish soni $n = 500 \text{ ayl/min}$, materialining elastiklik moduli:

$$G = 8 \cdot 10^7 \text{ kg/sm}^2$$

Yechish: Buralish burchagi formulasidan quyidagi ega bo'lamiz:

$M_s = \frac{GJ_p}{l} \varphi$ buni burovchi moment formulasiga qo'yib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{GJ_p}{l} \varphi = 71620 \frac{N}{n} \text{ bundan } N = \frac{GJ_p n}{71620 l} \cdot \varphi$$

Valning buralish burchagining radiandagi qiymati:

$$\varphi = \frac{\varphi^0 \pi}{180} = \frac{0,5 \cdot 3,14}{180} \text{ bo'ladi}$$

$$N = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 10^4 \cdot 500 \cdot 0,5 \cdot 3,14}{32 \cdot 71620 \cdot 180 \cdot 150} \cong 320 \text{ ot kuchi.}$$

$$N = 320 \text{ ot kuchi.}$$

5.2.7-masala. Uzunligi $l=5$ m ko'ndalang kesimi to'g'ri burchakli tomonlari $a=20$ sm va $b=10$ sm bo'lgan po'lat sterjen $M_b=300000$ kg·sm moment bilan buralayapti. Sterjen materiali uchun $G=8 \cdot 10^5$ kg/sm². Eng katta kuchlanish, buralish burchagi va kichik tomoni o'rtasidagi kuchlanish τ topilsin.

Yechish: Eng katta kuchlanish kesimning katta tomonining o'rtasida hosil bo'ladi va u quyidagicha topiladi:

$$\tau_{\max} = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{\beta a b^2} = \frac{300000}{0,246 \cdot 20 \cdot 10^2} = 609,75 \text{ kg/sm}^2$$

bunda, $\beta=0.246$ ni jadvaldan oldik.

Kuchlanishni topamiz:

$$\tau_{\max} = \frac{M_b}{a \cdot b^2} \left(3 + 1,8 \frac{b}{a} \right) = \frac{300000}{20 \cdot 10^2} \left(3 + 1,8 \frac{10}{20} \right) = 55 \text{ kg/sm}^2$$

ular orasidagi farq juda kam ekan.

Buralish burchagini topamiz:

$$\varphi = \frac{M_b \cdot l}{G \cdot J_\rho} = \frac{M_b \cdot l}{G \cdot \alpha \cdot a \cdot b^3} = \frac{300000 \cdot 500}{8 \cdot 10^5 \cdot 0,229 \cdot 20 \cdot 10^3} = 0,0409 \text{ rad}$$

$$\text{yoki } \varphi = \frac{10}{\pi} \cdot 0,0409 = 2,34^\circ$$

Kichik tomon o'rtasidagi eng katta kuchlanishni topamiz:

$$\tau_1 = \gamma \tau_{\max} = 0,795 \cdot 609,75 = 484,75 \text{ kg/sm}^2$$

hunda, $\gamma = 0,795$ ni jadvaldan $\frac{b}{a} = 2,0$ qiymatdan oldik.

5.2.8-masala. Diametri $d=1,4$ sm va uzunligi $l=50$ sm bo'lgan po'lat sterjen $M_b = 250$ kg sm moment bilan buralganda to'plangan potensial energiya topilsin. Sterjen materialining uzunligi $G = 8 \cdot 10^5$ kg/sm² bo'ladi.

Yechish. Berilgan qiymatlardan foydalanib potensial energiyani topamiz:

$$U = \frac{M_b^2}{2GJ_\rho} = \frac{(250)^2 \cdot 50}{2 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot \frac{3,14 \cdot (1,4)^4}{32}} = 5,18 \text{ kg} \cdot \text{sm}$$

5.2.9-masala. Ko'rsatilgan transmissiya val uchun: a) burovchi moment epyurasi qurilsin; b) mustahkamlik va bikrlilik shartidan valning diametri aniqlansin; v) valning shkiqlari ratsional joylashtirilsin; g) ikkala holatda material tejamligi foiz hisobida aniqlansin va buralish burchagi epyurasi qurilsin (valning chap chet tomoni qo'zg'almas deb qaralsin).

Berilgan: $N_A = 90 \text{ kVt}$, $N_B = 40 \text{ kVt}$, $N_C = 30 \text{ kVt}$, $N_D = 20 \text{ kVt}$,
 $\omega = 25 \text{ rad/s}$, $[\tau] = 30 \text{ MPa}$, $a = 1 \text{ m}$, $[\theta] = 4 \text{ mrad/m}$, $G = 80 \text{ GPa}$

Yechish: 1. Berilgan valning diametrini aniqlaymiz. Ma'lumki quvvat $N = M \cdot \omega$ ifodasi bilan aniqlanadi. Bu ifodadan:

$$M_A = \frac{N_A}{\omega} = \frac{90}{25} = 3,6 \text{ kN} \cdot \text{m}, \quad M_B = \frac{N_B}{\omega} = \frac{40}{25} = 1,6 \text{ kN} \cdot \text{m},$$

$$M_C = \frac{N_C}{\omega} = \frac{30}{25} = 1,2 \text{ kN} \cdot \text{m}, \quad M_D = \frac{N_D}{\omega} = \frac{20}{25} = 0,8 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Natijalarga asoslanib berilgan val uchun burovchi moment epyurasini quramiz (5.2.9-shakl, b).

Epyuradan kurinib turibdi-ki eng katta burovchi moment $M_{b(\max)} = 3,6 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ga teng ekan.

Shkivlarning o'rnini shunday almashtiraylik-ki, valning ko'ndalang kesimida eng kichkina burovchi moment qiymatlari hosil bo'lsin. Shkivlarning bunday almashinuviga shkivlarni ratsional joylashtirish deyiladi (5.2.9-shakl, d). Ushbu ratsional val uchun burovchi momentning epyurasini quramiz (5.2.9-shakl, e). Bu epyuradan kurinadi-ki eng katta burovchi momentning qiymati $M_{b(\max)} = 2 \text{ kN} \cdot \text{m}$, ga teng.

Mustahkamlik va bikrlilik shartidan valning ikkala varianti uchun diametrlarni aniqlaymiz:

$$\text{I-variant } d_m = \sqrt[3]{\frac{16M_{b(\max)}}{\pi(\tau)}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{\pi \cdot 30 \cdot 10^6}} = 100 \text{ mm}$$

$$d_h = \sqrt[4]{\frac{32M_{b(\max)}}{\pi G[\theta]}} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{\pi \cdot 80 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}} = 104 \text{ mm}.$$

Diametrning eng katta qiymati $d_1 = 104 \text{ mm}$ ni $d_1 = 105 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz (GOST bo'yicha).

Berilgan val ko'ndalang kesimi bikrligini aniqlaymiz:

$$GJ_{\rho_1} = \frac{F \pi d_1^4}{32} = \frac{80 \cdot 10^9 \cdot \pi \cdot 105 \cdot 10^{-12}}{32} = 0,95 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$$

$$2\text{-variant. } d_m = \sqrt[3]{\frac{16 M_{\rho(\max)}}{\pi [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 2 \cdot 10^3}{\pi \cdot 30 \cdot 10^6}} = 67 \text{ mm}$$

$$d_b = \sqrt[4]{\frac{32 M_{\rho(\max)}}{\pi G [\theta]}} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 2 \cdot 10^3}{\pi \cdot 80 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}} = 89 \text{ mm}$$

Val diametrining katta qiymatini olib $d_2 = 89 \text{ mm}$ ni GOST bo'yicha $d_2 = 90 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz.

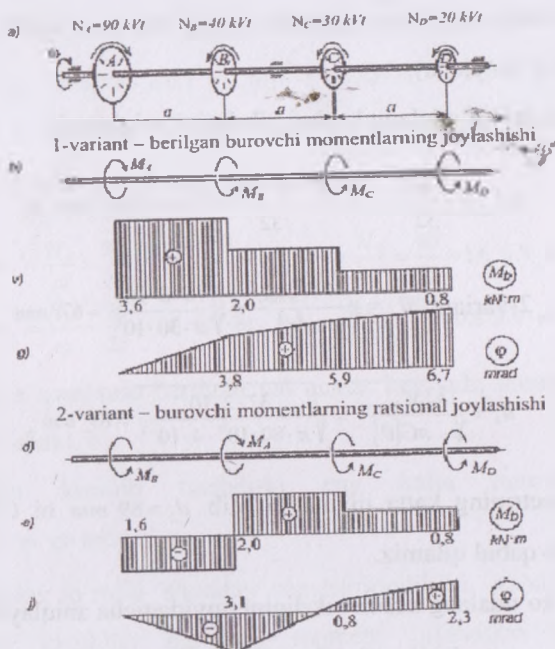
Valning ko'ndalang kesim bikrligini quyidagicha aniqlaymiz:

$$GJ_{\rho_2} = \frac{G \pi d_2^4}{32} = \frac{80 \cdot 10^9 \cdot \pi \cdot 90^4 \cdot 10^{-12}}{32} = 0,52 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$$

Kurib turibdi-ki valning diametri 2-variantda kichkina chiqdi. Bu esa shikivni ratsional joylashtirishda materialni tejashga olib kelar ekan.

$$\eta = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \cdot 100\% = \frac{d_1^2 - d_2^2}{d_1^2} \cdot 100\% = \frac{105^2 - 90^2}{105^2} \cdot 100\% = 26,5 \%$$

Valning buralish burchagi epyurasini quramiz:



5.2.9-shakl

1-variant. Epyurani qurish uchun $\varphi_0 = \varphi_A = 0$ deb qabul qilamiz.

$$\varphi_B = \varphi_A + \frac{M_{AB} \cdot a}{GJ_{\rho}} = \frac{3,6 \cdot 10^3 \cdot 1}{0,95 \cdot 10^6} = 3,8 \text{ mrad}; ;$$

$$\varphi_C = \varphi_B + \frac{M_{BC} \cdot a}{GJ_{\rho}} = 3,8 + \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 1}{0,95 \cdot 10^6} = 5,9 \text{ mrad};$$

$$\varphi_D = \varphi_C + \frac{M_{CD} \cdot a}{GJ_{\rho}} = 5,9 + \frac{0,8 \cdot 10^3 \cdot 1}{0,95 \cdot 10^6} = 6,7 \text{ mrad};$$

2-variant. Epyurani qurish uchun $\varphi_0 = \varphi_B = 0$ deb qabul qilamiz.

$$\varphi_A = \varphi_B + \frac{M_{BA} \cdot a}{GJ_{\rho_2}} = \frac{1,6 \cdot 10^3 \cdot 1}{0,52 \cdot 10^6} = -3,1 \text{ mrad};$$

$$\varphi_C = \varphi_A + \frac{M_{AC} \cdot a}{GJ_{\rho_2}} = -3,1 + \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 1}{0,52 \cdot 10^6} = 0,8 \text{ mrad};$$

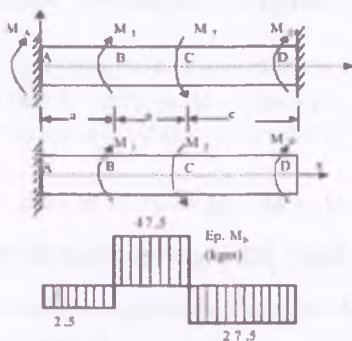
$$\varphi_D = \varphi_C + \frac{M_{CD} \cdot a}{GJ_{\rho_2}} = 0,8 + \frac{0,8 \cdot 10^3 \cdot 1}{0,52 \cdot 10^6} = 2,3 \text{ mrad};$$

Natijalardan foydalanib buralish burchagi φ ning epyurasini quramiz (5.2.9-shakl g.i.j).

5.2.10-masala. 5.2.10-shaklda ko'rsatilgan sterjenga $M_1 = 50 \text{ kg} \cdot \text{m}$ va $M_2 = 75 \text{ kg} \cdot \text{m}$ momentlar ta'sir etyapti. Uning mustahkamlik va bikrligi shartidan foydalanib kerakli diametri tanlansin.

$$[\tau] = 400 \text{ kg} / \text{sm}^2; \quad [\varphi] = 0,3 \text{ grad} / \text{m};$$

$$G = 8 \cdot 10^5 \text{ kg} / \text{sm}^2; \quad a = 1,0 \text{ m}; \quad b = 1,5 \text{ m}; \quad c = 2,5 \text{ m}.$$



5.2.10-shakl

Yechish. Masala uchun lozim bo'lgan statikaning muvozanat tenglamasini tuzamiz:

$$\sum X = M_A + M_1 - M_2 + M_D = 0$$

Doiraviy kesimli $\lambda_d = \frac{8FD^3n}{Gb^4}$

Kvadrat kesimli $\lambda_k = \frac{8FD^3m}{4Gab^4}$

Prujinalar uzayishining nisbati:

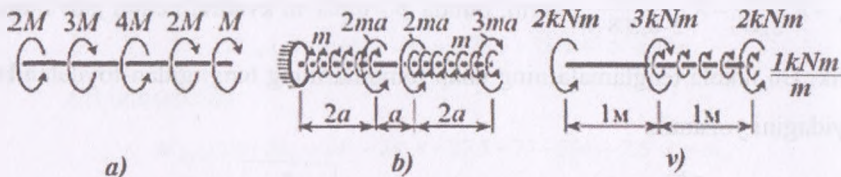
$$\frac{\lambda_D}{\lambda_k} = \frac{\frac{8FD^3n}{Gb^4}}{\frac{8FD^3m}{4Gab^4}} = \frac{32ab^4}{\pi d^4} = \frac{32 \cdot 0,141(0,98)^4 d^4}{3,14d^4} = 1,325$$

Bu yerda $a = 0,141$ qiymatni $\left(\frac{a}{b} = 1\right)$ ya'ni kvadrat kesim uchun jadvaldan oldik.

5.3. Buralishga doir mustaqil yechish uchun masalalar va topshiriqlar.

Burovchi moment epyurasi.

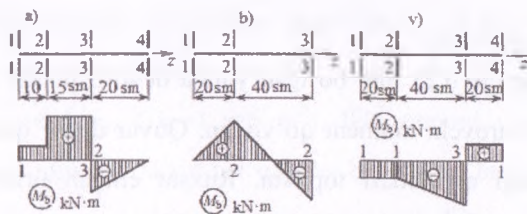
5.3.1. Ko'rsatilgan vallar uchun buruvchi moment epyurasi qurilsin.



Javob: Eng pastiga absolyut buruvchi moment qiymatlari:

a) $3M$; b) $3ma$; v) $2kN \cdot m$

5.3.2. Ko'rsatilgan shakllarda buruvchi moment epyurasidan foydalanib, valga ta'sir etuvchi buruvchi momentlar qo'yilsin.



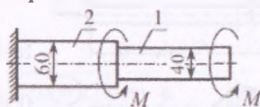
Javob: a) $M_1=1$ kN·m; $M_2=2$ kN·m; $m_{34}=10$ kN·m/m (soat strelkasi bo'yicha). $M_3=5$ kN·m (soat strelkasiga teskari); b) $m_{12}=10$ kN·m/m, $M_3=2$ kN·m (soat strelkasi bo'yicha), $m_{23}=10$ kN·m/m (soat strelkasiga teskari). v) $M_1=4$ kN·m (soat strelkasi bo'yicha), $M_2=1$ kN·m; $M_4=1$ kN·m; $m_{23}=5$ kN·m/m (soat strelkasiga teskari).

5.3.2. Diametri 10 sm va uzunligi 6 m bo'lgan po'lat val 0,12 rad. burchakka buralgan. Eng katta urinma kuchlanish topilsin.

Javob: $\tau_{\max} = 80$ MPa

5.3.4. Ko'rsatilgan pog'onali valning qalin qismida eng katta urinma kuchlanish qiymati topilsin. Agar valning yuqori qismida urinma kuchlanish 135 MP ga teng bo'lsa.

Javob: $\tau_{\max} = 80$ MPa



5.3.5. Diametri 90 mm bo'lgan val 90 ot kuchi quvvatni uzatadi. Agar ruxsat etilgan urinma kuchlanish 60 MPa teng bo'lsa, valning eng katta aylanishlar sonini aniqlang.

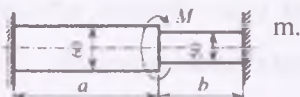
Javob: 75 ayl/min dan kichik bo'lmagan.

5.3.6. Diametri 125 mm bo'lgan yupqa devorli po'lat quvur uchlariga $M=7,85 \text{ kN}\cdot\text{m}$ burovchi moment qo'yilgan. Quvur devor qalinligi va nisbiy buralish burchagi qiymatlari topilsin. Ruxsat etilgan urinma kuchlanishi $[\tau]=80 \text{ MPa}$ deb qabul qilinsin.

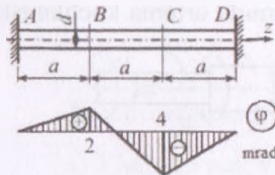
Javob: $t=4 \text{ mm}$, $\theta=16 \text{ mrad/m}$.

5.3.7. Ko'rsatilgan pog'onali val ikki qisma a va b o'lchamlari aniqlansin. Umumiy uzunligi $l=3,3 \text{ m}$.

Javob: $a=1,8 \text{ m}$, $b=1,5 \text{ m}$.



5.3.8. Ko'rsatilgan oraliqlari $a=0,5$; diametri $d=10 \text{ sm}$, ko'ndalang kesim bikrligi $GJg=1 \text{ mN}\cdot\text{m}^2$ bo'lgan val uchun berilgan buralish burchagi epyurasidan foydalanib, burovchi moment yo'nalishlari va qiymatlari qo'yilsin.

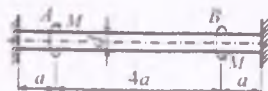


Javob: $M_B=16 \text{ kN}\cdot\text{m}$ (soat strelkasiga teskari), $M_C=20 \text{ kN}\cdot\text{m}$ (soat strelkasi bo'yicha; z o'qi yo'nalishidan teskari tomondan qaralganda).

5.3.9. Ko'rsatilgan valdagi A va B ko'ndalang qismning bir-biriga nisbatan buralish burchagi 10 mrad . oraliqlari $a=40 \text{ sm}$, diametri $d=20 \text{ sm}$, $G=80 \text{ GPa}$ eng katta urinma kuchlanish qiymati aniqlansin.

Javob: $\tau_{\text{max}}=100 \text{ MPa}$

5.3.10. Ko'rsatilgan val uchun eng katta urinma kuchlanish aniqlansin ($d=100$ mm), ($M=20$ kN·m, $a=0,5$ m, $GJ_p=1$ mN·m²). Ikki tomoni mahkamlangandan keyin yuqoridagi moment ta'siridan qancha burchakka buralish mumkin va bu holatda eng katta urinma kuchlanishi qanday bo'ladi?



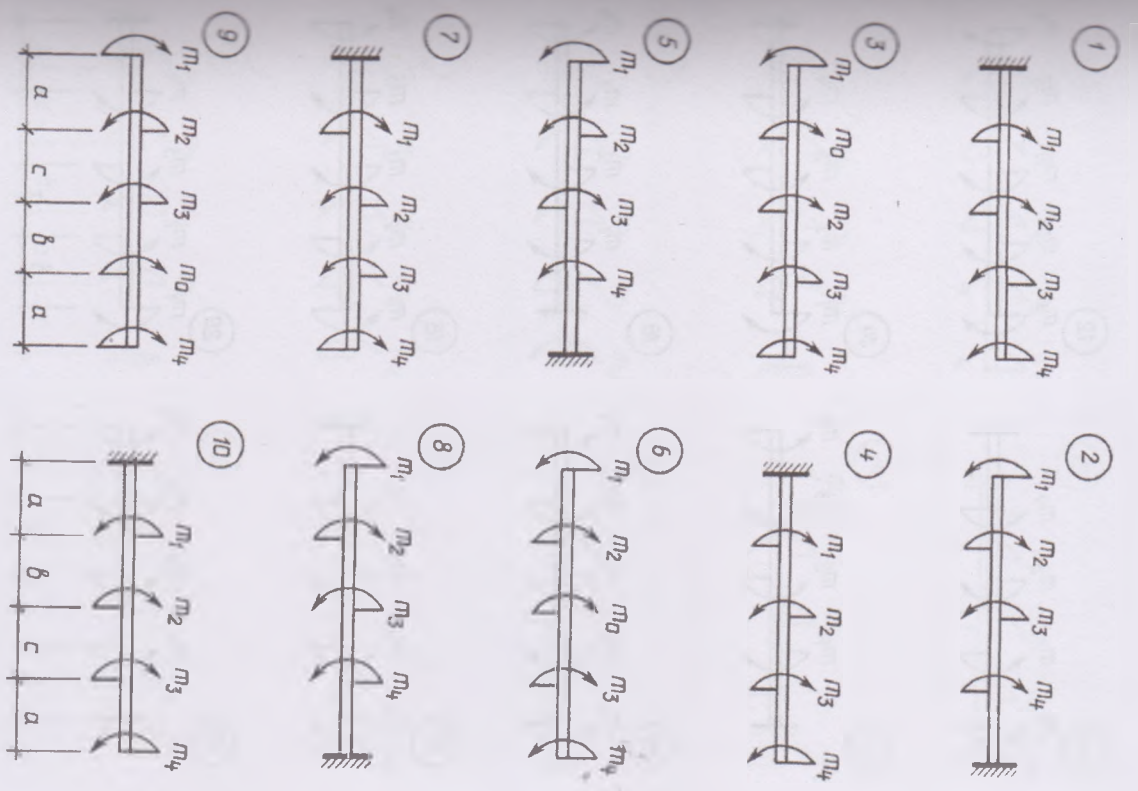
Javob: $\tau_{\max} = 100$ MPa, $\varphi_{B, A} = 10$ mrad, $\tau_{\max} = 50$ MPa.

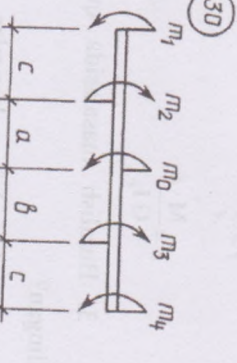
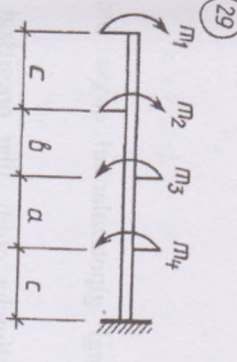
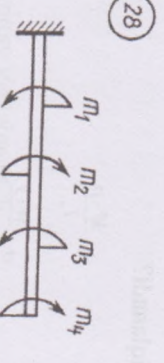
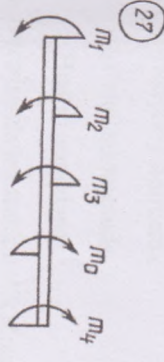
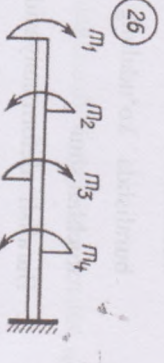
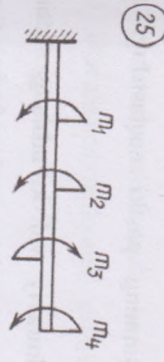
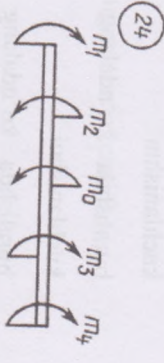
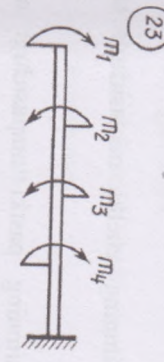
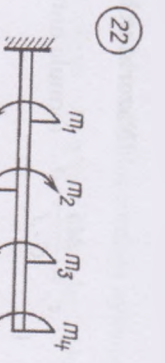
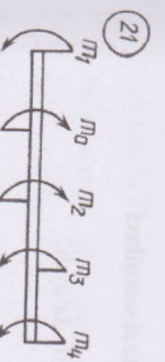
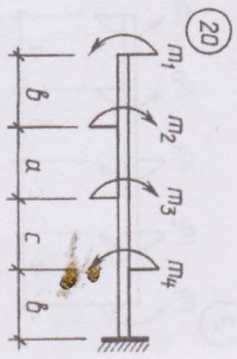
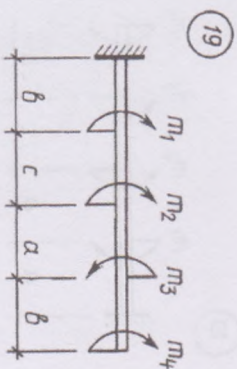
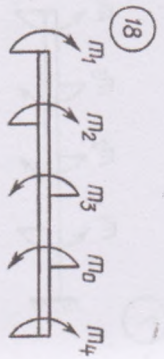
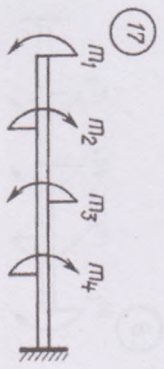
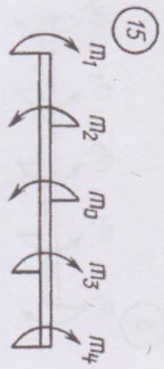
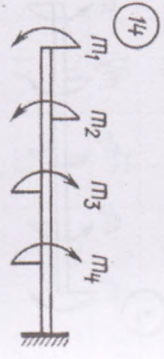
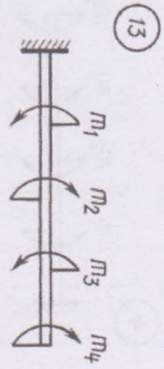
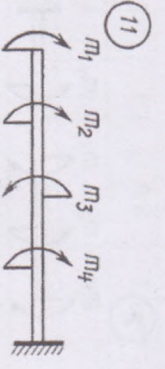
TOPSHIRIQLAR

5-jadval

Tartib raqami, №	Oraliq uzunligi, m			Momentlar, kN·m				[θ], gradus
	a	b	c	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	
1	1,1	1,7	0,4	10	17	9	26	2,0
2	1,2	1,0	0,9	33	8	25	7	1,5

3	1,3	0,8	1,1	5	18	8	25	1,0
4	1,4	1,6	0,8	4	9	24	7	2,5
5	1,5	0,9	0,7	6	19	10	24	3,0
6	0,6	1,4	1,2	32	9	23	8	1,6
7	0,7	1,7	0,9	4	18	10	27	2,7
8	0,8	0,5	1,9	13	10	22	7	3,0
9	0,9	1,3	1,6	4	20	9	26	1,2
10	1,0	0,6	1,8	30	11	23	6	2,4





Nazorat uchun test savollari

1. $\tau_\rho = \frac{M\delta}{G \cdot J_\rho} \cdot \rho$ – formula nimani ifodalaydi?

buralishda val ko'ndalang kesimning ixtiyoriy nuqtasidagi urinma kuchlanishni

buralishda ko'ndalang kesimning chetki nuqtasidagi urinma kuchlanishni

buralishda ko'ndalang kesimning pastki nuqtasidagi normal kuchlanishni

buralishda ko'ndalang kesimning pastki nuqtasidagi urinma kuchlanishni

2. Buralish deformatsiyasida doiraviy val ko'ndalang kesimining ixtiyoriy nuqtasida hosil bo'ladigan kuchlanish qanday formula asosida aniqlanadi?

$$\tau = \frac{M \cdot \rho}{I_\rho}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I_z}$$

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

$$\tau = \frac{M \cdot \ell}{G I_\rho}$$

3. Buralish masalasida quyidagi gipotezalardan qaysi biri qabul qilingan?

ko'ndalang kesimlar tekisligicha qolib, ular orasidagi masofa o'zgarmaydi

val sirtida ajratilgan elementar to'rtburchaklar rombgga aylanadi ko'ndalang kesimda o'tkazilgan to'g'ri chiziqlar deyarli to'g'riligicha qoladi
 ikki ko'ndalang kesimlar val buralishi natijasida deyarli o'zgar olmaydi

1. Buralishda ichki kuchlar qanday usulda aniqlanadi?

kosish usuli

kuch usuli

aralash usuli

proeksiyalash usuli

2. Buralishda maksimal urinma kuchlanish ko'ndalang kesim qaysi nuqtalarda hosil bo'ladi?

charki (sirtqi) nuqtalarda

ixtiyoriy nuqtasda

o'rtadagi nuqtada

pastki nuqtalarda

3. Buralishda mustahkamlik sharti qanday ifodalangani?

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{W_x} \leq [\sigma]$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$$

$$\tau = \frac{Q}{A} \leq [\tau]$$

$$\varphi = \frac{M}{GI_x} \leq [\varphi]$$

Nazorat uchun test savollari

1. $\tau_{\rho} = \frac{M\delta}{G \cdot J_{\rho}} \cdot \rho$ – formula nimani ifodalaydi?

burilishda val ko'ndalang kesimning ixtiyoriy nuqtasidagi urinma kuchlanishni

burilishda ko'ndalang kesimning chetki nuqtasidagi urinma kuchlanishni

burilishda ko'ndalang kesimning pastki nuqtasidagi normal kuchlanishni

burilishda ko'ndalang kesimning pastki nuqtasidagi urinma kuchlanishni

2. Burilish deformatsiyasida doiraviy val ko'ndalang kesimining ixtiyoriy nuqtasida hosil bo'ladigan kuchlanish qanday formula asosida aniqlanadi?

$$\tau = \frac{M \cdot \rho}{I_{\rho}}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I_{\gamma}}$$

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

$$\tau = \frac{M \cdot l}{GI_{\rho}}$$

3. Burilish masalasida quyidagi gipotezalardan qaysi biri qabul qilingan?

ko'ndalang kesimlar tekisligicha qolib, ular orasidagi masofa o'zgarmaydi

val sirtida ajratilgan elementar to'rtburchaklar rombgga aylanadi
ko'ndalang kesimda o'tkazilgan to'g'ri chiziqlar deyarli
to'g'riligicha qoladi
tekis ko'ndalang kesimlar val buralishi natijasida deyarli
o'zgarmaydi

4. Buralishda ichki kuchlar qanday usulda aniqlanadi?

kesish usuli

kuch usuli

aralash usuli

proeksiyalash usuli

5. Buralishda maksimal urinma kuchlanish ko'ndalang kesim qaysi
nuqtalarida hosil bo'ladi?

chetki (sirtqi) nuqtalarda

ixtiyoriy nuqtasda

o'rtadagi nuqtada

Pastki nuqtalarda

6. Buralishda mustahkamlik sharti qanday ifodalanadi?

$$\tau_{\max} = \frac{M_x}{W_p} \leq [\tau]$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$$

$$\tau = \frac{Q}{A} \leq [\tau]$$

$$\varphi = \frac{M}{GI_p} \leq [\varphi]$$

Nazorat uchun test savollari

1. $\tau_\rho = \frac{M\delta}{G \cdot J_\rho} \cdot \rho$ – formula nimani ifodalaydi?

buralishda val ko'ndalang kesimning ixtiyoriy nuqtasidagi urinma kuchlanishni

buralishda ko'ndalang kesimning chetki nuqtasidagi urinma kuchlanishni

buralishda ko'ndalang kesimning pastki nuqtasidagi normal kuchlanishni

buralishda ko'ndalang kesimning pastki nuqtasidagi urinma kuchlanishni

2. Buralish deformatsiyasida doiraviy val ko'ndalang kesimining ixtiyoriy nuqtasida hosil bo'ladigan kuchlanish qanday formula asosida aniqlanadi?

$$\tau = \frac{M \cdot \rho}{I_\rho}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I_y}$$

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

$$\tau = \frac{M \cdot \ell}{G I_\rho}$$

3. Buralish masalasida quyidagi gipotezalardan qaysi biri qabul qilingan?

ko'ndalang kesimlar tekisligicha qolib, ular orasidagi masofa o'zgarmaydi

val sirtida ajratilgan elementar to'rtburchaklar rombgga aylanadi ko'ndalang kesimda o'tkazilgan to'g'ri chiziqlar deyarli to'g'riligicha qoladi tekis ko'ndalang kesimlar val buralishi natijasida deyarli o'zgarmaydi

4. Buralishda ichki kuchlar qanday usulda aniqlanadi?

kesish usuli

kuch usuli

aralash usuli

proeksiyalash usuli

5. Buralishda maksimal urinma kuchlanish ko'ndalang kesim qaysi nuqtalarida hosil bo'ladi?

chetki (sirtqi) nuqtalarda

ixtiyoriy nuqtasda

o'rtadagi nuqtada

Pastki nuqtalarda

6. Buralishda mustahkamlik sharti qanday ifodalanadi?

$$\tau_{\max} = \frac{M_B}{W_p} \leq [\tau]$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$$

$$\tau = \frac{Q}{A} \leq [\tau]$$

$$\varphi = \frac{M}{GI_p} \leq [\varphi]$$

7. Buralishda qanday ichki kuchlar faktorlari hosil bo'ladi?

burovchi moment M_b

3 ta ichki kuchlar komponentalari Q_y , N_x , M_x lar

kesuvchi kuch Q_y va burovchi moment M_x

faqatgina kesuvchi kuch Q_y

8. Buralishdagi mustahkamlik sharti qanday ifodalanadi?

maksimal urinma kuchlanish ruxsat etilgan urinma kuchlanishdan oshib ketmasligi kerak

urinma kuchlanish ruxsat etilgan normal kuchlanishdan oshib ketmasligi kerak

normal kuchlanish ruxsat etilgan urinma kuchlanishdan oshib ketmasligi kerak

maksimal normal kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishdan oshib ketmasligi kerak

9. Burovchi momentning epyurasi deb nimaga aytiladi?

burovchi momentning val o'qi bo'ylab o'zgarishini ifodalovchi grafikga

bo'ylama kuch va burovchi momentni val o'qi bo'ylab o'zgarishini ifodalovchi grafikga

eguvchi momentni val o'qi bo'ylab o'zgarishini ifodalovchi grafikga

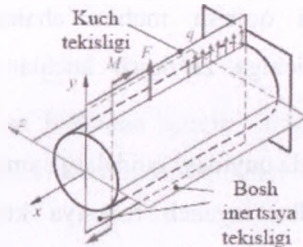
ko'ndalang kuchni val o'qi bo'ylab o'zgarishini ifodalovchi grafikga

VI BOB. EGILISH

6.1. Egilishda asosiy tushunchalar

Sterjenlar (bruslar) ko'ndalang kesim tekislikdagi o'qlarida yotgan kuchlar yoki juft kuchlar (tashqi moment) ta'sirida bo'ladi va sterjen egiladi. Hunday deformatsiyaga *egilish deformatsiyasi* deyiladi.

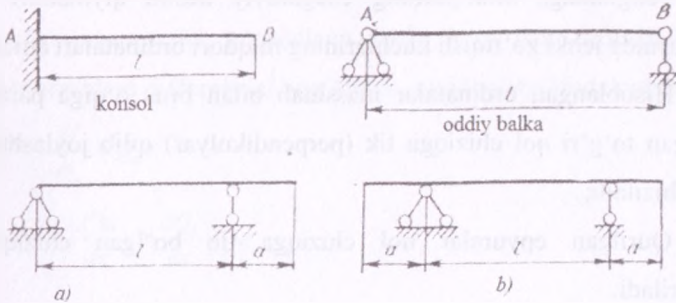
Egilishga qarshilik ko'rsatuvchi sterjenni *balka* deb ataymiz.



Egilish sterjen ko'ndalang kesimida ichki zo'riqish kuchlari hosil bo'lishiga qarab 3 xilga ajratiladi:

1. Sof egilish ($M = \text{const}$, $Q = N = 0$)
2. Ko'ndalang egilish ($M \neq 0$, $Q \neq 0$, $N = 0$)
3. Bo'ylama egilish (ustuvorlik).

Oddiy balkalarning hisoblash sxemasi quyidagi ko'rinishlarda chiziladi:



7. Buralishda qanday ichki kuchlar faktorlari hosil bo'ladi?

burovchi moment M_b

3 ta ichki kuchlar komponentalari Q_y , N_x , M_x

kesuvchi kuch Q_y va burovchi moment M_x

faqatgina kesuvchi kuch Q_y

8. Buralishdagi mustahkamlik sharti qanday ifodalanadi?

maksimal urinma kuchlanish ruxsat etilgan urinma kuchlanishdan oshib ketmasligi kerak

urinma kuchlanish ruxsat etilgan normal kuchlanishdan oshib ketmasligi kerak

normal kuchlanish ruxsat etilgan urinma kuchlanishdan oshib ketmasligi kerak

maksimal normal kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishdan oshib ketmasligi kerak

9. Buruvchi momentning epyurasi deb nimaga aytiladi?

burovchi momentning val o'qi bo'ylab o'zgarishini ifodalovchi grafikga

bo'ylama kuch va buruvchi momentni val o'qi bo'ylab o'zgarishini ifodalovchi grafikga

eguvchi momentni val o'qi bo'ylab o'zgarishini ifodalovchi grafikga

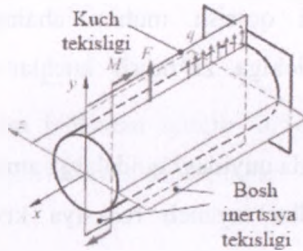
ko'ndalang kuchni val o'qi bo'ylab o'zgarishini ifodalovchi grafikga

VI BOB. EGILISH

6.1. Egilishda asosiy tushunchalar

Sterjenlar (bruslar) ko'ndalang kesim tekislikdagi o'qlarida yotgan kuchlar yoki juft kuchlar (tashqi moment) ta'sirida bo'ladi va sterjen egiladi. Bunday deformatsiyaga *egilish deformatsiyasi* deyiladi.

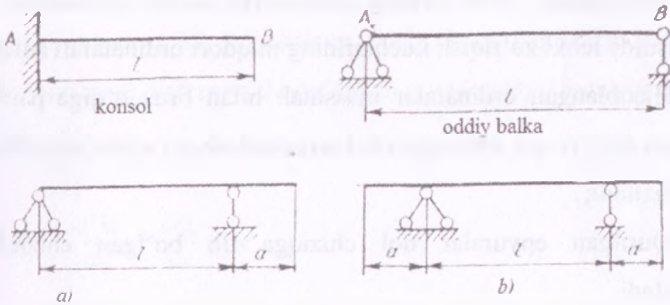
Egilishga qarshilik ko'rsatuvchi sterjenni *balka* deb ataymiz.



Egilish sterjen ko'ndalang kesimida ichki zo'riqish kuchlari hosil bo'ladi. Egilishga qarab 3 xilga ajratiladi:

1. Sof egilish ($M = \text{const}$, $Q = N = 0$)
2. Ko'ndalang egilish ($M \neq 0$, $Q \neq 0$, $N = 0$)
3. Bo'ylama egilish (ustuvorlik).

Oddiy balkalarning hisoblash sxemasi quyidagi ko'rinishlarda chiziladi:



Balkalarning mustahkamligi va bikrligini hisoblashda uzunligi bo'yicha qaysi kerakli kesimida ichki zo'riqish kuchlarining ekstrimal (eng katta va eng kichik) qiymatlarini bilish muhimdir.

Balka uzunligi bo'yicha ichki zo'riqish kuchlari o'zgarishi qonunyatini ko'rsatuvchi chizma grafigiga *epyura* deyiladi.

Epyura qurish qoidalari.

Epyuralarni to'g'ri qo'rish muhim ahamyatga ega bo'lib, ular yordamida sterjenning ichiga zo'riqish kuchlar qiymatlari va kesimlar aniqlanadi.

Epyuralarni ko'rishda quyidagi qoidalarga amal qilish tavsiya etiladi:

1) Statik aniq balka tayanch reaksiya kuchlari statik muvozanat tenglamalari yordamida aniqlanadi;

2) Sterjenni tegishli oraliqlarga ajratib sanoqli tartibda 1, 2, 3, ... raqamlar bilan belgilanadi (to'plangan kuch, tashqi moment reaksiya kuchlari oraliqlari sterjen sinq joylari);

3) Har-bir oraliq uchun kesish usulidan foydalanib eguvchi moment M , ko'ndalang kuch Q va bo'ylama kuch N tenglamalari tuziladi;

4) Tenglamaga oraliqlarning chegaraviy kesim qiymatlari qo'yilib analitik usulda ichki zo'riqish kuchlarining miqdori ordinatalari aniqlanadi.

5) Hisoblangan ordinatalar masshtab bilan brus o'qiga parallel qilib o'tkazilgan to'g'ri nol chiziqqa tik (perpendikulyar) qilib joylashtiriladi va epyura chiziladi;

6) Qurilgan epyuralar nol chiziqqa tib bo'lgan chiziqalar bilan birlashtiriladi.

Qurilgan epyuralardan eguvchi mament M va ko'ndalang kuch Q larning ekstremal qiymatlarini aniqlab, ularning mustahkamligini tekshirish mumkin.

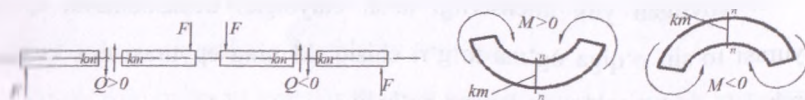
Ko'ndalang kuch balkadan kesim bilan ajratib olingan kesimga ta'sir etayotgan barcha kuchlarning (tashqi va metall reaksiya kuchlari) balka o'qiga tik yo'nalgan o'qqa nisbatan olingan proeksiyalarining algebraik yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$1) \quad Q_v(x) = \sum Y_i \quad 6.1.1$$

Eguvchi moment esa balkadan ajratib olingan o'sha qism kesimiga ko'ndalang ta'sir etayotgan kuchlardan olingan momentlarning algebraik yig'indisiga teng:

$$2) \quad M(x) = \sum M_i \quad 6.1.2$$

Ko'ndalang kuch va eguvchi momentlarning ishoralari chizmada ko'rsatilgan:



Eguvchi moment M , ko'ndalang kuch Q va teng tarqalgan kuch q intensivligi orasidagi differensial bog'lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$3) \quad \frac{M_x}{dx} = Q_x \quad 6.1.3$$

$$4) \quad \frac{d^2 M_x}{dx^2} = \frac{dQ_x}{dx} = -q \quad 6.1.4$$

7) Ushbu differensial bog'lanishlardan, birinchidan, ko'ndalang kuch Q bilan eguvchi moment M larning epyuralarini qurishga, ikkinchidan qurilgan epyuralarning to'g'ri yoki noto'g'ri qurilganini tekshirishga imkon beradi:

⇒ eguvchi momentdan Z absissa bo'yicha olingan hosila tekshirilayotgan kesimdagi ko'ndalang kuchga tengdir;

⇒ eguvchi momentdan Z absissa bo'yicha olingan ikkinchi hosila yoyilgan yuk intensivligining teskari ishora bilan olingan qiymatiga tengdir.

Yuqorida keltirilgan differensial bog'lanishlardan, birinchidan, ko'ndalang kuch va eguvchi M larning epyuralarini qurishga, ikkinchidan esa qurilgan epyurlarning to'g'ri yoki noto'g'riligini tekshirishga imkon beruvchi quyidagi muhim xulosalar kelib chiqadi:

⇒ yoyilgan yuk intensivligi bo'lmagan uchastkalarda Q ning epyurasi to'sin o'qiga parallel yo'nalgan to'g'ri chiziq, M_x ning epyurasi esa to'sin o'qiga og'ma yo'nalgan to'g'ri chiziq bilan chegaralangan bo'ladi;

⇒ yoyilgan yuk intensivligi ta'sir etayotgan uchastkalarda Q ning epyurasi to'sin o'qiga og'ma to'g'ri chiziq, M ning epyurasi esa kvadratik parabola yoyi bilan chegaralangan bo'ladi;

⇒ kesuvchi kuch nolga teng bo'lgan kesimda eguvchi moment ekstremal qiymatga erishadi;

⇒ $Q > 0$ bo'lgan uchastkalarda chapdan o'ngga tomon M ning ordinatasi orta boshlaydi, ya'ni eguvchi momentning musbat qiymati oshadi, manfiy qiymati esa kamayadi;

⇒ aksincha, $Q < 0$ bo'lgan uchastkalarda esa M ning ordinatasi kamaya boshlaydi;

⇒ to'plangan kuch qo'yilgan kesimlarda Q ning epyurasi shu kuch miqdori qadar sakraydi, M ning epyurasini chegaralovchi chiziq esa o'z yo'nalishini o'zgartiradi;

⇒ juft kuch qo'yilgan kesimlarda Q ning epyurasida hech qanday o'zgarish bo'lmaydi, M ning epyurasida esa shu juft kuch miqdori qadar sakrash sodir bo'ladi;

⇒ chetki sharnarli tayanchlarda kesuvchi kuch tayanch reaksiyalariga, eguvchi moment esa nolga teng bo'ladi (agar shu kesimlarga juft kuch qo'yilmagan bo'lsa);

⇒ to'sin (konsul)ning erkin uchiga juft kuch qo'yilmagan bo'lsa, eguvchi moment shu kesimda nolga teng bo'ladi; agar konsul uchiga to'plangan kuch ham qo'yilmagan bo'lsa, shu kesimda kesuvchi kuch ham nolga teng bo'ladi;

⇒ qistirib mahkamlangan tayanchda kesuvchi kuch shu tayanchning reaksiya kuchiga, eguvchi moment esa reaktiv momentiga teng bo'ladi.

Balka tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash.

Statik aniq balka va ramalar tayanch reaksiya kuchlari statik muvozanat tenglamalaridan foydalanib aniqlanadi:

$$\sum X = 0; \sum Y = 0; \sum M_A = 0. \quad 6.1.5$$

Odatda $\sum Y = 0$ tenglama tayanch reaksiya kuchlarining to'g'ri yoki noto'g'riligini bilish uchun foydalaniladi. U holda statik muvozanat tenglamasini quyidagicha tuzsak ham bo'ladi:

$$\sum X = 0; \sum M_A = 0. \sum M_B = 0. \quad 6.1.6$$

7) Ushbu differensial bog'lanishlardan, birinchidan, ko'ndalang kuch Q bilan eguvchi moment M larning epyuralarini qurishga, ikkinchidan qurilgan epyuralarning to'g'ri yoki noto'g'ri qurilganini tekshirishga imkon beradi:

⇒ eguvchi momentdan Z absissa bo'yicha olingan hosila tekshirilayotgan kesimdagi ko'ndalang kuchga tengdir;

⇒ eguvchi momentdan Z absissa bo'yicha olingan ikkinchi hosila yoyilgan yuk intensivligining teskari ishora bilan olingan qiymatiga tengdir.

Yuqorida keltirilgan differensial bog'lanishlardan, birinchidan, ko'ndalang kuch va eguvchi M larning epyuralarini qurishga, ikkinchidan esa qurilgan epyurlarning to'g'ri yoki noto'g'riligini tekshirishga imkon beruvchi quyidagi muhim xulosalar kelib chiqadi:

⇒ yoyilgan yuk intensivligi bo'lmagan uchastkalarda Q ning epyurasi to'sin o'qiga parallel yo'nalgan to'g'ri chiziq, M_x ning epyurasi esa to'sin o'qiga og'ma yo'nalgan to'g'ri chiziq bilan chegaralangan bo'ladi;

⇒ yoyilgan yuk intensivligi ta'sir etayotgan uchastkalarda Q ning epyurasi to'sin o'qiga og'ma to'g'ri chiziq, M ning epyurasi esa kvadratik parabola yoyi bilan chegaralangan bo'ladi;

⇒ kesuvchi kuch nolga teng bo'lgan kesimda eguvchi moment ekstremal qiymatga erishadi;

⇒ $Q > 0$ bo'lgan uchastkalarda chapdan o'ngga tomon M ning ordinatasi orta boshlaydi, ya'ni eguvchi momentning musbat qiymati oshadi, manfiy qiymati esa kamayadi;

⇒ aksincha, $Q < 0$ bo'lgan uchastkalarda esa M ning ordinatasi kamaya boshlaydi;

⇒ to'plangan kuch qo'yilgan kesimlarda Q ning epyurasi shu kuch miqdori qadar sakraydi, M ning epyurasini chegaralovchi chiziq esa o'z yo'nalishini o'zgartiradi;

⇒ juft kuch qo'yilgan kesimlarda Q ning epyurasida hech qanday o'zgarish bo'lmaydi, M ning epyurasida esa shu juft kuch miqdori qadar tikrash sodir bo'ladi;

⇒ chetki sharnarli tayanchlarda kesuvchi kuch tayanch reaksiyalariga, eguvchi moment esa nolga teng bo'ladi (agar shu kesimlarga juft kuch qo'yilmagan bo'lsa);

⇒ to'sin (konsul)ning erkin uchiga juft kuch qo'yilmagan bo'lsa, eguvchi moment shu kesimda nolga teng bo'ladi; agar konsul uchiga to'plangan kuch ham qo'yilmagan bo'lsa, shu kesimda kesuvchi kuch ham nolga teng bo'ladi;

⇒ qistirib mahkamlangan tayanchda kesuvchi kuch shu tayanchning reaksiya kuchiga, eguvchi moment esa reaktiv momentiga teng bo'ladi.

Balka tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash.

Statik aniq balka va ramalar tayanch reaksiya kuchlari statik muvozanat tenglamalaridan foydalanib aniqlanadi:

$$\sum X = 0; \sum Y = 0; \sum M_A = 0. \quad 6.1.5$$

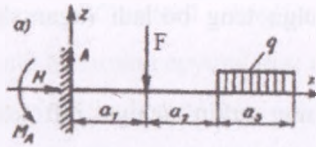
Odatda $\sum Y = 0$ tenglama tayanch reaksiya kuchlarining to'g'ri yoki noto'g'riligini bilish uchun foydalaniladi. U holda statik muvozanat tenglamasini quyidagicha tuzsak ham bo'ladi:

$$\sum X = 0; \sum M_A = 0. \sum M_B = 0. \quad 6.1.6$$

Bunda, A va B harf belgilari talablarga tegishli nuqtalarni ifodalaydi.

6.2. Balka va ramalarda tashqi kuch ta'siridan tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash, eguvchi moment M va ko'ndalang kuch Q larning epyurasini qurish

6.2.1-masala. Konsol balkaning tayanch reaksiyasi aniqlansin (6.2.1 shakl).



6.2.1-shakl

Yechish: qistirib mahkamlangan tayanchda uchta reaksiya qo'zg'aladi. Ulardan ikkitasi vertikal va gorizontal yo'nalgan A, N reaksiya kuchlari bo'lib, uchinchi shu tayanchda qo'zg'aladigan M_A reaktiv momentdir.

Bu reaksiya kuchlarini topish uchun statikaning muvozanat tenglamalarini tuzamiz:

1. $\sum X = 0$ tenglamadan $N=0$ ni topamiz.

2. $\sum Z = A - p_1 - pa_3 = 0$, bunda $A = p_1 + pa_3$

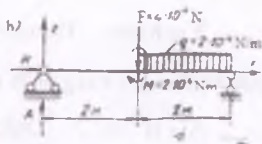
3. $\sum M_A = -pa_1 - qa_3 \left(a + a_3 + \frac{a_3}{2} \right) = 0$,

bunda

$$M_A = -pa_1 - qa_3 \left(a_1 + a_2 + \frac{1}{2} a_3 \right).$$

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'chiramizda teskari tomonga qaratib qo'yamiz.

6.2.2-masala. Ikki taynchda yotgan balkaning taynch reaksiyalari topilsin (6.2.2 b-shakl).



Kuch va masofa qiymatlari shaklda ko'rsatilgan. Odatda, bunday balka oddiy balka deb ataladi.

Yechish: Balkaga gorizontaal yo'nalgan kuchlar q₁ 6.2.2-shakl dan N=0 bo'ladi. Qolgan reaksiyalarni topish uchun formuladan foydalanamiz:

$$\sum M_B = A \cdot 4 - P \cdot 2 - P \cdot 2 - q \cdot 2 \cdot 1 + M = 0;$$

$$A = \frac{10}{4} = 25000 \text{ N.}$$

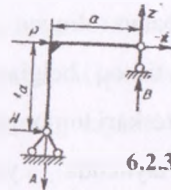
$$\sum M_A = -B4 + q \cdot 2 \cdot 3 + P \cdot 2 + M = 0; B = \frac{22}{4} = 55000 \text{ N.}$$

Tekshirish:

$$\sum Z = A + B - P - 2q = 2,5 + 5,5 - 4 - 4 = 0.$$

Keyingi tenglama reaksiyalarining to'g'ri topilganligini tasdiqlaydi.

6.2.3-masala. Siniq sterjænning tayanch reaksiyalari topilsin (6.2.3-shakl).



6.2.3-shakl

Yechish: Bunday konstruksiyalarning qo'zg'almas tayanchlarida gorizontaal yo'nalgan N reaksiya hosil bo'ladi.

A, B va N reaksiyalarni topish uchun statikada uchta muvozanat tenglamasi bor:

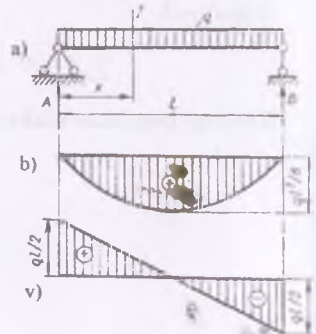
$$1. \sum M_A = 0; Pa - Ba = 0, \quad B = P;$$

$$2. \sum M_B = 0; Aa - Na = 0, \quad A = -N;$$

$$3. \sum X = 0; P - N = 0, \quad N = P;$$

A reaksiya ishorasining minus chiqqanligi boshda unga qo'yilgan yo'nalishning to'g'ri emasligini ko'rsatadi. Bu esa reaksiya yo'nalishini teskari tomonga kiritish kerakligini talab qiladi. Shuning uchun kuch strelkasini tirqoq alomati bilan chizib, uni kuch vektorining ikkinchi uchiga ko'chiramiz.

6.2.4-masala. Ikki tayanchda yotgan oddiy balkaga tekis taqsimlangan yukning intensivligi $q = 10^4 \frac{N}{m}$. Shu balka uchun



eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralari chizilsin (6.2.4a-shakl).

Yechish: Balka simmetrik yuklangani uchun tayanch reaksiyalari har ikki tayanchga barobar taqsimlanadi, ya'ni

$$A = B = \frac{ql}{2}. \quad \text{6.2.4-shakl}$$

Endi eguvchi moment tenglamasini tuzamiz. Balka bir uchastkadan iborat bo'lgani uchun chap tomondagi kuchlarning chap tayanchdan ixtiyoriy x masofadagi ko'ndalang kesimining og'irlik markaziga nisbatan momentlarining algebraik y 6.2.4-shakl miz:

$$M_x = Ax - q \frac{x^2}{2}.$$

Bu tenglama balkaning hamma uzunligiga yaraydi, ya'ni $\sum M_A = 0$; $Pa - Ba = 0$, $B = P$; $0 < x < l$ gacha o'z kuchini saqlaydi. Eguvchi moment tenglamasi ikkinchi darajali tenglama, ya'ni parabola tenglamasi bo'lganligidan, balkaning bir necha nuqtasidagi eguvchi momentlarning qiymatlarini aniqlaymiz:

$$x = 0 \quad \text{bo'lganda} \quad M_x = 0$$

$$x = \frac{1}{4} \quad \text{bo'lganda} \quad M_x = \frac{ql^2}{8} - \frac{ql^2}{32} = \frac{3}{32} ql^2;$$

$$x = \frac{1}{2} \quad \text{bo'lganda} \quad M_x = \frac{ql^2}{4} - \frac{ql^2}{8} = \frac{1}{8} ql^2;$$

$$x = \frac{3}{4} l \quad \text{bo'lganda} \quad M_x = \frac{3}{8} ql^2 - \frac{9}{32} ql^2 = \frac{3}{32} ql^2$$

$$x = l \quad \text{bo'lganda} \quad M_x = \frac{1}{2} ql^2 - \frac{1}{2} ql^2 = 0$$

Shunday qilib, $x=0$ bo'lganda $M_x=0$; $Q_x=-F$, $x=l$ bo'lganda esa $M_x=Fl$, $Q_x=-F$ bo'ladi.

Bu miqdorlarni tegishli o'qlarga ma'lum masshtabda qo'yib M_x va Q_x larning epyurasini chizamiz (6.2.6-shakl).

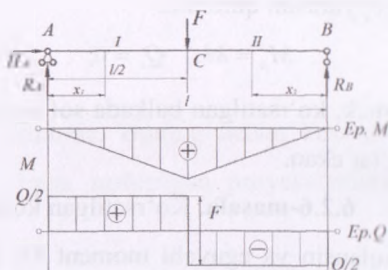
6.2.7-masala. Ko'rsatilgan ikki tayanchli balka uchun tayanch reaksiya kuchi aniqlansin va eguvchi moment M , ko'ndalang kuch Q epyurasi qurilsin (6.2.7-shakl).

Yechish: Tayanch reaksiya kuchlarini aniqlaymiz:

$$\sum X = 0 \rightarrow N_A = 0 \quad (1);$$

$$\sum Y = 0 \rightarrow R_A - P + R_B = 0 \quad (2)$$

Odatda, bu tenglamani reaksiya kuchlarining qiymatini to'g'riligini tekshiruvga qoldiramiz.



6.2.7-shakl

$$\sum M_B = 0. \quad R_A \cdot l - P \cdot \frac{l}{2} = 0. \quad R_A = \frac{P}{2};$$

$$\sum M_A = 0. \quad R_B \cdot l - P \cdot \frac{l}{2} = 0. \quad R_B = \frac{P}{2}.$$

$\sum Y = 0. \quad \frac{P}{2} - P + \frac{P}{2} = 0$, demak, reaksiya kuchlari qiymatlari to'g'ri topilgan.

Eguvchi moment M va ko'ndalang kuch Q larning epyurasini qurish uchun balkani uchastkalariga ajratamiz:

1. Uchastka: $0 < x_1 < \frac{l}{2}$ oralig'ida.

$$M_{x_1} = R_A \cdot x_1;$$

$$x_1 = 0 \quad (\text{A nuqta}) \quad M_x = 0;$$

$$x_1 = \frac{1}{2} \quad (\text{C nuqta}) \quad M_x = \frac{P}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{Pl}{4};$$

$$Q_{x_1} = R_A = \frac{P}{2};$$

2. Uchastka: $0 \leq x_2 \leq \frac{1}{2}$ oralig'ida (balka kesimining chap tomoni tashlangan).

$$M_{x_2} = R_B \cdot x_2;$$

$$x_2 = 0. \quad (\text{B nuqta}) \quad M_x = 0;$$

$$x_2 = \frac{1}{2} \quad (\text{C nuqta}) \quad M_x = \frac{P}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{Pl}{4};$$

$$Q_{x_2} = -R_B = -\frac{P}{2}.$$

Olingan natijalardan foydalanib, epyuralarni quramiz.

6.2.8-masala. Konsol balkaning tayanch reaksiyalari aniqlansin (6.2.8-shukl).



6.2.8-shakl

Yechish: Qistirib mahkamlangan tayanchda uchta reaksiya kuchi hosil bo'lishini aytib o'tgan edik, ulardan ikkitasi vertikal va gorizantal yo'nalgan R_A , H_A reaksiya kuchlari, uchinchi M_A reaktiv momentdir.

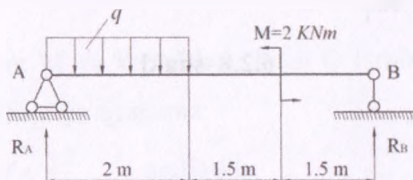
Bu reaksiya kuchlarini topish uchun statikaning muvozanat tenglamalarini tuzamiz:

1. $\sum F_i(X) = 0$ dan $N_A = 0$ ni topamiz;
2. $\sum F_i(Y) = 0$; $R_A - P - qa = 0$, bundan $R_A = P + qa$ ifodasi kelib chiqadi;
3. $\sum M_A(F_i) = 0$; $M_A + P \frac{a}{2} + qa \left(1 - \frac{a}{2}\right) = 0$ bundan
4. $M_A = -P \frac{a}{2} - qa \left(1 - \frac{a}{2}\right)$ ifodasi hosil bo'ladi.

Agar tenglama yechilganda tayanch reaksiya ishorasi manfiy chiqsa, tayanch reaksiyasining yo'nalishini teskari yo'naltirish zarur.

Demak, reaktiv moment (M_A) strelkasi yo'nalishiga tirqoq belgisi qo'yib, uni shu strelkaning ikkinchi uchiga ko'chiramizda teskari momentga qarab qo'yamiz.

6.2.9-masala. Ikki tayanchda yotgan balkaning tayanch reaksiyalari topilsin (6.2.9-shakl). Tashqi kuch va balkaning uzunlik masofa qiymatlari shaklda ko'rsatilgan. Bunday balka oddiy balka hisoblanadi.



6.2.9-shakl

Yechish: Balka gorizantal yo'nalgan kuchlar qo'yilmaganligidan $N_A=0$ bo'ladi, qolgan tayanchlar reaksiyalarini topish uchun quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$\sum M_A(F_i) = 0; \quad q \cdot 2 \cdot 1 - M - R_B \cdot 5 = 0; \quad R_B = \frac{q \cdot 2 \cdot 1 - M}{5} = \frac{1,2 \cdot 2 \cdot 1 - 2}{5} = 0,08 \text{ kN.}$$

$$\sum M_B(F_i) = 0; \quad -M - q \cdot 2 \cdot 1 + R_A \cdot 5 = 0; \quad R_A = \frac{q \cdot 2 \cdot 1 + M}{5} = \frac{1,2 \cdot 2 \cdot 1 + 2}{5} = 2,32 \text{ kN.}$$

Tekshirish:

$$\sum F_i(Y) = 0; \quad R_A + R_B - q \cdot 2 = 2,32 + 0,08 - 1,2 \cdot 2 = 2,4 - 2,4 = 0$$

6.2.10-masala. Berilgan konsol uchun $Q(x)$ va $M(x)$ epyurasi qurilsin (6.2.10-shakl).

Yechish: A tayanch qistirib mahkamlanganligi uchun yuqorida aytganimizdek unda vertikal va gorizantal reaksiya kuchlari va tayanch momenti hosil bo'ladi (R_A , H_A , va M_A).

Bularni statikaning muvozanat tenglamalaridan foydalanib topamiz:

$$\sum x = H_A = 0; \quad H_A = 0$$

$$\sum Z = R_A q \cdot 3 = 0; \quad R_A = 3q = 34 = 12 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = -M + q \cdot 1,5 - M_A = 0$$

$$M_A = q \cdot 3 \cdot 1,5 - M = 4 \cdot 3 \cdot 1,5 - 2 = 16 \text{ kN}$$

$Q(x)$ va $M(x)$ epyuralarini quramiz. Konsolni ikkita uchastkaga ajratib, A tayanchdan x_1 masofada fikran 1-1 kesim olib, chap qismini muvozanatini tekshiramiz:

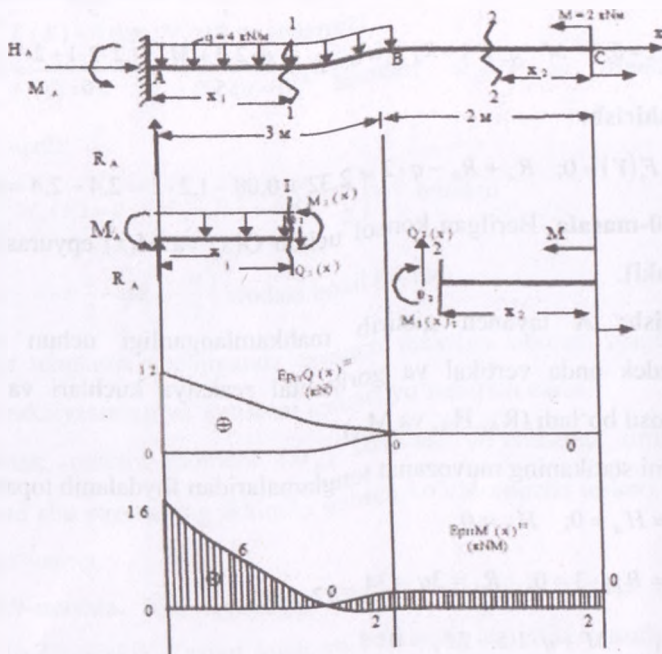
AB uchastkada ($0 \leq x_1 \leq 3$)

$$\sum z_1 = R_A - qx_1 = 0; \quad Q_1(x) = R_A - qx_1 = 0; \quad Q_1(0) = R_A = 12 \text{ kN};$$

$$Q_1(3) = R_A - q \cdot 3 = 12 - 4 \cdot 3 = 0;$$

$$\sum M_{01} = R_A \cdot x_1 - M_A - q \cdot x_1 \cdot \frac{x_1}{2} - M_1(x) = 0; \quad M_1(x) = R_A \cdot x_1 - M_A - q \cdot \frac{x_1^2}{2};$$

$$M_1(0) = -16 \text{ kN}\cdot\text{m}; \quad M_1(1) = -6 \text{ kN}\cdot\text{m}; \quad M_1(2) = 0; \quad M_1(3) = 2 \text{ kN}\cdot\text{m};$$



6.2.10-shakl

Bu yerda kesuvchi kuchni topish uchun konsolning qoldirilgan qismiga ta'sir etayotgan kuchlarning vertikal o'qqa nisbatan proyeksiyalarining yig'indisini oldik. Kesimdan chap tomonda tayanch reaksiyasi R_A yuqorilg' yo'nalganligi uchun musbat ishorali va teng ta'sir etuvchi $M_1, q \cdot x$ bo'lib

topilgan kuch pastga yo'nalganligi uchun manfiy ishorali bo'ldi. $Q_1(x)$ ifodasidan ko'rinadiki uning epyurasi to'g'ri chiziq bilan chegaralanadi, shuning uchun ikkita chetki qiymati bilan kifoyalandik.

Eguvchi momentni topish uchun kesimdan chap tomondagi barcha kuchlardan kesim markazi O_1 ga nisbatan statik momentlarning algebraik yig'indisini oldik, kesimdan chapda R_A bo'lib u qoldirilgan qismini O_1 kesim markaziga nisbatan pastki tolasini cho'zganligi uchun musbat, M_A esa yuqori tolasini cho'zganligi uchun ishorasi manfiy olinadi.

$M_1(x)$ ifodasidan eguvchi moment kvadrat parabola qonuni bilan o'zgaradi, shuning uchun to'rtta qiymat oldik, chunki qancha ko'p nuqtaning qiymati topilsa, uni shuncha aniqroq chizish mumkin.

$$\text{CB uchastkada } 0 \leq x_1 \leq 2$$

2-2 kesimdan o'ng tomondagi kuchlardan vertikal o'qqa nisbatan proyeksiyalarining yig'indisini olamiz:

$$\sum Z_2 = -Q_2(x) = 0; \quad Q_2(x) = 0;$$

Shu kesimdan o'ngdagi kuchlardan kesim markazi O_2 ga nisbatan momentlar yig'indisini olamiz.

$$\sum M_{o_1} = M - M_2(x) = 0; \quad M_2(x) = M = 2 \text{ kN}\cdot\text{m const.}$$

Shuni aytish kerakki balkaning BC oraliqdagi sof egilish hosil bo'lar ekan.

6.2.11-masala. Berilgan konsolli balka uchun $Q(x)$ va $M(x)$ epyuralari qurilsin (6.2.11-shakl).

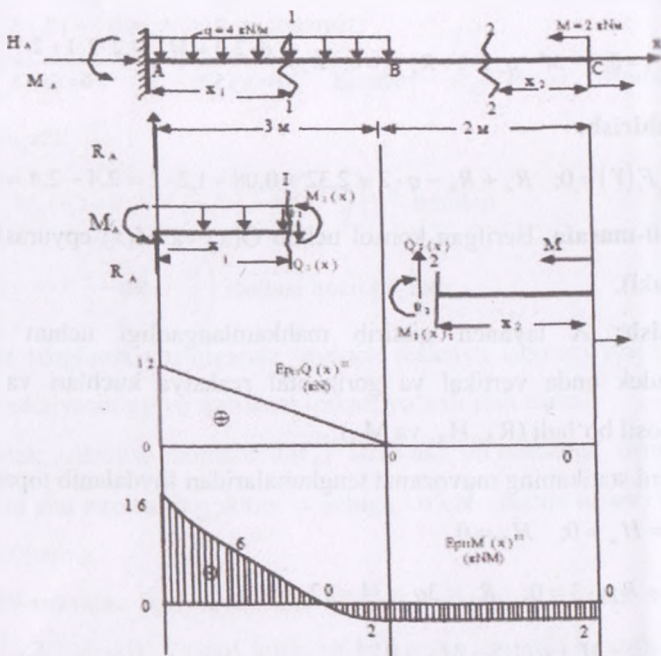
Yechish: 1). Tayanch reaksiyalarini hisoblaymiz.

$$\sum z_1 = R_A - qx_1 = 0; \quad Q_1(x) = R_A - qx_1 = 0; \quad Q_1(0) = R_A = 12 \text{ kN};$$

$$Q_1(3) = R_A - q \cdot 3 = 12 - 4 \cdot 3 = 0;$$

$$\sum M_{01} = R_A \cdot x_1 - M_A - q \cdot x_1 \cdot \frac{x_1}{2} - M_1(x) = 0; \quad M_1(x) = R_A \cdot x_1 - M_A - q \cdot \frac{x_1^2}{2};$$

$$M_1(0) = -16 \text{ kN}\cdot\text{m}; \quad M_1(1) = -6 \text{ kN}\cdot\text{m}; \quad M_1(2) = 0; \quad M_1(3) = 2 \text{ kN}\cdot\text{m};$$



6.2.10-shakl

Bu yerda kesuvchi kuchni topish uchun konsolning qoldirilgan qismiga ta'sir etayotgan kuchlarning vertikal o'qqa nisbatan proyeksiyalarining yig'indisini oldik. Kesimdan chap tomonda tayanch reaksiyasi R_A yuqoridagi yo'nalganligi uchun musbat ishorali va teng ta'sir etuvchi $M_1, q \cdot x$ bo'lib

yotilgan kuch pastga yo'nalganligi uchun manfiy ishorali bo'ldi. $Q_1(x)$ ifodasidan ko'rinadiki uning epyurasi to'g'ri chiziq bilan chegaralanadi, shuning uchun ikkita chetki qiymati bilan kifoyalandik.

Eguvchi momentni topish uchun kesimdan chap tomondagi barcha kuchlardan kesim markazi O_1 ga nisbatan statik momentlarning algebraik yig'indisini oldik, kesimdan chapda R_A bo'lib u qoldirilgan qismini O_1 kesim markaziga nisbatan pastki tolasini cho'zganligi uchun musbat, M_A esa yuqori tolasini cho'zganligi uchun ishorasi manfiy olinadi.

$M_1(x)$ ifodasidan eguvchi moment kvadrat parabola qonuni bilan o'zgaradi, shuning uchun to'rtta qiymat oldik, chunki qancha ko'p nuqtaning qiymati topilsa, uni shuncha aniqroq chizish mumkin.

$$\text{CB uchastkada } 0 \leq x_1 \leq 2$$

2-2 kesimdan o'ng tomondagi kuchlardan vertikal o'qqa nisbatan proyeksiyalarining yig'indisini olamiz:

$$\sum Z_2 = -Q_2(x) = 0; \quad Q_2(x) = 0;$$

Shu kesimdan o'ngdagi kuchlardan kesim markazi O_2 ga nisbatan momentlar yig'indisini olamiz.

$$\sum M_{01} = M - M_2(x) = 0; \quad M_2(x) = M = 2 \text{ kN}\cdot\text{m const.}$$

Shuni aytish kerakki balkaning BC oraliqdagi sof egilish hosil bo'lar ekan.

6.2.11-masala. Berilgan konsolli balka uchun $Q(x)$ va $M(x)$ epyuralari qurilsin (6.2.11-shakl).

Yechish: 1). Tayanch reaksiyalarini hisoblaymiz.

Ixtiyoriy yo'nalishdagi A tayanchga ikkita (R_A va H_A) M_A D tayanchda bitta R_D reaksiya kuchlari hosil bo'ladi. Bularni statikani muvozanat tenglamalaridan foydalanib topamiz:

$$\sum X = H_A = 0; \quad H_A = 0;$$

$$\sum MA - F \cdot 10 - R_D \cdot 8 + q \cdot 4 \cdot (2+2) + M = 0;$$

$$R_D = \frac{F \cdot 10 + q \cdot 4 \cdot 4 + M}{8} = \frac{2 \cdot 10 + 4 \cdot 4 \cdot 4 + 4}{8} = 11 \text{ kN}$$

$$\sum M_D = R_A \cdot 8 + M - q \cdot 4 \cdot (2+2) + F \cdot 2 = 0;$$

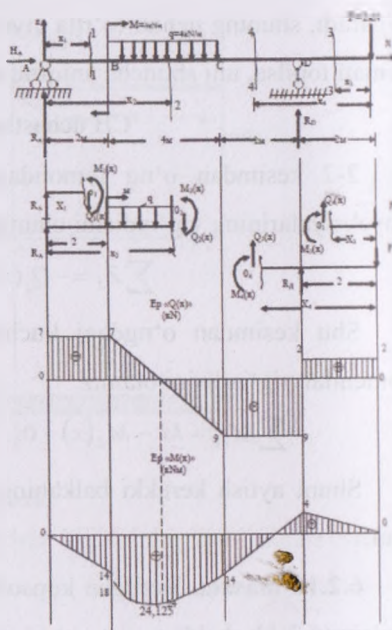
$$\sum R_A = \frac{q \cdot 4 \cdot 4 - M - F \cdot 2}{8} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 4 - 4 - 2 \cdot 2}{8} = 7 \text{ kN.}$$

R_A va R_D tayanch reaksiyalarining musbat ishorali chiqish ularning yo'nalishi to'g'ri yo'nalganligini ko'rsatadi.

Topilgan tayanch reaksiyalarining qiymatlarini to'g'riligini tekshiramiz:

$$\begin{aligned} \sum Z &= R_A - q \cdot 4 + 4R_D - F = \\ &= 7 - 4 \cdot 4 + 11 - 2 + 18 - 18 = 0 \end{aligned}$$

Demak, tayanch reaksiya kuchlari-ning qiymatlari to'g'ri topilgan ekan. Bunday tekshirishni hamma vaqt o'tkazish zarurdir, chunki noto'g'ri topilgan reaksiyaning



qiymati kuchlari $Q(x)$ va $M(x)$ epyuralarini noto'g'ri qurilishiga sabab bo'ladi.

2) Ko'ndalang $Q(x)$ kuch epyurasini qurish.

Balka to'rtta AB, BC, ED va DC uchastlari 6.2.11-shakl lar bir uchastkaning ko'ndalang kuch va eguvchi moment tenglamalari har xil bo'ladi. AB uchastkada A tayanchdan ixtiyoriy x_1 masofada 1-1 kesim olamiz. Kesimdan chap tomondagi barcha kuchlardan vertikal o'qqa nisbatan ulangan proyeksiyalarni algebraik yig'indisi shu kesimdagi ko'ndalang kuch bo'ladi:

AB uchastkada ($0 \leq x_1 \leq 2$)

$$\sum Z_1 = 0; \quad Q_1(x) = R_A = 7 \text{ kN} = \text{const.}$$

Bu tenglama o'zgaruvchi x_1 qatnashmaganligi uchun kesuvchi kuch AB uchastkada o'zgarmas bo'ladi.

Xuddi, shuningdek BC, ED, DC uchastkalarda ham ko'ndalang kuch tenglamalarini tuzamiz:

BC uchastkada ($2 \leq x_2 \leq 6$)

$$\sum Z_2 = 0; \rightarrow Q_2(x) = R_A - q(x_2 - 2) = 7 - 4(x_2 - 2);$$

Bu tenglamadan ko'rinadiki, ko'ndalang kuch balka uzunasi bo'ylab noto'g'ri chiziq qonuni bilan o'zgaradi. Shuning uchun ikkita chetki nuqtasiga tegishli qiymatlarini aniqlash kifoya:

$x_2 = 2$ bo'lganda; $Q_2(2) = 7 \text{ kN}$; $x_2 = 6$ bo'lganda

$$Q_2 = 7 - 4(6 - 2) = -9 \text{ kN};$$

ED uchastkada $0 \leq x_3 \leq 2$

Ixtiyoriy yo'nalishdagi A tayanchga ikkita (R_A va H_A) M_A D tayanchida bitta R_D reaksiya kuchlari hosil bo'ladi. Bularni statikani muvozanat tenglamalaridan foydalanib topamiz:

$$\sum X = H_A = 0; H_A = 0;$$

$$\sum MA - F \cdot 10 - R_D \cdot 8 + q \cdot 4(2+2) + M = 0;$$

$$R_D = \frac{F \cdot 10 + q \cdot 4 \cdot 4 + M}{8} = \frac{2 \cdot 10 + 4 \cdot 4 \cdot 4 + 4}{8} = 11 \text{ kN}$$

$$\sum M_D = R_A \cdot 8 + M - q \cdot 4(2+2) + F \cdot 2 = 0;$$

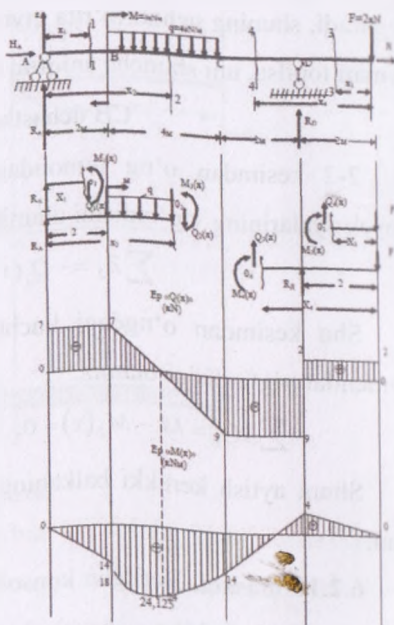
$$\sum R_A = \frac{q \cdot 4 \cdot 4 - M - F \cdot 2}{8} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 4 - 4 - 2 \cdot 2}{8} = 7 \text{ kN.}$$

R_A va R_D tayanch reaksiyalarining musbat ishorali chiqish ularning yo'nalishi to'g'ri yo'nalganligini ko'rsatadi.

Topilgan tayanch reaksiyalarining qiymatlarini to'g'riligini tekshiramiz:

$$\begin{aligned} \sum Z &= R_A - q \cdot 4 + 4R_D - F = \\ &= 7 - 4 \cdot 4 + 11 - 2 + 18 - 18 = 0 \end{aligned}$$

Demak, tayanch reaksiya kuchlari-ning qiymatlari to'g'ri topilgan ekan. Bunday tekshirishni hamma vaqt o'tkazish zarurdir, chunki noto'g'ri topilgan reaksiyaning



qiymati kuchlari $Q(x)$ va $M(x)$ epyuralarini noto'g'ri qurilishiga sabab bo'ladi.

2) Ko'ndalang $Q(x)$ kuch epyurasini qurish.

Balka to'rtta AB, BC, ED va DC uchastl 6.2.11-shakl ar bir uchastkaning ko'ndalang kuch va eguvchi moment tenglamalari har xil bo'ladi. AB uchastkada A tayanchdan ixtiyoriy x_1 masofada 1-1 kesim olamiz. Kesimdan chap tomondagi barcha kuchlardan vertikal o'qqa nisbatan olingan proyeksiyalarni algebraik yig'indisi shu kesimdagi ko'ndalang kuch bo'ladi:

AB uchastkada ($0 \leq x_1 \leq 2$)

$$\sum Z_1 = 0; \quad Q_1(x) = R_A = 7 \text{ kN} = \text{const.}$$

Bu tenglama o'zgaruvchi x_1 qatnashmaganligi uchun kesuvchi kuch AB uchastkada o'zgarmas bo'ladi.

Xuddi, shuningdek BC, ED, DC uchastkalarda ham ko'ndalang kuch tenglamalarini tuzamiz:

BC uchastkada ($2 \leq x_2 \leq 6$)

$$\sum Z_2 = 0; \rightarrow Q_2(x) = R_A - q(x_2 - 2) = 7 - 4(x_2 - 2);$$

Bu tenglamadan ko'rinadiki, ko'ndalang kuch balka uzunasi bo'ylab to'g'ri chiziq qonuni bilan o'zgaradi. Shuning uchun ikkita chetki nuqtasiga tegishli qiymatlarini aniqlash kifoya:

$x_2 = 2$ bo'lganda; $Q_2(2) = 7 \text{ kN}$; $x_2 = 6$ bo'lganda

$$Q_2 = 7 - 4(6 - 2) = -9 \text{ kN};$$

ED uchastkada $0 \leq x_3 \leq 2$

Ixtiyoriy yo'nalishdagi A tayanchga ikkita (R_A va H_A) M_A D tayanchga bitta R_D reaksiya kuchlari hosil bo'ladi. Bularni statikani muvozanat tenglamalaridan foydalanib topamiz:

$$\sum X = H_A = 0; H_A = 0;$$

$$\sum MA - F \cdot 10 - R_D \cdot 8 + q \cdot 4(2+2) + M = 0;$$

$$R_D = \frac{F \cdot 10 + q \cdot 4 \cdot 4 + M}{8} = \frac{2 \cdot 10 + 4 \cdot 4 + 4}{8} = 11 \text{ kN}$$

$$\sum M_D = R_A \cdot 8 + M - q \cdot 4(2+2) + F \cdot 2 = 0;$$

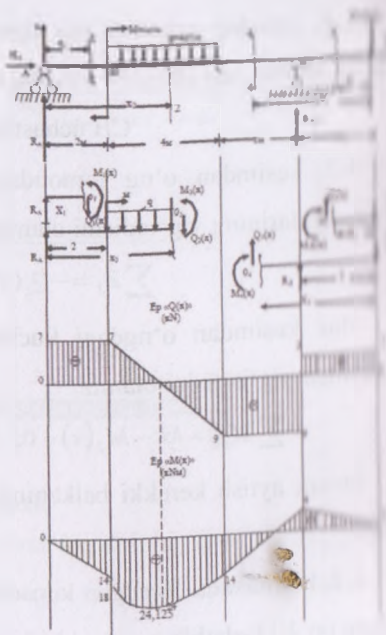
$$\sum R_A = \frac{q \cdot 4 \cdot 4 - M - F \cdot 2}{8} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 4 - 4 - 2 \cdot 2}{8} = 7 \text{ kN.}$$

R_A va R_D tayanch reaksiyalarining musbat ishorali chiqish ularning yo'nalishi to'g'ri yo'nalganligini ko'rsatadi.

Topilgan tayanch reaksiyalarining qiymatlarini to'g'riligini tekshiramiz:

$$\begin{aligned} \sum Z = R_A - q \cdot 4 + 4R_D - F &= \\ = 7 - 4 \cdot 4 + 11 - 2 + 18 - 18 &= 0 \end{aligned}$$

Demak, tayanch reaksiya kuchlari-ning qiymatlari to'g'ri topilgan ekan. Bunday tekshirishni hamma vaqt o'tkazish zarurdir, chunki noto'g'ri topilgan reaksiyaning



qavat kuchlari $Q(x)$ va $M(x)$ epyuralarini noto'g'ri qurilishiga sabab bo'ladi.

1) Ko'ndalang $Q(x)$ kuch epyurasini qurish.

Balka to'rtta AB, BC, ED va DC uchastlari 6.2.11-shakl 1 ar bir uchastkaning ko'ndalang kuch va eguvchi moment tenglamalari har xil bo'ladi. AB uchastkada A tayanchdan ixtiyoriy x_1 masofada 1-1 kesim olinadi. Kesimdan chap tomondagi barcha kuchlardan vertikal o'qqa nisbatan olingan proyeksiyalarni algebraik yig'indisi shu kesimdagi ko'ndalang kuch bo'ladi.

AB uchastkada ($0 \leq x_1 \leq 2$)

$$\sum Z_1 = 0; \quad Q_1(x) = R_A = 7 \text{ kN} = \text{const.}$$

Uu tenglama o'zgaruvchi x_1 qatnashmaganligi uchun kesuvchi kuch AB uchastkada o'zgarmas bo'ladi.

Xuddi, shuningdek BC, ED, DC uchastkalarda ham ko'ndalang kuch tenglamalarini tuzamiz:

BC uchastkada ($2 \leq x_2 \leq 6$)

$$\sum z_2 = 0; \rightarrow Q_2(x) = R_A - q(x_2 - 2) = 7 - 4(x_2 - 2);$$

Uu tenglamadan ko'rinadiki, ko'ndalang kuch balka uzunasi bo'ylab har bir chiziq qonuni bilan o'zgaradi. Shuning uchun ikkita chetki nuqtasiga tegishli qiymatlarini aniqlash kifoya:

$x_2 = 2$ bo'lganda; $Q_2(2) = 7 \text{ kN}$; $x_2 = 6$ bo'lganda

$$Q_2 = 7 - 4(6 - 2) = -9 \text{ kN};$$

ED uchastkada $0 \leq x_3 \leq 2$

$$\sum z_3 = 0; Q_3(x) = F = 2 \text{ kN} = \text{const.}$$

Bu uchastkada ko'ndalang kuch o'zgarmas bo'lib, musbat qiymatga egadir.

DC uchastkada $2 \leq x_4 \leq 4$

$$\sum x_4 = 0; \rightarrow Q_4(x) = F - R_D = 2 - 11 = -9 \text{ kN} = \text{const.}$$

Demak, bu uchastkada ham ko'ndalang kuch o'zgarmas bo'lib, faqat manfiy qiymatga egadir.

Topilgan qiymatlardan foydalanib ko'ndalang kuch epyurasini quramiz. Musbat qiymatlarni ordinatalar o'qi bo'ylab yuqoriga manfiylarni pastga malum masshtabga qo'yamiz.

3) Eguvchi moment epyurasini quramiz.

Har bir uchastkalar uchun ham eguvchi moment tenglamalarini tuzamiz. Har bir uchastkada kesimdan bir tomondagi barcha kuchlardan kesim markazida O_1 nisbatan olingan statik momentlarning algebraik yig'indisi shu kesimdagi eguvchi moment bo'ladi:

AB uchastkada $0 \leq x_1 \leq 2$

$$\sum M_{O_1} = 0; M_1(x) = R_A \cdot x_1 = 7 \cdot x_1;$$

Bu tenglamada x_1 birinchi darajali bo'lganligi sababli eguvchi moment bu uchastkada to'g'ri chiziq qonuni bilan o'zgaradi. Shuning uchun uni chizishda ikki chetki qiymat ($x_1=0$ va $x_1=2$) lari bilan ifodalasak bo'ladi, yani $M_1(0)=0$, $M_1(2)=14 \text{ kN} \cdot \text{m}$.

BC uchastkada $2 \leq x_2 \leq 6$;

$$\sum M_{O_2} = 0; M_2(x) = R_A \cdot x_2 + M - q \frac{(x_2 - 2)^2}{2};$$

Bu tenglama x_2 ga nisbatan ikkinchi darajali bo'lganligi uchun eguvchi moment bu uchastkada kvadrat parabola qonuni bilan o'zgaradi. Uni chizish uchun kamida uchta nuqtasidagi qiymatini topish kerak bo'ladi:

$$M_2(2) = 7 \cdot 2 + 4 - 4 \cdot \frac{(2-2)^2}{2} = 18 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_2(4) = 7 \cdot 4 + 4 - 4 \cdot \frac{(4-2)^2}{2} = 24 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_2(6) = 7 \cdot 6 + 4 - 4 \cdot \frac{(6-2)^2}{2} = 14 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Eng katta eguvchi moment qiymatini aniqlash uchun shu uchastkaning eguvchi moment tenglamasidan x_2 absissa bo'yicha birinchi hosila qlamiz va uni nolga tenglashtirib, eguvchi momentning eng katta qiymatiga to'g'ri keladigan absissaning qiymatini topamiz:

$$\frac{dM_2(x)}{dx_2} = Q_2(x) = R_A - q(x-2) = 0;$$

bundan

$$x_2 = x_0 = \frac{R_A = 2q}{q} = \frac{7 + 2 \cdot 4}{4} = 3,75 \text{ m}$$

Demak, eng katta eguvchi momentning qiymati chap tayanchdan 3,75 m masofadagi kesimda hosil bo'lib, uning qiymati

$$M_{\max} = 7 \cdot 3,75 + 4 - 4 \cdot \frac{(3,75 - 2)^2}{2} = 24,125 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ bo'ladi.}$$

FD uchastkada ($0 \leq x_3 \leq 2$)

$$\sum M_{03} = 0 \rightarrow 3(x) = -F \cdot x_3; \quad M_3(0) = 0; \quad M_3 = -2 \cdot 2 = -4 \text{ kNm}$$

DC uchastkada ($2 \leq x_4 \leq 4$)

$$\sum z_3 = 0; Q_3(x) = F = 2 \text{ kN} = \text{const.}$$

Bu uchastkada ko'ndalang kuch o'zgarmas bo'lib, musbat qiymatga egadir.

DC uchastkada $2 \leq x_4 \leq 4$

$$\sum x_4 = 0 \rightarrow Q_4(x) = F - R_D = 2 - 11 = -9 \text{ kN} = \text{const.}$$

Demak, bu uchastkada ham ko'ndalang kuch o'zgarmas bo'lib, faqat manfiy qiymatga egadir.

Topilgan qiymatlardan foydalanib ko'ndalang kuch epyurasini quramiz. Musbat qiymatlarni ordinatalar o'qi bo'ylab yuqoriga manfiylarni pastga malum masshtabga qo'yamiz.

3) Eguvchi moment epyurasini quramiz.

Har bir uchastkalar uchun ham eguvchi moment tenglamalarini tuzamiz. Har bir uchastkada kesimdan bir tomondagi barcha kuchlardan kesim markazida O_1 nisbatan olingan statik momentlarning algebraik yig'indisi shu kesimdagi eguvchi moment bo'ladi:

AB uchastkada $0 \leq x_1 \leq 2$

$$\sum M_{O_1} = 0; M_1(x) = R_A \cdot x_1 = 7 \cdot x_1;$$

Bu tenglamada x_1 birinchi darajali bo'lganligi sababli eguvchi moment bu uchastkada to'g'ri chiziq qonuni bilan o'zgaradi. Shuning uchun uni chizishda ikki chetki qiymat ($x_1=0$ va $x_1=2$) lari bilan ifodalasak bo'ladi, ya'ni $M_1(0) = 0$, $M_1(2) = 14 \text{ kN} \cdot \text{m}$.

BC uchastkada $2 \leq x_2 \leq 6$;

$$\sum M_{O_2} = 0; M_2(x) = R_A \cdot x_2 + M - q \frac{(x_2 - 2)^2}{2};$$

Bu tenglama x_2 ga nisbatan ikkinchi darajali bo'lganligi uchun eguvchi moment bu uchastkada kvadrat parabola qonuni bilan o'zgaradi. Uni chizish uchun kamida uchta nuqtasidagi qiymatini topish kerak bo'ladi:

$$M_2(2) = 7 \cdot 2 + 4 - 4 \cdot \frac{(2-2)^2}{2} = 18 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_2(4) = 7 \cdot 4 + 4 - 4 \cdot \frac{(4-2)^2}{2} = 24 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_2(6) = 7 \cdot 6 + 4 - 4 \cdot \frac{(6-2)^2}{2} = 14 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Eng katta eguvchi moment qiymatini aniqlash uchun shu uchastkaning eguvchi moment tenglamasidan x_2 absissa bo'yicha birinchi hosila olamiz va uni nolga tenglashtirib, eguvchi momentning eng katta qiymatiga to'g'ri keladigan absissaning qiymatini topamiz:

$$\frac{dM_2(x)}{dx_2} = Q_2(x) = R_A - q(x-2) = 0;$$

bundan

$$x_2 = x_0 = \frac{R_A = 2q}{q} = \frac{7 + 2 \cdot 4}{4} = 3,75 \text{ m}$$

Demak, eng katta eguvchi momentning qiymati chap tayanchdan 3,75 m masofadagi kesimda hosil bo'lib, uning qiymati

$$M_{\max} = 7 \cdot 3,75 + 4 - 4 \cdot \frac{(3,75-2)^2}{2} = 24,125 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ bo'ladi.}$$

ED uchastkada ($0 \leq x_3 \leq 2$)

$$\sum M_{03} = 0 \rightarrow 3(x) = -F \cdot x_3; \quad M_3(0) = 0; \quad M_3 = -2 \cdot 2 = -4 \text{ kNm}$$

DC uchastkada ($2 \leq x_4 \leq 4$)

$$\sum M_{04} = 0; M_4(x) = -F \cdot x_4 + R_D(x_4 - 2); M_4(4) = -2 \cdot 2 + 11(2 - 2) = -4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_4(4) = -2 \cdot 4 + 11 \cdot (4 - 2) = 14 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Demak, ED va DC uchastkalarda eguvchi moment to'g'ri chiziq qonuni bilan o'zgarar ekan.

Endi topilgan qiymatlarning musbatini ordinata o'qi bo'yicha pastga va manfiylarini yuqoriga ma'lum masshtab bo'yicha qo'yib eguvchi moment epyurasini quramiz.

6.2.12-masala. Ko'rsatilgan rama uchun tayanch reaksiyalarini aniqlash va ichki zo'riqish kuchlari epyurasi qurilsin (6.2.12-shakl).

Yechish: 1) Ramaning tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash:

Ramaning A tayanchida vertikal R_A va gorizontal H_A , B tayanchidagi esa vertikal R_B tayanch reaksiyalari hosil bo'ladi. Statika muvozanat tenglamalaridan foydalanib, rama tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz:

$$\sum x = 0; H_A - P = 0;$$

$$\sum M_A = 0; -R_B \cdot 4 + q \cdot 2 \cdot 5 + M - P \cdot 2 = 0;$$

$$\sum M_B = 0; R_B \cdot 4 + q \cdot 2 \cdot 1 + M - P \cdot 2 = 0;$$

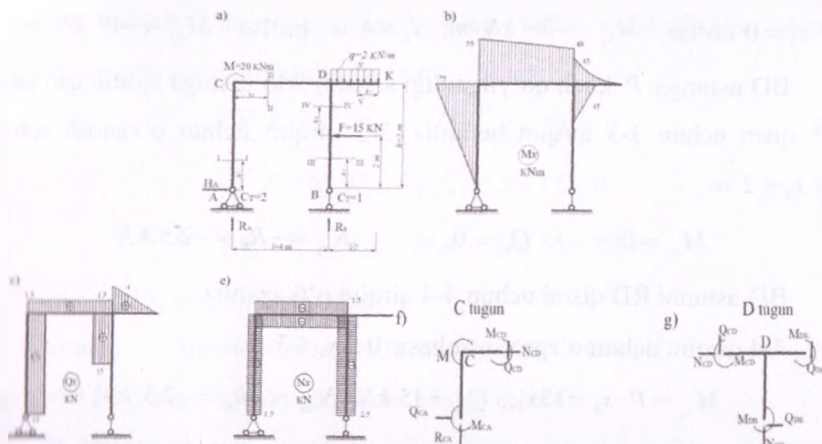
bu tenglamalardan:

$$H_A = P = 15 \text{ kN}; R_B = \frac{20 + 20 - 30}{4} = 2,5 \text{ kN}; R_A = \frac{-20 - 4 + 30}{4} = 1,5 \text{ kN}$$

Tekshirish:

$$\sum Y = 0; R_A + R_B - q \cdot 2 = 0 \rightarrow 2,5 + 1,5 - 4 = 4 - 4 = 0$$

Demak, rama tayanch reaksiyalarini to'g'ri hisoblangan.



6.2.12-shakl.

2) Rama sterjenlari kesimlaridagi ichki zo'riqishlarni aniqlash. Buning uchun ramaga harakterli qirqimlar berib, o'zgarish chegarasini aniqlaymiz. Berilgan qirqimlardagi ichki zo'riqish kuchlarini hisoblaymiz. AC ustun uchun qirqim beramiz. 1-1 qirqimning o'zgarish sohasi:

$$0 \leq x_1 \leq h = 5 \text{ m.}$$

$$M_{x_1} = H_A \cdot x_1 = -15x_1; \quad Q_{x_1} = -H_A = -15 \text{ kN}; \quad N_{x_1} = -R_A = -15 \text{ kN};$$

$$x_1 = 0 \text{ bo'lsa } M_{x_1} = -75 \text{ kN} \cdot \text{m.}$$

CD to'sin uchun 2-2 qirqim o'tkazamiz. 2-2 qirqim uchun o'zgarish sohasi:

$$0 \leq x_2 \leq l = 4 \text{ m.}$$

$$M_{x_2} = M + R_A x_2 - H \cdot h = 20 + 1,5x_2 - 15 \cdot 5 = -55 + 1,5x_2;$$

$$Q_{x_2} = R_A = 1,5 \text{ kN}; \quad N_{x_2} = -H_A = -15 \text{ kN};$$

$$x_2 = 0 \text{ bo'lsa } M_{x_2} = -55 \text{ kN}\cdot\text{m}; \quad x_2 = 4 \text{ m bo'lsa } M_{x_2} = -49 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

BD ustunga P kuch qo'yilganligi sababli ikki qismga ajratib qaraymiz. BP qism uchun 3-3 qirqim beramiz. 3-3 qirqim uchun o'zgarish sohasi $0 \leq x_3 \leq 2 \text{ m}$.

$$M_{x_3} = 0; \quad Q_{x_3} = 0; \quad N_{x_3} = -R_B = -2,5 \text{ kN}.$$

BD ustunni RD qismi uchun 4-4 qirqim o'tkazamiz.

4-4 qirqim uchun o'zgarish sohasi: $0 \leq x_4 \leq 3 \text{ m}$.

$$M_{x_4} = P \cdot x_4 = 15x_4; \quad Q_{x_4} = 15 \text{ kN}; \quad N_{x_4} = -R_B = -2,5 \text{ kN};$$

$$x_4 = 0; \text{ bo'lsa } M_{x_4} = 0; \quad x_4 = 3 \text{ m; bo'lsa } M_{x_4} = 45 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

DK to'sin uchun 5-5 qirqim beramiz. 5-5 qirqim uchun o'zgarish sohasi:

$$0 \leq x_5 \leq 2 \text{ m}.$$

$$M_{x_5} = -q \frac{x_5^2}{2}; \rightarrow Q_{x_5} = q \cdot x_5; \quad N_{x_5} = 0.$$

$$x_5 = 0 \text{ bo'lsa, } M_{x_5} = 0; \quad Q_{x_5} = 0.$$

$$x_5 = 2 \text{ m bo'lsa, } M_{x_5} = 4 \text{ kN}\cdot\text{m}; \quad Q_{x_5} = 4 \text{ kN}\cdot\text{m}.$$

Bu sterjenda eguvchi moment tenglamasi ikkinchi tartibli bo'lganligi sababli uning epyurasi kvadrat parabola shaklida bo'ladi.

Yuqorida aniqlangan ichki zo'riqishlarning qiymatiga asosan ichki zo'riqishlar, epyuralari keltirilgan (6.2.12-shakl).

4) Epyuralarning to'g'ri qurilganligini tekshirish.

M_x , O_x , H_x epyuralarini to'g'ri qurilganligi tekshirish uchun ramni tugunlarining muvozanatini tekshirib ko'ramiz. Avvalo, C tugunni qirqib,

tugunga tashlab yuborilgan qismlarining ichki zo'riqishlarni ta'sirini qo'yamiz va muvozanatini tekshiramiz:

$$\sum X = 0; \quad Q_{CD} - N_{CD} = 15 - 15 = 0;$$

$$\sum Y = 0; \quad N_{CD} - Q_{CD} = 1,5 - 1,5 = 0;$$

$$\sum M_C = 0; \quad M + M_{CD} - M_{CA} = 20 + 55 - 75 = 0.$$

Muvozanat shartlari bajariladi.

Demak, C tugun muvozanatda ekanligidan AC va CD sterjenlardagi epyuralar to'g'ri qurilganligiga ishonch hosil qilamiz.

D tugunning muvozanatini tekshiramiz. Buning uchun D tugunni berilgan ramadan qirqib ajratamiz va unga ramaning qirqib tashlangan qismlari ichki zo'riqishlarning ta'sirini qo'yamiz hamda tugun muvozanatini tekshiramiz:

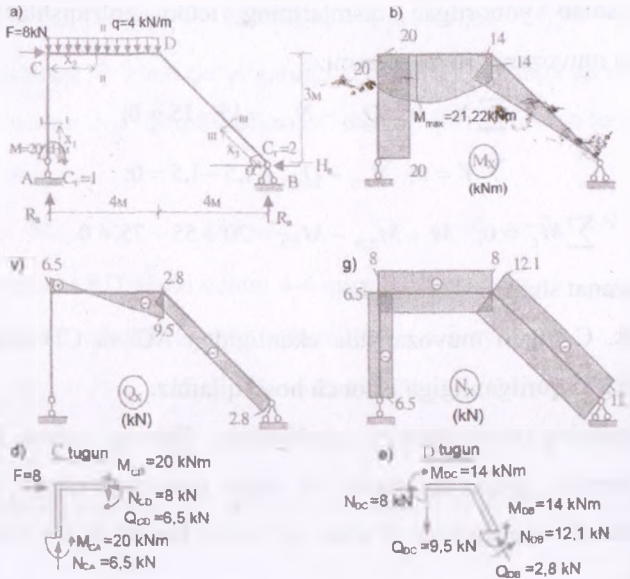
$$\sum x = 0; \quad N_{DC} - Q_{DK} = 15 - 15 = 0;$$

$$\sum y = 0; \quad Q_{DC} + N_{DB} - Q_{DK} = 1,5 + 2,5 - 4 = 0;$$

$$\sum M_D = 0; \quad M_{DC} - M_{DK} - M_{DP} = 49 - 4 - 45 = 0.$$

Muvozanat shartlari bajarilganligidan ko'ramizki DC, DK va DB sterjenlardagi epyuralar to'g'ri qurilgan. Shunday qilib, ramaning barcha sterjenlardagi ichki zo'riqishlarni epyuralari to'g'ri qurilgan ekan.

6.2.13-masala. Shaklda ko'rsatilgan og'ma ustinli ramada tashqi yuklardan hosil bo'lgan ichki zo'riqish kuchlarining (M_x , Q_x , N_x) epyuralari qurilsin (6.2.13-shakl).



6.2.13-shakl

Yechish: 1) Rama tayanch reaksiyalarini aniqlash.

Ramaning A tayanchida vertikal R_A , B tayanchida esa vertikal R_B va gorizontal N_B tayanch reaksiyalari hosil bo‘ladi statika muvozanat tenglamalaridan foydalanib rama tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz:

$$\sum X = 0; P - H_B = 0;$$

$$\sum M_x = 0; -R_B \cdot 8 + q \cdot 4 \cdot 2 + M + p \cdot 3 = 0;$$

$$\sum M_B = 0; R_A \cdot 8 - q \cdot 4 \cdot 6 + M + p \cdot 3 = 0.$$

Bu tenglamalarni yechib, $H_B = 8 \text{ kN}$, $R_A = 6,5 \text{ kN}$, $R_B = 6,5 \text{ kN}$ va $H_B = 9,5 \text{ kN}$ ekanligini topamiz. Vertikal tayanch reaksiyalarni tekshirish

uchun

$$\sum y = 0$$

shartidan

foydalanamiz: $R_A + R_B - q \cdot 4 = 6,5 + 9,5 - 4 \cdot 4 = 16 - 16 = 0$ bo'ladi

Demak, ramaning vertikal tayanch reaksiyalari to'g'ri topilgan.

2) Rama sterjenlaridagi ichki zo'riqishlarni kesish usulidan foydalanib aniqlash.

Huning uchun berilgan ramaning sterjenlariga xarakterli qirqimlar berib, o'zgarish sohasini aniqlaymiz. AC ustun uchun 1-1 qirqim beramiz.

1-1 qirqim uchun o'zgarish sohasi $0 \leq x_1 \leq 3 \text{ m}$.

$$M_{x_1} = M = 20 \text{ kN} \cdot \text{m}; \quad Q_{x_1} = 0, \quad N_{x_1} = R_A = -6,5 \text{ kN};$$

CD to'sindagi ichki zo'riqishlarni aniqlash uchun 2-2 qirqim o'tkazamiz.

2-2 qirqim uchun o'zgarish sohasi: $0 \leq x_2 \leq 4 \text{ m}$.

$$M_{x_2} = M + R_A \cdot x_2 - q \frac{x_2^2}{2} = 20 + 6,5x_2 - 4 \frac{x_2^2}{2} = 20 + 6,5x_2 - 2x_2^2$$

$$Q_{x_2} = R_A - qx_2 = 6,5 - 4x_2;$$

$$N_{x_2} = -P = -8 \text{ kN}.$$

$$\text{Agar } x_2 = 0 \text{ bo'lsa, } M_{x_2} = 20 \text{ kN}; \quad Q_{x_2} = 6,5 \text{ kN};$$

$$x_2 = 4 \text{ m bo'lsa, } M_{x_2} = 14 \text{ kN}; \quad Q_{x_2} = -9,5 \text{ kN}.$$

Bu sterjenda eguvchi moment ikkinchi tartibli bo'lganligi uchun, uning qiyurasi kvadrat parabola ko'rinishida bo'ladi.

$$\text{Agar ko'ndalang kuch } Q_{x_2} = 5,75 - 4x_2 = 0 \text{ bo'lsa, } x_2 = \frac{6,5}{4} = 1,625 \text{ m}$$

munofada eguvchi moment maksimal qiymatga erishadi, ya'ni

$$M_{x_1}^{\max} = 20 + 6,5 \cdot 1,625 - 2 \cdot (1,625)^2 = 20 + 6,5 - 5,28 = 21,22 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

DB og'ma ustun ichki zo'riqlarini aniqlash uchun 3-3 qirqim
eramiz.

3-3 qirqim uchun o'zgarish sohasi. $0 \leq x_3 \leq l_{BD}$, l_{BD} ni aniqlash uchun

BD sterjen uzunligini topamiz:

$$l_{BD} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{16 + 9} = 5.$$

$$M_{x_1} = R_B \cos \alpha \cdot x_3 - H_B \sin \alpha \cdot x_3$$

$$Q_{x_1} = -R_B \cos \alpha + H_B \sin \alpha$$

$$N_{x_1} = -R_B \sin \alpha - H_B \cos \alpha$$

$\cos \alpha$ va $\sin \alpha$ qiymatlarini aniqlab

$$\cos \alpha = \frac{4}{5} = 0,8; \quad \sin \alpha = \frac{3}{5} = 0,6; \quad \text{tenglamalarga qo'ysak:}$$

$$M_{x_1} = 9,5 \cdot 0,8x_3 - 8 \cdot 0,6x_3 = (7,6 - 4,8)x_3 = 2,8x_3$$

$$Q_{x_1} = 9,5 + 8 \cdot 0,6 = 7,6 + 4,8 = -2,8 \text{ kN}$$

$$N_{x_1} = -9,5 \cdot 0,6 - 8 \cdot 0,8 = -12,1 \text{ kN}$$

$$x_3 = 0 \text{ bo'lsa, } M_{x_3} = 0; \quad x_3 = 5 \text{ m bo'lsa, } M_{x_3} = 14 \text{ kN} \cdot \text{m.}$$

3) Ichki zo'riqlar epyuralarini qurish.

Yuqoridagi topilgan ichki zo'riqlar miqdorlariga asosan ularning
pyuralarini quramiz (6.2.13b.v.g-shakl).

4) Epyuralarni to'g'riligini tekshirish.

C tugunni qirqamiz va unga tashlab yuborilgan qismlar ichki
zo'riqlarning ta'sirini qo'yamiz va tugun muvozanatini tekshiramiz:

$$\sum x = 0 \text{ m}; P - N_{CD} = 8 - 8 = 0;$$

$$\sum y = 0; N_{CA} - Q_{CD} = 6,5 - 6,5 = 0;$$

$$\sum M_C = 0; M_{CD} - M_{CA} = 20 - 20 = 0.$$

Muvozanat shartlari bajarildi. Demak, C tugun muvozanatda bo'lib, CA va CD sterjenlardagi epyuralar to'g'ri qurilgan.

D tugun muvozanatni tekshirish maqsadida, D tugunni qirqib, unga tashlab yuborilgan qism ta'sirini qo'yamiz va tugun muvozanatini tekshiramiz:

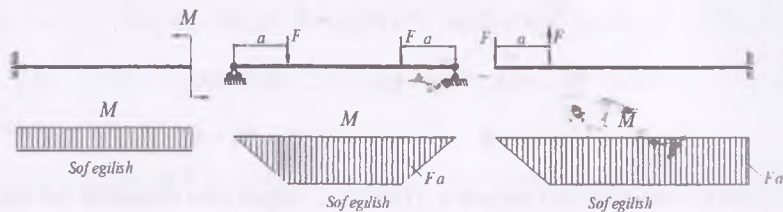
$$\begin{aligned} \sum x = 0; N_{DC} - N_{DB} \cdot \cos \alpha + Q_{DB} \cdot \sin \alpha = \\ = 8 - 12,1 \cdot 0,8 + 2,8 \cdot 0,6 = 9,68 - 9,68 = 0; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum y = 0; -Q_{DC} + N_{DB} \cdot \sin \alpha + Q_{DB} \cdot \cos \alpha = \\ = -9,5 - 12,1 \cdot 0,6 + 2,8 \cdot 0,8 = 9,5 - 9,5 = 0; \end{aligned}$$

Muvozanat shartlari bajarildi. Demak, ramani CD va DB sterjenlardagi epyuralar to'g'ri qurilgan. Bu bilan ramaning barcha sterjenlardagi epyuralar to'g'ri qurilganligini ko'ramiz.

6.3. Balkalarning mustahkamligini normal va urinma kuchlanishlar bo'yicha tekshirish

Yuqorida sof egilishda balkalarning ko'ndalang kesimida faqat eguvchi moment M hosil bo'lishi aytib o'tilgan edi.



Sof egilish holatida bo'lgan balka ko'ndalang kesimining ixtiyoriy nuqtasida normal kuchlanish quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\sigma_x = \frac{M_x}{I_x} \cdot z \quad (1.1)$$

Eng katta normal kuchlanish ko'ndalang kesimning chetki nuqtalarida hosil bo'ladi va quyidagi formuladan topiladi:

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{I_x} \cdot z_{\max} \quad (1.2)$$

yoki

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_x}$$

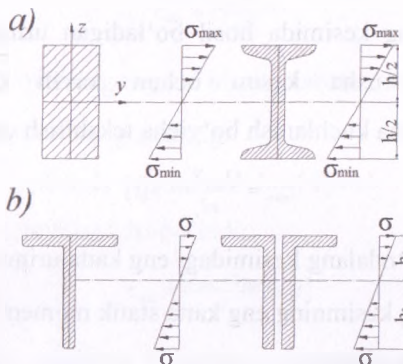
Bu formulada, $W_x = \frac{I_x}{z_{\max}}$ - qarshilik momenti.

Balkalar mustahkam bo'lishi uchun uning xavfli kesimida hosil bo'ladigan normal kuchlanish balka materiali uchun belgilangan ruhsat etilgan normal kuchlanishdan ortib ketmasligi kerak.

Cho'zilish va siqilishga bir xil qarshilik ko'rsatadigan balka materiali ko'ndalang kesim o'qlari simmetrik joylashgan balkalar uchun mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq [\sigma]$$

Hunda M_{max} - balkaning xavfli kesimidagi eguvchi moment; $[\sigma]$ - balka materiali uchun ruhsat etilgan kuchlanish; W_y - ko'ndalang kesim qarshilik momenti.



Agar balka materiali cho'zilish siqilishga har xil qarshilik ko'rsatsa (masalan material bo'lsa) va ko'ndalang kesim o'qlari nosimmetrik bo'lsa, bahalarning mustahkamligi cho'zilish va siqilishga alohida-alohida tekshiriladi:

$$\sigma_{s(max)} = \frac{M_{max}}{W'_y} \leq [\sigma_s]$$

$$\sigma_{s(min)} = \frac{M_{max}}{W''_y} \leq [\sigma_s]$$

Balkaning mustahkamlik shartidan cho'zilish va siqilish kabi quyidagi masala hal qilinishi mumkin:

Balkaning mustahkamligini tekshirish

$$\sigma_{(max)} = \frac{M_{max}}{W_y} \leq [\sigma]$$

Balkaning yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash

$$M_{\max} \leq [\sigma] \cdot W_y$$

Balka ko'ndalang kesim o'lchamlari aniqlash

$$W_y \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]}$$

Balka ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan urinma kuchlanishining eng katta qiymati usha kesim uchun xavfli bo'ladi. Balkaning mustahkamligini urinma kuchlanish bo'yicha tekshirish quyidagicha bo'ladi:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} S_{\max}}{eI_y} \leq [\tau]$$

bunda, τ_{\max} - balka ko'ndalang kesimidagi eng katta urinma kuchlanish;

Q_{\max} - ko'ndalang kesimning eng katta statik momenti;

e - ko'ndalang kesim eni;

I_y - ko'ndalang kesimning inersiya momenti;

$[\tau]$ - balka momenti uchun ruhsat etilgan urinma kuchlanish.

To'g'ri to'rtburchak kesimning neytral o'qidan z masofadagi urinma kuchlanish quyidagi formuladan topiladi:

$$\tau = \frac{6Q}{eh^3} \left(\frac{h^2}{4} - z^2 \right) = \frac{3Q}{2eh} \left[1 - 4 \left(\frac{z}{h} \right)^2 \right]$$

Eng katta urinma kuchlanishlar neytral o'q ustida hosil bo'ladi :

$$\tau_{\max} = \frac{3Q_{\max}}{2eh} = \frac{3Q_{\max}}{2A}$$

Doiraviy kesimda eng katta urinma kuchlanish neytral o'q ustida hosil bo'lib, quyidagicha topiladi:

$$\tau_{\max} = \frac{4Q_{\max}}{3A}$$

Ko'ndalang kesimi qo'shtavrdan iborat bo'lgan balkaning neytral o'qi ustidagi nuqtalarda eng katta urinma kuchlanish hosil bo'ladi va quyidagi formuladan topiladi:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S_{\max}}{\delta I_y}$$

bunda, S_{\max} - yarim kesimining neytral o'qqa nisbatan statik momenti;

δ - qo'shtavr devorining qalinligi.

Ko'ndalang egilishda urinma kuchlanish bo'yicha balkaning mustahkamlik sharti quyidagicha bo'ladi:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S_{\max}}{\delta I_y} < [\tau]$$

Umumiy holda egilishda balkaning potensial energiyasi quyidagicha topiladi:

$$U = \sum_{i=1}^n \int \frac{M_{(i)}^2 dx}{2EI_i}$$

6.4. Balkalarning mustahkamligini bosh kuchlanish

bo'yicha tekshirish

Normal kuchlanish va urinma kuchlanishlarning qiymati yetarli darajada katta bo'lgan kesimning mustahkamligi bosh kuchlar bo'yicha tekshiriladi. Bu holat eguvchi moment va ko'ndalang kuch miqdori yetarlicha katta bo'lgan nuqtalarda va ko'ndalang kesim o'lchamlari o'zgargan joylarda hosil bo'ladi.

Demak, balkaning B kesimda yuqoriga yo'nalgan $F = \frac{1}{2}qa + \frac{1}{2}qa = qa$ miqdordagi to'plangan kuch ta'sir etar ekan. $M(x)$ epyurasi (6.5.1-shakl b) da ko'rsatilgan.

2. Ko'ndalang kuch epyurasini quramiz:

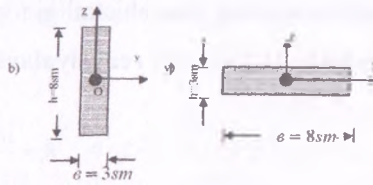
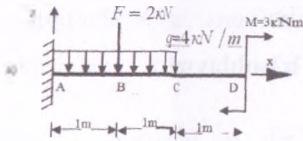
Balkaning chap tayanchida past tomondagi qarab $R_A = \frac{1}{2}qa$ ga teng ordinatani joylashtiramiz. Balkaning AB uchastkasida yoyilgan kuch ta'sir etmayotganligi uchun bu uchastkada ko'ndalang kuch abstessa o'qiga parallel o'zgaradi.

B kesimda yuqoriga yo'nalgan $F = qa$ miqdordagi to'plangan kuch ta'sir etayotganligi uchun $Q(x)$ epyurasida bu kesimda abstessa o'qining pasti va yuqorisida $\frac{1}{2}qa$ da miqdordan iborat sakrash hosil bo'ladi. Sakrashning umumiy yig'indisi $F = qa$ ga teng bo'ladi.

C tayanchda yuqoriga yo'nalgan $R_C = \frac{1}{2}qa$ ga teng reaksiya kuchi qo'yilgan, shuning uchun $\frac{1}{2}qa$ ga teng ordinatani ajratamiz. BC uchastkada yoyilgan kuch ta'sir etayotganligi sababli E_3 kesimdagi $\frac{1}{2}qa$ nuqtani C kesimdagi $\frac{1}{2}qa$ nuqta bilan tutashtiramiz.

$Q(x)$ epyurasi (6.5.1-shakl g) da ko'rsatilgan.

6.5.2-misol. Shakl (6.5.2-shakl, a) da ko'rsatilgan konsolning ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan eng katta normal kuchlanish topilib, ikki xil shakldagi ko'ndalang kesimlarning tejamilliligi solishtirilsin.



6.5.2-shakl

Yechish: Shakldan ko'rinadiki, eng katta (M_{max}) eguvchi moment konsolning mahkamlangan kesimida hosil bo'ladi:

$$M_{max} = M + q \cdot 2 \cdot 1 + F \cdot 1 = 3 + 4 \cdot 1 = 3 + 4 \cdot 2 \cdot 1 + 2 \cdot 1 = 13 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Ko'ndalang kesimlarning qarshilik momentlarini aniqlaymiz:

$$W_y^o = \frac{bh^2}{6} = \frac{3 \cdot 8}{6} = 32 \text{ sm}^2; W_y^a = \frac{bh^2}{6} = \frac{8 \cdot 3^2}{6} = 12 \text{ sm}^3$$

Kuchlanishlarni aniqlaymiz:

$$\sigma_s = \frac{M_{max}}{W_y^o} = \frac{13 \cdot 10^2}{32} = 40,625 \text{ sm}^3; \sigma_n = \frac{M_{max}}{W_y^a} = \frac{13 \cdot 10^2}{12} = 108,33 \text{ sm}^3$$

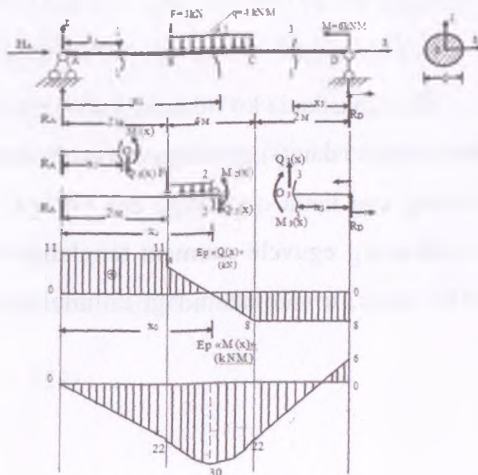
Kesimning tejamliligini baholaymiz:

$$\frac{W_y^o}{\sqrt{A^3}} = \frac{40,625}{\sqrt{24^3}} = \frac{40,625}{117,57} = 0,3455; \frac{W_y^a}{\sqrt{A^3}} = \frac{108,33}{\sqrt{24^3}} = \frac{108,33}{117,57} = 0,9214$$

Egishda kesim yuzasining asosiy qismi neytral chiziqdan eng ko'p foydalanilgan formadagi kesim foydali ekan ya'ni tejamli bo'lar ekan.

6.5.3-masala. 6.5.3-

shakl, a) da ko'rsatilganidek yuklangan yog'och balkaning ko'ndalang kesimi $d=31,0$ sm li



doiradan iborat, uning mustahkamligi topilsin.

Yechish: 1) Tayanch reaksiyalarini hisoblaymiz:

$$\sum X = H_A = 0; \quad H_A = 0$$

$$\sum M_A = -R_C \cdot 8 - M + q \cdot 4(2+2) + 1 - 2 = 0; \quad R_C = \frac{16q + 2F - M}{8} = \frac{16 \cdot 4 + 2 - 6}{8} = 8 \text{ kn} \quad \text{Tekshiris}$$

$$\sum M_D = R_A \cdot 8 - F \cdot 6 - q \cdot 4(2+2) - M = 0; \quad R_A = \frac{6F + 16q + M}{8} = \frac{6 \cdot 3 + 16 \cdot 4 + 6}{8} = 11 \text{ kn}$$

h:

$$\sum Z = R_A - F - q \cdot 4 + R_D = 11 - 3 - 4 \cdot 4 + 8 = 19 - 19 = 0.$$

6.5.3-shakl

Demak, tayanch reaksiyalarining qiymatlari to'g'ri topilibdi va ularning nusbat ishorali chiqishi yo'nalishlari ham to'g'ri qo'yilganligini ko'rsatadi.

2) Ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyuralarini quramiz.

AB uchastkada ($0 \leq x_1 \leq 2$) A tayanchdan x_1 masofada kesib olib, chap omonini qoldirib muvozanatini tekshiramiz:

$$\sum Z_1 = 0; \quad Q_1(x) = R_A = 11 \text{ kn} = \text{const}$$

$$\sum M_0 = 0; \quad M_1(x) = R_A \cdot x_1; \quad M_1(0) = 0; \quad M_1(2) = 22 \text{ knm}$$

BC uchastkada ($2 \leq x_2 \leq 6$), A tayanchdan x_2 masofada kesib olib, chap omonini qoldirib muvozanatini tekshiramiz:

$$\sum Z_2 = 0; \quad Q_2(x) = R_A - F - q(x_2 - 2); \quad Q_2(2) = 8 \text{ kn}; \quad Q_2(6) = -8 \text{ kn}$$

$$\sum M_0 = 0; \quad M_2(x) = R_A \cdot x_2 - F(x_2 - 2) - q \frac{(x_2 - 2)^2}{2}; \quad M_2(2) = 22 \text{ knm}; \quad M_2(6) = 22 \text{ knm}$$

Bu uchastkada ko'ndalang kuch epyurasi abtissa o'qini kesib o'tib, o'z shorasini (+) dan (-) ga o'zgartirayapti, demak, shu nuqtada eguvchi moment zining eng katta qiymatiga ega bo'ladi. Bu qiymatni toppish uchun, shu chastkaning eguvchi moment tenglamasidan x_2 abtissa bo'yicha bir marta osila olsak, u shu kesimdagi ko'ndalang kuchga teng bo'ladi, ko'ndalang

kuch bu nuqtada nolga teng bo'lgabligi uchun hosil bo'lgan ifodani nolga tenglashtiramiz.

$$\frac{dM}{dx} = Q_2(x) = R_1 - F - q(x_2 - 2) = 0; \text{ bundan } x_2 = x_0 = \frac{R_1 - F + 2q}{q} = \frac{11 - 3 + 2 \cdot 4}{4} = 4,0m$$

$$M_{\max} = R_1 \cdot x_0 - F(x_0 - 2) - q \frac{(x_0 - 2)^2}{2} = 11 \cdot 4 - 3(4 - 2) - 4 \frac{(4 - 2)^2}{2} = 30kNm$$

DC uchastkada ($0 < x_3 < 2$) D tayanchdan x_3 masofada kesim olib, o'ng tomonini qoldirib muvozanatini tekshiramiz.

$$\sum Z_3 = 0; \quad Q_3(x) = -R_D = -8kN = const;$$

$$\sum M_0 = 0; \quad M_3(x) = R_D \cdot x_3 + M;$$

$$M_3(0) = 6kNm; \quad M_3(2) = 22kNm$$

Topilgan $Q(x)$ va $M(x)$ qiymatlaridan foydalanib ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyuralarini quramiz.

Eguvchi moment epyurasidan $M_{\max} = 30$ kNm ni olib ruhsat etilgan kuchlanishni $[\sigma] = 100kg/sm^2$ deb olib balkaning mustahkamligini tekshiramiz:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_c} = \frac{30 \cdot 10^7}{\pi(31)^2} = \frac{3000 \cdot 32}{3,14(31)^2} = 102,6kg/sm^2$$

Demak, balka mustahkam ekan.

6.5.4-masala. Ko'ndalang kesimi 8×4 sm² bo'lgan po'lat konsolning erkin uchiga qancha yuk qo'yilishi mumkinligini toping. Konsolning uzunligi 2,0 m. Ruhsat etilgan kuchlanish $[\sigma] = 1600kg/sm^2$ deb olinsin.

Yechish: Eng katta eguvchi moment konsolning qistirib mahkamlangan kesimda bo'ladi:

$$M_{\max} = F\ell$$

Ikkinchi tomondan balkaning mustahkamlik shartidan:

$$M_{\max} \leq [\sigma] \cdot W, \text{ bo'ladi.}$$

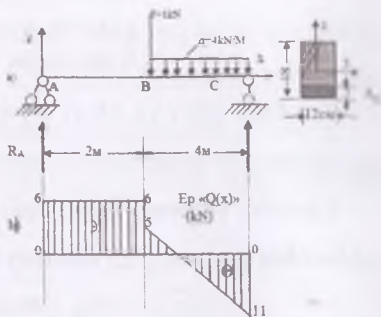
Bu ikki ifodadan $F \cdot l \leq [\sigma] \cdot W$ hosil bo'ladi, bundan

$$F = \frac{W_v \cdot [\sigma]}{l} = \frac{8 \cdot 4^2 \cdot 1600}{6 \cdot 200} = 170,67 \text{ kg} \approx 171 \text{ kg.}$$

Demak, konsol $F=171 \text{ kg}$ yukni ko'tara olar ekan.

6.5.5-masala. 6.5.6-shakl, a da ko'rsatilgandek yuklangan, ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchakdan iborat bo'lgan yig'och balkaning o'tirgan tayanchdan 1 m masofada turgan kesimning pastki uchidan 3 sm yuqorida

turgan nuqtaning urinma kuchlanishi aniqlansin. Ko'ndalang kuch epyurasi 6.5.5-shakl, b da ko'rsatilgan.



Yechish: Shakldan ko'rinadiki balka-ning A tayanchdan 1,0 m masofadagi kesimda kesuvchi

$Q_2(1,0) = 6 \text{ kN}$ kuch ta'sir qiladi. Ko'ndalang kesimning neytral o'qqiga nisbatan inertsiya momentini topamiz:

6.5.5-shakl

$$I_y = \frac{bh^3}{12} = \frac{12 \cdot 18^3}{12} = 5832 \text{ sm}^4$$

Ko'ndalang kesimning pastki uchidan 3 sm uzoqlikda turgan nuqtadan o'tgan tekisligigacha bo'lgan yuzadan neytral o'qqa nisbatan statik momentini topamiz:

$$S_y^0 = 12 \cdot 3 \cdot 7,5 = 270 \text{ sm}^3$$

formuladan foydalanib shu nuqtaning urinma kuchlanishini topamiz:

$$\tau = \frac{Q(x)S_y^0}{\sigma \cdot I_y} = \frac{600 \cdot 270}{12 \cdot 5832} = 2,3 \text{ kg/sm}^2$$

6.5.6-masala. (6.5.6-shakl) da ko'rsatilgan qo'shtavr kesimli po'lat balka uchun kesim yuzi tanlansin, normal va urinma kuchlanishlar topilsin va tayvli kesimda kuchlanishlar epyurasi qurilsin.

Yechish. Qurilgan $Q(x)$ va $M(x)$ epyurusidan (6.5.6-shakl) $Q_{\max} = 30 \text{ kn}$,

$M_{\max} = 60 \text{ kNm}$ larni olamiz.

Kesimning kerakli qarshilik momentini topamiz:

$$W_y = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{60 \cdot 10^4}{1600} = 375 \text{ sm}^3$$

Sortiment jadvalidan №27 nomerli qo'shtavrga tanlaymiz. Bu qo'shtavrga quyidagi qiymatlarni olamiz:

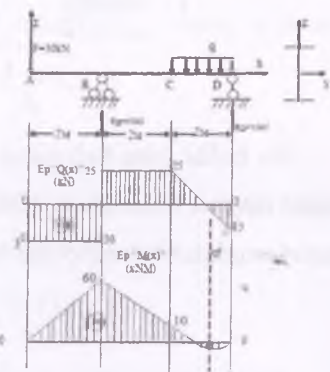
$$W_y = 371 \text{ sm}^3, I_y = 5010 \text{ sm}^4, a = 12,5 \text{ sm}, h = 27 \text{ sm}, t = 0,98 \text{ sm} \quad \text{6.5.6-shakl} \quad W_x = 210 \text{ sm}^3$$

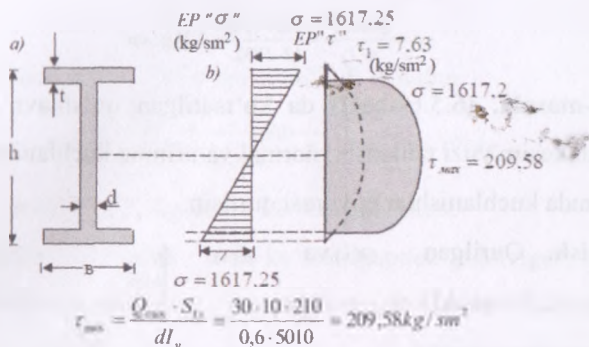
Kesimda hosil bo'ladigan eng katta normal kuchlanish bo'yicha uning mustahkamligini tekshiramiz:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_y} = \frac{60 \cdot 10^4}{371} = 1617,25 \text{ kg/sm}^2$$

Demak, balkaning normal kuchlanish bo'yicha mustahkamligi ta'minlangan. Kesim uchun normal kuchlanish epyurasi 6.5.6-shaklda ko'rsatilgan.

Kesimda hosil bo'ladigan eng katta urinma kuchlanish bo'yicha uning mustahkamligini tekshiramiz:





Bu holda ham balkaning mustahkamligi ta'minlangan. Qo'shtavrimning yuqori nuqtasi bilan devoir birlashgan kesimdagi kuchlanishni toppish uchun yuqori nuqtadan neytral o'qqa nisbatan statik momentini aniqlaymiz:

$$S_2 = \sigma \cdot t \cdot \left(\frac{h-t}{2} \right) = 12,5 \cdot 0,98 \cdot \frac{(27-0,98)}{2} = 159,37 \text{ sm}^3$$

Kesimning urinma kuchlanish epyurasini qurish uchun bir nechta nuqtadan kuchlanish qiymatlarini topamiz:

$$\tau_1 = \frac{Q_{max} \cdot S_2}{\sigma \cdot I_x} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 159,37}{12,5 \cdot 5010} = 7,63 \text{ kg/cm}^2$$

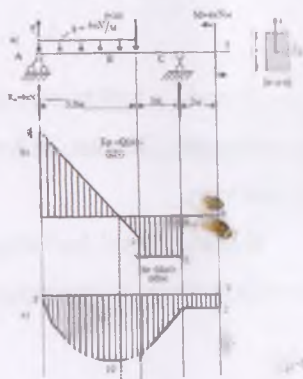
$$\tau_2 = \frac{Q_{max} \cdot S_x}{d \cdot I_v} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 159,37}{0,6 \cdot 5010} = 159,05 \text{ kg/cm}^2$$

6.5.7-masala. 6.5.7-shakl a) da ko'rsatilgan to'g'ri to'rtburchak ko'ndalang kesimli yog'och balka uchun

$$[\sigma] = 100 \text{ kg/cm}^2;$$

$$[\tau] = 12 \text{ kg/cm}^2; h/\sigma = 2.0 \text{ bo'lganda}$$

ko'ndalang kesim o'lchamlari tanlansin va



urinnma kuchlanish bo'yicha balkaning mustahkamligi tekshirilsin.

Yechish: 6.5.7-shakl b, v dan $Q_{\text{max}} = 9 \text{ kN}$, $M_{\text{max}} = 10 \text{ kNm}$ olib

kesimning qarshilik momentini topamiz:

$$W_y = \frac{\sigma h^2}{6} = \frac{\sigma(2\sigma)^2}{6} = \frac{2}{3}\sigma^3 \text{ bo'ladi.} \quad \text{6.5.7-shakl}$$

Bu ifodalarning o'ng tomonlarini tenglashtirib, σ ning qiymatini hisoblaymiz;

$$\frac{2}{3}\sigma^3 = 100; \sigma = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1000}{2}} = 11,45 \text{ sm, demak } h = 2\sigma = 2 \cdot 11,45 = 22,9 \text{ sm.}$$

Eng katta urinma kuchlanishni hisoblash uchun kesimning neytral o'qiga nisbatan statik va inertiya momentlarini hisoblaymiz;

$$S_y^{\text{max}} = S_y^{\text{min}} = \sigma \frac{h}{2} \cdot \frac{h}{4} = \frac{\sigma h^2}{8} = \frac{11,45 \cdot (22,9)^2}{8} = 750,56 \text{ sm}^3$$

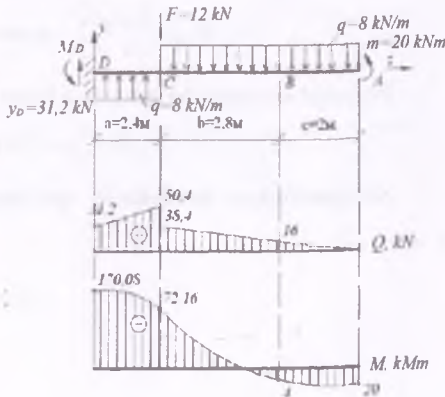
$$I_y = \frac{\sigma h^3}{12} = \frac{11,45 \cdot (22,9)^3}{12} = 114,56 \text{ sm}^4$$

$$\tau_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{max}} \cdot S_y^{\text{max}}}{\sigma \cdot I_y} = \frac{9 \cdot 10^3 \cdot 750,56}{11,45 \cdot 11458,58} = 5,56 \text{ kg/sm}^2 < [\tau]$$

Demak, balkaning mustahkamligi ta'minlanar ekan. Ko'ndalang kesimning neytral o'qi ustida yotgan nuqtadagi urinma kuchlanish eng katta qiymatga erishadi.

$$\tau_{\text{max}} = \frac{1}{2} \frac{Q_{\text{max}}}{A} = \frac{3 \cdot 9 \cdot 10^3}{2 \cdot 11,45 \cdot 22,9} = 5,15 \text{ kg/sm}^2$$

6.5.8-masala. Ko'rsatilgan balka uchun eguvchi moment M va ko'ndalang kuch Q epyurasi qurilsin, mustahkamligi tekshirilsin.



Qo'shtavr ko'ndalang kesim yuzasi topilsin (6.5.8-shakl).

Berilgan:

$$R = 210 \text{ MPa}, R_c = 130 \text{ MPa}, m = 20 \text{ kN} \cdot \text{m}, \\ q = 8 \text{ kN/m}, F = 12 \text{ kN}.$$

Yechish: 1. Tayanch reaksiya kuchlarini aniqlaymiz:

$$\sum M_A = 0.$$

$$\sum M_A = -m + q \cdot (b+c) \cdot \left(\frac{b+c}{2} + a \right) + F \cdot a - q \cdot \frac{1}{2} a^2 - \lambda \quad \text{6.5.8-shakl}$$

$$-20 + 8 \cdot 4,8 \cdot 4,8 + 12 \cdot 2,4 - 8 \cdot 2,4^2 \cdot \frac{1}{2} - M_A = 0. \quad M_A = 170,08 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

$$\sum Y = 0; Y_D + q \cdot a - F - q(b+c) = 0$$

$$Y_D + 8 \cdot 2,4 - 12 - 8(2,8 + 2) = 0; Y_D = 31,2 \text{ kN}$$

Ko'ndalang kuch Q va eguvchi moment M epyurasini quramiz.

A nuqtada: $Q_A = 0; M_A = 20 \text{ kN} \cdot \text{m}.$

B nuqtada (o'ngda): $Q_B = 8 \cdot 2 = 16 \text{ kN}, M_B = 20 - 8 \cdot 2 \cdot 1 = 4 \text{ kN} \cdot \text{m}.$ C

nuqtada: $Q_C = 8 \cdot 4,8 = 38,4 \text{ kN}, M_C = 20 - 8 \cdot 4,8 \cdot 2,4 = -72,1 \text{ kN} \cdot \text{m}.$ C nuqtada

(chapda): $Q_C = 38,4 + 12 = 50,4 \text{ kN}, M_C = -72,1 \text{ kN} \cdot \text{m}.$

D nuqtada: $Q_D = 50,4 - 8 \cdot 2,4 \text{ kN} = 31,2 \text{ kN}, M_D = 20 - 8 \cdot 4,8 - 4,8 - 12 \cdot 2,4 \cdot 1,2 = -170,08 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$R=210 \text{ MPa}$ bo'lganda, qo'shtavr ko'ndalang kesim tanlaymiz.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq [R]; W_x \geq \frac{M_{\max}}{R};$$

$$W_x \geq \frac{170,08 \cdot 10^3}{210 \cdot 10^6} = 0,8099 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 809,9 \text{ sm}^3$$

Eguvchi moment M ning eng katta qiymatini epyuradan olamiz.

$$M_{\max} = 170,08 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Sortomentdan foydalanib qo'shtavr kesimini tanlaymiz. № 40

$$W_x = 953 \text{ sm}^3$$

1. Normal kuchlanish bo'yicha balka mustahkamligini tekshiramiz:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{170,08 \cdot 10^3}{953 \cdot 10^{-8}} = 178,46 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 178,46 \text{ MPa} < 210 \text{ MPa}.$$

Mustahkamlik darajasi foiz hisobida $\frac{210 - 178,46}{210} \cdot 100 = 15\%$

2. Urinma kuchlanish bo'yicha mustahkamlikka tekshiramiz.

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{y(\max)} \cdot S_z^{uj}}{I_y \cdot e} \quad Q_{y(\max)} \text{ ning qiymatini epyuradan olamiz.}$$

Sortomentdan geometrik harakteristika qiymatlarini olamiz.

$$Q_{y(\max)} = 50,4 \text{ kN}; \quad S_z^{uj} = 545 \text{ sm}^3 \quad I_y = 19062 \text{ sm}^4 \quad e = 8,3 \text{ mm};$$

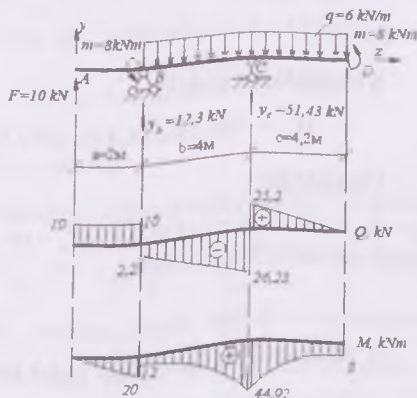
$$\tau_{\max} = \frac{50,4 \cdot 10^3 \cdot 545 \cdot 10^{-6}}{19062 \cdot 10^{-8} \cdot 8,3 \cdot 10^{-3}} = 17,36 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 17,36 \text{ MPa} < 130 \text{ MPa}$$

Qo'shtavr kesimi balkaning mustahkamligi normal va urinma kuchlanish bo'yicha yetarli.

6.5.9-masala. Ko'rsatilgan balka uchun ichki zo'riqish kuchlari epyurasi qurilsin va mustahkamligi tekshirilsin. Yog'och to'g'ri to'rtburchak kesim tanlansin, agar $F=10 \text{ kN}$ o'lchamlar moment (6.5.9-shakl)

$$\begin{aligned} n/h &= 1,5, \quad R = 16 \text{ MPa}, \\ R_c &= 2 \text{ MPa}, \quad m = 8 \text{ kN} \cdot \text{m}, \\ q &= 6 \text{ kN/m}, \quad F = 8 \text{ kN} \end{aligned}$$

Yechish: 1. Tayanch reaksiya kuchlarini aniqlaymiz:



$$\sum M_B = 0; \quad \sum M_B = m - q \cdot (b + c)^2 \cdot \frac{1}{2} + Y_C \cdot b + m - F \cdot a = 0.$$

$$8 - 6 \cdot 8,2^2 \cdot \frac{1}{2} + Y_C \cdot 4 + 8 - 10 \cdot 2 = 0. \quad Y_C = 51,43 \text{ kN}$$

$$\sum M_C = 0; \quad \sum M_C = -F \cdot (a + b) + m - Y_B \cdot b + q \cdot b^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \text{Tayanch reaksiya kuchlarining}$$

$$\cdot \frac{1}{2} - q \cdot c^2 \cdot \frac{1}{2 + m} = 0$$

6.5.9-shakl

$$-10 \cdot 6 + 8 + Y_B \cdot 4 + 6 \cdot 4^2 \cdot \frac{1}{2} - 6 \cdot 4,2^2 \cdot \frac{1}{2} + 8 =$$

$$= 0. \quad Y_B = 12,23 \text{ kN}$$

to'g'riligini tekshiramiz.

$$\sum y = 0 \quad F - Y_B + Y_C - q \cdot 8,2 = 10 - 12,23 + 51,43 - 6 \cdot 8,2 = 0$$

2. Eguvchi moment M va ko'ndalang kuch Q ning epyurasini quramiz.

A nuqtada : $Q_A = 10 \text{ kN}, \quad M_A = 0;$

B nuqtada (chapda): $Q_B = 10 \text{ kN}, \quad M_B = 10 \cdot 2 = 20 \text{ kN} \cdot \text{m}.$

B nuqtada (o'ngda): $Q_B = 10 - 12,23 = 2,23 \text{ kN}, \quad M_B = 20 - 8 = 12 \text{ kN} \cdot \text{m}.$

S nuqtada (chapda):

$$Q_C = -2,23 - 6 \cdot 4 = -26,23 \text{ kN}, \quad M_C = 10 \cdot 6 - 12,23 \cdot 4 - 8 - 6 \cdot 4 \cdot 2 = 44,92 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

S nuqtada (o'ngda):

$$Q_C = -26,23 + 51,43 = 25,2 \text{ kN}, \quad M_C = 44,92 = 20 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

D nuqtada:

$$Q_D = 10 - 12,23 - 6 \cdot 8,2 + 53,92 = 0, \quad M_D = 10 \cdot 10,2 - 12,23 \cdot 8,2 - 8 + 51,43 \cdot 4,2 - 6 \cdot 8,2 \cdot 4,1 = 8 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

3. Normal kuchlanish bo'yicha mustahkamligini tekshiramiz.

To'g'ri to'rtburchakli kesim tanlaymiz.

$$M_{\max} = 44,92 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (6.5.9\text{-shakl})$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq R, W_x \geq \frac{M_{\max}}{R} = \frac{44,92 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^6} = 2,808 \cdot 10^{-3} m^3 = 2808 \text{ sm}^3$$

$$W_x = \frac{bh^2}{6}, h = 1,4b, W_x = \frac{b \cdot (1,4b)^2}{6} = \frac{1,96b^3}{6}$$

$$6W_x = 1,96b^3, b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 2808}{1,96}} = 20,48 \text{ sm.}$$

$$b = 20,5 \text{ sm debqabulqilsak, } h = 1,4 \cdot 20,5 = 28,7 \text{ sm.}$$

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{20,5 \cdot 28,7^2}{6} = 2814,27 \text{ sm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{44,92 \cdot 10^3}{2814,27 \cdot 10^{-6}} = 15,96 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 15,96 \text{ MPa} < 16 \text{ MPa.}$$

Mustahkamlik darajasi (% hisobida)

$$\frac{16 - 15,96}{16} \cdot 100 = 0,3\%$$

4. Urinma kuchlanish bo'yicha mustahkamligini tekshiramiz.

$$r_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S_x^{aj}}{I_y \cdot \sigma}, Q_{\max} = 26,23 \text{ kN}$$

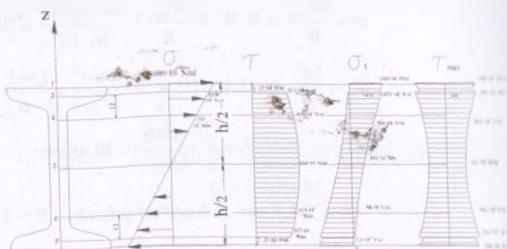
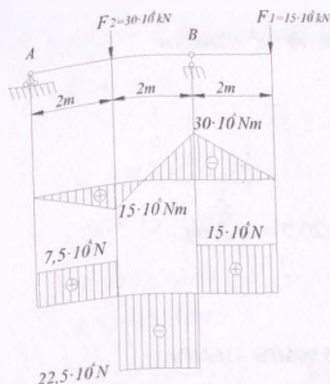
$$I_y = \frac{bh^2}{12} = \frac{20,5 \cdot 28,7^3}{12} = 40374,83 \text{ sm}^4$$

$$S_x^{aj} = 20,5 \cdot \frac{28,7}{24} = 2110,7 \text{ sm}^3$$

$$r_{\max} = \frac{26,23 \cdot 10^3 \cdot 2110,7 \cdot 10^{-6}}{40384,83 \cdot 10^{-8} \cdot 20,5 \cdot 10^{-2}} = 0,67 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 0,67 \text{ MPa} < 2 \text{ MPa.}$$

Yog'och balkaning mustahkamligi yetarli.

6.5.10-masala. Sxemasi 6.5.10-shakl, a da berilgan qo'shtavr kesimli balkaning kesimi ushbu $[\sigma] = 16 \cdot 10^7 \frac{N}{m^2}$ va $[\tau] = 10^8 \frac{N}{m^2}$ ma'lumotlar asosida tanlansin va bu kesim uchun normal, urinma, bosh normal va maksimal urinma kuchlanishlar diagrammasi chizilsin (kesimning mustahkamligi 3-muzariyaga ko'ra tekshirilsin).



6.5.10-shakl

Yechish: tayanch reaksiyalarini topib, eguvchi moment va kesuvchi kuch epyuralarini chizamiz (6.5.10-shakl).

Eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralaridan ko'rinadiki, xavfli kesim $x=4$ m bo'lgan kesimda, ya'ni balkaning B tayanchidan hosil bo'ladi. Bu kesimda $M_{\max} = 30 \cdot 10^4 \text{ Nm}$ va $Q_{\max} = -22,5 \cdot 10^4 \text{ N}$ ekanligi epyuradan ma'lum.

Balkaning qo'shtavrli ko'ndalang kesimi uchun normal kuchlanish bo'yicha mustahkamlik shartini yozamiz:

$$W_y = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{30 \cdot 10^4}{16 \cdot 10^2} = 1,87 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Qarshilik momentining bu qiymati bo'yicha ГОСТ 8239-56 dan nomeri 55 bo'lgan qo'shtavrni olamiz. Bu qo'shtavrning geometrik xarakteristikalarini

$$W_y = 2000 \text{ sm}^3, I_y = 55150 \text{ sm}^4, b = 18 \text{ sm}, t = 1,6 \text{ sm}, d = 1,03 \text{ sm}$$

6.5.10-shakl, g da tasvirlangan. Tanlangan qo'shtavrli balkaning normal kuchlanish bo'yicha mustahkamligini tekshiramiz.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{30 \cdot 10^4}{16 \cdot 10^{-5}} = 15 \cdot 10^7 \frac{N}{m^2} \leq 16 \cdot 10^7 \frac{N}{m^2}$$

Demak, balkaning normal kuchlanish bo'yicha mustahkamligi ta'minlangan. Endi balkaning mustahkamligini urinma kuchlanish bo'yicha tekshiramiz:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S_{\max}}{I_y \cdot b} = \frac{22,5 \cdot 10^4}{48,1 \cdot 1,03 \cdot 10^{-4}} = 45,4 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

Hunda $\frac{I_y}{S_{\max}} = \frac{55150}{S_{\max}} = 48,1 \text{ sm}$ ni qo'ydik ($S_{\max} = S_2$) bu biroz keyinroq hisoblangan.

Bu holda ham balkaning mustahkamligi ta'minlangan.

Endi hisoblangan qo'shtavr kesim uchun normal kuchlanish, urinma kuchlanish, bosh normal kuchlanish va maksimal urinma kuchlanishlarning diagrammalarini chizamiz.

Avvalo kesimda qayd qilingan nuqtalar uchun normal kuchlanishlarni formuladan foydalanib topamiz:

$$\sigma_1 = -\sigma_1 = \frac{M_{\max}}{I_y} z_{\max} = \frac{30 \cdot 10^4 \cdot 55 \cdot 10^{-2}}{55150 \cdot 10^8} = 12,5 \cdot 10^7 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_3 = -\sigma^3 = \frac{30 \cdot 10^4 \cdot 25,85 \cdot 10^{-2}}{55150 \cdot 10^0} = 14,06 \cdot 10^7 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_4 = -\sigma^4 = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot 13,85 \cdot 10^{-2}}{55150 \cdot 10^{-3}} = 7,53 \cdot 10^7 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma^5 = 0$$

Bu ordinatalar bo'yicha chizilgan kuchlanish diagrammasi 6.5.10-shaklda ko'rsatilgan. Urinma kuchlanishlarni aniqlash uchun qayd qilingan nuqtalardan o'tgan tekislikdan yuqorida qolgan kesim yuzidan uning neytral o'qiga nisbatan statik momentlarni hisoblaymiz:

$$S_1 = 0, \quad S_3 = 1,65 \cdot 18 \cdot 26,68 = 792 \text{ sm}^2 = 792 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$S_4 = S_3 + 12 \cdot 1,03 \cdot 19,85 = (792 + 244,8) \cdot 10^{-6} = 1037 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$S_2 = S_3 + 25,85 \cdot 1,03 \cdot 12,92 = (792 + 344) \cdot 10^{-6} = 1136 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Endi urinma kuchlanishlarni formuladan foydalanib hisoblaymiz:

$$\tau_1 = \tau^I = 0$$

$$\tau_3 = \tau_3' = \frac{Q_3 \cdot S_3^{uj}}{bI_v} = -\frac{22,5 \cdot 10^4 \cdot 792 \cdot 10^{-8}}{1,03 \cdot 55150 \cdot 10^{-9}} = 27 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

$$\tau_1 = \tau_1' = \frac{22,5 \cdot 10^4 \cdot 792 \cdot 10^{-6}}{1,03 \cdot 55150 \cdot 10^{-9}} = 317 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

$$\tau_4 = \tau_4' = \frac{22,5 \cdot 792 \cdot 10^{-6}}{1,03 \cdot 55150 \cdot 10^{-9}} = 317 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

$$\tau_2 = \frac{22,5 \cdot 10^4 \cdot 1136 \cdot 10^{-6}}{1,03 \cdot 55150 \cdot 10^{-9}} = 454 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

Bu ordinatalar asosida chizilgan urinma kuchlanish diagrammasi 6.5.10-shaklda ko'rsatilgan.

Endi bosh normal kuchlanishlarini formuladan hisoblaymiz:

$$\sigma_1 = \sigma^I = 1500 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

3 nuqta tokchagacha tegishli bo'lsa,

$$(\sigma_1)_4 = \frac{10^5}{2} \cdot \left[\sigma_1 + \sqrt{(\sigma_1')^2 + 4\tau_1^2} \right] = \frac{1}{2} \left[14,06 + \sqrt{(14,06)^2 + 4(317)^2} \right] \cdot 10^5 = 1425 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

agar 3 nuqta devorgategishli bo'lsa

$$(\sigma_1')_4 = \frac{10^5}{2} \cdot \left[\sigma_1 + \sqrt{\sigma_1^2 + 4(\tau_1')^2} \right] = \frac{1}{2} \left[753 + \sqrt{(753)^2 + 4(415)^2} \right] = 806 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

$$(\sigma_1'')_4 = \frac{10^5}{2} \cdot \left[\sigma_4 + \sqrt{\sigma_4^2 + 4\tau_4^2} \right] = \frac{1}{2} \left[(-753) + \sqrt{(753)^2 + 4(415)^2} \right] = 54 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

$$(\sigma_1)_2 = \tau_2 = 454 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

3' nuqta pastki devorgategishli bo'lsa,

$$(\sigma_1)_y = \frac{10^5}{2} \cdot \left[\sigma_y + \sqrt{(\sigma_y)^2 + 4(\tau_y)^2} \right] = \frac{10^5}{2} \left[1406 + \sqrt{(1406)^2 + 4(317)^2} \right] = 17,5 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

3 nuqta pastki tokchategishli bo'lsa,

$$(\sigma_1)_y = \frac{10^5}{2} \cdot \left[\sigma_y + \sqrt{(\sigma_y)^2 + 4(\tau_y)^2} \right] = \frac{10^5}{2} \left[1406 + \sqrt{(1406)^2 + 4(27)^2} \right] = 0,5 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

va $(\sigma_1)_l = 0$ bo'ldi. Ikkinchi bosh kuchlanish σ_3 ning qiymati yuqoridagi miqdorlarning manfiy qiymatiga teng bo'lib, faqat pastdan tepaga qarab o'sadi. Bosh kuchlanishlarning hisoblangan ordinatalar asosida chizilgan diagrammasi 6.5.10-shaklda ko'rsatilgan.

Maksimal urinma kuchlanishlarni formulaga asosan hisoblaymiz.

$$(\tau_{\max})_l = (\tau_{\max})_r = \pm \frac{\sigma_l}{2} \cong 750 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

3 nuqta devorga tegishli bo'lsa,

$$(\tau_{\max})_3 = (\tau_{\max})_y = \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_3)^2 + 4\tau_3^2} = \pm \frac{10^5}{2} \sqrt{(1406)^2 + 4(27)^2} = \pm 704 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

3 nuqta tokchaga tegishli bo'lsa,

$$(\tau_{\max})_3 = (\tau_{\max})_y = \pm \frac{10}{3} \sqrt{(1406)^2 + 4(317)^2} = \pm 721 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}; \quad (\tau_{\max})_{2,x} = \pm 455 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

$$(\tau_{\max})_4 = (\tau_{\max})_r = \pm \frac{10^5}{2} \sqrt{(753)^2 + 4(415)^2} = \pm 561 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

Manfiy qiymatlarini vertikal o'qdan chap tomonga qo'yamiz. Bu urinma kuchlanishlarning diagrammasi 6.5.10-shaklda ko'rsatilgan.

Endi balka materialning mustahkamligini III mustahkamlik nazariyasi asosida, ya'ni formula yordamida tekshiramiz. 2 nuqtada normal va urinma kuchlanishlar o'zlarining eng katta qiymatlariga yaqin turadi. Binobarin, shu nuqtadagi normal va urinma kuchlanishlarning qiymatlarini formulaga qo'yamiz.

$$\sqrt{(\sigma)_y^2 + 4(\tau)_y^2} = \sqrt{(1406)^2 + 4(317)^2} \cdot 10^5 = 1542 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

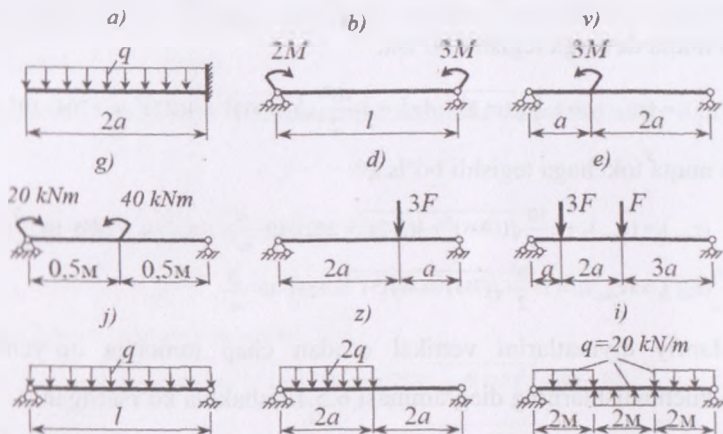
Bu kuchlanish $\pm 5\%$ dan ortiq farq qilmasligi kerak. Haqiqatdan

$$\frac{1540}{1600} \cdot 100 = \frac{96}{16} = 3,7\% \text{ ga teng bo'ladi. Boshqa xavfli nuqtalar chunkinchi, 1}$$

2 nuqtalardagi kuchlanishlar ham $1600 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$ dan oshmaydi. Demak, sim to'g'ri tanlangan.

Mustaqil yechish uchun masalalar va topshiriqlar. Test savollari

1. Ko'rsatilgan balkalar uchun ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyuralari qurilsin.



Javob:

$$\text{a) } Q_{\text{max}} = -2qa; \quad M_{\text{max}} = 2qa^2; \quad \text{b) } Q_{\text{max}} = \frac{M}{l}; \quad M_{\text{max}} = 3M;$$

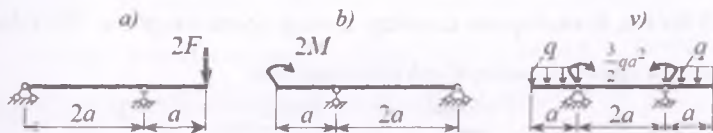
$$\text{v) } Q_{\text{max}} = \frac{M}{a}; \quad M_{\text{max}} = -2M; \quad \text{g) } Q_{\text{max}} = 20 \text{ kN}; \quad M_{\text{max}} = 30 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

$$d) Q_{\max} = -2F; \quad M_{\max} = 2Fa; \quad e) Q_{\max} = 3F; \quad M_{\max} = 3Fa;$$

$$j) Q_{\max} = \pm \frac{ql}{2}; \quad M_{\max} = \frac{ql^2}{8}; \quad z) Q_{\max} = 3qa; \quad M_{\max} = \frac{9qa^2}{4};$$

$$i) Q_{\max} = \pm 20 \text{ kN}; \quad M_{\max} = \pm 10 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

2. Konsol qismli ikki tayanchli balkalar uchun kondalang kuch Q va eguvchi moment M epyuralari qurilsin.

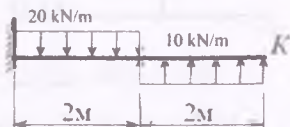


Javob:

$$a) Q_{\max} = 2F; \quad M_{\max} = -2Fa; \quad b) Q_{\max} = -\frac{M}{a}; \quad M_{\max} = 2M;$$

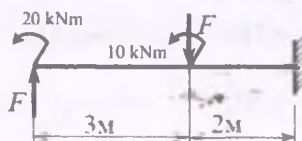
$$v) Q_{\max} = \pm qa; \quad M_{\max} = qa^2;$$

3. Konsolli balka "K" kesimiga qo'yiladigan F kuch yo'nalishi va miqdori aniqlansin. Agar ko'ndalang kuch miqdori 0 ga teng bo'lsa, ko'ndalang kuch Q va eguvchi moment M epyurasi qurilsin.



$$\text{Javob: } F=20 \text{ kN (yuqoriga); } \quad Q_{\max} = -40 \text{ kN}; \quad M_{\max} = 100 \text{ kNm};$$

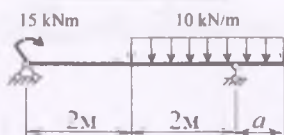
4. Ko'rsatilgan balkada F kuchning qanday qiymatida mahkamlangan tayanchida eguvchi moment nolga teng bo'ladi? Kuch qo'yilgandan keyin ko'ndalang kuch Q va eguvchi moment M epyurasi qurilsin.



Javob: $F = 10 \text{ kN}$; $Q_{\max} = 10 \text{ kN}$; $M_{\max} = -20 \text{ kNm}$,

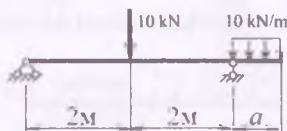
5. Agar shaklda berilgan balka ikki tayanch o'rtasida ko'ndalang kuch qiymati

nol bo'lsa, konsol qismi uzunligi a ning qiymati topilsin. Ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyurasi qurilsin.



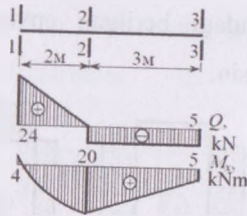
Javob: $a = 1 \text{ m}$; $Q_{\max} = -20 \text{ kN}$; $M_{\max} = 15 \text{ kNm}$,

6. Agar ko'rsatilgan balka o'rta oralig'ida eguvchi moment nol bo'lsa, balka konsol qismi uzunligi a topilsin. Ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyurasi qurilsin.



Javob: $a = 2 \text{ m}$; $Q_{\max} = 20 \text{ kN}$; $M_{\max} = -20 \text{ kNm}$,

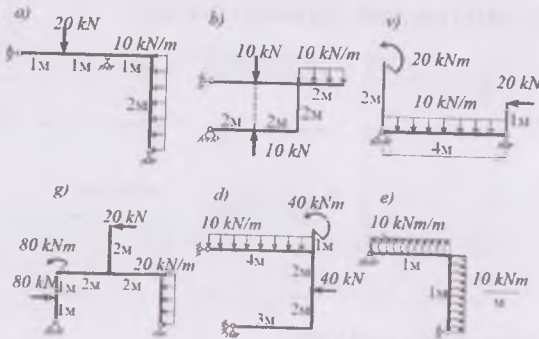
7. Ko'rsatilgan ko'ndalang kuch Q va eguvchi moment M epyuralaridan foydalanib, balka ta'sir etuvchi kuchlar miqdori va yo'nalishi qo'yilsin.



Javob: $F_1 = 24 \text{ kN}$; $F_3 = 5 \text{ kN}$; yuqoriga $q_{12} = 12 \text{ kN/m}$;

$F_2 = 5 \text{ kN}$, $M_1 = 4 \text{ kNm}$, $M_1 = 5 \text{ kN}\cdot\text{m}$ -soat strelkasiga teskari.

8. Shaklda ko'rsatilgan ramalar uchun bo'ylama kuch N, ko'ndalang kuch Q va eguvchi moment M epyuralari quirlsin.



Javob:

a) $N_{\max} = -20$; $Q_{\max} = \pm 20$; $M_{\max} = -20$;

b) $N_{\max} = \pm 50$; $Q_{\max} = -50$; $M_{\max} = -100$;

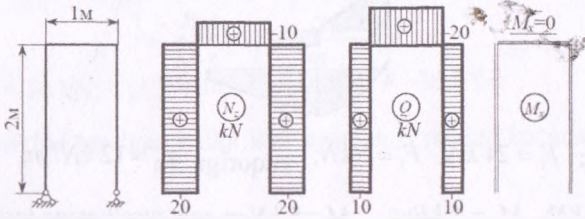
v) $N_{\max} = -20$; $Q_{\max} = 30$; $M_{\max} = 25$;

g) $N_{\max} = -60$; $Q_{\max} = -160$; $M_{\max} = -120$;

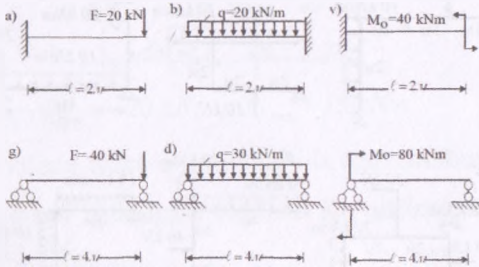
d) $N_{\max} = -40$; $Q_{\max} = \pm 40$; $M_{\max} = -120$;

e) $N_{\max} = 20$; $Q_{\max} = -20$; $M_{\max} = -20$; $M_{\max} = 10$;

9. Ko'rsatilgan ramadagi berilgan epyuralardan foydalanib, ta'sir etuvchi kuchlar qo'yilsin.



10. Shakllarda ko'rsatilgan balkalar uchun ko'ndalang $Q(x)$ kuch va eguvchi $M(x)$ moment epyuralari qurilsin.



A) $Q(x)=20$ kN, $M(x)=-40$ kN

B) $Q(x)=-40$ kN, $M(x)=-40$ kN

V) $Q(x)=00$ kN, $M(x)=40$ kN

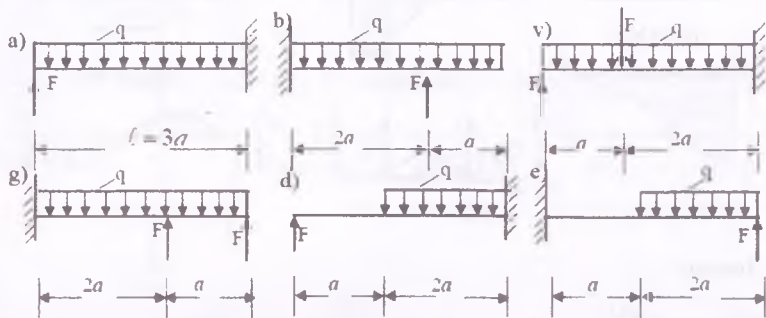
G) $Q(x)=60$ kN, $M(x)=40$ kN

D) $Q(x)=20$ kN, $M(x)=60$ kN

E) $Q(x)=-20$ kN, $M(x)=80$ kN

11. Shaklda ko'rsatilgandek yuklangan konsollar uchun F kuchning qanday qiymatida, qistirib mahkamlangan tayanchda eguvchi moment

bolga teng bo'lishi topilsin. F-kuchning shu topilgan qiymati bo'yicha Q(x) va M(x) epyuralari qurilsin.



A) $F = \frac{9l}{2}$; $M_{\max} = \frac{9l^2}{8} \text{ kNm}$

B) $F = \frac{3l}{4}$; $M_{\max} = \frac{4ql^2}{9} \text{ kNm}$

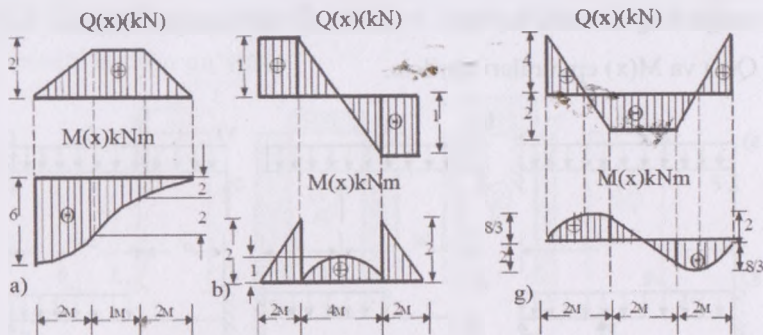
V) $F = \frac{3ql}{2}$; $M_{\max} = \frac{4ql^2}{9} \text{ kNm}$

G) $F = 0,03ql$; $M_{\max} = 0,08 \text{ kNm}$

D) $F = \frac{2ql}{9}$; $M_{\max} = \frac{8ql^2}{81} \text{ kNm}$

E) $F = \frac{4ql}{9}$; $M_{\max} = \frac{8ql^2}{81} \text{ kNm}$

12. Q(x) va M(x)larning berilgan epyuralari bo'yicha balkalarning mahkamlanish sxemasi va ularning yuklanishi ko'rsating hamda kuchlarning qiymatini aniqlang.



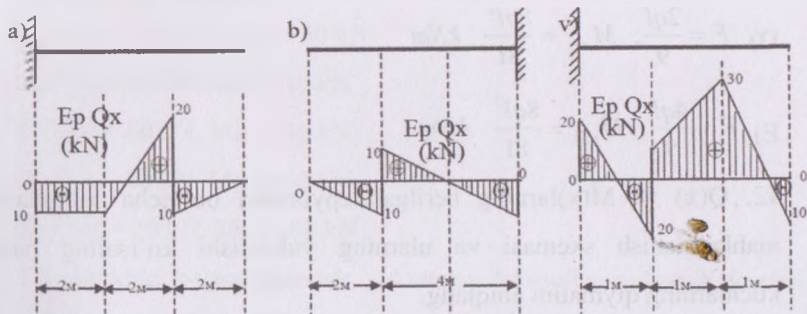
Javob:

A) $q = \pm \frac{1 \text{ kN}}{M}$;

B) $q = 0,5 \text{ kN/M}$ $M = 2 \text{ kN/M}$;

V) $\pm 3 \text{ kN/m}$

13. Shaklda ko'rsatilgan ko'ndalang $Q(x)$ kuch epyurasi bo'yicha konsol yuklansin va eguvchi moment epyurasi qurilsin. Juft kuch konsolga qo'yilmagan.

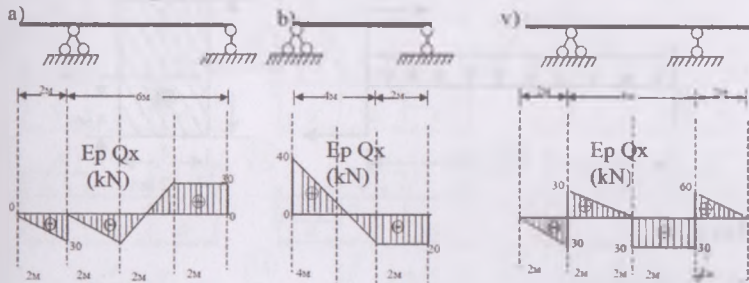


A) $M_{\max} = 20 \text{ kNm}$,

B) $M_{\max} = -10 \text{ kNm}$;

V) $M_{\max} = -30 \text{ kNm}$;

14. Shaklda ko'rsatilgan $Q(x)$ kuch epyurasi qurilsin.



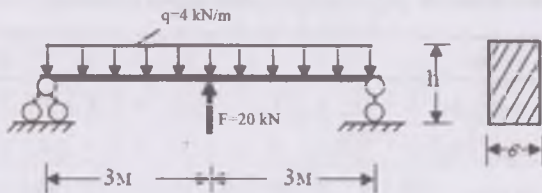
Javob:

A) $M_{\max} = -75 \text{ kNm}$;

B) $M_{\max} = \frac{160}{3} \text{ kNm}$;

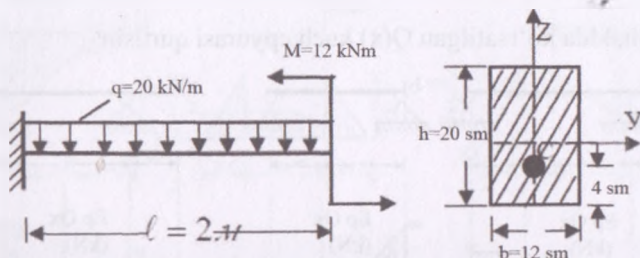
V) $M_{\max} = -60 \text{ kNm}$;

15. Ko'ndalang kesimi $12 \times 20 \text{ sm}^2$ bo'lgan yog'och balka eng katta normal kuchlanishni hisoblang.



Javob: $\sigma_{\max} = 150 \text{ kg/sm}^2$;

16. Ko'ndalang kesimi $12 \times 20 \text{ sm}^2$ bo'lgan balkaning xavfli ko'ndalang kesimidagi eng katta normal kuchlanish hisoblansin. Ko'ndalang kesimning C nuqtasidagi kuchlanish ham aniqlansin.



Javob:

$$\sigma_{\max} = 93 \text{ kg/sm}^2;$$

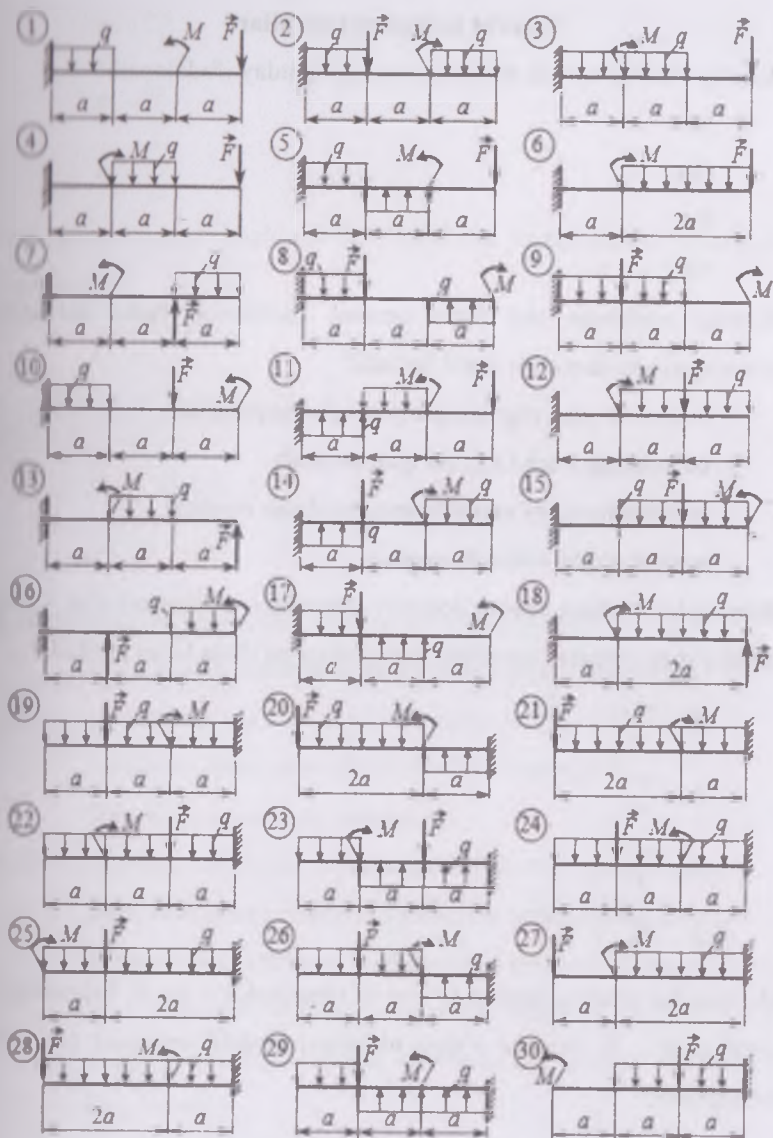
$$\sigma_C = -68 \text{ kg/sm}^2;$$

6.6 Balkalarni mustahkamlikka hisoblash uchun topshiriqlar

Ko'rsatilgan po'lat balkalar uchun:

1. Ko'ndalang kuch Q va eguvchi moment M epyuralari qurilsin.
2. Balkalarning mustahkamligi tekshirilsin (ko'ndalang kesim yuzasi doira, diametri d va to'g'ri to'rtburchak $h/b=2$ bo'lgan holatlar uchun). Ruhsat etilgan kuchlanish $[\sigma]=160 \text{ MPa}$ deb qabul qilinsin.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$F=K_F q a$	K_F	3	2	4	1	3	2	4	3	2	1
$M=K_M q a^2$	K_M	1	3	2	4	2	4	1	3	2	3
$q, \text{kN/m}$		12	20	16	18	14	15	10	22	20	12
$a, \text{м}$		1.0	0.8	1.2	1.0	1.2	1.2	1.0	0.8	1.0	1.5
$l/[l]$		500	600	800	1000	900	800	1000	600	800	500



Nazorat uchun test savollar

1. Balkaning bikrligi egilish deformatsiyasida qanday ifodalanadi?

EI

GA

EA

GI

1. Balkaning egilishida eng katta normal kuchlanish balka ko'ndalang kesimining qaysi nuqtasida hosil bo'ladi?

neytral o'qdan eng uzoqda yotuvchi nuqtalarida

ko'ndalang kuch Q_{\max} bo'lgan nuqtada

inersiya moment maksimumga erishgan nuqtada

neytral o'qda yotuvchi nuqtada

2. Balkaning ko'ndalang kesimi doiraviy, diametri – d . Neytral o'qi – X o'qi.

Neytral o'qiga nisbatan qarshilik momenti qaysi ifoda bilan topiladi?

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$W_x = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$W_x = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$W_x = \frac{\pi d^3}{16}$$

3. Balkaning ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchakli – eni b , balandligi – h .

Neytral o'qi – X. Neytral o'qiga nisbatan qarshilik momenti qaysi ifoda bilan topiladi?

$$W_x = \frac{bh^2}{6}$$

$$W_x = \frac{b^2 h}{6}$$

$$W_y = \frac{bh^3}{12}$$

$$W_z = \frac{bh^3}{12}$$

4. Balkaning normal kuchlanishlar bo'yicha mustahkamlik sharti qanday ifodalanadi?

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \leq [\sigma]$$

$$\sigma = \frac{M}{F} \leq [\sigma]$$

$$\sigma = \frac{Q}{F} \leq [\sigma]$$

$$\sigma = \frac{M_p}{W_p} \leq [\sigma]$$

5. Balkaning xavfli kesimi deb qanday kesimga aytiladi?

eguvchi moment eng katta qiymatga erishgan kesimga

ko'ndalang kuch eng katta qiymatga erishgan kesimga

balkaning salqiligi eng katta bo'lgan kesimga

tayanchlar o'rtasidagi kesimga

6. Bosh yuzalardagi urinma kuchlanishlarning qiymati nimaga teng?

bosh yuzalarda urinma kuchlanishlar qiymatgi nolga teng

bosh yuzalarda urinma kuchlanishlar minimal qiymatga erishadi

bosh yuzalarda urinma kuchlanishlar maksimal qiymatga erishadi

bosh yuzalardagi urinma kuchlanishlar normal kuchlanishlarga

teng buladi

7. Egilish deformatsiyasida balkaning bikirligi nimaga teng?

EI

EA

GA

GI_p

8. Egilish deformatsiyasida balkaning mustahkamligi asosan qaysi ichki kuchga bog'liq?

eguvchi momentga

bo'ylama kuchlarga

ko'ndalang kuchga

urinma kuchlanishlarga

9. Egilishda ichki kuchlar qanday usul yordamida aniqlanadi?

kesish usuli

kuch usuli

parallel kesish usuli

ko'chish usuli

10. Egilishda balkaning kesim o'lchamlari qaysi formula yordamida aniqlanadi?

$$W_z = \frac{M_{\max}}{[\sigma]}$$

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

$$W_p = \frac{M_0}{[\sigma]}$$

$$F = \frac{N}{E \cdot y} \leq [\sigma]$$

11. Eguvchi moment "M" qanday birlik bilan o'lchanadi?

Nm

N

Nm²

N/m

12. Eguvchi moment (M) va ko'ndalang kuch (Q) orasida qanday differensial bog'lanish bor?

$$\frac{dM}{dz} = Q$$

$$\frac{d^2M}{dz^2} = Q$$

$$\frac{d^2M}{dz^2} = -q$$

$$\frac{d^3M}{dz^3} = q$$

13. Eguvchi momentning epyurasi deb nimaga aytiladi?

eguvchi momentni X o'qi bo'yicha o'zgarish grafigiga

normal kuchlanishning X o'qi buyicha o'zgarish grafigiga

burovchi momentni X o'qi bo'yicha o'zgarish grafigiga

bo'ylama kuch va burovchi momentni X o'qi bo'yicha o'zgarish grafigiga

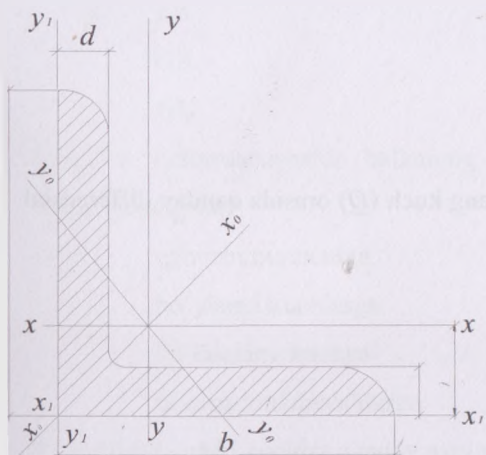
14. Ko'ndalang kuch (Q) bilan yoyilgan yuk intensivligi (q) orasida qanday differensial bog'lanish bor?

$$\frac{dQ}{dz} = -q$$

$$\frac{d^2Q}{dz^2} = q$$

$$\frac{d^2Q}{dz^2} = q$$

$$\frac{dQ}{dz} = q$$



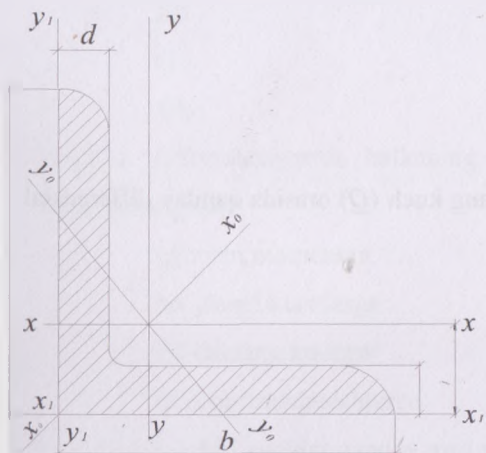
ILOVA VA JADVALLAR

**GOST 8509-72 ga muvofiq prokat
po'latning sortamenti**

Yonlari teng burchakliklar

1-jadval

Profillar nomeri	O'lchamlari, mm		Kesim yuzasi A, sm ²	Ix, sm ⁴	Iy, sm ⁴	I _{xx} max, sm ⁴	I _{yy} max, sm ⁴	I _{xy} max, sm ⁴	I _{xx} min, sm ⁴	I _{yy} min, sm ⁴	z ₀ sm	Massa lm, kg
	b	d										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	50	3	2,96	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	i	12,4	1,33	2,38
		4	3,89	9,21	1,54	14,6	1,94	3,8	0,99	16,6	1,38	3,05
		5	4,8	11,2	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42	3,77
5,6	56	4	4,38	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52	3,44
		5	5,41	16	1,72	25,4	2,16	6,54	1,1	29,2	1,57	4,25
6,3	63	4	4,96	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69	3,9
		5	6,13	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74	4,81
		6	7,28	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	50	1,78	5,72
		4,5	6,2	29	2,16	46	2,72	12	1,39	51	1,88	4,87
7	70	5	6,86	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,9	5,38
		6	8,15	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94	6,39
		7	9,42	43	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99	7,39
7,5	75	8	10,7	48,2	2,13	76,4	2,68	20	1,37	91,9	2,02	8,37
		5	7,39	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02	5,8
		6	8,78	46,6	2,3	73,9	2,9	19,3	1,48	83,9	2,06	6,89
		7	10,1	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,1	7,96
8	80	8	11,5	59,8	2,28	94,6	2,87	24,8	1,47	113	2,15	9,2
		9	112,8	66,1	2,27	105	2,86	27,5	1,46	127	2,18	10,1
		5,5	8,63	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17	6,78
		6	9,38	57	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102	2,19	7,36
9	90	7	10,8	65,3	2,45	104	3,09	27	1,58	119	2,23	8,51
		8	12,3	73,4	2,44	116	3,08	30,3	1,57	137	2,27	9,65
		6	10,6	82,1	2,78	130	3,5	34	1,79	145	2,43	8,33
		7	12,3	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	169	2,47	9,65
10	100	8	13,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	194	2,51	10,9
		9	15,6	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	129	2,55	12,2
		6,5	12,8	122	3,09	193	3,88	50,7	1,99	214	2,68	10,1
		7	13,8	131	3,09	207	3,88	54,2	1,98	231	2,71	10,8
		8	15,6	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	265	2,75	12,2
		10	19,2	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	333	2,83	15,1
		12	22,8	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	402	2,91	17,9
14	26,3	237	3	371	3,78	99,3	1,94	472	2,99	20,6		
16	29,7	264	2,98	416	3,74	112	1,94	542	3,06	23,3		



ILOVA VA JADVALLAR

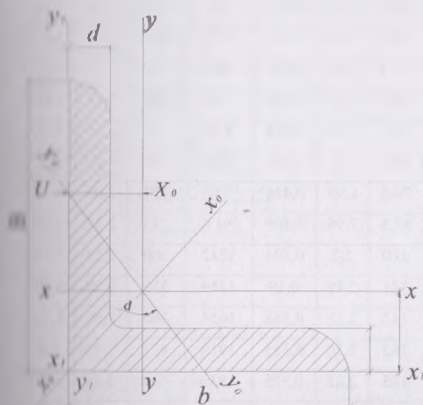
GOST 8509-72 ga muvofiq prokat
po'latning sortamenti

Yonlari teng burchakliklar

1-jadval

Profilin növü	Ölçümləri, mm		Kəsim yüzəsi A, sm ²	Ix, sm ⁴	Ix, sm	$I_{x, min}$, sm ⁴	$I_{x, max}$, sm ⁴	$I_{y, min}$, sm	$I_{y, max}$, sm	$I_{x, ma}$, sm ⁴	z_0 , sm	Massa lm, kg
	b	d										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	50	3	2,96	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1	12,4	1,33	2,38
		4	3,89	9,21	1,54	14,6	1,94	3,8	0,99	16,6	1,38	3,05
		5	4,8	11,2	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42	3,77
5,6	56	4	4,38	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52	3,44
		5	5,41	16	1,72	25,4	2,16	6,54	1,1	29,2	1,57	4,25
6,3	63	4	4,96	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69	3,9
		5	6,13	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74	4,81
		6	7,28	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	50	1,78	5,72
		4,5	6,2	29	2,16	46	2,72	12	1,39	51	1,88	4,87
		5	6,86	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,9	5,38
7	70	6	8,15	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94	6,39
		7	9,42	43	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99	7,39
		8	10,7	48,2	2,13	76,4	2,68	20	1,37	91,9	2,02	8,37
7,5	75	5	7,39	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02	5,8
		6	8,78	46,6	2,3	73,9	2,9	19,3	1,48	83,9	2,06	6,89
		7	10,1	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,1	7,96
		8	11,5	59,8	2,28	94,6	2,87	24,8	1,47	113	2,15	9,2
8	80	9	112,8	66,1	2,27	105	2,86	27,5	1,46	127	2,18	10,1
		5,5	8,63	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17	6,78
		6	9,38	57	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102	2,19	7,36
		7	10,8	65,3	2,45	104	3,09	27	1,58	119	2,23	8,51
9	90	8	12,3	73,4	2,44	116	3,08	30,3	1,57	137	2,27	9,65
		6	10,6	82,1	2,78	130	3,5	34	1,79	145	2,43	8,33
		7	12,3	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	169	2,47	9,65
		8	13,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	194	2,51	10,9
10	100	9	15,6	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	129	2,55	12,2
		6,5	12,8	122	3,09	193	3,88	50,7	1,99	214	2,68	10,1
		7	13,8	131	3,09	207	3,88	54,2	1,98	231	2,71	10,8
		8	15,6	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	265	2,75	12,2
		10	19,2	179	3,05	284	3,84	74,1	10,96	333	2,83	15,1
		12	22,8	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	402	2,91	17,9
		14	26,3	237	3	371	3,78	99,3	1,94	472	2,99	20,6
16	29,7	264	2,98	416	3,74	112	1,94	542	3,06	23,3		

11	110	7	15,2	176	3,4	279	4,29	72,7	2,19	308	2,96	11,9
		8	17,2	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	353	3	13,5
12,5	125	8	19,7	294	3,87	467	4,87	122	2,49	516	3,36	15,5
		9	22	327	3,86	520	4,86	135	2,48	572	3,4	17,3
		10	24,3	360	3,85	571	4,84	149	2,47	649	3,45	19,1
		12	28,9	422	3,82	570	4,82	174	2,46	782	3,53	22,7
		14	33,4	482	3,8	764	4,78	200	2,45	916	3,61	26,2
		16	37,8	539	3,78	853	4,75	224	2,44	1051	3,68	29,6
14	140	9	24,7	466	4,34	739	5,47	192	2,79	888	3,78	19,4
		10	27,3	512	4,33	814	5,46	211	2,78	911	3,82	21,5
		12	32,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	1097	3,9	25,5
16	160	10	31,4	774	4,96	1229	6,25	319	3,19	1356	4,3	24,7
		11	34,4	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	1494	4,39	27
		12	37,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	1633	4,47	29,4
		14	43,3	1046	4,92	1662	6,2	431	3,16	1911	4,55	34
		16	49,1	1175	4,89	1866	6,17	485	4,14	2191	4,63	38,5
		18	54,8	1299	4,87	2061	6,13	537	3,13	2472	4,7	43
18	180	20	60,4	1419	4,85	2248	6,10	589	3,12	2756	4,85	47,4
		11	38,8	1216	5,6	1933	7,06	500	3,59	2128	4,89	30,5
20	200	12	42,2	1317	5,59	2093	7,04	540	3,58	2324	5,37	33,1
		12	47,1	1823	6,22	2896	7,84	749	3,99	3182	5,42	37
		13	5,9	1961	6,21	3116	7,83	805	3,98	3452	5,46	39,9
		14	54,6	2094	6,2	3333	7,81	861	3,97	3722	5,54	42,8
		16	62	2363	6,17	3755	7,78	970	3,96	4265	5,7	48,7
		20	76,5	2871	6,12	4560	7,72	1182	3,93	5355	5,89	60,1
		25	94,3	3466	6,06	5494	7,63	1438	3,91	6733	6,07	74
22	220	30	11,5	4020	6	6351	7,55	1688	3,89	8130	6,07	87,6
		14	60,4	2814	6,83	4470	8,6	1159	4,38	4941	5,93	47,4
		16	68,6	3175	6,81	5045	8,58	1306	4,36	5661	6,02	53,8
25	250	16	78,4	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	8286	6,75	61,5
		18	87,7	5247	7,73	8337	9,75	2158	4,96	9342	6,83	68,9
		20	97	5765	7,71	9160	9,72	2370	4,94	10401	6,91	76,1
		22	106,1	5270	7,69	9961	9,69	2579	4,93	11464	7	83,3
		25	119,7	7006	7,65	11125	9,64	2887	4,91	13064	7,15	94
		28	133,1	7717	7,61	12244	9,59	3190	4,89	14674	7,23	104,5
		30	142	8177	7,59	12965	9,56	3389	4,89	15753	7,31	111,4



GOST 8510-72 ga muvofiq prokat

po'latning sortamenti

Yonlari teng bo'lmagan burchakliklar

2-jadval

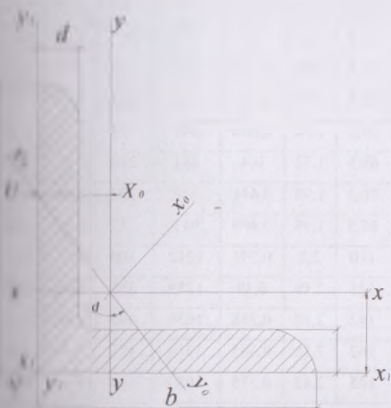
O'lchamlari, mm	Kesim yuzasi A, sm ²			I_{xx} sm	i_{xx} sm	I_{yy} sm	i_{yy} sm	I_a sm ⁴	i_a sm	tg α	$I_{1,1}$ sm ⁴	$I_{2,2}$ sm ⁴	x_{y_0} sm	y_{x_0} sm	Massa l, kg
	b	d	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
36	36	4	3,58	11,4	1,78	3,7	1,02	2,19	0,78	0,406	23,2	6,25	0,84	1,82	2,81
		5	4,41	13,8	1,77	4,48	1,01	2,66	0,78	0,404	29,2	7,91	0,88	1,86	3,46
63	40	4	4,04	16,3	2,01	5,16	1,13	3,07	0,87	0,397	33	8,51	0,91	2,03	3,17
		5	4,98	19,9	2	6,26	1,12	3,72	0,86	0,396	41,4	10,8	0,95	2,08	3,91
		6	5,9	23,3	1,99	7,28	1,11	4,36	0,86	0,393	49,9	13,1	0,99	2,12	4,91
		8	7,68	29,6	2,23	9,15	1,09	5,58	0,85	0,386	66,9	17,9	1,07	2,20	4,63
70	45	5	5,95	27,8	2,39	9,05	1,27	5,34	0,98	0,406	56,7	15,2	1,05	2,28	6,03
		5	6,11	34,8	2,38	12,5	1,43	7,24	1,09	0,436	69,7	20,8	1,17	2,39	4,39
75	50	6	7,25	40,9	2,35	14,6	1,42	8,48	1,08	0,435	8,39	25,2	1,21	2,44	4,79
		8	9,47	52,4	2,56	18,5	1,4	10,9	1,07	0,43	112	34,2	1,29	2,52	5,69
80	50	5	6,36	41,6	2,55	12,7	1,41	7,58	1,09	0,387	84,6	20,8	1,13	2,6	7,43
		6	7,55	49	2,88	14,8	1,4	8,88	1,08	0,386	102	25,2	1,17	2,65	4,99
90	56	5,5	7,86	65,3	2,88	19,7	1,58	11,8	1,22	0,384	132	32,2	1,26	2,92	5,92
		6	8,54	70,6	2,858	21,2	1,58	12,7	1,22	0,384	145	35,2	1,28	2,95	6,17
		8	11,18	90,9	3,2	27,1	1,56	16,3	1,21	0,38	194	47,8	1,36	3,04	6,7
100	63	6	9,59	98,3	3,19	30,6	1,79	18,2	1,38	0,393	198	49,9	1,42	3,23	7,53
		7	11,1	113	3,15	35	1,78	20,8	1,37	0,392	232	58,7	1,46	3,28	8,7
		8	12,6	127	3,53	39,2	1,77	23,4	1,36	0,391	266	67,6	1,5	3,32	9,87
		10	15,5	154	3,50	47,1	1,75	28,3	1,35	0,387	333	85,8	1,58	3,4	12,1

11	110	7	15,2	176	3,4	279	4,29	72,7	2,19	308	2,96	11,9
		8	17,2	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	353	3	13,5
12,5	125	8	19,7	294	3,87	467	4,82	122	2,49	516	3,36	15,5
		9	22	327	3,86	520	4,86	135	2,48	574	3,4	17,3
		10	24,3	360	3,85	571	4,84	149	2,47	649	3,45	19,1
		12	28,9	422	3,82	570	4,82	174	2,46	782	3,53	22,7
		14	33,4	482	3,8	764	4,78	200	2,45	916	3,61	26,2
		16	37,8	539	3,78	853	4,75	224	2,44	1051	3,68	29,6
14	140	9	24,7	466	4,34	739	5,47	192	2,79	888	3,78	19,4
		10	27,3	512	4,33	814	5,46	211	2,78	911	3,82	21,5
		12	32,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	1097	3,9	25,5
16	160	10	31,4	774	4,96	1229	6,25	319	3,19	1356	4,3	24,7
		11	34,4	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	1494	4,39	27
		12	37,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	1633	4,47	29,4
		14	43,3	1046	4,92	1662	6,2	431	3,16	1911	4,55	34
		16	49,1	1175	4,89	1866	6,17	485	4,14	2191	4,63	38,5
		18	54,8	1299	4,87	2061	6,13	537	3,13	2472	4,7	43
18	180	20	60,4	1419	4,85	2248	6,10	589	3,12	2756	4,85	47,4
		11	38,8	1216	5,6	1933	7,06	500	3,59	2128	4,89	30,5
20	200	12	42,2	1317	5,59	2093	7,04	540	3,58	2324	5,37	33,1
		12	47,1	1823	6,22	2896	7,84	749	3,99	3182	5,42	37
		13	5,9	1961	6,21	3116	7,83	805	3,98	3452	5,46	39,9
		14	54,6	2094	6,2	3333	7,81	861	3,97	3722	5,54	42,8
		16	62	2363	6,17	3755	7,78	970	3,96	4265	5,7	48,7
		20	76,5	2871	6,12	4560	7,72	1182	3,93	5355	5,89	60,1
22	220	25	94,3	3466	6,06	5494	7,63	1438	3,91	6733	6,07	74
		30	11,5	4020	6	6351	7,55	1688	3,89	8130	6,07	87,6
25	250	14	60,4	2814	6,83	4470	8,6	1159	4,38	4941	5,93	47,4
		16	68,6	3175	6,81	5045	8,58	1306	4,36	5661	6,02	53,8
25	250	16	78,4	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	8286	6,75	61,5
		18	87,7	5247	7,73	8337	9,75	2158	4,96	9342	6,83	68,9
		20	97	5765	7,71	9160	9,72	2370	4,94	10401	6,91	76,1
		22	106,1	5270	7,69	9961	9,69	2579	4,93	11464	7	83,3
		25	119,7	7006	7,65	11125	9,64	2887	4,91	13064	7,11	94
		28	133,1	7717	7,61	12244	9,59	3190	4,89	14674	7,23	104,5
		30	142	8177	7,59	12965	9,56	3389	4,89	15753	7,31	111,4

GOST 8510-72 ga muvofiq prokat
po'latning sortamenti

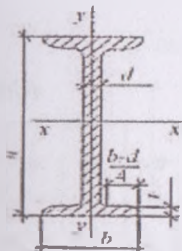
Yonlari teng bo'lmagan burchakliklar

2-jadval



O'lchamlari, mm			Kesim yuzasi A, sm ²	I _x , sm	i _x , sm	I _y , sm	i _y , sm	I _ω , sm ⁴	i _ω , sm ⁴	tgα	I _{x1} , sm ⁴	I _{y1} , sm ⁴	x _p , sm	y _p , sm	Massa l, kg
h	b	d													
36	36	4	3,58	11,4	1,78	3,7	1,02	2,19	0,78	0,406	23,2	6,25	0,84	1,82	2,81
		5	4,41	13,8	1,77	4,48	1,01	2,66	0,78	0,404	29,2	7,91	0,88	1,86	3,46
63	40	4	4,04	16,3	2,01	5,16	1,13	3,07	0,87	0,397	33	8,51	0,91	2,03	3,17
		5	4,98	19,9	2	6,26	1,12	3,72	0,86	0,396	41,4	10,8	0,95	2,08	3,91
		6	5,9	23,3	1,99	7,28	1,11	4,36	0,86	0,393	49,9	13,1	0,99	2,12	4,91
90	45	5	5,95	27,8	2,39	9,05	1,27	5,34	0,98	0,406	56,7	15,2	1,05	2,28	6,03
		6	6,11	34,8	2,38	12,5	1,43	7,24	1,09	0,436	69,7	20,8	1,17	2,39	4,39
110	50	6	7,25	40,9	2,35	14,6	1,42	8,48	1,08	0,435	83,9	25,2	1,21	2,44	4,79
		8	9,47	52,4	2,56	18,5	1,4	10,9	1,07	0,43	112	34,2	1,29	2,52	5,69
140	50	5	6,36	41,6	2,55	12,7	1,41	7,58	1,09	0,387	84,6	20,8	1,13	2,6	7,43
		6	7,55	49	2,88	14,8	1,4	8,88	1,08	0,386	102	25,2	1,17	2,65	4,99
180	56	5,5	7,86	65,3	2,88	19,7	1,58	11,8	1,22	0,384	132	32,2	1,26	2,92	5,92
		6	8,54	70,6	2,858	21,2	1,58	12,7	1,22	0,384	145	35,2	1,28	2,95	6,17
		8	11,18	90,9	3,2	27,1	1,56	16,3	1,21	0,38	194	47,8	1,36	3,04	6,7
220	63	6	9,59	98,3	3,19	30,6	1,79	18,2	1,38	0,393	198	49,9	1,42	3,23	7,53
		7	11,1	113	3,15	35	1,78	20,8	1,37	0,392	232	58,7	1,46	3,28	8,7
		8	12,6	127	3,53	39,2	1,77	23,4	1,36	0,391	266	67,6	1,5	3,32	9,87
		10	15,5	154	3,50	47,1	1,75	28,3	1,35	0,387	333	85,8	1,58	3,4	12,1

11/7	110	70	6,5	11,4	142	4,01	45,6	2	26,9	1,53	0,402	286	74,3	1,58	1,55	0,00
			8	13,9	172	4	54,6	1,98	32,3	1,52	0,4	353	92,3	1,64	1,61	10,0
12,5/8	125	80	7	14,1	227	3,98	73,7	2,29	43,4	1,76	0,407	452	119	1,8	4,01	11
			8	16	256	3,95	83	2,28	48,8	1,75	0,406	518	137	1,84	4,08	12,1
			10	19,7	312	4,49	100	2,26	59,3	1,74	0,404	649	173	1,92	4,14	13,1
			12	23,4	365	4,47	117	2,24	69,5	1,72	0,4	481	210	2	5,22	10,1
14/9	140	90	8	18	364	5,15	120	2,58	70,3	1,98	0,411	727	194	2,03	4,49	14,1
			10	22,2	444	5,13	146	2,56	85,5	1,96	0,409	911	245	2,12	4,58	15,1
16/10	160	100	9	22,9	606	5,11	186	2,85	110	2,2	0,391	1212	300	2,23	5,19	10
			10	25,3	667	5,08	204	2,84	121	2,19	0,39	1359	335	2,28	5,21	10,0
			12	30	784	5,8	239	2,82	142	2,18	0,388	1634	405	2,36	5,32	11,0
			14	34,7	897	8,17	272	2,8	162	2,16	0,385	1910	477	2,43	5,4	11,1
18/11	180	110	10	28,3	952	5,7	276	3,12	165	2,42	0,375	1933	444	2,44	5,08	11,1
			12	33,7	1123	5,77	324	3,1	194	2,4	0,374	2324	537	2,52	5,07	10,0
			11	34,9	1449	6,45	446	3,58	264	2,75	0,392	2920	718	2,79	6,5	11,0
20/12,5	200	125	12	37,9	1568	6,43	482	3,57	285	2,74	0,392	3189	786	2,83	6,54	10,1
			14	43,9	1801	6,41	551	3,54	327	2,73	0,39	3726	922	2,91	6,62	10,0
			16	49,8	2026	6,38	617	3,52	367	2,72	0,388	4264	1061	2,99	6,71	10,1
25/16	250	160	12	48,3	3147	8,07	1032	4,62	604	3,54	0,41	6212	1634	3,53	7,97	11,0
			16	62,6	4091	8,02	1333	4,58	781	3,5	0,408	8308	2200	3,69	8,14	10,0
			18	71,7	4545	7,99	1475	4,56	866	3,49	0,407	9358	2487	3,77	8,21	11,0
			20	78,5	4987	7,97	1613	4,53	949	3,48	0,405	10410	2776	3,85	8,31	11,1



Qo'shtavlar (GOST 8239-72)

3-jadval

Profillar (rəqəmi)	O'lçamları, mm				Kestim yuzasi A, sm ²	I _x , sm ⁴	W _x , sm ³	i _x , sm	S _x , sm ²	I _y , sm ⁴	W _y , sm ³	i _y , sm	Massa 1m, kg
	h	b	d	t									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10	100	55	4,5	7,2	12	198	39,7	4,06	23	17,9	6,49	1,22	9,46
12	120	64	4,8	7,3	147	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38	11,5
14	140	73	4,9	7,5	174	352	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55	13,7
16	160	81	5	7,8	20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,7	15,9
18	180	90	5,1	8,1	234	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88	18,4
18n	180	100	5,1	8,3	25,4	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12	19,9
20	200	100	5,2	8,4	26,8	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07	21
20n	200	110	5,2	8,6	28,9	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32	22,7
22	220	110	5,4	8,7	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27	24
22n	220	120	5,4	8,9	32,8	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,5	25,8
24	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37	27,3
24a	240	125	5,6	9,8	37,5	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63	29,4
27	270	125	6	9,8	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54	31,5
27a	270	135	6	10,2	43,2	5500	407	11,3	229	337	50	2,8	33,9
30	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69	36,5
30a	300	145	6,5	10,7	49,9	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95	39,2
33	330	140	7	11,2	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79	42,2
36	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89	48,6
40	400	155	8,3	13	71,6	19062	953	16,2	545	667	86,1	3,03	57
45	450	160	9	14,2	84,7	27696	1231	18,1	708	808	101	3,09	66,5
50	500	170	10	15,2	100	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23	78,5
55	550	180	11	16,5	118	55962	2035	21,8	1181	1356	151	3,39	92,6
60	600	190	12	17,8	138	76806	2560	23,6	1491	1725	182	3,54	108

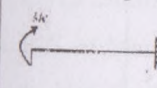
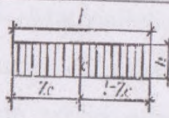
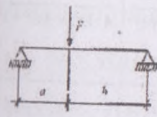
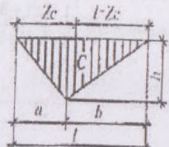
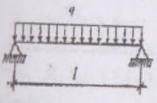
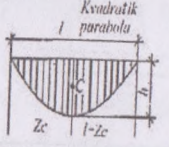
Shvellerlar (GOST 8240-72)

4-jadval

Profillar raqami	O'lchamlari, mm				Kesim yuzasi A, sm ²	Ix, sm4	Wx, sm3	ix, sm	Sx, sm3	Iy, sm4	Wy, sm3	iy, sm	z0, sm	Massu 1m, kg
	h	b	d	t										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	50	32	4,4	7	6,16	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16	4,84
6,5	65	36	4,4	7,2	7,51	48,6	15	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24	5,9
8	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31	7,05
10	100	46	4,5	7,6	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44	8,59
12	120	52	4,8	7,8	13,3	304	506	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54	10,4
14	140	58	4,9	8,1	15,6	491	70,2	5,6	40,8	45,4	11	1,7	1,67	12,3
14a	140	62	4,9	8,7	17	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87	13,3
16	160	64	5	8,4	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,6	13,8	1,87	1,8	14,2
16a	160	68	5	9	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2	15,3
18	180	70	5,1	8,7	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94	16,3
18a	180	74	5,1	9,3	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20	2,18	2,13	17,4
20	200	78	5,2	9	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,2	2,07	18,4
20a	200	80	5,2	9,7	25,2	1670	167	8,1	95,9	139	24,2	2,35	2,28	19,8
22	220	82	5,4	9,5	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21	21
22a	220	87	5,4	10,2	28,8	2330	212	8,99	121	187	30	2,55	2,46	22,6
24	240	90	5,6	10	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,6	2,42	24
24a	240	95	5,6	10,7	32,9	3180	165	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67	25,8
27	270	95	6	10,5	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47	27,7
30	300	100	6,5	11	40,5	5810	387	12	224	327	43,6	2,84	2,52	31,8
33	330	105	7	11,7	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59	36,5
36	360	110	7,6	12,6	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,1	2,68	41,9
40	400	115	8	13,5	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75	48,3

Oddiy kesmalar yuzalari va og'irlik markazlarining joylashishi

3-ilova

Yuklama	Epyura M	Yuza	Og'irlik markazi	
			z_c	$l-z_c$
1	2	3	4	5
		lh	$\frac{l}{2}$	$\frac{1}{2}l$
		$\frac{lh}{2}$	$\frac{a+l}{3}$	$\frac{b+l}{3}$
	<p><i>Kvadratik parabola</i></p> 	$\frac{2}{3}lh$	$\frac{1}{2}l$	$\frac{1}{2}l$

Shvellerlar (GOST 8240-72)

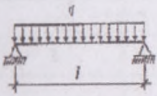
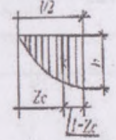
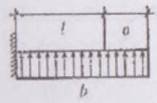
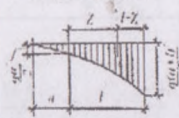
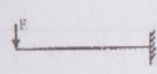
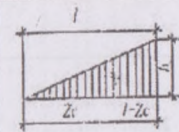
4-jadval

Profillar raqami	O'lchamlari, mm				Kesim yuzasi A, sm ²	Ix, sm ⁴	Wx, sm ³	ix, sm	Sx, sm ³	Iy, sm ⁴	Wy, sm ³	iy, sm	x ₀ , sm	Massa 1m k.g
	h	b	d	t										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	50	32	4.4	7	6,16	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16	4,04
6,5	65	36	4,4	7,2	7,51	48,6	15	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24	5,9
8	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31	7,03
10	100	46	4,5	7,6	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44	8,59
12	120	52	4,8	7,8	13,3	304	506	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54	10,4
14	140	58	4,9	8,1	15,6	491	70,2	5,6	40,8	45,4	11	1,7	1,67	12,1
14a	140	62	4,9	8,7	17	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87	13,1
16	160	64	5	8,4	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,6	13,8	1,87	1,8	14,2
16a	160	68	5	9	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2	15,1
18	180	70	5,1	8,7	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94	16,1
18a	180	74	5,1	9,3	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20	2,18	2,13	17,4
20	200	78	5,2	9	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,2	2,07	18,4
20a	200	80	5,2	9,7	25,2	1670	167	8,1	95,9	139	24,2	2,35	2,28	19,8
22	220	82	5,4	9,5	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21	21
22a	220	87	5,4	10,2	28,8	2330	212	8,99	121	187	30	2,55	2,46	22,6
24	240	90	5,6	10	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,6	2,42	24
24a	240	95	5,6	10,7	32,9	3180	165	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67	25,8
27	270	95	6	10,5	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47	27,7
30	300	100	6,5	11	40,5	5810	387	12	224	327	43,6	2,84	2,52	31,8
33	330	105	7	11,7	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59	36,5
36	360	110	7,6	12,6	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,1	2,68	41,9
40	400	115	8	13,5	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75	48,1


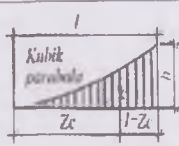

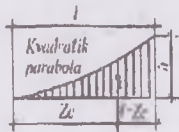


Oddiy kesmalar yuzalari va og'irlik markazlarining joylashishi

Yuklama	Epyura M	Yuza	Og'irlik markazi	
			z_c	$l - z_c$
1	2	3	4	5
		lh	$\frac{l}{2}$	$\frac{1}{2}l$
		$\frac{lh}{2}$	$\frac{a+l}{3}$	$\frac{b+l}{3}$
	<p><i>Kvadratik parabola</i></p>	$\frac{2}{3}lh$	$\frac{1}{2}l$	$\frac{1}{2}l$

3-ilova (davomi)

1	2	3	4	5
	<i>Kvadratik parabolaning yarmi</i> 	$\frac{lh}{3}$	$\frac{5}{16}l$	$\frac{3}{16}l$
	<i>Kvadratik parabola</i> 	$\frac{q^2 l}{6} [l^2 + 3a(a+l)]$	$\frac{1}{4} \frac{6a^2 l + 8al^2 + 3l^3}{3a^2 l + 3al^2 + l^3}$	$\frac{1}{4} \frac{6a^2 l + 4al^2 + l^3}{3a^2 l + 3al^2 + l^3}$
		$\frac{lh}{2}$	$\frac{2}{3}l$	$\frac{1}{3}l$

3-ilova (davomi)

1	2	3	4	5
	<i>Kubik parabola</i> 	$\frac{lh}{3}$	$\frac{3}{4}l$	$\frac{1}{4}l$
	<i>Kvadratik parabola</i> 	$\frac{lh}{4}$	$\frac{4}{5}l$	$\frac{1}{5}l$
		$\frac{(h_1 + h_2)l}{2}$	$\frac{(h_1 + 2h_2)l}{3(h_1 + h_2)}$	$\frac{(h_1 + 2h_2)l}{3(h_1 + h_2)}$

Foydalanilgan adabiyotlar

1. M.T.Urazboyev «Materallar qarshiligi asosiy kursi» T. «O'qituvchi», 1973 y.
2. A.F.Smirnov «Materiallar qarshiligi» T. «O'qituvchi», 1988 y.
3. K.M.Mansurov «Materallar qarshiligi» T. «O'qituvchi», 1983 y.
4. V.K.Kachurin tahriri ostida «Materiallar qarshiligidan misol va masalalar» to'plami T. «O'zbekiston», 1993 y.
5. N.S.Bibutov, A.X. Hojiyev «Materiallar qarshiligi» T. «Barkamol fuyz media», 2016 y.
6. B.Qoraboyev «Materiallar qarshiligi» T. «Fan va texnologiya», 2007 y.
7. S.M.Hasanov, A.N.Nabiyev «Materiallar qarshiligidan masalalar yechish» T. «O'zbekiston» 2006 y.
8. P.X.Gaфаров «Сборник задач по сопротивлению материалов» Уфа. УГАТУ 2005 г.
9. M.M.Mirsaidov «Materiallar qarshiligi» T. «Fan va texnologiya» 2010 y.
10. G.Jere, S.Timoshenko «Mechanics of materials», PWS Publishing Company, Boston, 2006 y.

MUNDARIJA

	KIRISH	
	Materiallar qarshiligida qo'llaniladigan assosiy belgilashlar va ularning o'lchov birliklari	
I	FAN HAQIDA UMUMIY MULOHAZALAR	
1.1	Fanning mohiyati, o'rni va vazifasi.....	
1.2	Fanda qabul qilinadigan gipotezalar (farazlar).....	
1.3	Konstruksiya elementlari. Deformatsiya turlari. Hisoblash sxemasi.....	
	Nazorat uchun test savollari.....	
II	CHO'ZILISH VA SIQILISH	
2.1	Cho'zilish va siqilishda umumiy tushunchalar.....	
2.2	Cho'zilish va siqilishda statik aniq masalalarni yechishga doir namunalar.....	
2.3	Cho'zilish va siqilishda statik noaniq masalalar.....	
2.4	Cho'zilish va siqilishda bruslarning o'z og'irligi, teng qarshilikli sterjenlar, temperatura ta'siridan hosil bo'ladigan kuchlanish va deformatsiyalar	
2.5	Mustaqil yechish uchun masalalar va topshiriqlar.....	
	Nazorat uchun testlar.....	
III	TEKIS SHAKLLARNING GEOMETRIK XARAKTERISTIKALARI.	
3.1	Umumiy tushunchalar.....	

3.2	Tekis kesim yuzalarining gcometrik xarakteristikalari mavzusiga doir masalalar.....	
3.3	Mustaqil yechish uchun masalalar va topshiriqlar.....	
	Topshiriqlar.....	
	Nazorat uchun testlar.....	
IV	SILJISH.....	
4.1	Siljish haqida umumiy tushunchlar.....	
4.2	Siljishdagi ruhsat etilgan kuchlanish.....	
4.3	Sof siljish.....	
4.4	Siljishga doir masalalar yechishdan namunalar.....	
4.5	Siljishga doir mustaqil yechish uchun masalalar va topshiriqlar	
	Nazorat uchun testlar.....	
V	BURALISH.....	
5.1	Buralish deformatsiyasi haqida umumiy tushunchalar.....	
5.2	Buralishga doir masalalar yechishdan namunalar.....	
5.3	Buralishga doir mustaqil yechish uchun masalalar va topshiriqlar. Burovchi moment epyurasi.....	
	Nazorat uchun test savollari.....	
VI	EGILISH.....	
6.1	Asosiy tushunchalar.....	
6.2	Balka va ramalarda tashqi kuch ta'siridan tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash, eguvchi moment M va ko'ndalang kuch Q larning epyurasini qurish	

6.3	Balkalarning mustahkamligini bosh kuchlanish bo'yicha tekshirishga doir masalalar	
6.4	Ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyuralari.....	
6.5	Mustaqil yechish uchun masalalar	
6.6	Balkalarni mustahkamlikka hisoblash uchun topshiriqlar	
	Nazorat uchun test savollar.....	
	Foydalanilgan adabiyotlar.....	

ОГЛАВЛЕНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	
	Условные обозначения, применяемые к сопротивлениям материалов и их единицам измерения	
	I ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О НАУКЕ	
1.1	Сущность, место и функция науки	
1.2	Гипотезы (гипотезы), принимаемые в науке	
1.3	Элементы конструкции. Виды деформаций. Схема расчета.....	
	Тестовые вопросы для контроля	
	II РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ	
2.1.	Общие понятия в растяжении и сжатии.....	
2.2.	Примеры решения статических определенных задач при растяжение и сжатие.....	
2.3.	Примеры решения статически неопределимых задач при растяжение и сжатие	
2.4.	Учет собственного веса бруса при растяжении и сжатии. Брус равного сопротивления. Напряжения и деформация возникающие от температуры	
2.5	Задачи для самостоятельного решения и задания	
	Тестовые вопросы для контроля	
	III ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ ФИГУР	

3.1	Общие понятия.....	
3.2	Решение задач по теме геометрические характеристики площадей плоских сечений	
3.3.	Задачи для самостоятельного решения и задания.....	
	Задания	
	Тестовые вопросы для контроля	
IV	СДВИГ	
4.1	Общие понятия о свиге	
4.2	Допустимое напряжение при сдвиге	
4.3	Чистый сдвиг	
4.4	Примеры решений задач при сдвиге	
4.5	Задачи для самостоятельного решения и задания	
	Тестовые вопросы для контроля.....	
V	КРУЧЕНИЕ	
5.1.	Общие понятия о деформации при кручении	
5.2.	Примеры решений задач о кручении	
5.3.	Задачи для самостоятельного решения и задания. Эпюр крутящих моментов	
	Тестовые вопросы для контроля	
VI	ИЗГИБ	
6.1	Общие понятия.....	
6.2	Проверке прочности балок по нормальным и касательным напряжениям. Примеры ршений задач	

6.3	Проверка прочности балок по главным напряжениям. Примеры решений задач	
6.4	Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов	
6.5	Задачи для самостоятельного решения и задания	
6.6	Расчет балок на прочность. Примеры решений задач	
	Тестовые вопросы для контроля	
	Используемая литература	

CONTENTS

	INTRODUCTION	
	Symbols applied to the resistances of materials and their units of measurement	
I	GENERAL CONCEPTS OF SCIENCE	
1.1	Essence, place and function of science.....	
1.2	Hypotheses accepted in science	
1.3	Structural elements. Types of deformations. Calculation scheme.....	
	Assessment tests and questions	
II	DISTENSION AND COMPRESSION	
2.1.	General concepts in distension and compression.....	
2.2.	Examples of solving static definable problems in distension and compression.....	
2.3.	Examples of solving statically indeterminate problems in tension and compression	
2.4.	Allowance for the self-weight of the bar in tension and compression. A bar of equal resistance. Stresses and strains arising from temperature.....	
2.5	Tasks for independent solution and assignments.....	
	Assessment tests and questions.....	
III	GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF PLANE FIGURES.	

3.1	General concepts.....	
3.2	Solving problems on the topic of geometric characteristics of the areas of flat sections	
3.3.	Tasks for independent solution and assignments	
	Tasks	
	Assessment tests and questions	
IV	SHIFT	
4.1	General concepts of swig	
4.2	General concepts of shift	
4.3	Pure shift	
4.4	Examples of solving shift problems	
4.5	Tasks for independent solution and assignments	
	Assessment tests and questions.....	
V	TORSION	
5.1.	General concepts of torsional deformation	
5.2.	Examples of solutions to torsion problems	
5.3.	Tasks for independent solution and assignments. Torque diagrams	
	Assessment tests and questions.....	
VI	BEND	
6.1	General concepts.....	
6.2	Checking the strength of beams for normal and shear stresses.	

