

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

JO‘RAEV SHUHRAT ISROILOVICH

**MATERIALLAR QARSHILIGI FANIDAN
«XUSUSIY OG‘IRLIKNI HISOBGA
OLISH» BO‘LIMI BO‘YICHA
MASALALAR YECHIMLARI**

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim
vazirligining 2023 yil 5340700 – “Gidrotexnika qurilishi” (suv
xo‘jaligi), 60710400 – “Ekologiya va atrof muhit muhofazasi” (suv
xo‘jaligi) a‘lim yo‘naliahlari talabalari uchun o‘quv qo‘llanma
sifatida tavsiy etilgan.*

(O‘QUV QO‘LLANMA)

**“Durdona” nashriyoti
Buxoro – 2024**

UO'K 539.3/.6(075.8)

30.121ya73

J 96

Jo'rayev, Sh.I.

Materiallar qarshiligi fanidan xususiy og'irlikni hisobga olish bo'limi masalalar yechimlari [Matn] : o'quv qo'llanma / Sh.I. Jo'rayev.-Buxoro: Sadridin Salim Buxoriy, 2024.-100 b.

KBK 30.121ya73

O'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi tomonidan tasdiqlangan namunaviy o'quv dasturi asosida, texnika oliy o'quv yurtlarining talabalari va magistrleri uchun O'quv qo'llanma sifatida yozilgan.

Cho'zilish va siqilish deformatsiyalarida xususiy og'irlikni hisobga olishni o'zlashtirib olish uchun yetarli darajada, qulay shaklda mukammal bayon qilingan. V.K.Kachurinning masalalar to'plamida keltirilgan barcha masalalar zamonaviy usullarni qo'llab yechib ko'rsatilgan va mustaqil yechish uchun topshiriqlar, tayanch iboralar va nazorat savollari hamda nazariy ma'lumotlar keltirilib, masalalar yechib korsatilgan hamda mustaqil yechish uchun masalalar berilgan.

O'quv qo'llanma 5340700 – “Gidrotexnika qurilishi” (suv xo'jaligi), 60710400 – “Ekologiya va atrof muhit muhofazasi” (suv xo'jaligi) bakalavriat ta'lim yo'nalishlari talabalari uchun mo'ljallangan.

Taqrizchilar:

Zafar Ixtiyorovich Boltaev, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti professori, fizika-matematika fanlari doktori

Teshayev M.X., V.I. Romanovskiy nomidagi Matematika Instituti Buxoro bo'linmasi bosh ilmiy xodimi, f.m.f.d.(DSc), professor

O'quv qullanma O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2023-yil 22-dekabrdagi 537-sonli buyrug'iga asosan nashr etishga ruxsat berildi.

Ro'yxatga olish raqami 537285.

ISBN 978-9910-04-753-4

© Sh.I.Jo'raev. 2023

KIRISH

Mamlakatimizda ma'rifat va ma'naviyatni yuksaltirish, ta'lim-tarbiya tizimini shakllantirish, uning milliy zaminini mustahkamlash, zamon talablari bilan uyg'unlashtirish asosida jahon andozalari darajasiga ko'tarish, O'zbekiston Respublikasining "Ta'lim to'g'risida"gi Qonuni va "Kadrlar tayyorlash milliy dasturi" talablarini amalga oshirishda hamda yosh avlodni, yuqori malakali kadrlarni tayyorlash bugungi kunning dolzarb vazifalaridan biri bo'lganligi tufayli "Materiallar qarshiligi" fanidan mazkur o'quv qo'llanma tayyorlandi.

Konstruksiyalarga qo'yiladigan asosiy talablar mustahkamlik, bikirlik va ustivorliklarini ta'minlash uchun sirtqi kuchlardan hosil bo'ladigan zo'riqish va deformatsiyalarni aniqlash usullarini bilish lozim.

Ushbu o'quv qo'llanma ISO-Xalqaro standartlashtirish tashkiloti (International Standards Organization) standarti № 3898 asosida yoritilgan bo'lib, konstruksiya elementlarida sirtqi kuchlardan hosil bo'ladigan zo'riqish va deformatsiyalarni talabalarning mustaqil aniqlashiga, ularning fanni yaxshi o'zlashtirishiga, muhandislar qo'ygan masalalarga ilmiy yondashishga undaydi.

Amaliy mashg'ulotlarida na'munaviy masalarni yechishda berilgan topshiriqning maqbul yechimini aniqlash, mustaqil ravishda bajarish uchun zarur bo'lgan bilim va ko'nikmalarini shakllantirish va rivojlantirishga, topshiriqlarni bajarishda tizimli va ijodiy yondashishga va talabalarning muhandislik usullarni qo'llashni o'rgatadi. Bunday ko'nikmalarga talabalar yechilishi turli darajada qiyin bo'lgan masalalarni mustaqil ravishda yechish jarayonida ega bo'ladi. Albatta talabalarda, masalalarni mustaqil yechish jarayonida ko'pgina amaliy savollar va tushunmovchiliklar paydo bo'ladi. Masalalarni yechishda talabalarda hosil bo'lgan

amaliy savollarga o'quv qo'llanma, masalalar to'plami va ma'ruzalar kurslaridan javob topmasligi mumkin. Shu sababli ushbu o'quv qo'llanma talabalar amaliy mashg'ulotlarni, uy vazifalarini va mustaqil ishlarni bajarishda foydali hisoblanadi.

Materiallar qarshiligi fanidan talabalar amaliy mashg'ulotlari bo'yicha tayyorlangan ushbu o'quv qo'llanma bakalavriat bosqichi 5340700 – “Gidrotexnika qurilishi” (suv xo'jaligi), 60710400 – “Ekologiya va atrof muhit muhofazasi” (suv xo'jaligi) talabalari uchun ta'lim yo'nalishlariga mo'ljallangan.

O'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi tomonidan tasdiqlangan «Qurilish mexanikasi» fani bo'yicha tayyorlangan na'munaviy va ishchi dasturi asosida oliy texnika o'quv yurtlari talabalari uchun mo'ljallanib tayyorlandi.

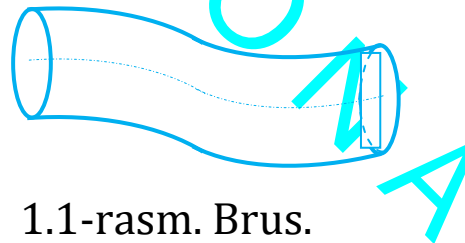
I BOB. BO'YLAMA CHO'ZILISH VA SIQILISHDA XUSUSIY OG'IRLIKNI HISOBGA OLISH

1.1. Cho'zilish va siqilish deformatsiyalarida xususiy og'irlikni hisobga olish

Konstruksiya elementlarining markaziy cho'zilishi va siqilishi amaliyotda juda ko'p uchraydi. Masalan: ko'tarish kranlari yuk ko'targanda sim arqonlarining cho'zilishi, avtomobillarni shatakka olganda arqonlarining cho'zilishi, zavodlarda zaharli gazlarni atmosferaga chiqaradigan juda ham baland quvurlarning, teleminoralarining xususiy og'irligidan siqilishi va boshqalarni misol qilib keltirish mumkin.

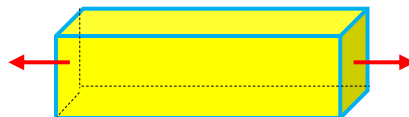
Amaliyotda uchraydigan konstruksiya elementlari bruslar guruhi quyidagi guruhlariga bo'linadi.

1. Bruslar guruhi. Ko'ndalang kesim o'lchamlari uzunlik o'lchamiga nisbatan juda kichik bo'lgan konstruksiya elementlariga *bruslar* deb ataladi (1.1-rasm).



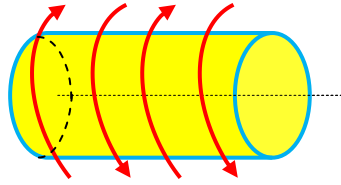
1.1-rasm. Brus.

a) cho'zilish yoki siqilishga qarshilik ko'rsatuvchi ingichka brus *sterjen* deb ataladi (1.2-rasm).



1.1-rasm. Sterjen.

b) buralishga qarshilik ko'rsatuvchi brusga *val* deb ataladi, msalan aylanma harakatni elektrodvigateldan stanokka uzatuvchi sterjen (1.3-rasm).



1.3-rasm. Val.

d) egilishga qarshilik ko'rsatuvchi brusga *to'sin* deb ataladi (1.4-rasm).



1.4-rasm. To'sin.

Sirtqi cho'zuvchi yoki siquvchi kuchlar ta'sirida bo'lgan sterjenlar ko'ndalang kesimlarida faqat bo'ylama ichki kuch omili hosil bo'lib, qolgan beshta ichki kuch omillari nolga teng bo'lsa ($Q_x = Q_y = M_x = M_y = M_z = 0$), bunday sterjen markaziy cho'zilish (1.5, a)-rasm) holatida bo'ladi. Sterjen ko'ndalang kesimining og'irlik markazlarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan va uning ko'ndalang kesimga normal bo'lgan bo'ylama kuchni N_z yoki N bilan belgilaymiz.

Amaliyotda uchraydigan ko'pgina konstruktsiya elementlarining xususiy og'irligini e'tiborga olish lozim. Yuqori uchi bilan mahkamlangan pastki erkin uchiga qo'yilgan to'plangan F kuch va xususiy og'irligi ta'sirbo'lgan ko'ndalang kesimi A o'zgarmas uzun sterjen masalasini ko'rib chiqamiz (1.5,a)-rasm). Uning xususiy og'irligi o'qi bo'yicha teng taralgan bo'lsin.

Sterjenning ixtiyoriy kesimidagi kuchlanishni aniqlash uchun uning erkin uchidan z masofada fikran kesib ikki bo'lakka ajratamiz va sterjenning pastki qismining

muvozanatini qaraymiz (1.5,b)-rasm), ya'ni statikaning muvozanat tenglamasini tuzamiz:

$$\sum_{z=0} N - F - \gamma \cdot A \cdot z = 0; \quad N = F + \gamma \cdot A \cdot z.$$

Bu yerda $G(z) = \gamma \cdot A \cdot z$ olib qoling'an qismning xususiy og'irligi;

γ -sterjen materialining solishtirma og'irligi N/m^3 . Po'lat uchun $\gamma = 7,8 \cdot 10^4 N/m^3$, alyumin uchun $\gamma = 2,65 \cdot 10^4 N/m^3$ ga teng.

Demak, *bo'ylama kuch* deb sterjenning ko'ndalang kesimida hosil bo'lg'an normal kuchlanishlarning teng ta'sir etuvchisiga aytiladi.

Bo'ylama kuchlarni aniqlash uchun kesish usulidan foydalanamiz. Cho'zuvchi bo'ylama kuchlarni qaralayotgan kesimdan tashqariga, siquvchi bo'ylama kuchlarni kesimga qaratib yo'naltiramiz. Cho'zuvchi bo'ylama kuchni musbat, siquvchi bo'ylama kuchni esa manfiy deb qabul qilamiz. Ko'ndalang kesimdagi bo'ylama kuchni kesimdan tashqariga yo'naltiramiz, agar hisoblash natijalarida bo'ylama kuch manfiy ishora bilan chiqsa, uning yo'nalishini teskari tomonga o'zgartiramiz.

Ba'zi bir murakkab hollarda N_z kuchning yo'nalishi noma'lum bo'lsa, uni kesimdan tashqariga yo'naltirish maqsadga muvofiqdir.

Agar hisoblash natijalarida N_z kuch manfiy ishora bilan chiqsa, uning yo'nalishini teskari tomonga o'zgartirib qo'yishimiz lozim. Murakkab hollarda, ya'ni sterjenga bir nechta kuchlar ta'sir etsa, N_z kuchning sterjen o'qi bo'ylab o'zgarishi bo'yicha to'liq tasavvurga ega bo'lish uchun uning grafigini qurish maqsadga muvofiqdir.

Sterjen ko'ndalang kesimida uning o'qi bo'ylab hosil bo'lg'an bo'ylama kuchning o'zgarish qonunini ko'rsatuvchi grafik *bo'ylama kuch epyurasi* deb ataladi.

Jism kesimining birlik yuzalariga ta'sir etuvchi ichki kuch intensivligi *kuchlanish* deb ataladi.

Normal kuchlanish quyidagi formula bilan ifodalaymiz:

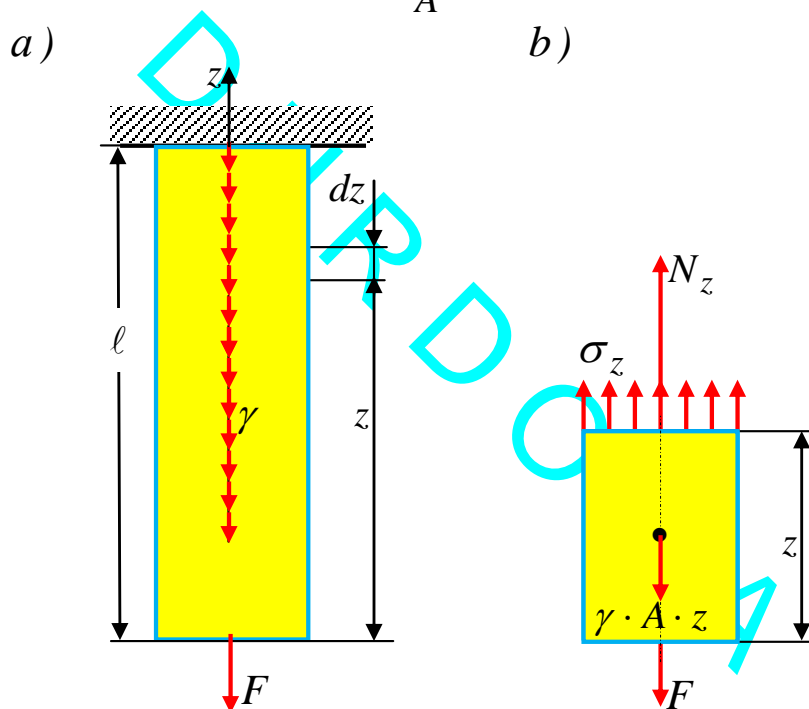
$$\sigma_z = \frac{F + \gamma \cdot A \cdot z}{A}. \quad (1)$$

Ushbu formuladagi $z = 0$ bo'lsa, sterjenning eng pastki kesimida xususiy og'irlikni e'tiborga olmaganidagi kuchlanish formulasini hosil qilamiz, ya'ni

$$\sigma_z = \frac{F}{A}. \quad (2)$$

Sterjenning mahkamlangan yuqorigi kesimida $z = \ell$ bo'ladi, unda kuchlanish maksimal qiymatga erishadi:

$$\sigma_z = \frac{F + \gamma \cdot A \cdot \ell}{A}. \quad (3)$$



1.5-rasm. Xususiy og'irlikli uzun sterjen.

Mustahkamlikka hisoblashda quyidagi talab bajarilishi lozim: konstruksiya elementlarida hosil bo'ladigan eng katta kuchlanish (normal, urinma yoki ularning kombinatsiyalari) material uchun berilgan ruxsat etilgan kuchlanish qiymatidan ortib ketmasligi shart.

Konstruksiya elementlarining xavfli ko'ndalang kesimlarida hosil bo'ladigan eng katta normal kuchlanish

qiymati, shu konstruksiya materiali uchun berilgan ruxsat etilgan kuchlanishdan ortib ketmasa, bunday konstruksiya elementlarining mustahkamligi ta'minlangan hisoblanadi.

Konstruksiya elementlarining uzoq ishlash davrida yemirilmasligini ta'minlaydigan eng katta kuchlanishga *ruxsat etilgan kuchlanish* deb ataladi. Ruxsat etilgan normal kuchlanish σ_{adm} kabi belgilanadi. Sterjen materiali cho'zilish va siqilishga turlicha qarshilik ko'rsatsa, ruxsat etilgan normal kuchlanish cho'zilishda $(\sigma_{adm})_t$ va siqilishda $(\sigma_{adm})_c$ kabi belgilanadi.

Sterjen materiali cho'zilish va siqilishga turlicha qarshilik ko'rsatsa, cho'zilish va siqilishda ruxsat etilgan kuchlanishlari qiymatlari 1-jadvalda turli materiallar uchun berilgan.

1-jadval

Materiallarning ruxsat etilgan kuchlanishlari

<i>Materiallarning nomi</i>	<i>Ruxsat etilgan kuchlanish MPa</i>	
	<i>Cho'zilishda $a(\sigma_{adm})_t$</i>	<i>Siqilishda $(\sigma_{adm})_c$</i>
Prokat po'lat rusumlari:		
BCT2		14
BCT3		16
Kam uglerodli mashinasozlik po'lat		60-250
Kam uglerodli mashinasozlik po'lat ligerlangan		100-400 va yuqori
Tekistolit		30-40
Getinaks		50-70
Mis		30-120
Bronza		60-120
Duralyuminiiy		80-150
Alyumin		30-90
G'isht o'rimi	0,2	0,6-2,5

Tosh o'rimi	0,3	0,4-4
Kulrang cho'yan	28-80	120-160
Beton	0,1-0,7	1-9
Sosna yel:		
Tolalari bo'ylab	7-10	10-12
Tolalariga ko'ndalang	-	5
Dub: Tolalari bo'ylab	9-13	13-15
Dub: Tolalariga ko'ndalang	-	2-3,5

Plastik materiallardan tayyorlangan konstruksiya elementlar xavf-xatarsiz ishlashini ta'minlovchi ruxsat etilgan kuchlanish quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_y}{n_y}. \quad (4)$$

Bunda, σ_y - materialning *oquvchanlik chegarasi*; n_y oquvchanlik chegarasi bo'yicha *ehtiyot koeffitsienti* bo'lib, qiymati 1,5 ÷ 2,5 ga teng.

Mo'rt materiallardan tayyorlangan konstruksiya elementlari xavf-xatarsiz ishlashini ta'minlovchi ruxsat etilgan kuchlanish quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_u}{n_u}. \quad (5)$$

Bunda σ_u - materialning vaqtincha qarshiligi (mustahkamlik chegarasi); n_u vaqtincha qarshilik bo'yicha *ehtiyot koeffitsienti* bo'lib, qiymati 2,5 ÷ 5,0 ga teng.

Turli materiallar uchun mustahkamlik chegaralari 2-jadvalda berilgan.

Yog'och materiallari uchun esa mustahkamlikning ehtiyot koeffitsienti 3 dan 8 gacha oraliqda tanlanadi.

Normal kuchlanish bo'yicha sterjenning mustahkamlik sharti:

$$\sigma_{\max} = \frac{F + \gamma \cdot A \cdot \ell}{A} \leq \sigma_{adm}. \quad (6)$$

Cho'zilishga va siqilishga ishlovchi konstruktsiya elementlarining mustahkamlik shartlari, ruxsat etilgan kuchlanishlar bo'yicha quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma_{\max,t} = \frac{N_{\max,t}}{A} \leq \sigma_{adm} \text{ va } \sigma_{\max,c} = \frac{N_{\max,c}}{A} \leq \sigma_{adm}. \quad (7)$$

Sterjenning eng katta kuchlanish hosil bo'lgan kesimiga xavfli kesim deb ataladi.

Umumiy holda cho'zilgan va siqilgan sterjenlarning mustahkamlik sharti quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A_{netto}} \leq \sigma_{adm}. \quad (8)$$

Bunda A_{netto} - ko'ndalang kesim yuzadan teshik (kertik) yuzalarni chiqarib tashlagandan keyingi yuza.

2-jadval

Materiallarning mustahkamlik chegaralari

Materiallarning nomi	Oquvchanlik chegarasi σ_y MPa	Mustahkamlik chegarasi MPa	
		Cho'zilishda $\sigma_{u,t}$	Siqilishda $\sigma_{u,c}$
Prokat po'lat rusumlari			
BCt3kp	185-235	360-365	
BCt3ps	235-275	370-400	
BCt3sp	235-270	370-400	
09g2(margenslangan)	235-270	430-500	
10XSND Xromkremnenikelli	390	530	
12u2SMF (ligerlangan termik puxtalangan)	590	685	
Titanli VT4	550-650	700-850	
Chugun kulrang SCH	-	120-800	500-1500
Granit	-	3	120-260

G'isht	-	0,7-3,0	7-30
Beton	-	0,4-2,6	2,8-43,8
Sosna yel:	-		
Tolalari bo'ylab	-	80	40
Tolalariga ko'ndalang	-	-	5
Tekistolit	-	100	250
Orgsteklo CT-1	-	78	120
Sterloplastik CBAM 1:1	-	480-500	420

Ushbu (8) ifodadan foydalanib, sterjen uchun aniqlanishi lozim bo'lgan tavsiflariga qarab quyidagi uch turdagi masalani yechish mumkin:

Sterjenni mustahkamlikka tekshirish

Bunda quyida keltirilgan formula yordamida sterjen mustahkamligi ta'minlanadi:

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{adm}. \quad (9)$$

Sterjenni cho'zuvchi (siquvchi) kuchlar va uning ko'ndalang kesim o'lchamlari berilgan bo'lsa, unda xavfli kesimdagi maksimal normal kuchlanishni aniqlab, uni berilgan ruxsat etilgan kuchlanish bilan taqqoslaymiz. Taqqoslash natijasi orasidagi farq $\pm 5\%$ bo'lishi kerak. Agar kuchlanish orasidagi farq $+5\%$ dan ortiq bo'lsa, unda sterjen ortiqcha kuchlanishga qarshilik ko'rsatib, xavfli holatda bo'ladi. Agar kuchlanish orasidagi farq -5% dan kam bo'lsa, unda sterjen materialidan to'liq foydalanilmagan bo'ladi.

Bu formuladan sterjenning eng xavfli kesimi yuzini aniqlash mumkin:

$$A \geq \frac{N}{\sigma_{adm} - \gamma \cdot \ell}. \quad (10)$$

Sirtqi kuch $F = 0$ teng bo'lsa, sterjenning erkin uchidan z masofadagi kesimida xususiy og'irlikdan hosil bo'lgan kuchlanish quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma_z = \frac{\gamma \cdot A \cdot z}{A} = \gamma \cdot z. \quad (11)$$

Ushbu (11) formuladan ko'rinadiki, $z = \ell$ uzunlikda sterjen xususiy og'irlikidan uzilish vaqtida hosil bo'lgan normal kuchlanish materialning mustahkamlik chegarasiga tenglashsa, unda:

$$\gamma \cdot \ell = \sigma_b. \quad (12)$$

Sterjenning xususiy og'irlikidan uzilish mumkin bo'lgan chegaraviy uzunlik quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\ell_{che.} = \frac{\sigma_b}{\gamma} \quad (13)$$

Xuddi shuningdek, sterjen xususiy og'irliqi ta'sirida hosil bo'lgan kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishga teng bo'lganda sterjenning maksimal uzunligini topish mumkin:

$$\ell_{max} = \frac{\sigma_{adm}}{\gamma} \quad (14)$$

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, sterjenga o'qi bo'yicha yo'nalgan cho'zuvchi kuch ta'sir etsa, uning uzunligi ortadi, ko'ndalang kesim o'lchamlari esa qisqaradi (1.5, a)-rasm). Siqilishda teskarisi ro'y beradi, ya'ni siqilishda sterjen uzunligi qisqaradi, ko'ndalang kesim o'lchamlari ortadi. Sterjenning dastlabki uzunligi ℓ ga, deformatsiyadan keyingi uzunligi ℓ_1 ga teng bo'lsin. Sterjen uzunligining ortishi *absolyut bo'ylama cho'zilish*, kamayishi esa *absolyut bo'ylama qisqarish* deb ataladi va u $\Delta\ell$ bilan belgilanib, *m* metrlarda o'lchanadi.

Absolyut bo'ylama cho'zilish quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\Delta\ell = \ell_1 - \ell.$$

Qaralayotgan sterjendan fikran uzunligi dz bo'lgan cheksiz kichik element ajratib olamiz. Kuch qo'yilgandan keyin element Δdz absolyut bo'ylama cho'zilishga ega bo'ladi.

Faqat xususiy $G = \gamma A \ell$ og'irligi ta'sirida bolgan sterjenning cho'zilish deformatsiyasini topish uchun uning erkin uchidan z masofada uzunligi dz bo'lgan cheksiz kichik element ajratib olamiz va bu elementning absolyut cho'zilish deformatsiyasini Guk qonuni asosida quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\Delta(dz) = \frac{G(z)dz}{EA} = \frac{\gamma \cdot A \cdot z \cdot dz}{E \cdot A} = \frac{\gamma}{E} z \cdot dz. \quad (15)$$

Sterjenning absolyut cho'zilish deformatsiyasini aniqlash uchun (10) ifodani 0 dan ℓ gacha integrallaymiz:

$$\Delta \ell = \int_0^{\ell} \frac{\gamma}{E} z dz = \frac{\gamma \cdot \ell^2}{2E}. \quad (16)$$

Bu formulani sterjen xususiy $G = \gamma A \ell$ og'irligi ifodasini e'tiborga olib boshqacha ko'rinishda yozish mumkin, ya'ni

$$\Delta \ell = \frac{G \ell}{2EA}. \quad (17)$$

Bu formula Guk qonunining tajriba natijasi ifodasidir.

Yuqoridagi (17) formuladan ko'rinib turibdiki, absolyut bo'ylama deformatsiya cho'zuvchi kuch va sterjen uzunligiga to'g'ri proporsional, elastiklik moduli va ko'ndalang kesim yuziga teskari proporsional. Bu ifodadagi E bo'ylama elastiklik moduli deb ataladi. Bo'ylama elastiklik moduli materialning cho'zilishga (siqilishga) qarshilik ko'rsata olish xususiyatini bildiradi. O'lchov birligi N/m^2 . $A \cdot E$ sterjen ko'ndalang kesimining cho'zilish (siqilish)dagi *bikirligi* deb ataladi. Elastiklik moduli va ko'ndalang deformatsiya qiymatlari 3-jadval

3-jadval

Elastiklik moduli va Puasson koeffitsienti qiymatlari

<i>Materiallarning nomi</i>	<i>Elastiklik moduli E</i>		<i>Ko'ndalang deformatsiya koeffitsient ν</i>
	<i>N / sm²</i>	<i>MPa</i>	
Uglerodli po'lat	$2,1 \cdot 10^7$	$2,1 \cdot 10^5$	0,24 – 0,30
Alyuminiy qotishmalari	$0,72 \cdot 10^7$	$0,72 \cdot 10^5$	0,26 – 0,36
Titan $0,72 \cdot 10^5$	$1,12 \cdot 10^7$	$1,12 \cdot 10^5$	-
Mis	$(1,0 - 1,3) \cdot 10^7$	$(1,0 - 1,3) \cdot 10^5$	0,31 – 0,34
Cho'yan	$(1,15 - 1,6) \cdot 10^7$	$(1,15 - 1,6) \cdot 10^5$	0,23 – 0,27
Qarag'ay:tolalar i bo'ylab tolalariga ko'ndalang yo'nalishi bo'ylab	$(0,1 - 0,12) \cdot 10^7$	$(0,1 - 0,12) \cdot 10^5$	-
	$(0,0005 - 0,01) \cdot 10^7$	$(0,0005 - 0,01) \cdot 10^5$	-
Beton	$(0,15 - 0,23) \cdot 10^7$	$(0,15 - 0,23) \cdot 10^5$	0,16 – 0,18
Granit	$0,49 \cdot 10^7$	$0,49 \cdot 10^5$	-
Marmar	$0,56 \cdot 10^7$	$0,56 \cdot 10^5$	-
G'isht qatlami	$(0,027 - 0,03) \cdot 10^7$	$(0,027 - 0,03) \cdot 10^5$	-
Oyna	$0,1 \cdot 10^7$	$0,1 \cdot 10^5$	0,25
Plastik oyna SVAM	$0,35 \cdot 10^7$	$0,35 \cdot 10^5$	0,43
Nekistolit	$(0,07 - 0,13) \cdot 10^7$	$(0,07 - 0,13) \cdot 10^5$	-
Kauchukli rezina	$(0,00008) \cdot 10^7$	$(0,00008) \cdot 10^5$	0,50
Po'kak (tiqin)	-	-	0,00

To'plangan kuch va xususiy og'irligi ta'sirida bo'lgan sterjenning to'liq absolyut deformatsiyasi:

$$\Delta\ell = \frac{N\ell}{EA} + \frac{G\ell}{2EA} = \frac{(N+G/2)\ell}{EA}. \quad (18)$$

Sterjenning erkin uchiga qo'yilgan F kuchidan hosil bo'lgan absolyut bo'ylama deformatsiyasi bilan xususiy og'irligidan hosil bo'lgan absolyut (17) bo'ylama deformatsiyasini solishtirib, shunday xulosalarga kelish mumkin:

1. O'zgarmas kesimli sterjenlarda xususiy og'irligidan hosil bo'lgan kuchlanish kesim yuzasiga bog'liq emas (10);

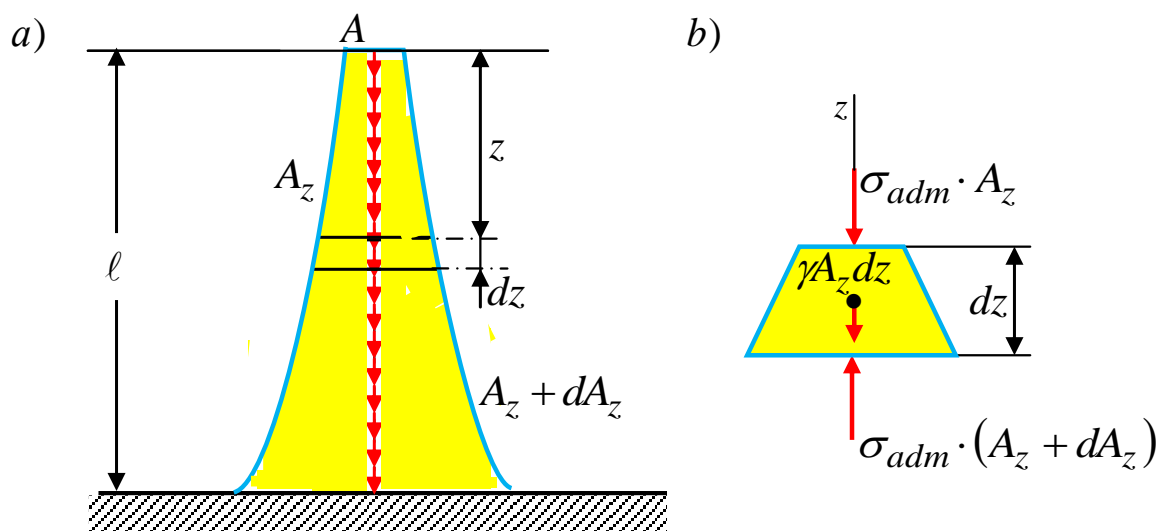
2. Sterjenlarning xususiy og'irligidan aniqlangan maksimal uzunligi, uning chegaraviy uzunligidan ortib ketmasligi lozim;

3. Sterjenlarning xususiy og'irlik ta'sirida hosil bo'lgan absolyut bo'ylama deformatsiya, uning xususiy og'irligiga teng va erkin uchiga qo'yilgan to'plangan kuchdan hosil bo'lgan absolyut bo'ylama deformatsiyaga nisbatan ikki marta kichik bo'ladi.

1.2. Teng qarshilikli bruslar

Sterjenning uzunligi bo'ylab barcha ko'ndalang kesim yuzalarida kuchlanish o'zgarmas bo'lgan sterjenlar teng qarshilikli bruslar deb ataladi. Pastki uchi bilan mahkamlangan 1.6,a)-rasmدا keltirilgan teng qarshilikli sterjenning ko'ndalang kesimining o'zgarish qonunini aniqlaymiz, uning ixtiyoriy kesimda kuchlanish berilgan ruxsat etilgan σ_{adm} kuchlanishga teng bo'lsin.

Sterjen ko'ndalang kesim yuzining o'zgarish qonunini aniqlash uchun erkin uchidan z masofada uzunligi dz ga teng bo'lgan kichik element ajratib olamiz (1.6, b)-rasm), uning yuqoridagi kesim yuzasi A_z pastki kesim yuzasi $A_z + dA_z$ bo'lsin.



1.6-rasm. Teng qarshilikli sterjen.

Xususiy og'irligi $\gamma \cdot A_z dz$ ga teng bo'lgan elementning muvozanat tenglamasini tuzamiz (2-rasm):

$$\sum Z = \sigma_{adm}(A_z + dA_z) - \gamma \cdot A_z dz - \sigma_{adm} A_z = 0$$

yoki

$$\sigma_{adm} \cdot dA_z - \gamma \cdot A_z dz = 0,$$

bundan

$$\frac{dA_z}{A_z} = \frac{\gamma}{\sigma_{adm}} dz.$$

Bu ifodani integrallab quyidagini hosil qilamiz:

$$\ln A_z + C = \frac{\gamma}{\sigma_{adm}} z.$$

Bu tenglamadagi o'zgarmas sonni, sterjenning erkin uchida $z = 0$ bo'lganda $A_z = A$ bo'lish shartidan foydalanamiz. Unda $\ln A + C = 0$ bo'lagani uchun o'zgarmas sonni $C = -\ln A$ teng bo'lishini aniqlaymiz. Yuqoridagi tenglamadagi C sonining o'rniga qo'yib va logarifmning xossaligidan foydalanib quyidagini hosil qilamiz:

$$\ln \frac{A_z}{A} = \frac{\gamma}{\sigma_{adm}} z.$$

Ushbu ifodani potensirlab quyidagini topamiz:

$$\frac{A_z}{A} = e^{\frac{\gamma}{\sigma_{adm}} z}$$

yoki

$$A_z = A e^{\frac{\gamma}{\sigma_{adm}} z} \quad (19)$$

Bu ifodadan ko'rinadiki, sterjen o'qi bo'ylab ko'ndalang kesimi konturi giperbola qonuni asosida o'zgaradi. Bunday shakldagi teng qarshilikli sterjenlarni yasash ancha murakkab va qimmatga tushadi.

Agar brusning o'rniga yuqorigi tekisligi bo'yicha tekis taralgan yuk bilan yuklangan devorni qarasa va undan ikkita vertikal tekislik bilan (rasm tekisligiga perpendikulyar bo'lgan) uzunligi bir birlikka teng bo'lgan birorta element ajratib olsak, kesim yuzasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$A_z = 2y \cdot l; \quad A_0 = 2y_0 \cdot l.$$

Bu ifodani (14) formulaga qo'yib brusning o'qi bo'yicha o'zgarish qonunini ko'rsatuvchi egri chiziq tenglamasini hosil qilamiz:

$$y = y_0 \cdot e^{\frac{\gamma}{\sigma_{adm}} z}. \quad (20)$$

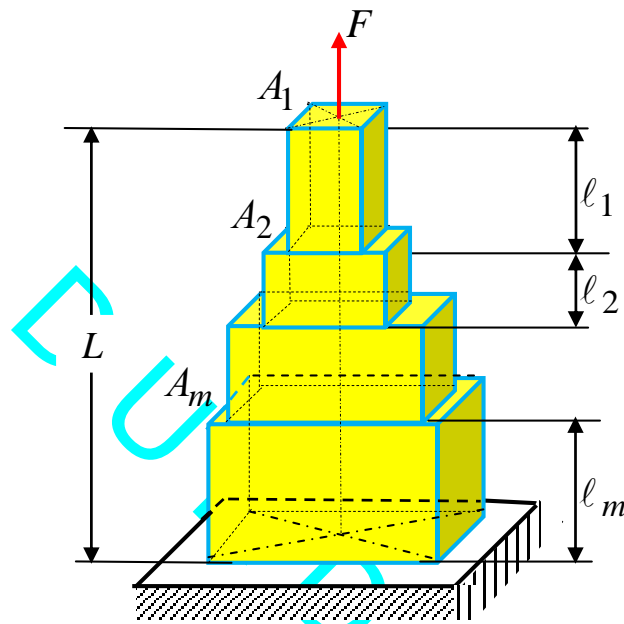
1.3 . Pog'onali sterjenlar

Ko'ndalang kesim yuzasi har bir oraliq bo'yicha o'zgarmas bo'lgan, alohida oraliqlardan tashkil topgan sterjen, ko'ndalang kesimi o'zgarmas bo'lgan sterjen (1.5-rasm) va teng qarshilikli (1.6-rasm) sterjenlar oralig'ida bo'ladi. O'zgarmas kesim yuzali sterjenlarga qaraganda pog'onali sterjenlarda material ancha tejaladi. Pog'onali sterjenlarni tayorlash teng qarshilikli sterjenlarni tayorlashga qaraganda ancha sodda. Pog'onali sterjenlarni shunday loyihalash lozimki, har bir pog'onaning oxiridagi xavfli kesimda kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishga teng bo'lishi shart. Bunda sterjenning qolgan barcha boshqa kesimlarida kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishdan kichik bo'ladi.

Pog'onali sterjen ko'ndalang kesim yuzasini tanlash formulalarini tuzamiz (1.7-rasm).

Birinchi pog'onaning ko'ndalang kesim yuzasi (5) formula asosida quyidagicha ifodalanadi:

$$A_1 \geq \frac{F}{[\sigma] - \gamma \cdot l_1}. \quad (21)$$



1.73-rasm. Pog'onali sterjen.

Ikkinchi pog'onaning pastki uchiga ta'sir qilayotgan kuch $N_1 = [\sigma]A_1$ ga teng bo'ladi. Unda ikkinchi kesimning yuzi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$A_2 \geq \frac{N_1}{[\sigma] - \gamma \cdot l_2} = \frac{A_1[\sigma]}{[\sigma] - \gamma \cdot l_2} = \frac{F[\sigma]}{([\sigma] - \gamma \cdot l_1)([\sigma] - \gamma \cdot l_2)}. \quad (22)$$

Yuqoridagi (16) formulaga asosan uchinchi pog'onaning kesim yuzini quyidagicha ifodalaymiz:

$$A_3 \geq \frac{N_2}{[\sigma] - \gamma \cdot l_3} = \frac{A_2[\sigma]}{[\sigma] - \gamma \cdot l_3} = \frac{F[\sigma]^2}{([\sigma] - \gamma \cdot l_1)([\sigma] - \gamma \cdot l_2)([\sigma] - \gamma \cdot l_3)}. \quad (23)$$

Sterjenning n chi pog'onasi kesim yuzasini aniqlovchi formula quyidagicha ifodalanadi:

$$A_n \geq \frac{N_{n-1}}{[\sigma] - \gamma \ell_n} = \frac{A_{n-1}[\sigma]}{[\sigma] - \gamma \ell_n} = \frac{F[\sigma]^{n-1}}{([\sigma] - \gamma \ell_1)([\sigma] - \gamma \ell_2)([\sigma] - \gamma \ell_3) \cdots ([\sigma] - \gamma \ell_n)} \quad (23)$$

Agar sterjen pog'onasi uzunliklari bir-biriga teng bo'lsa $\ell_1 = \ell_2 = \ell_3 = \cdots = \ell_n = \cdots = \ell_m = \frac{L}{m}$, unda (24) formula quyidagicha bo'ladi:

$$A_n \geq \frac{F[\sigma]^{n-1}}{\left([\sigma] - \gamma \frac{L}{m}\right)^n} = \frac{F}{[\sigma] \left(1 - \frac{\gamma L}{[\sigma] m}\right)^n}, \quad (25)$$

bu yerda m sterjenning pog'onalari soni;
 L sterjenning umumiy uzunligi.

Tayanch iboralar

Amaliy mashg'ulot, konstruksiya, mustahkamlik, bikirlik, ustivorlik, sirtqi kuchlar, zo'riqish, ruxsat etilgan kuchlanish, deformatsiya, elastiklik moduli, ko'ndalang deformatsiya, absolyut cho'zilish deformatsiya quvchanlik chegarasi; oquvchanlik chegarasi, ehtiyot koeffitsient, mustahkamlik sharti, pog'ona, xususiy og'irlik, logarifm xossalari, Xalqaro standartlashtirish tashkiloti, teng qarshilikli sterjen, ko'ndalang kesim yuzasi.

Test savollari

1. Sterjen – bu:

- A) cho'zilish yoki siqilishga qarshilik ko'rsatuvchi ingichka brusdir;
- B) cho'zilish yoki egilishga qarshilik ko'rsatuvchi ingichka brusdir;
- C) cho'zilish yoki buralishga qarshilik ko'rsatuvchi ingichka brusdir;

D) cho'zilish yoki ko'chishga qarshilik ko'rsatuvchi ingichka brusdir;

2. Sterjen ko'ndalang kesimidagi bo'ylama kuch – bu:

A) sterjenning ko'ndalang kesimida hosil bo'lgan normal kuchlanishlarning teng ta'sir etuvchisidir;

B) sterjenning ko'ndalang kesimida hosil bo'lgan normal kuchlanishlarning ko'paytmasidir;

C) sterjenning ko'ndalang kesimida hosil bo'lgan normal kuchlanishlarning proporsionalidir;

D) sterjenning ko'ndalang kesimida hosil bo'lgan normal kuchlanishlarning bo'linmasidir;

3. Sterjen ko'ndalang kesimidagi bo'ylama kuch qanday aniqlanadi?

A) kesish usuli orqali;

B) boshlang'ich parametr usuli orqali;

C) dinamik usul orqali;

D) kinematik usul orqali;

4. Sterjen ko'ndalang kesimidagi bo'ylama kuch ishoralari qanday qabul qilingan edi?

A) cho'zuvchi kuch musbat, siquvchi kuch manfiy;

B) cho'zuvchi kuch manfiy, siquvchi kuch musbat;

C) cho'zuvchi kuch manfiy, siquvchi kuch manfiy;

D) cho'zuvchi kuch va siquvchi kuch ishoralari ixtiyoriy;

5. Bo'ylama kuch epyurasi – bu:

A) sterjen ko'ndalang kesimida o'qi bo'ylab hosil bo'lgan bo'ylama kuchning o'zgarish qonunini ko'rsatuvchi grafikdir;

B) sterjenning ko'ndalang kesimida hosil bo'lgan normal kuchlanishlarning ko'paytmasi proporsionalligidir

C) sterjen ko'ndalang kesimida o'qi bo'ylab hosil bo'lgan bo'ylama kuchning o'zgarish chizig'ini ko'rsatuvchi grafikdir;

D) sterjen ko'ndalang kesimida o'qi bo'ylab hosil bo'lgan ko'ndalang kuchning bo'linish qonunini ko'rsatuvchi grafikdir;

6. Ya.Bernulli gipotezasi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

- A) sterjenning deformatsiyagacha tekis va sterjen o'qiga perpendikulyar bo'lgan esimlari deformatsiyasidan keyin ham tekis va sterjen o'qiga perpendikulyarligicha qoladi;
- B) sterjenning deformatsiyagacha tekis va sterjen o'qiga parallel bo'lgan kesimlar bir-biriga bosim ko'rsatmaydi;
- C) deformatsiyagacha tekis va sterjen o'qiga parallel bo'lgan kesimlari deformatsiyasidan keyin ham tekis va sterjen o'qiga parallel bo'lib qoladi;
- D) sterjen deformatsiyalanganda tekis kesimi yuzalari deformatsiyadan keyin egilib o'z joyidan qo'zg'aladi;

7. Absolyut bo'ylama cho'zilish deformatsiyasi – bu:

- A) sterjen o'qi bo'ylab yo'nalgan cho'zuvchi kuchlar ta'siri natijasida o'z uzunligining ortishidir;
- B) sterjenlarning shaklini o'zgartirishidir;
- C) sterjenlarning bikirligining juda ham ortib ketishidir;
- D) tashqi kuchlar ta'sirida sterjen hajmining o'zgarishidir;

8. Guk qonuni qanday ta'riflanadi?

A) elastiklik chegarasida cho'zilgan sterjenlarda normal kuchlanish nisbiy bo'ylama deformatsiyaga to'g'ri proporsionaldir;

B) elastiklik chegarasida ko'chishlar deformatsiyasining natijasida bo'lganligi uchun o'lchamlariga to'g'ri proporsionaldir;

C) elastiklik chegarasida cho'zilgan sterjenlarda elastiklik modulining ortishi doimo kuchga to'g'ri proporsionaldir;

D) elastiklik chegarasida cho'zilgan sterjenlarda normal kuchlanish nisbiy bo'ylama deformatsiyaga teskari proporsionaldir;

9. Guk qonunining matematik ifodasi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

A) $\Delta\ell = \frac{N\ell}{EA}$;

B) $\Delta\ell = \frac{NE}{\ell A}$;

$$C) \Delta l = \frac{\sigma E}{lA};$$

$$D) \Delta l = \frac{\sigma E}{\varepsilon A};$$

10. Absolyut bo'ylama deformatsiya sterjenga ta'sir etayotgan kuch, uzunligi va bikrligi bilan qanday bog'langan?

A) kuchga, uzunligiga to'g'ri proporsional va bikirligiga teskari proporsional;

B) kuchga, uzunligiga teskari proporsional va bikirligiga to'g'ri proporsional;

C) kuchga, uzunligiga va bikirligiga teskari proporsional;

D) kuchga, uzunligiga va bikirligiga to'g'ri proporsional;

11. Guk qonunining ikkinchi ko'rinishi matematik ifodasi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

$$A) \sigma = E\varepsilon;$$

$$B) E = \sigma\varepsilon;$$

$$C) \sigma = F/A;$$

$$D) \sigma = F\Delta l;$$

12. Yuqori uchi bilan qistirib mahkamlangan, uzunligi l , ko'ndalang kesim yuzasi A bo'lgan sterjen pastki erkin uchidagi F kuchdan hosil bo'lgan absolyut bo'ylama deformatsiya qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

$$A) \Delta l = \frac{Fl}{EA};$$

$$B) \Delta l = \frac{Nl}{2EA};$$

$$C) \Delta l = \frac{FE}{l\varepsilon};$$

$$D) \Delta l = \frac{\sigma E}{\varepsilon F};$$

13. Uzunligi l , ko'ndalang kesim yuzasi A bo'lgan yuqorigi uchi bilan qistirib mahkamlangan sterjenning $l/2$ kesimidagi F kuchidan hosil bo'lgan absolyut bo'ylama deformatsiya qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

$$A) \Delta l = \frac{Fl}{2EA};$$

$$B) \Delta l = \frac{F\ell}{EA};$$

$$C) \Delta l = \frac{FE}{\ell \varepsilon};$$

$$D) \Delta l = \frac{\sigma E}{\varepsilon F};$$

14. Uzunligi ℓ , ko'ndalang kesim yuzasi $2A$ bo'lgan yuqorigi uchi bilan qistirib mahkamlangan sterjenning $\ell/2$ kesimidagi F kuchidan hosil bo'lgan absolyut bo'ylama deformatsiya qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

$$A) \Delta l = \frac{F\ell}{4EA};$$

$$B) \Delta l = \frac{N\ell}{2EA};$$

$$C) \Delta l = \frac{FE}{\ell A};$$

$$D) \Delta l = \frac{\sigma E}{\varepsilon A};$$

15. Yuqorigi uchi qistirib mahkamlangan uzunligi ℓ , ko'ndalang kesim yuzasi $A/2$ bo'lgan sterjen pastki erkin uchidagi F kuchidan hosil bo'lgan absolyut bo'ylama deformatsiya qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

$$A) \Delta l = \frac{2F\ell}{EA};$$

$$B) \Delta l = \frac{N\ell}{2EA};$$

$$C) \Delta l = \frac{F\ell}{4EA};$$

$$D) \Delta l = \frac{FE}{\ell A};$$

16. Yuqorigi uchi qistirib mahkamlangan, uzunligi ℓ , ko'ndalang kesim yuzasi A bo'lgan sterjenning erkin uchidagi F kuchidan hosil bo'lgan bo'ylama deformatsiya sterjen uzunligi va kesim yuzasi 2 marta ortirilsa absolyut bo'ylama deformatsiya qanday o'zgaradi?

A) o'zgarmaydi;

B) ikki marta ortadi;

C) o'zgaradi;

D) ikki marta kamayadi;

17. Elastiklik moduli materialning qanday xususiyatini bildiradi?

- A) elastiklik moduli materialning elastiklik xususiyatini;
- B) elastiklik moduli materialning mexanik xususiyatini;
- C) elastiklik moduli materialning fizik xususiyatini;
- D) elastiklik moduli materialning geometrik xususiyatini;

18. Nisbiy ko'ndalang deformatsiya – bu:

- A) absolyut ko'ndalang deformatsiya Δb ning shu kesimning deformatsiyagacha bo'lgan o'lchami b ga nisbatidir;
- B) sterjenni cho'zuvchi ΔF kuchga va Δh balandligiga teskari proporsional bo'lgan deformatsiyadir;
- C) jismlarning tashqi kuch ΔF ta'siridan ko'ndalang kesim shakli va o'lchamining o'zgarishidir;
- D) sterjenlar cho'zilganda faqat nisbiy $\Delta \varepsilon$ bo'ylama deformatsiya hosil bo'ladi;

19. Cho'zilgan yoki siqilgan sterjen kesimi bikirligi nima?

- A) sterjenlarning ko'ndalang kesimi yuzasi yuzi bilan elastiklik modulining ko'paytmasi EA bikirlik deyiladi;
- B) sterjenlar ko'ndalang yuzasi bilan unda hosil bo'lgan normal kuchlanish ko'paytmasi bikirlik deyiladi;
- C) sterjenlar bo'ylama nisbiy deformatsiyasining kuchlanishga εA ko'paytmasiga bikirlik deyiladi;
- D) sterjenlarning ko'ndalang kesimida hosil bo'lgan zo'riqish kuchi kesim yuzasiga nisbatan bikirlik deyiladi;

20. Puasson koeffitsienti – bu:

- A) nisbiy ko'ndalang deformatsiyaning, nisbiy bo'ylama deformatsiyaga bo'lgan nisbatning absolyut miqdoridir;
- B) nisbiy ko'ndalang deformatsiyaning elastiklik moduliga bo'lgan nisbatning absolyut qiymatidir;
- C) nisbiy ko'ndalang deformatsiyaning, nisbiy bo'ylama deformatsiya ko'paytmasining absolyut qiymatidir;
- D) nisbiy ko'ndalang deformatsiyaning, nisbiy ko'ndalang deformatsiyaga bo'lgan nisbatning absolyut qiymatidir;

21. Sterjenning bikirlik koeffitsienti matematik ifodasi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

A) $c = \frac{EA}{\ell}$;

B) $\beta = \frac{\ell}{EA}$;

C) $\beta = \frac{c}{EA}$;

D) $c = \frac{\beta}{EA}$;

22. Sterjenning bikirlik koeffitsienti – bu:

A) sterjenni 1sm yoki 1mm cho'zuvchi kuchdir;

B) sterjenni 1kg yoki 10 N cho'zuvchi kuchdir;

C) sterjenni 1m yoki 1dm cho'zuvchi kuchdir;

D) sterjenni 10sm yoki 100mm cho'zuvchi kuchdir;

23. Sterjenning moyillik koeffitsienti qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

A) moyillik koeffitsienti sterjenning 10 N kuch ta'siridan $10^{-2}m$ ga uzayishi yoki qisqarish miqdoridir;

B) moyillik koeffitsienti sterjenning 10 N/m² kuch ta'siridan $10^{-1}m$ ga uzayishi yoki qisqarish miqdoridir;

C) moyillik koeffitsienti sterjenning 10 N/m³ kuch ta'siridan 10m ga uzayishi yoki qisqarish miqdoridir;

D) moyillik koeffitsienti sterjenning 10 ot kuch ta'siridan 1m ga uzayishi yoki qisqarish miqdoridir;

24. Sterjenning moyillik koeffitsienti –bu :

A) sterjenning bikirlik koeffitsientining teskari qiymatidir;

B) sterjenning bikirlik koeffitsienti absolyut qiymatidir;

B)sterjenning bikirlik koeffitsientining musbat qiymatidir;

D) sterjenning bikirlik koeffitsientining manfiy qiymatidir;

25. Sterjenning moyillik koeffitsienti matematik ifodasi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

A) $\beta = \frac{\ell}{EA}$;

B) $c = \frac{EA}{\ell}$;

C) $\beta = \frac{c}{EA}$;

D) $c = \frac{\beta}{EA}$;

26. Ya.Bernulli gipotezasiga asosan kuchlanish sterjen ko'ndalang kesim yuzasida qanday taqsimlanadi?

A) tekis taqsimlanadi;

B) ixtiyoriy taqsimlanadi;

C) notekis taqsimlanadi;

D) qiyshiq taqsimlanadi;

27. Cho'zilishdagi to'g'ri o'qli sterjen sirtiga chizilgan to'r qanday o'zgaradi?

A) sterjen o'qiga parallel to'g'ri chiziqlar paralelligicha qolib uzayadi, perpendikulyar chiziqlar perpendikulyarligicha qolib qisqaradi;

B) sterjen o'qiga parallel to'g'ri chiziqlar perpendikulyarligicha qolib uzayadi, perpendikulyar chiziqlar paralelligicha qolib qisqaradi;

C) sterjen o'qiga parallel to'g'ri chiziqlar paralelligicha qolib qisqaradi, perpendikulyar chiziqlar perpendikulyarligicha qolib uzayadi;

D) sterjen o'qiga parallel to'g'ri chiziqlar paralelligicha qolib uzayadi, perpendikulyar chiziqlar paralelligicha qolib uzayadi;

28. Cho'zilishdagi to'g'ri o'qli sterjenning kuch qo'yilgan kesimda ichki kuchlar qanday taqsimlanadi?

A) tekis taqsimlanmaydi;

B) tekis taqsimlanadi;

C) ixtiyoriy taqsimlanadi;

D) hech qanday qonun asosida taqsimlanmaydi;

29. Yuqori uchi qistirib maxkamlangan uzunligi ℓ , kesim yuzasi A bo'lgan pastki erkin uchidagi F kuchdan hosil

bo'lgan absolyut deformatsiya, kesim yuzasi $A/2$ teng bo'lsa qanday o'zgaradi?

- A) ikki marta ortadi;
- B) ikki marta kamayadi;
- C) ikki yarim marta kamayadi;
- D) ikki yarim marta ortadi;

30. Yuqori uchi qistirib maxkamlangan uzunligi l , kesim yuzasi A bo'lgan pastki erkin uchidagi F kuchdan hosil bo'lgan absolyut deformatsiya, uzunligi $l/2$ teng bo'lsa qanday o'zgaradi?

- A) ikki marta kamayadi;
- B) ikki marta ortadi;
- C) ikki yarim marta kamayadi;
- D) ikki yarim marta ortadi;

II BOB. V.K.KACHURIN MATERIALLAR QARSHILIGI MASALALAR TO'PLAMIDAGI MASALALARNING YECHIMI

2.1. Xususiy og'irlikni e'tiborga olish

2.1-masala. Agar bir metr kub betonning og'irligi $24kN$, elastiklik moduli $2 \cdot 10^4 MPa$ bo'lsa, balandligi $10m$ bo'lgan o'zgarmas kesimli beton ustunning eng katta qisuvchi kuchlanishini va to'la qisqarishini aniqlang?
 $E_b = 2 \cdot 10^{10} N/m^2$; $\gamma = 2,4 \cdot 10^4 N/m^3$.

Yechish. Beton ustunning to'la qisqarishi deformatsiyasi:

$$\Delta \ell = \frac{\gamma \cdot \ell^2}{2E} = \frac{2,4 \cdot 10^4 \cdot 1 \cdot 10^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{10}} = 0,6 \cdot 10^{-4} m = 0,06 mm.$$

Eng katta siquvchi kuchlanish:

$$\sigma_{\max} = \gamma \ell = 2,4 \cdot 10^4 \cdot 10 = 0,24 \cdot 10^6 Pa = 0,24 MPa.$$

2.2-masala. Og'irligi $16kN$ bo'lgan ko'targich kleti $h = 140 m$ chuqurlikda ikki sim arqonga osib qo'yilgan. Har bir sim arqon ko'ndalang kesim yuzasi $1,25 sm^2$, bir metrining og'irligi $15 N$ ga teng. Sim arqon dastlab sinab ko'rilganda shu narsa aniqlanganki, uzunligi $1m$ bo'lgan sim arqon kesmasi $10kN$ kuch ta'sirida $0,5mm$ ga uzayadi. Sim arqonning yuqori va pastki uchlarida zo'riqishlar qanchaga teng va uning to'liq uzayishi aniqlansin?

Berilganlar: Ko'targich og'irligi $Q = F = 16kN = 16000N$, kleti chuqurliigi $h = 140m = 14000sm$, tross ko'ndalang kesim yuzasi $A = 1,25 sm^2$, bir metrik uzunligining og'irligi $q = 15 N$, $F = 10kN$; $\ell = 1m = 100sm$; $\Delta \ell = 0,5mm = 0,05sm$.

Yechish.

$$E = \frac{F \ell}{\Delta \ell A} = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 1}{5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,25 \cdot 10^{-4}} = 16 \cdot 10^{10} N/m^2.$$

Sim arqonni pastki uchidagi kuchlanish:

$$\sigma_{pas} = \frac{F}{2A} = \frac{16 \cdot 10^3}{2 \cdot 1,25 \cdot 10^{-4}} = 64 \text{MPa}.$$

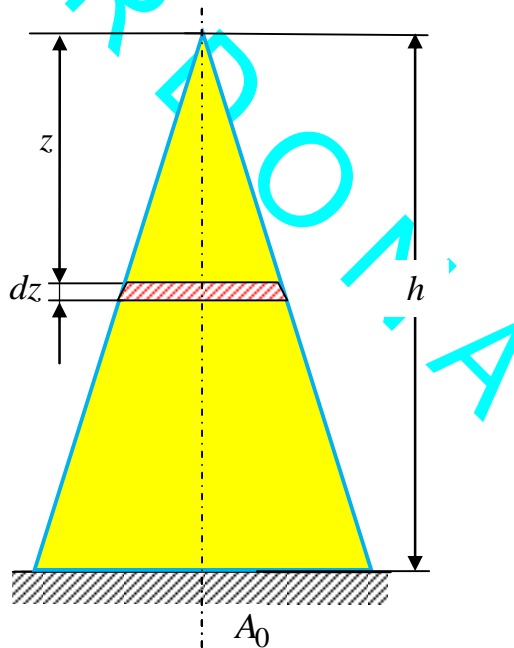
Sim arqonni yuqori uchidagi kuchlanish:

$$\sigma_{yuq} = \frac{F + 2\gamma A\ell}{2A} = \frac{F}{2A} + \gamma\ell = 64 \cdot 10^6 + 12 \cdot 10^4 \cdot 140 = 80,8 \text{MPa}.$$

Sim arqonni to'liq uzayishi:

$$\Delta\ell = \frac{(F/2)\ell}{EA} + \frac{\gamma\ell^2}{2E} = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 140}{16 \cdot 10^{10} \cdot 1,25 \cdot 10^{-4}} + \frac{12 \cdot 10^4 \cdot (140)^2}{2 \cdot 16 \cdot 10^{10}} = 63,35 \text{mm}.$$

2.3-masala. 2.4-rasmda tasvirlangan ustunning ko'ndalang kesim yuzasi formula $A_z = A \frac{z_0}{h}$ ga muvofiq o'zgaradi. Agar γ va E ma'lum bo'lsa, ustunning o'z xususiy og'irligidan to'liq qisqarishini aniqlang?



2.4-rasm. Konussimon ustun.

Yechish. Ustunning erkin uchidan z masafadagi birorta dz kichik uzunlikdagi elementni ajratib olamiz. Bu kichik elementning hajmi yuzasi bilan balandligi ko'paytmasiga teng bo'ladi.

Ustunning z uzunlikdagi yuqori qismining hajmi quyidagiga teng:

$$dV = A_z \cdot dz = A \frac{z}{h} dz.$$

Shu qismning og'irligi:

$$V_z = \int_0^z dV = \int_0^z A \frac{z}{h} dz = A \frac{z^2}{2h}.$$

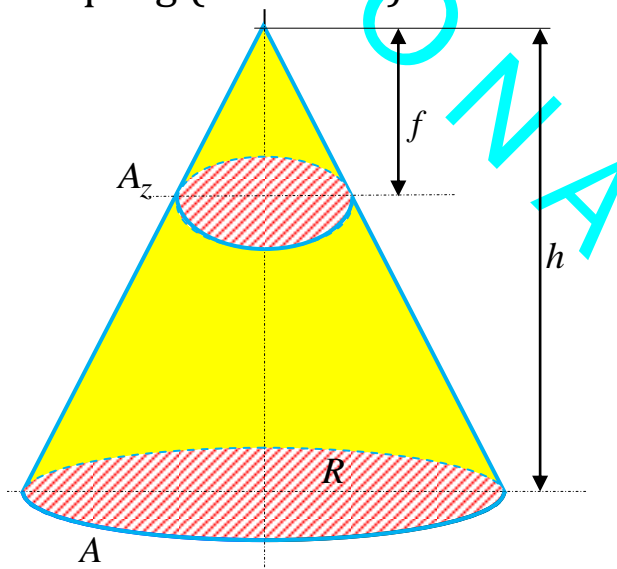
Balandligi z bo'lgan yuqori qismining og'irligi ta'sirida balanddagi ustunning uzluksiz kichik hajmining qisqarishi:

$$\Delta dz = \frac{\varphi_z dz}{EA_z} = \frac{\gamma A z^2 \cdot h \cdot dz}{2h \cdot EA_z} = \frac{\gamma dz}{2E}.$$

Butun ustunning qisqarishi esa

$$\Delta h = \int_0^h \Delta dz = \int_0^h \frac{\gamma \cdot z \cdot dz}{2E} = \frac{\gamma \cdot h^2}{4E}.$$

2.4-masala. Agar materialning hajmiy og'irligi γ va elastiklik moduli E ma'lum bo'lsa, asosining radiusi R bo'lgan h balandlikdagi konusning xususiy og'irligidan to'liq kattalashishini aniqlang (2.5-rasm.)?



2.5-rasm. Konussimon ustun.

Yechish. Konus asosini yuzi $A = \pi R^2$, ko'ndalang kesim yuzini o'zgarishi $A_z = A \frac{z}{h}$ konusning absolyut siqilish

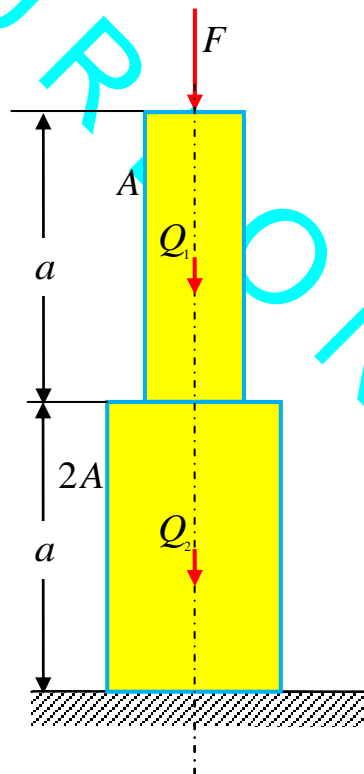
deformatsiyasini aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$\Delta dz = \frac{Q_z dz}{EA_z}; \quad Q_z = \frac{\gamma dz A_z}{3} = \frac{\gamma z^2 A}{3h}. \quad \Delta d = \frac{\gamma dz}{3E}.$$

[0, h] oraliqda integrallab konusning absolyut siqilish deformatsiyasini aniqlaymiz:

$$\Delta h = \Delta l = \int_0^h \frac{\gamma z dz}{3E} = \frac{\gamma z^2}{6E} \Big|_0^h = \frac{\gamma h^2}{6E}.$$

2.5-masala. Agar materialning hajmiy og'irligi γ va elastiklik moduli E ma'lum bo'lsa, 2.6-rasmda tasvirlangan sterjenning xususiy og'irligini hisobga olib, uning to'liq qisqarishini aniqlang?



2.6-rasm. Qistirib mahkamlangan ustunlar.

Yechish. Sterjenning absolyut siqilish deformatsiyasini aniqlash uchun R.Guk qonunidan foydalanamiz.

F kuchidan sterjenning ikkala oraliq'ining qisqarishi quyidagiga teng:

$$\Delta l_F = \frac{Fa}{AE} + \frac{Fa}{2AE}.$$

Sterjenning xususiy $Q_1 = \gamma \cdot A \cdot a$ og'irligidan yuqorigi oraliqning qisqarishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta l_{1,x} = \frac{(\gamma \cdot A \cdot a) \cdot a}{2AE} = \frac{\gamma \cdot a^2}{2E}.$$

$Q_1 = \gamma \cdot A \cdot a$ pastki oraliq uchun tashqi kuch hisoblanadi va uning ta'sirida qisqarish:

$$\Delta l = \frac{\gamma \cdot A \cdot a \cdot a}{2AE} = \frac{\gamma \cdot a^2}{2E}.$$

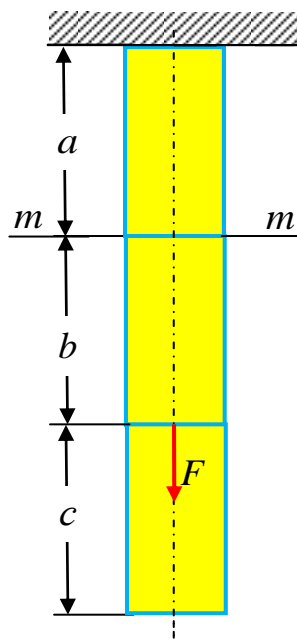
2- oraliq $Q_2 = \gamma \cdot 2A \cdot a$ xususiy og'irligidan qisqarishi:

$$\Delta l = \frac{\gamma \cdot 2A \cdot a \cdot a}{2 \cdot 2 \cdot AE} = \frac{\gamma \cdot a^2}{2E}.$$

Sterjenning to'la qisqarish:

$$\Delta l_F = \frac{Fa}{AE} + \frac{Fa}{2AE} + \frac{\gamma \cdot a^2}{2E} + \frac{\gamma \cdot a^2}{2E} + \frac{\gamma \cdot a^2}{2E} = \frac{3Fa}{2AE} + \frac{3\gamma \cdot a^2}{2E}$$

2.6-masala. Agar materialning hajmiy og'irligi γ va elastiklik moduli E ma'lum bo'lsa, 2.7-rasmda tasvirlangan ko'ndalang kesimi A bo'lgan sterjenning siqilishini xususiy og'irligini hisobga olib aniqlang?



2.7-rasm.

Yechish. Sterjenning $m-m$ kesimi ko'chishini aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$\Delta l = \Delta l_F + \Delta l_c + \Delta l_b + \Delta l_a.$$

Bunda

$$\Delta l_F = \frac{Nl}{EA}; \Delta l_c = \frac{C_c \cdot a}{EA}; \Delta l_b = \frac{C_b \cdot a}{EA}; \Delta l_a = \frac{C_a \cdot a}{2EA}.$$

$$N = F; G_c = \gamma Ac; G_b = \gamma Ab; G_a = \gamma Aa.$$

$$\Delta l = \frac{Fa}{EA} + \frac{\gamma Aca}{EA} + \frac{\gamma Aba}{EA} + \frac{\gamma Aaa}{2EA} = \frac{Fa}{EA} + \frac{\gamma(b+c)a}{E} + \frac{\gamma a^2}{2E}.$$

2.7-masala. Yuqori uchidan vertikal osilgan po'lat sterjen faqat xususiy og'irligi ta'sirida qanday uzunlikda uziladi? Po'latning mustahkamlik chegarasini $\sigma_u = 500 \text{ MPa}$ deb oling $\gamma = 7,8 \cdot 10^4 \text{ N/m}^3$.

Yechish. xususiy og'irligi ta'siridan qanday uzunlikda uzilishini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$l_{cheg} = \frac{\sigma_u}{\gamma} = \frac{500 \cdot 10^6}{7,8 \cdot 10^4} = 64,1 \cdot 10^2 \text{ m} = 6,41 \text{ km}.$$

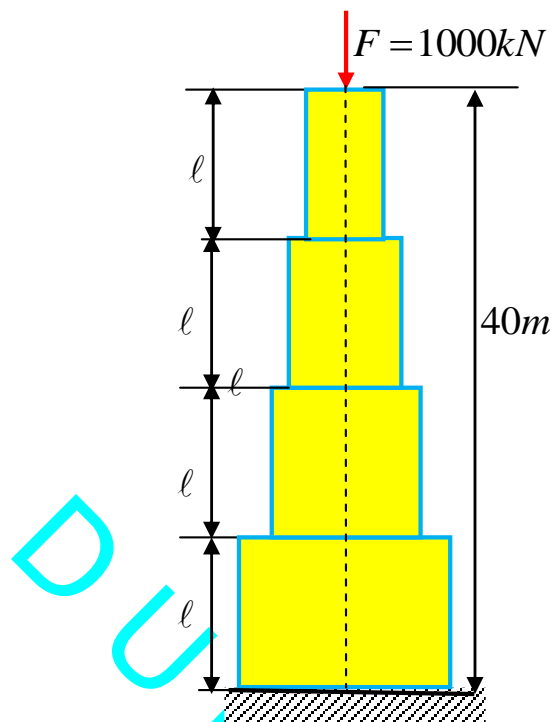
2.8-masala. Balandligi 10 m bo'lgan va 650 kN kuch yuklangan g'ishtli ustunning kvadrat shaklidagi ko'ndalang kesim o'lchamlarini aniqlang? Ustunning solishtirma og'irligi, $\gamma = 2 \cdot 10^4 \text{ N/m}^3$. Siqilishga ruxsat etilgan kuchlanish 100 N/sm^2 . Ustunning yuqori va o'rta kesimlaridagi kuchlanishlarni aniqlang? Agar xususiy og'irligi hisobga olinmasa, ko'ndalang kesimi o'lchamlari hisob bo'yicha qanchaga teng bo'lar edi?

Yechish. Agar ustunning xususiy og'irligini e'tiborga olmasak unda ko'ndalang kesim yuzasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$a^2 = A = \frac{F}{\sigma_{adm}} = \frac{65000}{100} = 6500 \text{ sm}^2; \quad a \approx 81 \text{ sm}.$$

Xususiy og'irligini e'tiborga olsak unda ko'ndalang kesim yuzasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$a^2 = A = \frac{F}{\sigma_{adm} - \gamma \ell} = \frac{65000}{100 - 2 \cdot 10} = 8125 \text{ sm}^2; \quad a = 90 \text{ sm}.$$



2.7-rasm.

Ustunning yuqorigi kesimlarida hosil bo'ladigan siquvchi kuchlanishlarni quyidagi formulalardan aniqlaymiz:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{65000}{0,8125} = 800000 \text{ Pa} = 0,8 \text{ MPa}.$$

Ustunning o'rta kesimlarida hosil bo'ladigan siquvchi kuchlanishlarni quyidagi formulalardan aniqlaymiz:

$$\sigma = \frac{F + \gamma A(h/2)}{A} = \frac{65000 + 2 \cdot 10^4 \cdot 0,8125 \cdot 5}{0,8125} = 900000 \text{ Pa} = 0,9 \text{ MPa}.$$

2.9-masala. Balandligi 40m bo'lgan va 1000 kN kuch bilan siqilgan, bir xil uzunlikdagi to'rtta oraliqqa bo'lingan pog'onali ustunning ko'ndalang kesimlari yuzalarini aniqlang?. Ustun materialining solishtirma og'irligi $\gamma = 2 \cdot 10^4 \text{ N/m}^3$, ruxsat etilgan kuchlanish 0,8MPa. Kuchlanishlarining ustun uzunligi bo'yicha taqsimlanish epyurasini yasang?

Yechish. Pog'onali ustunlarning ko'ndalang kesim yuzasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$A_n \geq \frac{N_{n-1}}{\sigma_{adm} - \gamma^n} = \frac{A_{n-1} \sigma_{adm}}{\sigma_{adm} - \gamma^n} = \frac{F(\sigma_{adm})^{n-1}}{(\sigma_{adm} - \gamma^1)(\sigma_{adm} - \gamma^2)(\sigma_{adm} - \gamma^3) \cdots (\sigma_{adm} - \gamma^n)}$$

Uzunligi 40 metr bo'lgan ustun to'rtta teng oraliqdan iborat bo'lganligi uchun har bir oraliqning uzunligi 10 metrdan bo'ladi.

Birinchi pog'onaning ko'ndalang kesimi yuzasini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$A_1 \geq \frac{F}{\sigma_{adm} - \gamma^1} = \frac{10^6}{8 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^4 \cdot 10} = 1,67 m^2.$$

Ikkinchi pog'onaning ko'ndalang kesimi yuzasini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$A_2 \geq \frac{N_1}{\sigma_{adm} - \gamma^2} = \frac{F + \gamma A}{\sigma_{adm} - \gamma^2} = \frac{10^6 + 2 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 1,67}{8 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^4 \cdot 10} = 2,23 m^2.$$

Uchinchi pog'onaning ko'ndalang kesimi yuzasini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$A_3 \geq \frac{N_2}{\sigma_{adm} - \gamma^3} = \frac{F + \gamma_1 A_1 + \gamma_2 A_2}{\sigma_{adm} - \gamma^3} = \frac{10^6 + 2 \cdot 10^4 \cdot 10^3 \cdot 1,67 + 2 \cdot 10^4 \cdot 2,23}{80 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^4 \cdot 10} = 2,97 m^2.$$

To'rtinchi pog'onaning ko'ndalang kesimi yuzasini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$A_4 \geq \frac{F + \gamma_1 A_1 + \gamma_2 A_2 + \gamma_3 A_3}{\sigma_{adm} - \gamma^4} = A_3 + \frac{\gamma_3 A_3}{\sigma_{adm} - \gamma^4} = 2,97 + \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 2,97}{80 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^4 \cdot 10} = 2,97 + \frac{5,93}{6} = 3,95 m^2.$$

2.10-masala. Uzunligi 120m bo'lgan burg'ulash agregatining shtangasi ichki diametri 25mm li po'lat trubadan iborat bo'lib, yuqori uchidan mahkamlab qo'yilgan va pastki uchiga bo'ylama cho'zuvchi 20 kN kuch bilan yuklangan. Shtanga devorining qalinligini ikki holat uchun: xususiy og'irligi hisobga olib va xususiy og'irligini hisobga olmay aniqlang. Agar shtanganing xususiy og'irligi hisobga olmasdan loyihalansa, xususiy og'irligini hisobga olgandagi haqiqiy zo'riqishlar ruxsat etilgan zo'riqishlardan qancha foiz yuqori

bo'ladi?. Berilganlar: ruxsat etilgan kuchlanish $\sigma_{adm} = 100 \text{ MPa}$; $F = 20 \text{ kN}$; $\gamma = 7,8 \cdot 10^4 \text{ N/sm}^2$.

Yechish. Shtanganing ichki diametri $d = 0,025 \text{ m}$ qalinligi $t = \frac{D-d}{2}$ bilan belgilaymiz.

Shtanganing faqat sirtqi kuch ta'siridan mustahkamlik sharti quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{\pi \frac{D^2 - d^2}{4}} \leq \sigma_{adm}; D^2 \geq \frac{4F}{\pi \sigma_{adm}} + d^2 = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^4}{13,14 \cdot 10^8} + (0,025)^2 = 8,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2.$$

$$D = 29,65 \text{ mm}.$$

Shtanganing qalinligi xususiy og'irligi e'tiborga olmaganida quyidagiga teng bo'ladi:

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{29,65 - 25}{2} = 2,3 \text{ mm}.$$

Shtanganing sirtqi kuch va xususiy og'irligi ta'siridagi shtanganing ko'ndalang kesim yuzasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$A \geq \frac{F}{\sigma_{adm} - \gamma t} = \frac{20 \cdot 10^3}{10^8 - 7,8 \cdot 10^4 \cdot 120} = \frac{2 \cdot 10^4}{10^4 (10^4 - 7,8 \cdot 120)} = 2,21 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 2,21 \text{ sm}^2.$$

$$A \geq \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = 2,21 \text{ sm}^2; D \geq \sqrt{\frac{4A}{\pi} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,21}{\pi} + (2,5)^2} = 3 \text{ sm}.$$

Shtanganing xususiy og'irligi e'tiborga olinganda qalinligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{3 - 2,5}{2} = 0,25 \text{ sm} = 2,5 \text{ mm}.$$

Ko'ndalang kesim yuzasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$A \geq \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi}{4} [3^2 - (2,5)^2] = 2,16 \text{ sm}^2.$$

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A} = \frac{20 \cdot 10^3}{2,16 \cdot 10^4} = 92,6 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 92,6 \text{ MPa}.$$

Shtanganing faqat sirtqi kuch ta'siridan ko'ndalang kesim yuzasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$A \geq \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi}{4} [(2,965)^2 - (2,5)^2] = 2,00 \text{ sm}^2.$$

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A} = \frac{20 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^4} = 100,0 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 100 \text{ MPa}.$$

2.11-masala. Balandligi 42 m bo'lgan va $F = 4000 \text{ kN}$ siquvchi kuch bilan yuklangan ko'prik tayanchining hajmi quyidagi uch hol uchun aniqlansin: 1. o'zgarmas kesimli tayanch; 2. bir xil uzunlikdagi uch pog'onali tayanch; 3. teng qarshilikli tayanch.

Berilganlar: Tayanch materialining hajmiy og'irligi $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$; ruxsat etilgan kuchlanish $\sigma_{adm} = 1,2 \text{ MPa}$, balandligi $\ell = 42 \text{ m}$; siquvchi kuch $F = 4000 \text{ kN}$.

Yechish. 1) Ko'prikning o'zgarmas kesimli tayanchi ko'ndalang kesim yuzasini aniqlaymiz:

$$A \geq \frac{F}{\sigma_{adm} - \gamma \ell} = \frac{4 \cdot 10^6}{1,2 \cdot 10^6 - 22 \cdot 10^3 \cdot 42} = 14,49 \text{ m}^2.$$

Unda ko'prikning o'zgarmas kesimli tayanchi hajmi quyidagiga teng bo'ladi:

$$V_1 = A \cdot \ell = 14,49 \cdot 42 = 608 \approx 610 \text{ m}^3;$$

2) Ko'prikning tayanchi pog'onali uchta bir xil uzunlikdan iborat bo'lganda ko'ndalang kesim yuzalarini aniqlaymiz.

Birinchi pog'ona ko'ndalang kesim yuzasi:

$$A_1 \geq \frac{F}{\sigma_{adm} - \gamma \ell_1} = \frac{4000 \cdot 10^3}{(1200 - 22 \cdot 14)10^3} = 4,48 \text{ m}^2.$$

Ikkinchi pog'ona ko'ndalang kesim yuzasi:

$$A_2 \geq \frac{F + \gamma A_1 \ell_1}{\sigma_{adm} - \gamma \ell_2} = \frac{(4000 + 22 \cdot 4,48 \cdot 14) \cdot 10^3}{(1200 - 22 \cdot 14)10^3} = 6,03 \text{ m}^2.$$

Uchinchi pog'ona ko'ndalang kesim yuzasi:

$$A_3 \geq \frac{F + \gamma A_1 \ell_1 + \gamma A_2 \ell_2}{\sigma_{adm} - \gamma \ell_3} = \frac{(4000 + 22 \cdot 4,48 \cdot 14 + 22 \cdot 6,03 \cdot 14) \cdot 10^3}{(1200 - 22 \cdot 14)10^3} = 8,11 \text{ m}^2.$$

Unda ko'prikning pog'onali kesimli tayanchi hajmi quyidagiga teng bo'ladi:

$$V_2 = A_1 \cdot \ell_1 + A_2 \cdot \ell_2 + A_3 \cdot \ell_3 = 4,48 \cdot 14 + 6,03 \cdot 14 + 8,11 \cdot 14 = 261 \text{ m}^3;$$

3) Ko'priknig tayanchi teng qarshilikli tayanch bo'lganda, ko'ndalang kesim yuzasini aniqlaymiz:

$$A_0 = \frac{F}{\sigma_{adm}} = 3,3 \text{ m}^2.$$

$$A = A_0 (e)^{\frac{22 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 10^6}} = 3,33 (2,71)^{\frac{22 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 10^6}} = 7,19 \text{ m}^2.$$

Kesik konus hajmi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$V = \frac{\ell}{3} [A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2] = 14 [3,33 + \sqrt{3,33 \cdot 7,19} + 7,19] = 216 \text{ m}^3.$$

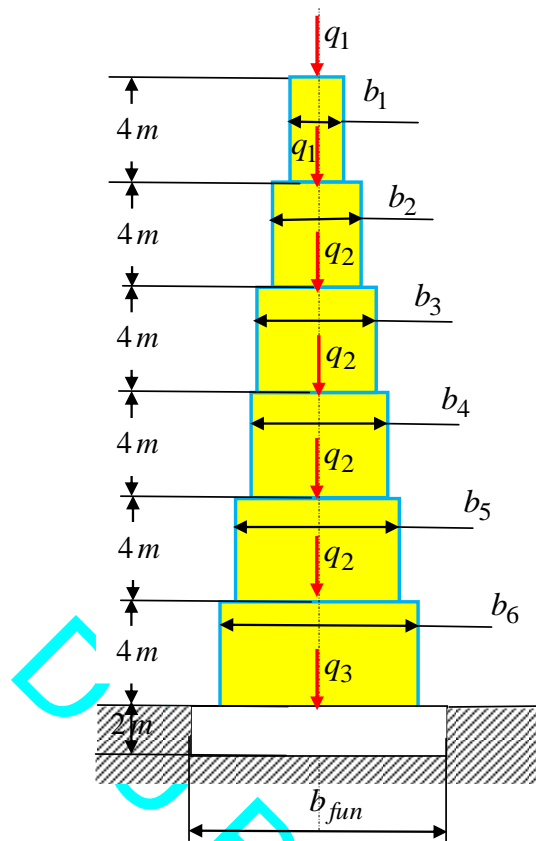
2.12-masala. Rasmda olti qavatli g'ishtli bino devorining ko'ndalang kesimi qirgimi ko'rsatilgan. Chordoq yopmasi va tomdan devorning har bir metriga $q_1 = 60 \text{ kN/m}$ qavatlararo yopmalaridan $q_2 = 40 \text{ kN/m}$ va pastki qavat polidan $q_3 = 30 \text{ kN/m}$ kuch ta'sir qiladi. Bu kuchlar devor o'qi bo'ylab yo'nalgan. Devor va poydevor materialining hajmiy og'irligi 20 kN/m^3 . Agar ruxsat etilgan kuchlanish $\sigma_{adm} = 0,6 \text{ MPa}$ bo'lsa, har bir qavatdagi devorning eng kichik qalinligini va agar gruntga ruxsat etilgan bosim $\sigma_{adm} = 0,5 \text{ MPa}$ bo'lsa, poydevor enini aniqlang (2.7.-rasm)?

Yechish. Poydevor enini mustahkamlik shartidan foydalanib aniqlaymiz:

$$b_1 \cdot 1 = A_1 \geq \frac{1 \cdot q_1}{\sigma_{adm} - \gamma_1} = \frac{60 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^3 \cdot 4} = \frac{6}{52} = 0,1154 \text{ m}^2; \quad b_1 = 11,54 \text{ sm.}$$

$$b_2 \cdot 1 = A_2 \geq \frac{1 \cdot q_1 + q_2 \cdot 1 + \gamma_1 \ell_1}{\sigma_{adm} - \gamma_2} = \frac{60 \cdot 10^3 + 40 \cdot 10^3 + 20 \cdot 10^3 \cdot 0,1154 \cdot 4}{0,6 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^3 \cdot 4} =$$

$$= \frac{100 + 9,2}{520} = 0,210 \text{ m}^2; \quad b_1 = 21 \text{ sm.}$$



2.7.-rasm. Pog'onali devor ko'ndalang kesimi.

$$b_3 \cdot 1 = \frac{1 \cdot q_1 + 2 \cdot q_2 + \gamma A_1 l_1 + \gamma A_2 l_2}{\sigma_{adm} - \lambda l_3} = \frac{60 \cdot 10^3 + 2 \cdot 40 \cdot 10^3 + 20 \cdot 10^3 \cdot 0,1154 \cdot 4}{0,6 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^3 \cdot 4} +$$

$$+ \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 0,21 \cdot 4}{0,6 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^3 \cdot 4} = \frac{149,2 + 16,8}{520} = 0,32 \text{ sm}^2; \quad b_3 = 32 \text{ sm.}$$

$$b_4 \cdot 1 = A_4 \geq \frac{1 \cdot q_1 + 3q_2 + \gamma A_1 l_1 + \gamma A_2 l_2 + \gamma A_3 l_3}{\sigma_{adm} - \gamma l_4} =$$

$$= \frac{26 + 60 \cdot 10^3 + 3 \cdot 40 \cdot 10^3 + 20 \cdot 10^3 \cdot 0,32 \cdot 4}{0,6 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^3 \cdot 4} =$$

$$= \frac{180 + 26 + 24}{520} = 0,4423 \text{ m}^2; \quad b_4 = 44,2 \text{ sm.}$$

$$b_5 \cdot 1 = A_5 \geq \frac{1 \cdot q_1 + 4q_2 + \gamma (A_1 l_1 + A_2 l_2 + A_3 l_3 + A_4 l_4)}{\sigma_{adm} - \gamma l_5} =$$

$$= \frac{[60 + 4 \cdot 40 + 20 \cdot 4(0,1154 + 0,21 + 0,32 + 0,44)] \cdot 10^3}{0,6 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^3 \cdot 4} =$$

$$= \frac{220 + 86,6}{520} = 0,59 \text{ m}^2; \quad b_5 = 59 \text{ sm.}$$

$$\begin{aligned}
 b_6 \cdot 1 = A_6 &\geq \frac{1 \cdot q_1 + 5q_2 + \gamma(A_1 \ell_1 + A_2 \ell_2 + A_3 \ell_3 + A_4 \ell_4 + A_5 \ell_5)}{\sigma_{adm} - \gamma \ell_6} = \\
 &= \frac{[60 + 5 \cdot 40 + 20 \cdot 4(0,1154 + 0,21 + 0,32 + 0,44 + 0,59)] \cdot 10^3}{0,6 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^3 \cdot 4} = \\
 &= \frac{260 + 134}{520} = 0,7576 m^2; \quad b_6 = 76 \text{ sm.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_f \cdot 1 = A_f &\geq \frac{1 \cdot q_1 + 5q_2 + q_3 + \gamma(A_1 \ell_1 + A_2 \ell_2 + A_3 \ell_3 + A_4 \ell_4 + A_5 \ell_5 + A_6 \ell_6)}{\sigma_{adm} - \gamma \ell_f} = \\
 &= \frac{[60 + 6 \cdot 40 + 30 + 20 \cdot 4(0,1154 + 0,21 + 0,32 + 0,44 + 0,59 + 0,76)] \cdot 10^3}{0,6 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^3 \cdot 2} = \\
 &= \frac{330 + 194,8}{460} = 1,1409 m^2; \quad b_f = 114 \text{ sm.}
 \end{aligned}$$

2.13-masala. Ko'ndalang kesim yuzasi A va uzunligi $\ell = 300m$ bo'lgan vertikal po'lat sterjen $60MPa$ kuchlanishda bo'ylama kuch F bilan ishlaydi. Sterjenning kesimi o'lchamlarini ham, unga tushadigan kuchlarni ham o'zgartirmagan holda ruxsat etiladigan kuchlanishni $65MPa$ gacha oshirish mumkin deb hisoblab, sterjenni uzunroq olish talab qilinadi. Sterjenni qancha uzunroq olish mumkin?

Yechish. Sterjenning mustahkamlik sharti quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma'_{\max} = \frac{F + \gamma A \ell_1}{A} \leq \sigma_{adm,1}.$$

Ruxst etilgan kuchlanish orttirilgandan keyin sterjenning mustahkamlik sharti quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma''_{\max} = \frac{F + \gamma A \ell_2}{A} \leq \sigma_{adm,2}.$$

Ruxst etilgan kuchlanish orttirilgandan keyin sterjenning uzunligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\ell_2 = \ell_1 + x.$$

Unda ruxst etilgan kuchlanish orttirilgandan keyin sterjenning mustahkamlik shartini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\sigma''_{\max} = \frac{F + \gamma A \ell_1 + \gamma A x}{A} \leq \sigma_{adm,2}.$$

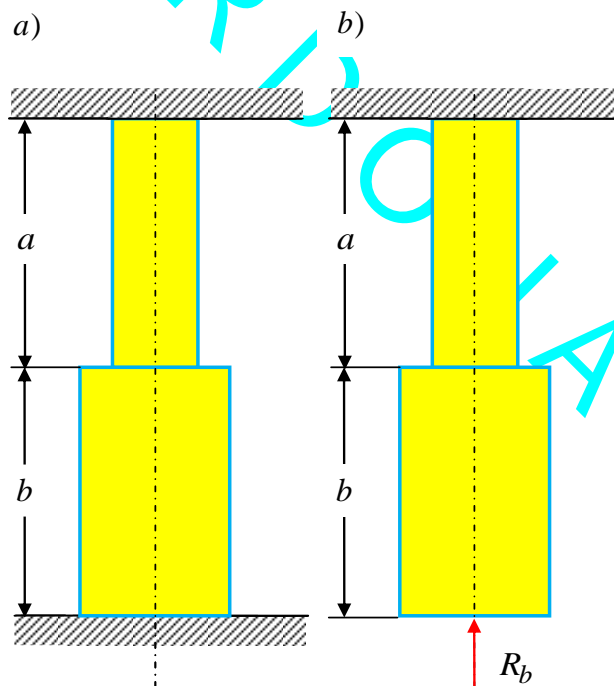
Bu ifodani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\sigma_{adm,1} + \gamma x \leq \sigma_{adm,2}.$$

Bundan sterjen uzunligi qanchaga ortishni aniqlash mumkin:

$$x \leq \frac{\sigma_{adm,2} - \sigma_{adm,1}}{\gamma} = \frac{65 \cdot 10^6 - 60 \cdot 10^6}{7,8 \cdot 10^4} = \frac{500}{7,8} = 64,1m.$$

2.14-masala. 2.8,a-rasm tasvirlangan sterjenning ko'ndalang kesimlaridagi eng katta cho'zuvchi zo'riqishlarini aniqlang. Sterjen materialining hajmiy og'irligi γ elastiklik moduli E . Sterjenning yuqorigi oralig'i ko'ndalang kesim yuzasi A_1 pastki oralig'i ko'ndalang kesim yuzasi A_2 bilan belgilangan.



2.8.masala. Ikki uchi bilan mahkamlangan sterjen.

Yechish.

1. Masalaning statik tomonini qaraymiz. R_a yuqorigi qismidagi reaksiya kuchini va R_b bilan pastki qismidagi reaksiyani belgilaymiz. Reaksiyalarning har ikkalasi ham yuqoriga yo'nalgan bo'lsin deb qabul qilamiz. Bunday holda tekislikda sterjen uchun 2 ta muvozanat tenglamasi avtomat ravishda ayniyatga aylanadi. Shuning uchun yagona vertikal o'qqa sterjenning og'irlik kuchi bilan reaksiya kuchlari proeksiyalar yig'indisi nolga tenglik muvozanat tenglamasidan quyidagini hosil qilamiz:

$$\gamma A_1 a + \gamma A_2 b = R_a + R_b. \quad (1)$$

Bu tenglamada ikkita noma'lum R_a va R_b qatnashganligi sababli masala bir marta statik noaniq ekanligi ko'rinib turibdi.

2. Masalaning geometrik tomonini qaraymiz. Asosiy sistema qabul qilamiz va uni R_b yuk bilan yuklaymiz (2.6, b)-rasm). Sterjenning R_b kuchidan hosil bo'lgan absolyut cho'zilish deformatsiyasi bilan xususiy og'irlikidan hosil bo'lgan deformatsiyalarning yig'indisi nolga teng bo'lishi shart ekanligi rasmdan ko'rinib turibdi:

$$\Delta l_R + \Delta l_{xus.og'} = 0. \quad (2)$$

Sterjenning reaksiya R_b kuchidan absolyut bo'ylama qisqarishi:

$$\Delta l = -\frac{R_b}{E} \left(\frac{b}{A_2} + \frac{a}{A_1} \right) = \frac{R_b}{E} \frac{b}{A_2} \left(1 + \frac{aA_2}{bA_1} \right). \quad (3)$$

Sterjenning xususiy og'irlikidan absolyut bo'ylama cho'zilishi:

$$\Delta l = \frac{\gamma b^2}{2E} + \frac{\gamma a^2}{2E} + \frac{\gamma A_2 b a}{A_1 E} = \frac{\gamma b^2}{2E} \left[1 + \left(\frac{a}{b} \right)^2 + 2 \frac{A_2 a}{b A_1} \right]. \quad (4)$$

Bu (3) va (4) ifodalarni (2) tenglamaga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{R_b b}{A_2 E} \left[1 + \frac{A_2 a}{b A_1} \right] = \frac{\gamma b^2}{2E} \left[1 + \left(\frac{a}{b} \right)^2 + 2 \frac{A_2 a}{b A_1} \right]. \quad (5)$$

Bundan R_b noma'lum tayanch reaksiya kuchini aniqlaymiz:

$$R_b = \frac{\gamma b A_2}{2} \frac{1 + \left(\frac{a}{b}\right)^2 + 2 \frac{A_2 a}{b A_1}}{\left[1 + \frac{A_2 a}{b A_1}\right]}. \quad (6)$$

Unda (2) tenglamadan ikkinchi reaksiya kuch R_a ni aniqlaymiz:

$$R_a = \gamma A_1 a + \gamma A_2 b - R_b = \gamma A_1 a + \gamma A_2 b - \frac{\gamma b A_2}{2} \frac{1 + \left(\frac{a}{b}\right)^2 + 2 \frac{A_2 a}{b A_1}}{\left(1 + \frac{A_1 a}{b A_2}\right)}. \quad (7)$$

Bundan R_a reaksiya kuchi quyidagicha:

$$R_a = \frac{\gamma A_1 a}{2} \frac{1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 2 \frac{A_1 b}{a A_2}}{\left(1 + \frac{A_1 b}{a A_2}\right)}. \quad (8)$$

Eng katta cho'zuvchi kuchlanish:

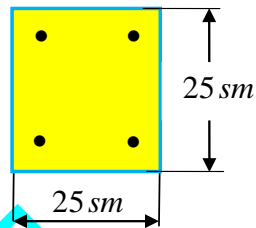
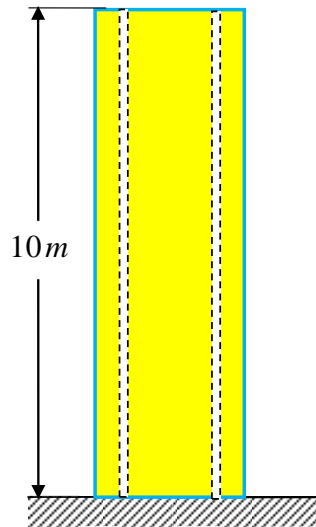
$$\sigma_{ch} = -\frac{R_a}{A} = -\frac{\gamma \cdot a}{2} \cdot \frac{1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 2 \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{F_1}{F_2}\right)}{1 + \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{F_1}{F_2}\right)}.$$

Eng kichik siquvchi kuchlanish:

$$\sigma_{ch} = -\frac{R_b}{A} = -\frac{\gamma \cdot b}{2} \cdot \frac{1 + \left(\frac{a}{b}\right)^2 + 2 \left(\frac{a}{b}\right) \left(\frac{F_2}{F_1}\right)}{1 + \left(\frac{a}{b}\right) \left(\frac{F_2}{F_1}\right)}.$$

2.15-masala. 2.9- Rasmda ko'rsatilgan o'lchamlardagi temir-beton ustun faqat xususiy og'irligi bilan yuklangan. Agar temir-betonning hajmiy og'irligi 25 kN/m^3 bo'lsa, ustun betoni va armaturasidagi kuchlanishni aniqlang. Po'lat armatura va beton elastiklik modullari nisbatini 15 ga teng deb qaralsin, armaturaning diametri 25 mm .

Berilganlar $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$; $E_a = 15E_b$; $d = 25 \text{ mm} = 2,5 \text{ sm}$.



2.9-rasm. Temir-beton ustun.

Armatura va betonning yuzalarini aniqlaymiz:

$$A_a = 4 \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) = 4 \left[\frac{\pi (2,5)^2}{4} \right] = 19,625 \text{ sm}^2.$$

$$A_b = 25 \cdot 25 - A_a = 625 - 19,625 = 605,375 \text{ sm}^2. \quad A = 31,85A_a; \quad A = 1,03A_b.$$

Ustun og'irligini aniqlaymiz:
 $Q = \gamma A l = 25 \cdot 10^3 \cdot 625 \cdot 10^{-4} \cdot 10 = 25^3 \text{ N}.$

Yechish. 1. Masalaning statik tomonini qaraymiz. Kesish usulidan foydalanib statikaning muvozanat tenglamasini tuzamiz, ya'ni

$$Q = Q_a + Q_b. \quad (1)$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{Q_a}{A} + \frac{Q_b}{A};$$

$$\frac{25^3}{25^2 \cdot 10^{-4}} = \frac{Q_a}{31,85A_a} + \frac{Q_b}{1,03A_b}. \quad (2)$$

2. *Masalaning geometrik tomonini qaraymiz.* Po'lat va beton sterjenlarda tashqi kuch ta'siridan hosil bo'lgan deformatsiyalar bir-biriga teng bo'ladi, ya'ni

$$\Delta l_a = \Delta l_b. \quad (3)$$

3. *Masalaning fizik tomonni qaraymiz.* Deformatsiyalarni zo'riqish kuchlari orqali ifodalaymiz:

$$\Delta l_a = \frac{Q_a l}{2 \cdot E_a A_a}; \quad \Delta l_b = \frac{Q_b l}{2 \cdot E_b A_b}$$

Bularni e'tiborga olsak, unda deformatsiya tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{Q_a l}{2 E_a A_a} = \frac{Q_b l}{2 E_b A_b}.$$

Bundan

$$\frac{\sigma_a}{E_a} = \frac{\sigma_b}{E_b}; \quad \sigma_a = \frac{E_a}{E_b} \sigma_b = \frac{15 E_b}{E_b} \sigma_b = 15 \sigma_b. \quad (4)$$

4. *Sintez.* Ushbu (4) ifodani e'tiborga olib (2) tenglikni quyidagicha ifodalaymiz:

$$0,0314 \cdot 15 \sigma_b + 0,9709 \sigma_b = 0,25.$$

Ushbu ifodadan betonning ko'ndalang kesimida hosil bo'lgan kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi:

$$\sigma_b = 0,17 \text{ MPa}.$$

Unda armatura ko'ndalang kesimida hosil bo'lgan kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi:

$$\sigma_a = 15 \sigma_b = 15 \cdot 0,17 = 2,55 \text{ MPa}.$$

2.16-masala. O'zgarmas kesimli beton ustun yuqori va pastki uchlari bilan qistirib mahkamlangan. Agar betondagi cho'zuvchi kuchlanish $0,5 \text{ MPa}$ dan oshmasaligi lozim bo'lsa, ustunning chegaraviy uzunligi qanchaga teng bo'lishi mumkin? Betonning hajmiy og'irligi 25 kN/m^3 deb olinsin.

Yechish. 1. *Masalani statik tomonini qaraymiz.* Beton ustunning xususiy og'irligi $Q = \gamma A l$, formula bilan aniqlanadi.

Yuqori tayanchda R_1 , pastki tayanchda R_2 reaksiya

kuchlarini yuqoriga, beton ustunni og'irlik kuchini pastga yo'naltiramiz va statikaning muvozanat tenglamalarini tuzamiz

$$R_1 + R_2 = Q. \quad (1)$$

2. Masalani geometrik tomonini qaraymiz. Masalaning shartidan ustunning bo'ylama cho'zilishi nolga teng bo'ladi, ya'ni

$$\frac{-R_1 \ell}{EA} + \frac{Q \ell}{2EA} = 0. \quad (2)$$

1 va 2 tenglamalarni birgalikda yechib R_1, R_2 reaksiya kuchlarini aniqlaymiz:

$$R_1 = \frac{Q}{2} = \frac{\gamma A \ell}{2}; \quad R_2 = \frac{Q}{2} = \frac{\gamma A \ell}{2}.$$

Pastki qismini kesib olib muvozanatini qaraymiz:

$$N(z) - Q(z) + R_2 = 0.$$

Bundan

$$N(z) = -R_2 + Q(z) = -R_2 + \gamma A z;$$

Bu erda $0 \leq z \leq \ell$ unda zo'riqish kuchlari ustunning pastki va ustki qismlarida quyidagiga teng bo'ladi:

$$z = 0; \quad N(\ell) = -R_2 = -\frac{\gamma A \ell}{2}; \quad z = \ell; \quad N(0) = -R_2 + Q = R_1 = \frac{\gamma A \ell}{2}.$$

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq \sigma_{adm} \quad \text{bunda} \quad N_{\max} = R_2 = R_1 = \frac{\gamma A \ell}{2}.$$

Mustahkamlik shartidan ustunning chegaravy uzunligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{\gamma A \ell}{2A} \leq \sigma_{adm}; \quad \ell \leq \frac{2\sigma_{adm}}{\gamma} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 10^6}{25 \cdot 10^3} = 40m.$$

2.17-masala. 2.10,a-rasmda keltirilgan pog'onali brus uchun normal kuch va normal kuchlanish epyuralari qurilsin. Brusning har bir pog'onasining absolyut bo'ylama deformatsiyasi aniqlansin. Qaralayotgan sterjen pog'onalari uzunliklari $a = 1,5m$; $b = 2,7m$; $c = 2,6m$; $A = 22 \text{ sm}^2$, ko'ndalang kesim yuzalari $A_1 = A = 22 \text{ sm}^2$, $A_2 = 1,5A = 33 \text{ sm}^2$, $A_3 = 2A = 44 \text{ sm}^2$. to'plangan kuch $F_1 = 14kN$; $F_2 = -26kN$; $F_3 = 34kN$. va xususiy

og'irligi

$$\gamma = 0,0078 \text{ kg/sm}^3 = 0,0078 \cdot 9,8 \text{ N/sm}^3 = 0,07644 \text{ N/sm}^3 = 76,44 \text{ kN/m}^3$$

berilgan.

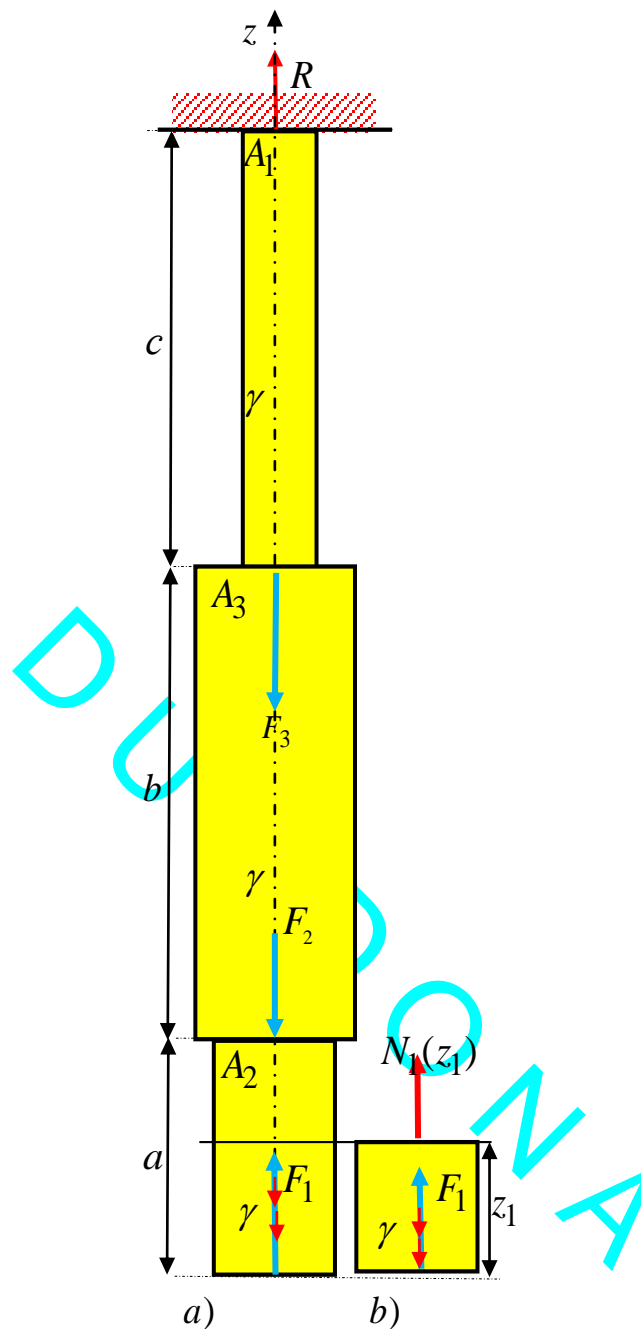
Yechish.

I. Brusning tayanch reaksiya kuchini aniqlash.

Brusning tayanch reaksiya kuchini aniqlaymiz, ya'ni statik muvozanat tenglamasini tuzamiz, bunda yuqoriga yo'nmalgan kuchlarni musbat deb olamiz, aksincha pastga yo'nmalgan kuchlarni manfiy deb olamiz (2.10,a)-rasm):

$$\sum z = 0; \quad R + F_1 - F_2 - F_3 - G_1 - G_2 - G_3 = 0, \text{ bundan}$$

$$\begin{aligned} R &= -F_1 + F_2 + F_3 + G_1 + G_2 + G_3 = F_1 + F_2 + F_3 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + A_3 \cdot b \cdot \gamma + A_1 \cdot c \cdot \gamma = \\ &= -14000 + 26000 + 34000 + 33 \cdot 10^{-4} \cdot (1,5) \cdot 76440 + 44 \cdot 10^{-4} \cdot (2,7) \cdot 76440 + \\ &\quad + 22 \cdot 10^{-4} \cdot (2,6) \cdot 76440 = 47723,722 \text{ N}. \end{aligned}$$



2.10-masala uchun rasm.

II. har bir oraliqdagi bo'ylama kuchlarni aniqlash va epyuralarini qurish.

To'g'ri o'qli brus ko'ndalang kesimida hosil bo'lgan zo'riqishni aniqlash uchun uni oraliqlarga bo'lamiz. Oraliqlar chegarasi, sterjen bo'ylama o'qi bo'yicha ko'ndalang kesim o'zgarishiga to'g'ri keluvchi nuqta, to'plangan kuch qo'yilgan va yoyilgan kuch boshlanish yoki tugashdagi oxirgi nuqtalari hisoblanadi. Qaralayotgan brus uchta oraliqdan iborat

ekanligi 2.10,*a*-rasmdan aniqlaymiz. Sterjen har bir oraliqlari ko'ndalang kesimlarida hosil bo'lgan noma'lum zo'riqishlarni aniqlash uchun kesish usulidan foydalanamiz. Ya'ni birinchi oraliqni $I-I$ tekislik bilan qirqib ikki bo'lakka ajratamiz. Pastki qismini olib qolamiz va yuqori qismini tashlab yuborib, uning ta'sirini bo'ylama kuch $N_1(z_1)$ bilan almashtiramiz (2.10,*b*-rasm).

$$\sum z = N_1(z_1) - G_1(z_1) + F_1 = 0, \text{ yoki } N_1(z_1) = -F + G_1(z_1) = -F_1 + A_2 \cdot \gamma \cdot z_1. \quad (2.1)$$

Bo'ylama noma'lum zo'riqishning yo'nalishini har doim kesimdan tashqariga yo'naltiramiz. Agar hisoblar nitijasida noma'lum bo'ylama zo'riqish ishorasi manfiy chiqsa, uning yo'nalishini o'zgartiramiz. Birinchi oraliq kesimining ixtiyoriy biror joyidan $I-I$ tekislik bilan qirqish mumkin, unda qoldirilgan qismning uzunligi z_1 o'zgaruvchan bo'ladi va u $0 \leq z_1 \leq a$ o'zgaradi (1.121,*b*-rasm). Qoldirilgan qismga ta'sir etuvchi barcha tashqi kuchlarni brus o'qi bo'yicha yo'nalgan z o'qiga proeksiyalab statika muvozanat tenglamasini tuzamiz: Bunda $G_1(z_1) = A_2 \cdot \gamma \cdot z_1$ brusdan olib qolingani yuzasi A_2 , uzunligi z_1 bo'lgan birinchi oraliqning xususiy og'irligi. Ushbu (2.1) formulaga berilgan son qiymatlarni qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$N_1(z_1) = -F_1 + A_2 \cdot z_1 \cdot \gamma = -14000 + 33 \cdot 10^{-4} \cdot z_1 \cdot 76440 = -14000 + 252,252 \cdot z_1.$$

Bu ifoda normal kuch epyurasi birinchi oraliq chegarasida og'ma to'g'ri chiziq bilan chegaralanishini ko'rsatadi. Normal $N_1(z_1)$ kuchning birinchi oraliq boshidagi va oxiridagi qiymatlarini aniqlaymiz:

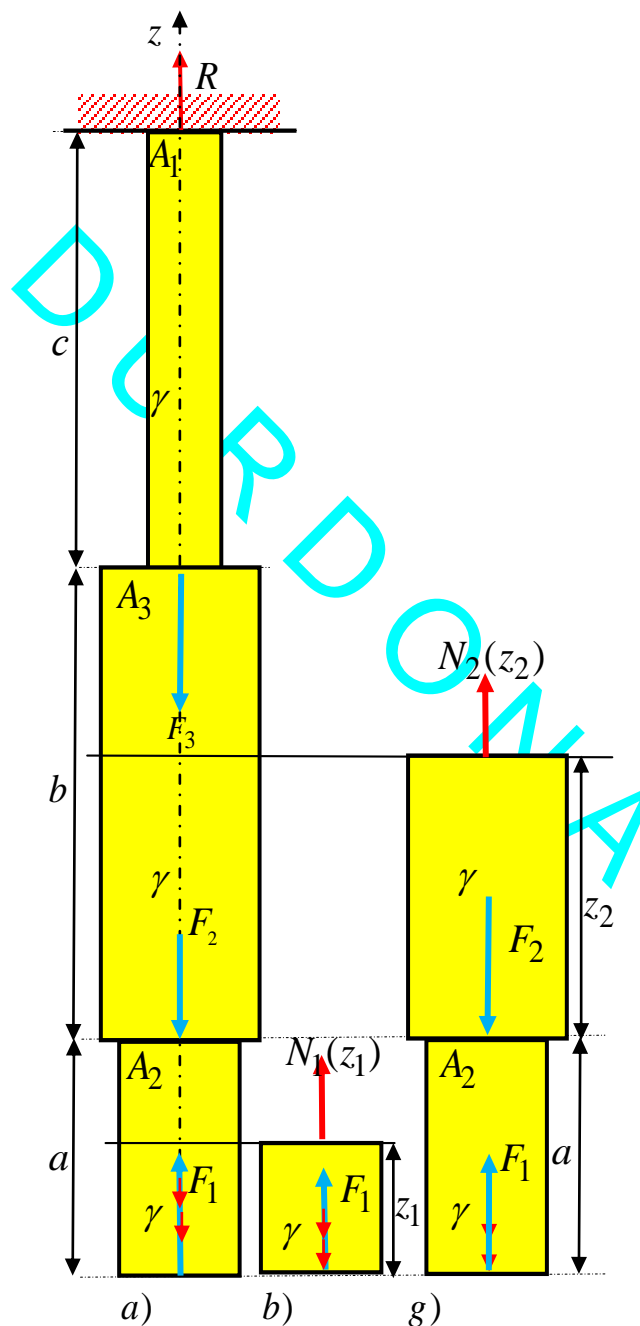
$$N_1(z_1 = 0) = -14000 + 252,252 \cdot (0) = -14000 N.$$

$$N_1(z_1 = a) = -14000 + 252,252 \cdot (a) = -14000 + 252,252 \cdot (1,5) = -13621,622 N.$$

Bo'ylama kuch epyurasini qurish uchun brus o'qiga parallel qilib sanoq (nol) chiziqni olamiz. Bo'ylama kuchning aniqlangan bu musbat qiymatlarni sanoq chiziqning tegishli

nuqtalariga masshtabda o'ng tomoniga perpendikulyar ravishda o'lchab qo'yamiz va ularni tutashtirib brus o'qiga perpendikulyar bo'lgan chiziqlar bilan shtrixlaymiz.

Brusning ikkinchi oralig'idan $II - II$ tekislik bilan kesamiz va yuqorida $I - I$ kesim uchun bajarilgan barcha ishlarni, olib qolingani qisim uchun bajaramiz. Qoldirilgan qism uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz (2.1.g- rasm):



2.11-masala uchun rasm.

$$\sum z = F_1 - G_1 - F_2 - G_2(z_2) + N_2(z_2) = 0, \text{ yoki}$$

$$N_2(z_2) = -F_1 + G_1 + F_2 + G_2(z_2). \quad (2.2)$$

Bunda $G_1 + G_2(z_2) = A_2 \cdot a \cdot \gamma + A_3 \cdot (z_2) \cdot \gamma$ brusning ikkinchi oraliqning II – II tekislik bilan kesib olib qolingani pastki qismining xususiy og'irligi. Ikkinchi oraliq $0 \leq z_2 \leq b$ gacha o'zgaradi. Ushbu (2.2) formulaga berilgan son qiymatlarni qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$N_2(z_2) = -F_1 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + F_2 + A_3 \cdot (z_2) \cdot \gamma = -14000 + 33 \cdot 10^{-4} \cdot 1,5 \cdot 76440 +$$

$$+ 44 \cdot 10^{-4} \cdot (z_2) \cdot 76440 + 26000 = 6378,378 + 336,336 \cdot (z_2).$$

Bundan normal $N_2(z_2)$ kuchning ikkinchi oraliq boshidagi va oxiridagi qiymatlarini aniqlaymiz:

$$N_2(z_2 = 0) = -F_1 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + F_2 + 336,336 \cdot (0) = -14000 + 33 \cdot 10^{-4} \cdot 1,5 \cdot 76440 +$$

$$+ 44 \cdot 10^{-4} \cdot (0) \cdot 76440 + 26000 = 12378,378 N.$$

$$N_2(z_2 = b) = -F_1 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + F_2 + A_3 \cdot (b) \cdot \gamma = -14000 + 33 \cdot 10^{-4} \cdot 1,5 \cdot 76440 +$$

$$+ 44 \cdot 10^{-4} \cdot (2,7) \cdot 76440 + 26000 = 12378,378 + 336,336 \cdot (2,7) = 13286,485$$

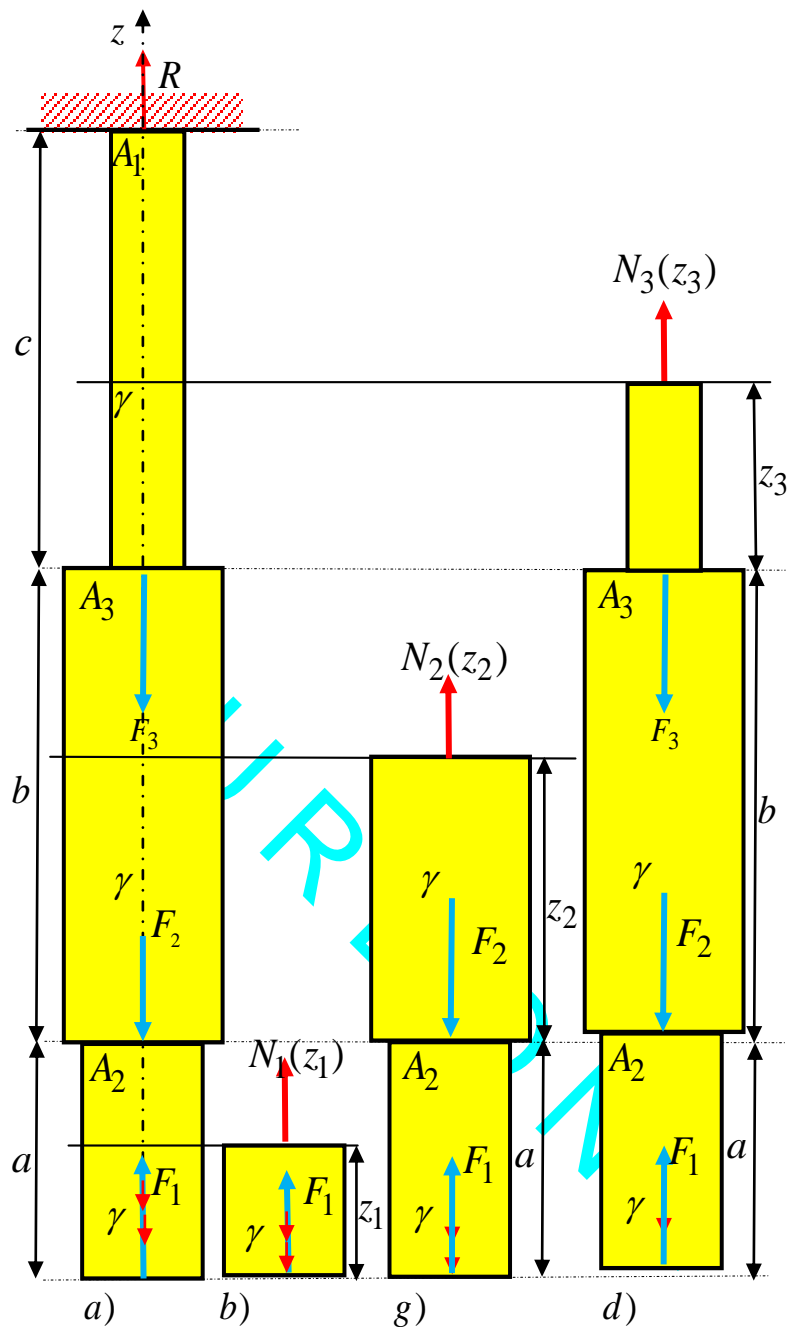
Aniqlangan bu musbat qiymatlarni sanoq chiziqning tegishli nuqtalariga masshtabda o'ng tomoniga perpendikulyar ravishda o'lchab qo'yamiz va ularni tutashtirib brus o'qiga perpendikulyar bo'lgan chiziqlar bilan shtrixlaymiz.

Brusning uchinchi oralig'idan III – III tekislik bilan kesamiz va yuqorida II – II kesim uchun bajarilgan barcha ishlarni, olib qolingani qisim uchun bajaramiz. Qoldirilgan qism uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz (2.12,d- rasm):

$$\sum z = N_3(z_3) + F_1 - G_1 - F_2 - G_2 - F_3 - G_3(z_3) = 0, \text{ yoki}$$

$$N_3(z_3) = -F_1 + G_1 + F_2 + G_2 + F_3 + G_3(z_3). \quad (2.3)$$

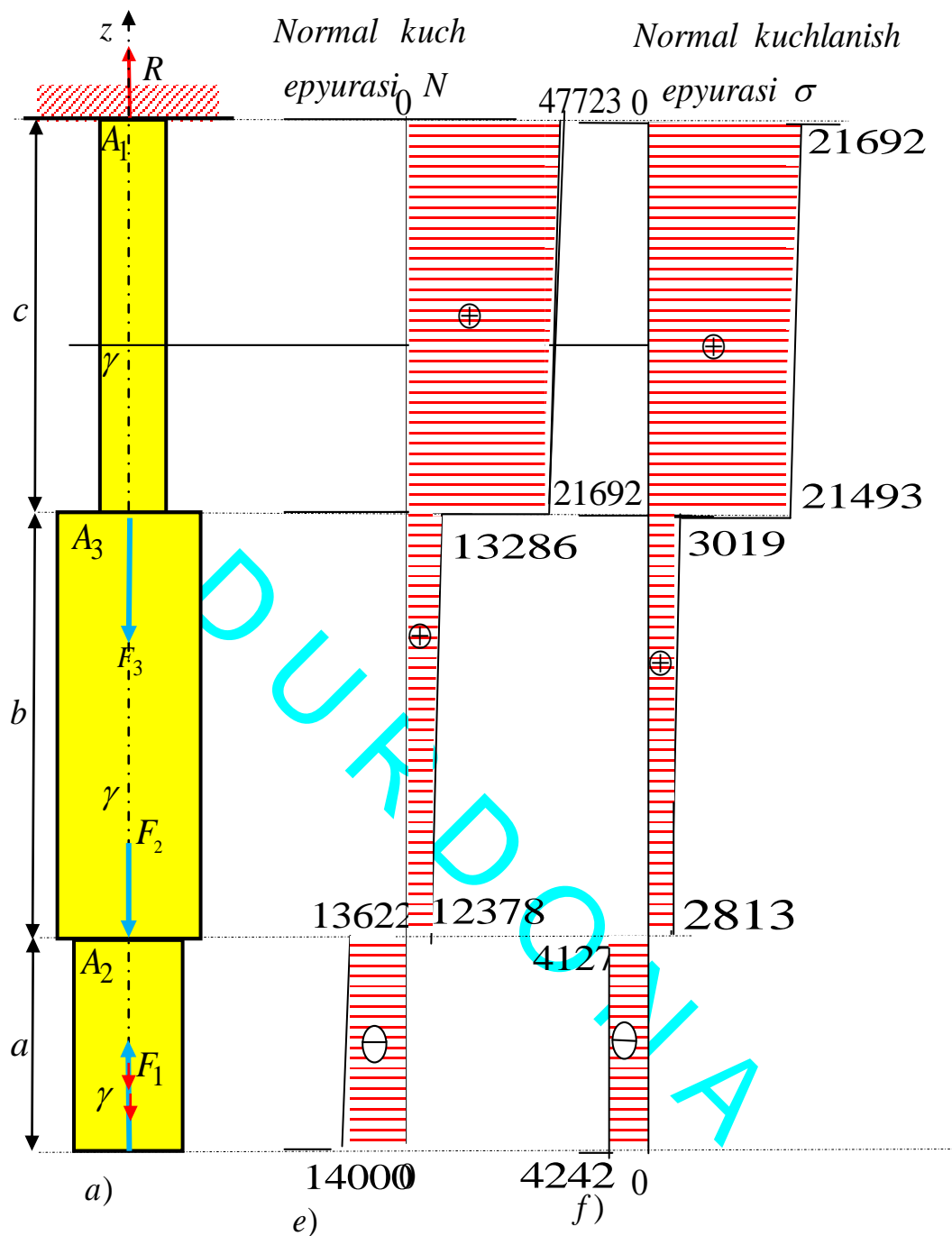
Bunda $(G + G_2) + G_3 = (A_2 \cdot a \cdot \gamma + A_1 \cdot b \cdot \gamma) + A_1 \cdot (z_3) \cdot \gamma$ brusning uchinchi oraliqning III – III tekislik bilan kesib olib qolingani pastki qismining xususiy og'irligi. Uchinchi oraliq $0 \leq z_3 \leq c$ gacha o'zgaradi. Ushbu (2.3) formulaga berilgan son qiymatlarni qo'yib quyidagini hosil qilamiz:



2.12-masala uchun rasm.

$$\begin{aligned}
 N_3(z_3) &= -F_1 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + F_2 + A_3 \cdot b \cdot \gamma + F_3 + A_1 \cdot (z_3) \cdot \gamma = \\
 &= -14000 + 33 \cdot 10^{-4} \cdot 1,5 \cdot 76440 + +44 \cdot 10^{-4} \cdot (2,7) \cdot 76440 + \\
 &+ 26000 + 34000 + 22 \cdot (c) \cdot 76440 = 47286,485 + 168,168 \cdot (c)
 \end{aligned}$$

Bundan normal $N_3(z_3)$ kuchning uchinchi oraliq boshidagi va oxiridagi qiymatlarini aniqlaymiz:



2.14-masala uchun rasm. Normal kuch va kuchlanish epyuralari.

$$\begin{aligned}
 N_3(z_3 = 0) &= -F_1 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + F_2 + A_3 \cdot b \cdot \gamma + F_3 + A_1 \cdot (z_3) \cdot \gamma = \\
 &= -14000 + 33 \cdot 10^{-4} \cdot 1,5 \cdot 76440 + \\
 &+ 44 \cdot 10^{-4} \cdot (2,7) \cdot 76440 + 26000 + 34000 + 22 \cdot (0) \cdot 76440 = \\
 &= 47286,485
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_3(z_3 = c) &= -F_1 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + F_2 + A_3 \cdot b \cdot \gamma + F_3 + A_1 \cdot (z_3) \cdot \gamma = \\
 &= -14000 + 33 \cdot 10^{-4} \cdot 1,5 \cdot 76440 + \\
 &+ 44 \cdot 10^{-4} \cdot (2,7) \cdot 76440 + 26000 + 34000 + 22 \cdot (2,6) \cdot 76440 = \\
 &= 47286,485 + 168,168 \cdot (2,6) = 47723,72
 \end{aligned}$$

Ushbu aniqlangan musbat bo'lama kuch qiymatlarni sanoq chiziqning tegishli nuqtalariga masshtabda o'ng tomoniga perpendikulyar ravishda o'lchab qo'yamiz va ularni tutashtirib brus o'qiga perpendikulyar bo'lgan chiziqlar bilan shtrixlaymiz. Agar hisoblab aniqlangan manfiy bo'lama kuch qiymatlarni sanoq chiziqning tegishli nuqtalariga masshtabda chap tomoniga perpendikulyar ravishda o'lchab qo'yamiz va ularni tutashtirib brus o'qiga perpendikulyar bo'lgan chiziqlar bilan shtrixlaymiz.

III. Har bir oraliqdagi bo'ylama kuchlanishlarni aniqlash va epyurasini qurish.

Normal kuchning qurilgan epyurasidan xulosa qilib shuni aytish mumkin: birinchi va to'rtinchi oraliqlar cho'zilishga, ikkinchi va uchinchi oraliqlar esa siqilishga ishlaydi.

Normal kuchlanishlar σ miqdorini oraliqlar boshidagi va oxiridagi qiymatlarini aniqlaymiz va uning epyurasini quramiz:

$$\begin{aligned}
 \sigma_1(0) &= \frac{N_1(0)}{A_2} = \frac{-14000}{33 \cdot 10^{-4}} = -4242,42 \text{ kPa}; \\
 \sigma_1(a) &= \frac{N_1(a)}{A_2} = \frac{-13621,62}{33 \cdot 10^{-4}} = -4127,76 \text{ kPa}; \\
 \sigma_2(0) &= \frac{N_2(0)}{A_3} = \frac{12378,378}{44 \cdot 10^{-4}} = 2813,26 \text{ kPa}; \\
 \sigma_2(b) &= \frac{N_2(b)}{A_3} = \frac{13286,485}{44 \cdot 10^{-4}} = 3019,65 \text{ kPa}; \\
 \sigma_3(0) &= \frac{N_3(0)}{A_1} = \frac{47286,485}{22 \cdot 10^{-4}} = 21493,85 \text{ kPa}; \\
 \sigma_3(c) &= \frac{N_3(c)}{A_1} = \frac{47723,72}{22 \cdot 10^{-4}} = 21692,6 \text{ kPa};
 \end{aligned}$$

Normal kuchlanishning qurilgan epyurasidan xulosa qilib shuni aytish mumkin: eng katta normal kuchlanish uchinchi oraliqning oxirgi nuqtadan o'tuvchi kesimda hosil bo'lar ekan. barcha oraliqlar cho'ziladi

IV. Har bir oraliqdagi absolyut bo'ylama xo'ziliah siqilishlarni aniqlash.

Brusning har bir pog'onasi absolyut bo'ylama deformatsiyasini aniqlaymiz:

- birinchi pog'onaning absolyut bo'ylama cho'zilish deformatsiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta l_1 = -\frac{F_1 a}{EA_2} + \frac{G_1 a}{2 \cdot EA_2} = -\frac{14000 \cdot 150}{2 \cdot 10^7 \cdot 33} + \frac{681,08 \cdot 150}{2 \cdot 2 \cdot 10^7 \cdot 33} = -31,135 \cdot 10^{-4} \text{ sm};$$

- ikkinchi pog'onaning absolyut bo'ylama cho'zilish deformatsiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta l_2 = -\frac{F_1 b}{EA_3} + \frac{G_1 b}{EA_3} + \frac{F_2 b}{EA_3} + \frac{G_2 b}{2EA_3} = -\frac{14000 \cdot 270}{2 \cdot 10^7 \cdot 44} + \frac{681,08 \cdot 270}{2 \cdot 10^7 \cdot 44} + \frac{26000 \cdot 270}{2 \cdot 10^7 \cdot 44} + \frac{908,1 \cdot 270}{2 \cdot 2 \cdot 10^7 \cdot 44} = 40,3 \cdot 10^{-4} \text{ sm};$$

- uchinchi pog'onaning absolyut bo'ylama cho'zilish deformatsiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta l_3 = -\frac{F_1 c}{EA_1} + \frac{G_1 c}{EA_1} + \frac{F_2 c}{EA_1} + \frac{G_2 c}{EA_1} + \frac{F_3 c}{EA_1} + \frac{G_3 c}{2 \cdot EA_1} = -\frac{14000 \cdot 260}{2 \cdot 10^7 \cdot 22} + \frac{681,08 \cdot 260}{2 \cdot 10^7 \cdot 22} + \frac{26000 \cdot 260}{2 \cdot 10^7 \cdot 22} + \frac{908,1 \cdot 260}{2 \cdot 2 \cdot 10^7 \cdot 22} + \frac{34000 \cdot 260}{2 \cdot 10^7 \cdot 22} + \frac{437,23 \cdot 260}{2 \cdot 2 \cdot 10^7 \cdot 22} = 282,5 \cdot 10^{-4} \text{ sm};$$

2.18-masala. 2.15,a-rasmda keltirilgan pog'onali brus uchun normal kuch va normal kuchlanish epyuralari qurilsin. Brusning har bir pog'onasining absolyut bo'ylama deformatsiyasi aniqlansin. Qaralayotgan sterjen pog'onalari uzunliklari $a = 1,9m$; $b = 2,1m$; $c = 2,2m$; $A = 10 \text{ sm}^2$, ko'ndalang kesim yuzalari $A_1 = A = 10 \text{ sm}^2$; $A_2 = 1,5A = 15 \text{ sm}^2$; $A_3 = 2A = 20 \text{ sm}^2$,

to'plangan kuch $F_1 = 18kN$; $F_2 = 20kN$; $F_3 = 38kN$ va xususiy og'irligi $\gamma = 0,0078 \text{ kg/sm}^3 = 0,0078 \cdot 9,8 \text{ N/sm}^3 = 0,07644 \text{ N/sm}^3$ berilgan.

Yechish.

I. Brusning tayanch reaksiya kuchini aniqlash.

Brusning tayanch reaksiya kuchini aniqlaymiz, ya'ni statik muvozanat tenglamasini tuzamiz, bunda yuqoriga yo'nalgan kuchlarni musbat deb olamiz, aksincha pastga yo'nalgan kuchlarni manfiy deb olamiz (3,15,a)-rasm):

$$\begin{aligned} \sum z = 0; \quad R + F_1 - F_2 - F_3 - G_1 - G_2 - G_3 = 0, \text{ bundan} \\ R = -F_1 + F_2 + F_3 + G_1 + G_2 + G_3 = F_1 + F_2 + F_3 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + A_3 \cdot b \cdot \gamma + A_1 \cdot c \cdot \gamma = \\ = -18000 + 20000 + 38000 + 15 \cdot 10^{-4} \cdot (1,9) \cdot 76440 + 20 \cdot 10^{-4} \cdot (2,1) \cdot 76440 + \\ + 10 \cdot 10^{-4} \cdot (2,2) \cdot 76440 = 40000 + 217,854 + 321,048 + 168,168 = 40707,07 \text{ N}. \end{aligned}$$

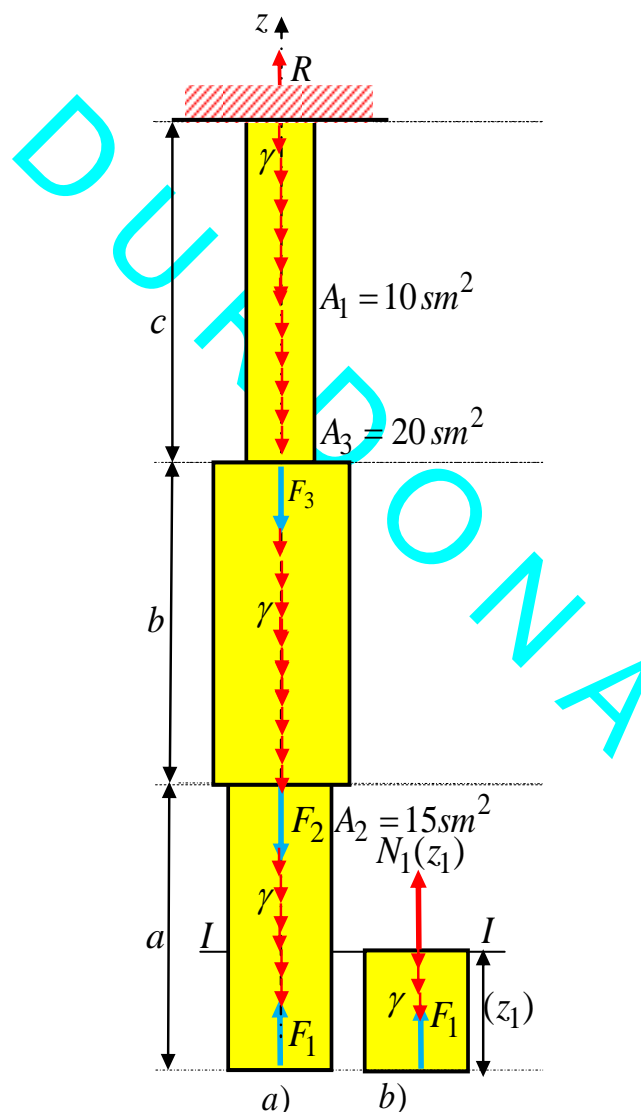
II. Har bir oraliqdagi bo'ylama kuchlarni aniqlash va epyuralarini qurish.

To'g'ri o'qli brus ko'ndalang kesimida hosil bo'lgan zo'riqishni aniqlash uchun uni oraliqlarga bo'lamiz. Oraliqlar chegarasi, sterjen bo'ylama o'qi bo'yicha ko'ndalang kesim o'zgarishiga to'g'ri keluvchi nuqta, to'plangan kuch qo'yilgan va yoyilgan kuch boshlanish yoki tugashdagi oxirgi nuqtalari hisoblanadi. Qaralayotgan brus uchta oraliqdan iborat ekanligi 1,a-rasmdan aniqlaymiz. Sterjen har bir oraliqlari ko'ndalang kesimlarida hosil bo'lgan noma'lum zo'riqishlarni aniqlash uchun kesish usulidan foydalanamiz. Ya'ni birinchi oraliqni $I-I$ tekislik bilan qirqib ikki bo'lakka ajratamiz. Pastki qismini olib qolamiz va yuqori qismini tashlab yuborib, uning ta'sirini bo'ylama kuch $N_1(z_1)$ bilan almashtiramiz (2.15,b-rasm).

$$\sum z = N_1(z_1) - G_1(z_1) + F_1 = 0, \text{ yoki } N_1(z_1) = -F + G_1(z_1) = -F_1 + A_2 \cdot \gamma \cdot z_1. \quad (2.1)$$

Bo'ylama noma'lum zo'riqishning yo'nalishini har doim kesimdan tashqariga yo'naltiramiz. Agar hisoblar nitijasida

noma'lum bo'ylama zo'riqish ishorasi manfiy chiqsa, uning yo'nalishini o'zgartiramiz. Birinchi oraliq kesimining ixtiyoriy biror joyidan $I-I$ tekislik bilan qirqish mumkin, unda qoldirilgan qismning uzunligi z_1 o'zgaruvchan bo'ladi va u $0 \leq z_1 \leq a$ o'zgaradi (1,b-rasm). Qoldirilgan qismga ta'sir etuvchi barcha tashqi kuchlarni brus o'qi bo'yicha yo'nalgan z o'qiga proektsiyalab statika muvozanat tenglamasini tuzamiz: Bunda $G_1(z_1) = A_2 \cdot \gamma \cdot z_1$ brusdan olib qolingani yuzasi A_2 , uzunligi z_1 bo'lgan birinchi oralig'ining xususiy og'irligi.



2.15-masala uchun rasm.

Ushbu (2.1) formulaga berilgan son qiymatlarni qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$N_1(z_1) = -F_1 + A_2 \cdot z_1 \cdot \gamma = -18000 + 15 \cdot 10^{-4} \cdot z_1 \cdot 76440 = -18000 + 114,66 \cdot z_1.$$

Bu ifoda normal kuch epyurasi birinchi oraliq chegarasida og'ma to'g'ri chiziq bilan chegaralanishini ko'rsatadi. Normal $N_1(z_1)$ kuchning birinchi oraliq boshidagi va oxiridagi qiymatlarini aniqlaymiz:

$$N_1(z_1 = 0) = -18000 + 114,66 \cdot (0) = -18000 N.$$

$$N_1(z_1 = a) = -18000 + 114,66 \cdot (a) = -18000 + 114,66 \cdot (1,9) = -17782,146 N.$$

Bo'ylama kuch epyurasini qurish uchun brus o'qiga parallel qilib sanoq (nol) chiziqni olamiz. Bo'ylama kuchning aniqlangan bu musbat qiymatlarni sanoq chiziqning tegishli nuqtalariga masshtabda o'ng tomoniga perpendikulyar ravishda o'lchab qo'yamiz va ularni tutashtirib brus o'qiga perpendikulyar bo'lgan chiziqlar bilan shtrixlaymiz.

Brusning ikkinchi oralig'idan $II - II$ tekislik bilan kesamiz va yuqorida $I - I$ kesim uchun bajarilgan barcha ishlarni, olib qolingan qisim uchun bajaramiz. Qoldirilgan qism uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz (2.17, g- rasm):

$$\sum z = F_1 - G_1 - F_2 - G_2(z_2) + N_2(z_2) = 0,$$

yoki

$$N_2(z_2) = -F_1 + G_1 + F_2 + G_2(z_2). \quad (2.2)$$

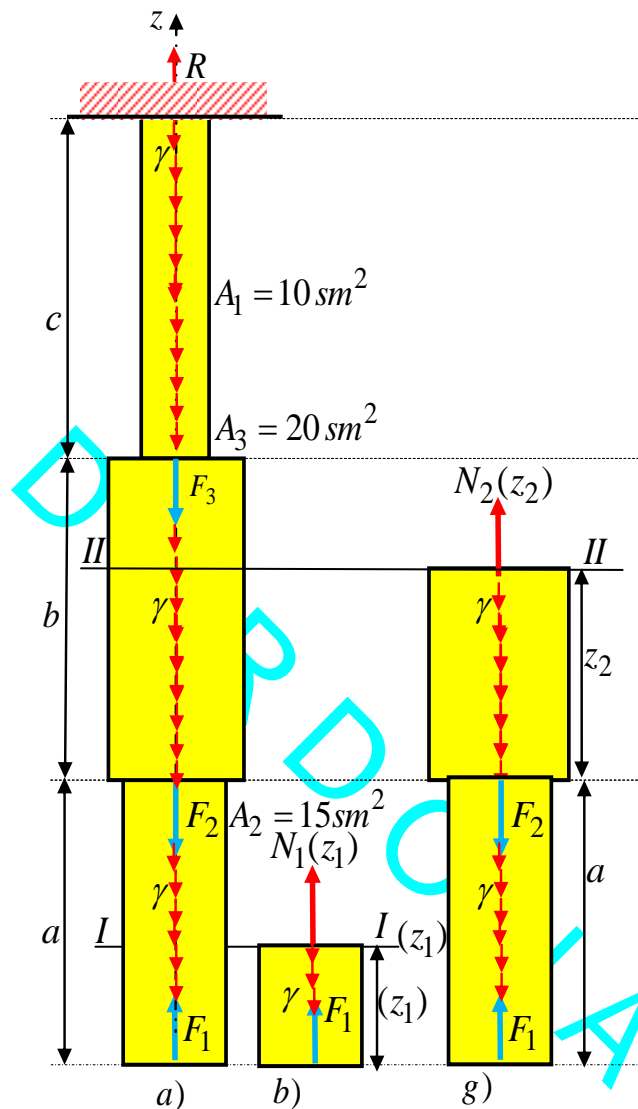
Bunda

$G_1 + G_2(z_2) = A_2 \cdot a \cdot \gamma + A_3 \cdot (z_2) \cdot \gamma$ brusning ikkinchi oraliqning $II - II$ tekislik bilan kesib olib qolingan pastki qismining xususiy og'irligi. Ikkinchi oraliq $0 \leq z_2 \leq b$ gacha o'zgaradi. Ushbu (2.2) formulaga berilgan son qiymatlarni qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$N_2(z_2) = -F_1 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + F_2 + A_3 \cdot (z_2) \cdot \gamma = -18000 + 15 \cdot 10^{-4} \cdot 1,9 \cdot 76440 + 20 \cdot 10^{-4} \cdot (z_2) \cdot 76440 + 20000 = 2217,854 + 152,88 \cdot (z_2).$$

Bundan normal $N_2(z_2)$ kuchning ikkinchi oraliq boshidagi va oxiridagi qiymatlarini aniqlaymiz:

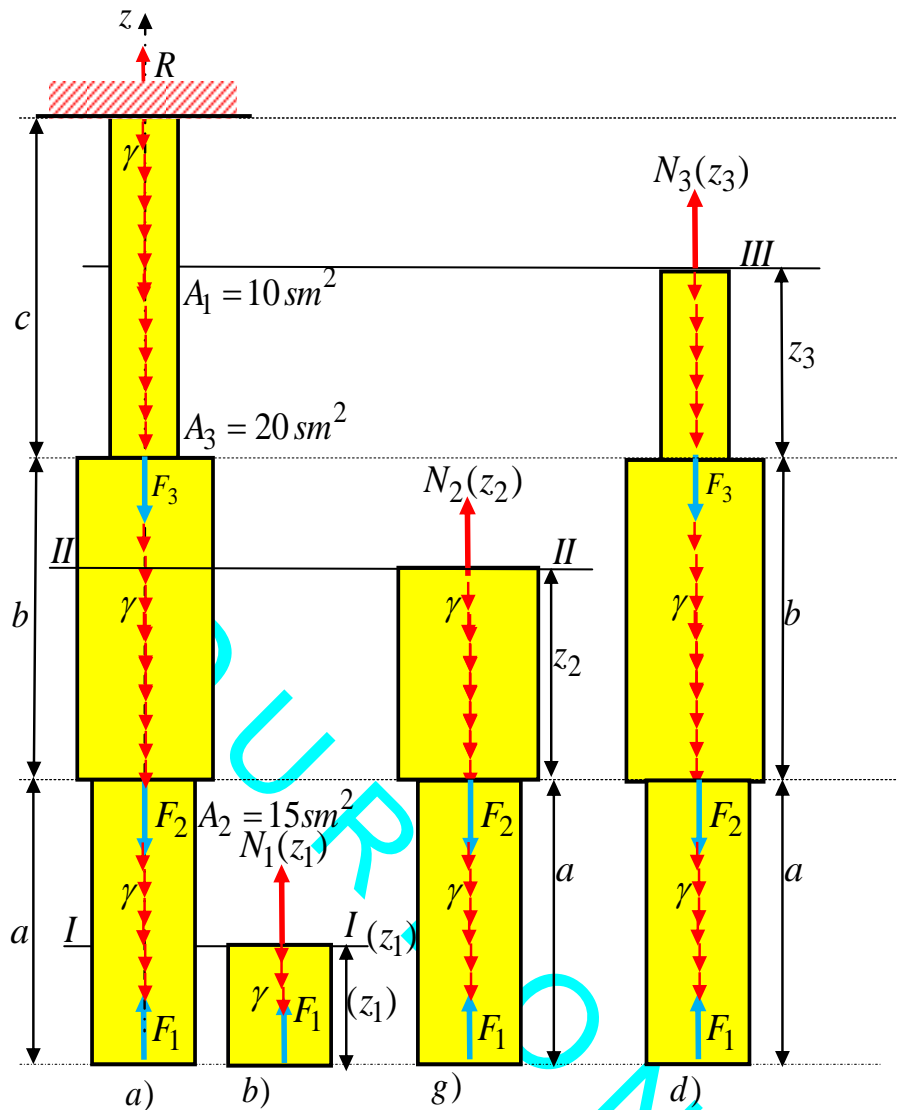
$$N_2(z_2 = 0) = -F_1 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + F_2 + 229,32 \cdot (0) = -18000 + \\ + 15 \cdot 10^{-4} \cdot 1,9 \cdot 76440 + 20000 = 2217,854 N.$$



2.17-masala uchun rasm.

$$N_2(z_2 = b) = -F_1 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + F_2 + A_3 \cdot (b) \cdot \gamma = -18000 + \\ + 15 \cdot 10^{-4} \cdot 1,9 \cdot 76440 + 20000 + 152,88 \cdot (2,1) = 2538,902 N.$$

Aniqlangan bu musbat qiymatlarni sanoq chiziqning tegishli nuqtalariga masshtabda o'ng tomoniga perpendikulyar ravishda o'lchab qo'yamiz va ularni tutashtirib brus o'qiga perpendikulyar bo'lgan chiziqlar bilan shtrixlaymiz.



2.18-masala uchun rasm.

Brusning uchinchi oralig'idan *III – III* tekislik bilan kesamiz va yuqorida *II – II* kesim uchun bajarilgan barcha ishlarni, olib qolingan qisim uchun bajaramiz. Qoldirilgan qism uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz (2.18,d- rasm):

$$\sum z = N_3(z_2) + F_1 - G_1 - F_2 - G_2 - F_3 - G_3(z_3) = 0, \text{ yoki}$$

$$N_3(z_3) = -F_1 + G_1 + F_2 + G_2 + F_3 + G_3(z_3). \quad (2.3)$$

Bunda $(G_1 + G_2) + G_3(z_3) = (A_2 \cdot a \cdot \gamma + A_1 \cdot b \cdot \gamma) + A_1 \cdot (z_3) \cdot \gamma$ brusning uchinchi oraliqning III – III tekislik bilan kesib olib qolingani pastki qismining xususiy og'irligi. Uchinchi oraliq $0 \leq z_3 \leq c$ gacha o'zgaradi. Ushbu (2.3) formulaga berilgan son qiymatlarni qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

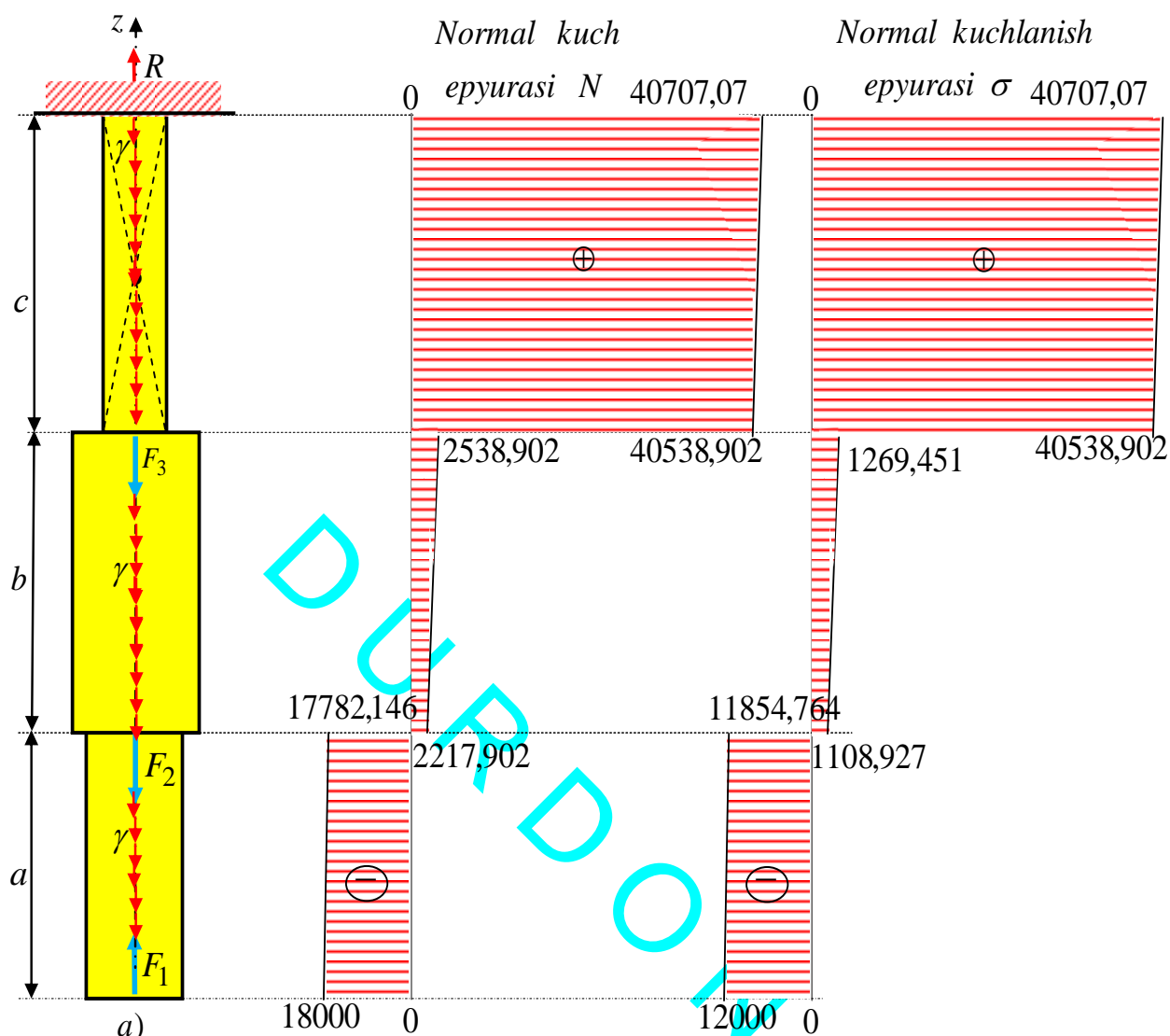
$$\begin{aligned} N_3(z_3) &= -F_1 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + F_2 + A_3 \cdot b \cdot \gamma + F_3 + A_1 \cdot (z_3) \cdot \gamma = \\ &= -18000 + 15 \cdot 10^{-4} \cdot 1,9 \cdot 76440 + 20000 + 20 \cdot 10^{-4} \cdot 2,1 \cdot 76440 + \\ &+ 38000 + 10 \cdot 10^{-4} (z_3) \cdot 76440 = 40538,902 + 76,44(z_3). \end{aligned}$$

Bundan normal $N_3(z_3)$ kuchning uchinchi oraliq boshidagi va oxiridagi qiymatlarini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} N_3(z_3 = 0) &= -F_1 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + F_2 + A_3 \cdot b \cdot \gamma + F_1 + A_3 \cdot (z_3) \cdot \gamma = \\ &= -18000 + 15 \cdot 10^{-4} \cdot 1,9 \cdot 76440 + 20000 + 20 \cdot 10^{-4} \cdot 2,1 \cdot 76440 + \\ &+ 38000 + 10 \cdot 10^{-4} (0) \cdot 76440 = 40538,902 N. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_3(z_3 = c) &= -F_1 + A_2 \cdot a \cdot \gamma + F_2 + A_3 \cdot b \cdot \gamma + F_3 + A_1 \cdot (z_3) \cdot \gamma = \\ &= 18000 + 15 \cdot 10^{-4} \cdot 1,9 \cdot 76440 + 20000 + 20 \cdot 10^{-4} (2,1) \cdot 76440 + \\ &+ 38000 + 76,44(2,2) = 40538,902 + 168,168 = 40707,07 N. \end{aligned}$$

Ushbu aniqlangan musbat bo'lama kuch qiymatlarini sanoq chiziqning tegishli nuqtalariga masshtabda o'ng tomoniga perpendikulyar ravishda o'lchab qo'yamiz va ularni tutashtirib brus o'qiga perpendikulyar bo'lgan chiziqlar bilan shtrixlaymiz. Agar hisoblab aniqlangan manfiy bo'lama kuch qiymatlarini sanoq chiziqning tegishli nuqtalariga masshtabda chap tomoniga perpendikulyar ravishda o'lchab qo'yamiz va ularni tutashtirib brus o'qiga perpendikulyar bo'lgan chiziqlar bilan shtrixlaymiz.



2.19-masala uchun rasm. Normal kuch va kuchlanish epyuralari.

III. Har bir oraliqdagi bo'ylama kuchlanishlarni aniqlash va epyurasini qurish.

Normal kuchning qurilgan epyurasidan xulosa qilib shuni aytish mumkin: birinchi va to'rtinchi oraliqlar cho'zilishga, ikkinchi va uchinchi oraliqlar esa siqilishga ishlaydi.

Normal kuchlanishlar σ miqdorini oraliqlar boshidagi va oxiridagi qiymatlarini aniqlaymiz va uning epyurasini quramiz:

$$\sigma_1(0) = \frac{N_1(0)}{A_2} = -\frac{18000 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^{-4}} = -12000 \text{ kPa};$$

$$\sigma_1(a) = \frac{N_1(a)}{A_2} = -\frac{17782,146 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^{-4}} = -11854,764 \text{ kPa};$$

$$\sigma_2(0) = \frac{N_2(0)}{A_3} = \frac{2217,854 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-4}} = 1108,927 \text{ kPa};$$

$$\sigma_2(b) = \frac{N_2(b)}{A_3} = \frac{2538,902 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-4}} = 1269,451 \text{ kPa};$$

$$\sigma_3(0) = \frac{N_3(0)}{A_1} = \frac{40538,902 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-4}} = 40538,902 \text{ kPa};$$

$$\sigma_3(c) = \frac{N_3(c)}{A_1} = \frac{40707,07 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-4}} = 40707,07 \text{ kPa};$$

Normal kuchlanishning qurilgan epyurasidan xulosa qilib shuni aytish mumkin: eng katta normal kuchlanish uchinchi oraliqning oxirgi nuqtadan o'tuvchi kesimda hosil bo'lar ekan. barcha oraliqlar cho'ziladi

IV. Har bir oraliqdagi absolyut bo'ylama cho'zilih siqilishlarni aniqlash.

Brusning har bir pog'onasi absolyut bo'ylama deformatsiyasini aniqlaymiz:

- birinchi pog'onaning absolyut bo'ylama cho'zilih deformatsiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta l_1 = \frac{F_1 a}{EA_2} + \frac{G_1 a}{2 \cdot EA_2} = -\frac{18000 \cdot 190}{2 \cdot 10^7 \cdot 15} + \frac{217,854 \cdot 190}{2 \cdot 2 \cdot 10^7 \cdot 15} = -0,113310 \cdot 10^{-1} \text{ sm};$$

- ikkinchi pog'onaning absolyut bo'ylama cho'zilih deformatsiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta l_2 = \frac{F_1 b}{EA_3} + \frac{G_1 b}{EA_3} - \frac{F_2 b}{EA_3} + \frac{G_2 b}{2EA_3} = -\frac{18000 \cdot 210}{2 \cdot 10^7 \cdot 20} + \frac{217,854 \cdot 210}{2 \cdot 10^7 \cdot 20} + \frac{20000 \cdot 210}{2 \cdot 10^7 \cdot 20} + \frac{321,048 \cdot 210}{2 \cdot 2 \cdot 10^7 \cdot 20} = 0,59459 \cdot 10^{-6} \text{ sm};$$

- uchinchi pog'onaning absolyut bo'ylama cho'zilih deformatsiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta l_3 = \frac{F_1 c}{EA_1} + \frac{G_1 c}{EA_1} - \frac{F_2 c}{EA_1} + \frac{G_2 c}{EA_1} + \frac{G_3 c}{2 \cdot EA_1} = -\frac{18000 \cdot 220}{2 \cdot 10^7 \cdot 10} + \frac{217,854 \cdot 220}{2 \cdot 10^7 \cdot 10} + \frac{20000 \cdot 220}{2 \cdot 10^7 \cdot 10} + \frac{321,048 \cdot 220}{2 \cdot 10^7 \cdot 10} + \frac{38000 \cdot 220}{2 \cdot 10^7 \cdot 10} + \frac{168,168 \cdot 220}{2 \cdot 2 \cdot 10^7 \cdot 10} = 0,34319 \cdot 10^{-3} \text{ sm};$$

DURDONA

III BOB. MUSTAQIL ECHISH UCHUN MASALALAR.

3.1-masala. Uzunliklari teng bo'lgan uch pog'onali prizma shaklidagi shtanga oxirgi uchiga $F = 140\text{ kN}$ yuk osib quyilgan. Shtanga pog'onalari ko'ndalang kesim yuzalari, pog'onalarning absolyut cho'zilishi, uning to'liq cho'zilishi hamda o'zgarmas kesimli shtangaga nisbatan materialdan necha foyiz tejalishi aniqlansin, agar har bir pog'onaning uzunligi $\ell = 50\text{ m}$, ruxsat etilgan kuchlanish $\sigma_{adm} = 5000\text{ N/sm}^2$, elastiklik moduli $E = 2 \cdot 10^7\text{ N/sm}^2$ va solishtirma og'irligi $\gamma = 0,078\text{ N/sm}^3$ gateng bo'lganda.

Javobi. $A_1 = 26\text{ sm}^2$; $G_1 = 10100\text{ N}$; $\Delta\ell_1 = 1,20\text{ sm}$;

$A_2 = 28,2\text{ sm}^2$; $A_3 = 30,6\text{ sm}^2$;

$G_2 = 11000\text{ N}$; $G_3 = 11900\text{ N}$;

$G = 33000\text{ N}$;

$\Delta\ell_2 = 1,12\text{ sm}$; $\Delta\ell_3 = 1,0\text{ sm}$;

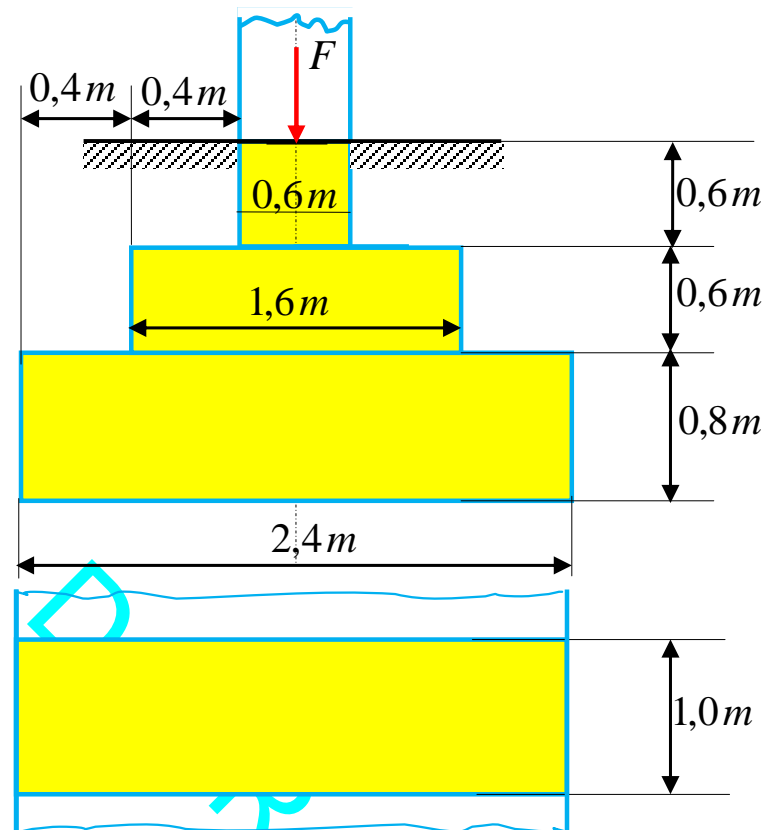
$\Delta\ell = 3,32\text{ sm}$.

ўзгармас kesimli shtanga uchun

$A = 31,3\text{ sm}^2$; $G = 36620\text{ N}$;

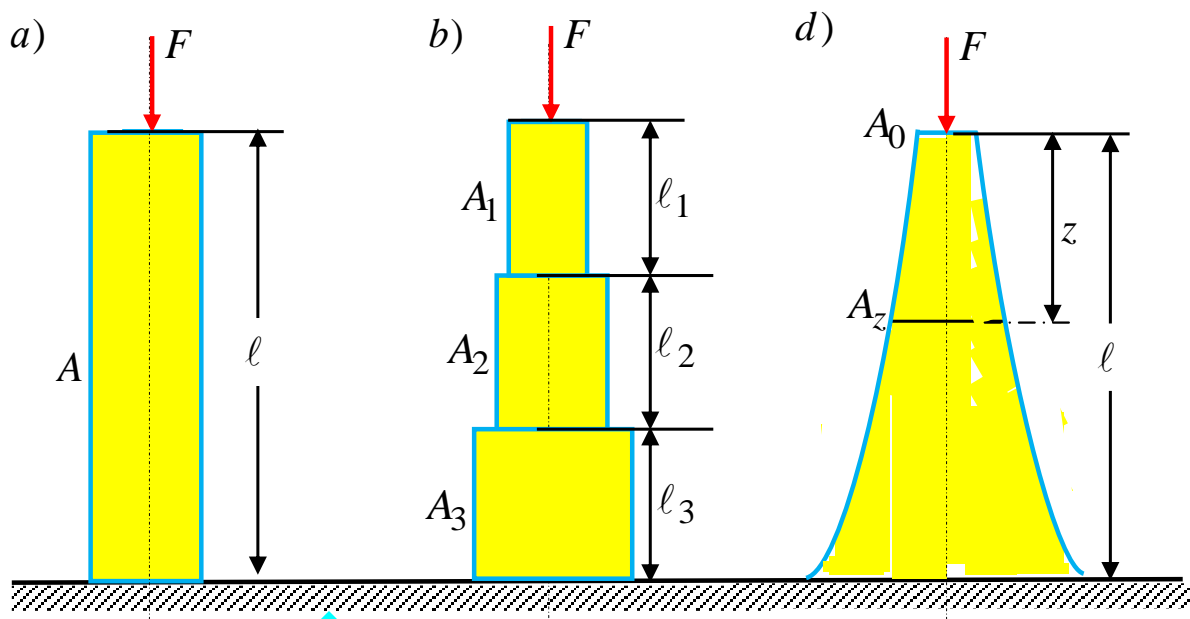
тежалган материал $\Delta G = 3620\text{ N}$.

3.2-masala. Pog'onali beton fundamaenning bir metr uzunlikga 6000 kN yuk ta'sir etadi (3.2-masala uchun rasm). Fundamaent xususiy og'irligini e'tiborga olib, uning tagligidagi tekislikda hosil bo'ladigan normal kuchlanishni aniqlang. Betonning xususiy og'irligi $\gamma = 22\text{ kN/m}^3$. Grunt uchun ruxsat etilgan kuchlanish $\sigma_{adm} = 300\text{ kN/m}^2$. Javobi. $\sigma = 0,283\text{ MN/m}^2 < 0,300\text{ MN/m}^2$.



3.2-masala uchun rasm

3.3-masala. 15 metrli uzunlikdagi beton ustun $F = 8MN$ hisobiy yuk bilan yuklangan (3.3-masala uchun rasm). Betonning zichligi $\gamma = 22kN/m^3$, siquvchi hisobiy qarshiligi $R_b = 1,2MPa$. Ustunning hajmini kuyidagi uch variantda:

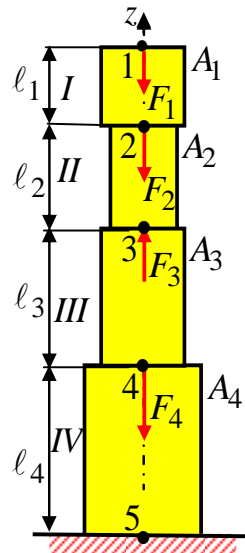


3.3-masala uchun rasm

1. Prizma shaklidagi ustun uchun;
2. uchta reng oraliqlardan iborat bo'lgan ustun uchun;
3. teng qarshilikli ustun uchun, aniqlang va ularni taqqoslang.

Javobi. $V_1 : V_2 : V_3 = 133,3 : 119,3 : 113,3 = 1,17 : 1,05 : 1$.

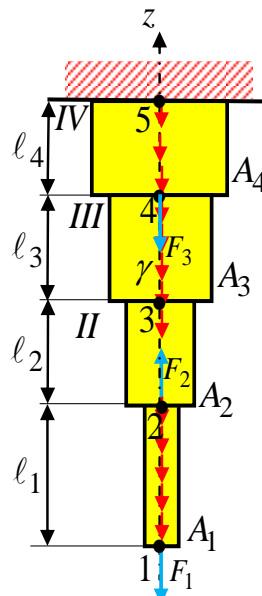
3.4-masala. To'g'ri o'qli bo'ylab to'plangan $F_1 = 500\text{ N}$; $F_2 = 200\text{ N}$; $F_4 = 400\text{ N}$ $F_3 = 800\text{ N}$; kuchlar ta'siridagi, pog'onalar uzunliklari $l_1 = 0,5\text{ m}$; $l_2 = 0,7\text{ m}$; $l_3 = 0,9\text{ m}$; $l_4 = 1,2\text{ m}$, ko'ndalang kesim yuzalari $A_1 = 30\text{ sm}^2$; $A_2 = 24\text{ sm}^2$; $A_3 = 30\text{ sm}^2$ $A_4 = 36\text{ sm}^2$ bo'lgan pog'onali sterjen berilgan (3.3-rasm). Tayanch reaksiya kuchi aniqlansin, ko'ndalang kesimlardagi normal kuch va normal kuchlanish epyuralari qurilsin va har bir oraliqlarning absolyut bo'ylama deformatsiyalari aniqlansin.



3.4-masala uchun rasm.

3.5-masala. Pog'onalari uzunliklari

$l_1 = 1,0m$; $l_2 = 0,8m$; $l_3 = 0,6m$; $l_4 = 0,4m$, ko'ndalang kesim yuzalari $A_1 = 10\text{ sm}^2$; $A_2 = 20\text{ sm}^2$; $A_3 = 30\text{ sm}^2$; $A_4 = 40\text{ sm}^2$ bo'lgan, $F_1 = 500\text{ N}$; $F_2 = 1000\text{ N}$; $F_3 = 500\text{ N}$ kuchlar va xususiy og'irligi $\gamma = 0,078\text{ N/sm}^3 = 76,44\text{ kN/m}^3 = 76440\text{ N/m}^3$ ta'siridagi to'g'ri o'qli pog'onali sterjen berilgan (3.5-masala uchun rasm). Tayan reaksiya kuchi aniqlansin, ko'ndalang kesimlardagi normal kuch va normal kuchlanish epyuralari qurilsin va har bir oraliqlarning absolyut bo'ylama deformatsiyalari aniqlansin.

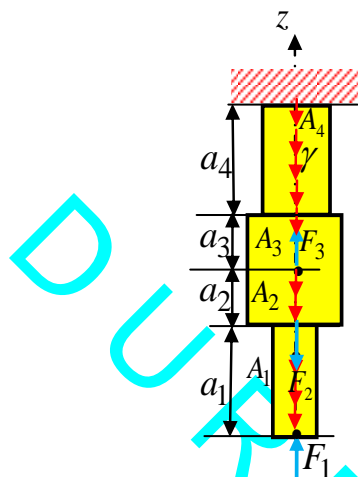


3.2-masala uchun rasm

3.6-masala. O'qi bo'ylab to'plangan

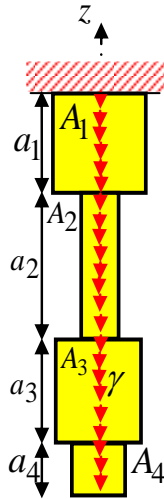
$F_1 = 327,2N$; $F_2 = 1kN$; $F_3 = 500N$ kuchlar va xususiy og'irligi $\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$ ta'siridagi, to'g'ri o'qli pog'onalari uzunliklari $a_1 = 25 \text{ sm}$; $a_2 = 15 \text{ sm}$; $a_3 = 10 \text{ sm}$; $a_4 = 20 \text{ sm}$, ko'ndalang kesim yuzalari $A_1 = A = 20 \text{ sm}^2$; $A_2 = A_3 = 4A$; $A_4 = 2A$ bo'lgan sterjen uchun normal kuch va normal kuchlanish epyuralari qurilsin 3.5-

rasm.



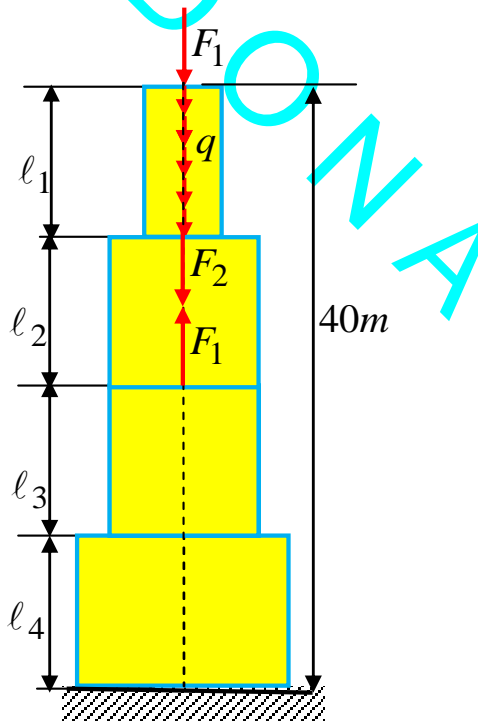
3.2-masala uchun rasm/ Xususiy og'irlik va to'plangan kuch ta'siridagi sterjen.

6.7-masala. Faqat xususiy og'irligi $\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$ ta'siridagi, to'g'ri o'qli pog'onalari uzunliklari $a_1 = a$; $a_2 = 1,5a$; $a_3 = a$; $a_4 = 0,5a$; $a = 0,4 \text{ m}$, ko'ndalang kesim yuzalari $A_1 = 20 \text{ sm}^2$; $A_2 = 10 \text{ sm}^2$; $A_3 = 20 \text{ sm}^2$; $A_4 = 15 \text{ sm}^2$ bo'lgan sterjen uchun normal kuch va normal kuchlanish epyuralari qurilsin va eng katta normal σ_{\max} kuchlanish ta'sir etayotgan kesim aniqlansin (3.6-rasm).



3.7-masala uchun rasm. Xususiy og'irlik va to'plangan kuch ta'siridagi sterjen.

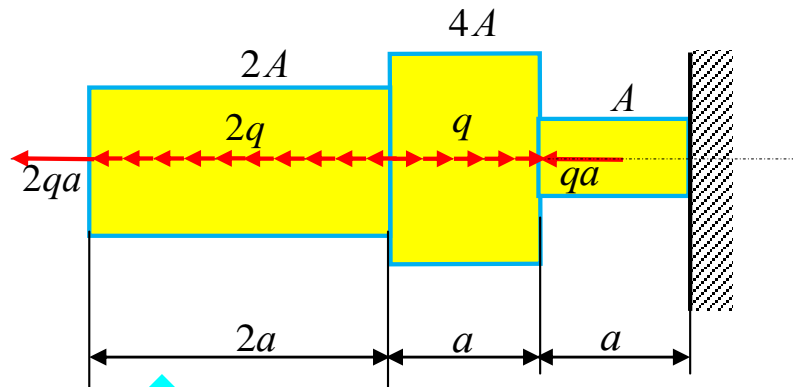
6.8-masala. 3.8-rasmda keltirilgan pog'onali o'zgaruvchi kesimli brus uchun bo'ylama kuch epyurasi qurilsin. Oraliqlar uzunliklari $\ell_1 = \ell_{12} = \ell_3 = \ell_4 = 2m$ teng. Brus $F_1 = 40kN$; $F_2 = 60kN$; $F_2 = 50kN$; to'plangan kuchlar va yuqorigi oraliqqa $q = 20kN/m$ tekis taralgan kuch ta'sirida bo'lsin.



3.8-masala uchun rasm.

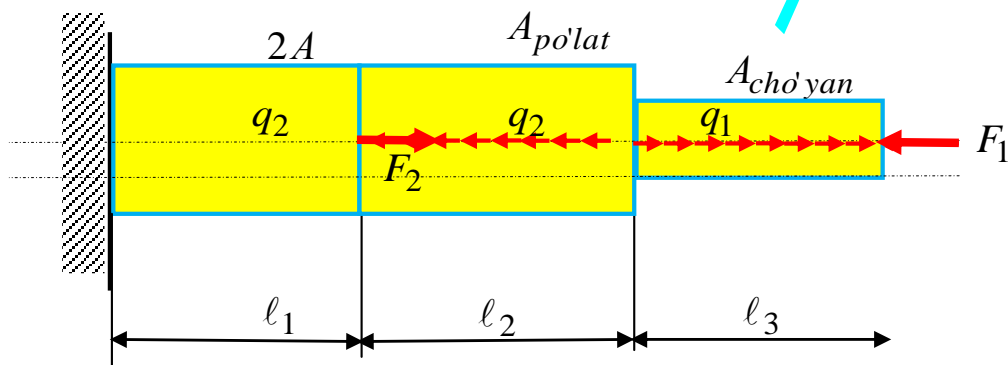
Javobi: $40kN$; $80kN$; $140kN$; $90kN$.

6.9-masala. Rasmda keltirilgan pog'onali o'zgaruvchi kesimli brus uchun bo'ylama kuch va normal kuchlanish epyuralari qurilsin.



3.9-masala uchun rasm.

6.10-masala. Rasmda keltirilgan pog'onali o'zgaruvchi kesimli brus uchun bo'ylama kuch va normal kuchlanish epyuralari qurilsin. Oraliqlar uzunliklari $l_1 = 1m$; $l_2 = 1,2$; $l_3 = 1m$ teng. Ko'ndalang kesim yuzalari $(A_{po'lat}/A_{cho'yan}) = (1/2)$. Brus $F_1 = 10kN$; $F_2 = 40kN$ to'plangan kuchlar va yuqorigi oraliqqa $q = 20kN/m$ tekis taralgan kuch ta'sirida bo'lsin.



3.10-masala uchun rasm.

Tayanch iboralar:

Xususiy og'irlik, ko'ndalang kesim, o'zgarmas, uzun sterjen, erkin uch, ikki bo'lak, muvozanat, kuchlanish, maksimal, qiymat, sterjen materialining solishtirma og'irligi, normal kuchlanish, mustahkamlik sharti, eng xavfli kesim, xususiy og'irlikdan hosil bo'lgan kuchlanish, chegaraviy uzunlik, maksimal uzunlik, absolyut cho'zilish, deformatsiya, teng qarshilikli sterjenlar, berilgan ruxsat etilgan kuchlanish, ko'ndalang kesim yuzining o'zgarish qonuni, muvozanat tenglama, integral, o'zgarmas son, shart, logarifmning xossalari, potentsirlash, ko'ndalang kesim, kontur, giperbola qonuni, teng qarshilikli sterjenlarni yasash ancha murakkab va qimmat, pog'onali sterjenlar, material ancha tejaladi, sodda, har bir pog'onaning oxiridagi xavfli kesimda kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishga teng bo'lish shart, ruxsat etilgan kuchlanishdan kichik, sterjen pog'onalari soni.

Test savollari:

1. Nima sababdan konstruktsiya elementlarining xususiy og'irligini hisobga olish zarur?

A) ko'pgina konstruktsiya elementlari ancha vazmin va uzun bo'lganligi sababli;

B) ko'pgina konstruktsiya elementlari ancha engil bo'lganligi sababli;

C) ko'pgina konstruktsiya elementlari ancha uzun bo'lganligi sababli;

D) ko'pgina konstruktsiya elementlari ancha qisqa bo'lganligi sababli;

2. Jismlarning xususiy og'irligi nimaga teng?

A) solishtirma og'irligi bilan hajmi ko'paytmasiga;

- B) solishtirma og'irligi bilan balandligi ko'paytmasiga;
- C) solishtirma og'irligi bilan yuzasi ko'paytmasiga;
- D) solishtirma og'irligi bilan uzunligi ko'paytmasiga;

3. Sterjen faqat xususiy og'irligi hisobga olinganda kuchlanish miqdori kesim yuzasiga bog'liqmi yoki yo'q?

- A) bog'liq emas;
- B) bog'liq;
- C) to'plangan kuchni hisobga olsa bog'liq;
- D) yoyilgan yuk hisobga olinganda bog'liq;

4. Sterjen xususiy og'irligi hisobga olganda kuchlanish qaysi formuladan aniqlanishini ko'rsating?

- A) $\sigma = \frac{F + \gamma \cdot A \cdot z}{A}$;
- B) $\sigma = \frac{A - \gamma \cdot F \cdot z}{F}$;
- C) $\sigma = \frac{F}{A} - \frac{\gamma \cdot A \cdot z}{A}$;
- D) $\sigma = \sigma_0 \cos x\tau = \frac{1}{2} \omega_0 \sin 2x$

5. O'zgarmas kesimli sterjenning faqat xususiy og'irligi hisobga olganda kuchlanish miqdori nimaga teng?

- A) sterjen xususiy og'irligining uzunligiga ko'paytmasiga;
- B) sterjen xususiy og'irligining uzunligiga nisbatiga;
- C) sterjen xususiy og'irligining balandligiga ko'paytmasiga;
- D) sterjen xususiy og'irligining hajmiga ko'paytmasiga;

6. Chegaraviy uzunlik -bu

- A) ko'ndalang kesimi o'zgarmas bo'lgan uzun sterjenning xususiy og'irligidan uzilish vaqtiga to'g'ri keladigan uzunlikdir;
- B) ko'ndalang kesimi o'zgarmas bo'lgan qisqa sterjenning sirtqi kuchdan uzilish vaqtiga to'g'ri keladigan uzunlikdir;

C) sterjenning ham to'g'ri chizikli ham egri chizikli muvozanat holati ustivor bo'lgan vaqtga to'g'ri kelgan uzunlikdir;

D) ko'ndalang kesimi o'zgarmas bo'lgan uzun sterjen og'irligi va sirtqi kuchdan uzilishga to'g'ri kelgan uzunlikdir;

7. To'plangan kuch va xususiy og'irlikni hisobga olganda absolyut bo'ylama to'la cho'zilish qaysi formuladan aniqlanadi?

A) $\Delta l = \frac{(N + \gamma A \ell / 2) \ell}{EA}$;

B) $\Delta l = \frac{N}{(\sigma) - \gamma \ell}$;

C) $\Delta l = N_o \cdot \gamma Z / [\sigma]$;

D) $\Delta l = N_o \cdot \gamma z \cdot [\sigma]$

8. Xususiy og'irlikni hisobga olganda absolyut bo'ylama cho'zilish qaysi formuladan aniqlanadi?

A) $\Delta l = \frac{\gamma A \ell \ell}{2EA}$;

B) $\Delta l = \frac{N \ell}{EA}$;

C) $\Delta l = \frac{F \ell}{EA}$;

D) $\Delta l = \frac{M \ell}{EA}$;

9. Sterjen xususiy og'irligini hisobga olganda mustahkamlik sharti quyidagilardan qaysi birida to'g'ri keltirilgan?

A) $\sigma = \frac{F + \gamma Az}{A} \leq \sigma_{adm}$;

B) $\sigma = \frac{F - \gamma Az}{A} \leq \sigma_{adm}$;

C) $\sigma = \frac{F + \gamma Fz}{A} \leq \sigma_{adm}$;

D) $\sigma = \frac{A + \gamma Az}{F} \leq \sigma_{adm}$

10. Xususiy og'irligini hisobga olganda kuchlanish sterjen uzunligi bo'yicha qanday qonun asosida o'zgarishi mumkin?

- A) uzunligi bo'ylab og'ma to'g'ri chiziq qonuni asosida;
- B) uzunligi bo'ylab giperbola qonuni asosida;
- C) uzunligi bo'ylab parabola qonuni asosida;
- D) uzunligi bo'ylab egri chizikli qonuni asosida;

11. Sterjen xususiy og'irligi hisobga olganda eng xavfli kesim yuzi qaysi formuladan aniqlanishini ko'rsating?

- A) $A = \frac{N}{\sigma_{adm} - \gamma^l}$;
- B) $A = \frac{N}{\sigma_{adm} + \gamma^l}$;
- C) $A = \frac{\sigma_{adm} - \gamma^l}{N}$;
- D) $A = \frac{\sigma_{adm} + \gamma^l}{N}$;

12. Sterjenning xususiy og'irligidan hosil bo'lgan absolyut bo'ylama cho'zilish sterjen og'irligiga teng, uning erkin uchiga qo'yilgan to'plangan kuchdan hosil bo'ladigan absolyut bo'ylama cho'zilishdan qancha kam yoki ortiq bo'ladi?

- A) ikki marta kam bo'lar ekan;
- B) ikki marta ortiq bo'lar ekan;
- C) uch marta kam bo'lar ekan;
- D) to'rt marta kam bo'lar ekan;

13. Teng qarshilikli sterjen – bu

A) barcha ko'ndalang kesimlarda hosil bo'lgan normal kuchlanishlar sterjen material uchun ruxsat etilgan normal kuchlanishga teng bo'lgan sterjendir;

B) sterjen ko'ndalang kesimlarda hosil bo'lgan normal kuchlanishlar nolga teng bo'lgan sterjendir;

C) sterjen ko'ndalang kesimlarda o'zgarmas bo'lgan po'lat sterjendir;

D) qiya kesimidagi kuchlanishlar ruxsat etilgan kuchlanishdan katta bo'lgan sterjendir;

14. Teng qarshilikli sterjenlarga material qanday sarflanadi?

- A) material kam sarflanadi;
- B) material ko'p sarflanadi;
- C) material teng sarflanadi;
- D) material ortiqcha sarflanadi;

15. Teng qarshilikli sterjen uzunligi bo'ylab kuchlanish qanday o'zgaradi?

- A) uzunligiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziq qonun asosida;
- B) uzunligi bo'ylab giperbola qonuni asosida;
- C) uzunligi bo'ylab parabola qonuni asosida;
- D) uzunligi bo'ylab egri chizikli qonuni asosida;

16. Teng qarshilikli sterjen ko'ndalang kesimi yuzasi qaysi formuladan aniqlanadi?

- A) $A_z = A_0(e)^{\lambda z / \sigma_{adm}}$
- B) $A_z = (e)A_0^{\lambda z / \sigma_{adm}}$
- C) $A_z = \frac{A_0^{\lambda z / \sigma_{adm}}}{(e)}$
- D) $A_0 = A_z(e)^{\lambda z / \sigma_{adm}}$

17. O'zgarmas kesim yuzali sterjen yoki pog'onali sterjenlarning qay biriga sarflangan material tejamli bo'ladi?

- A) o'zgarmas kesim yuzali sterjenlarga qaraganda pog'onali sterjenlarda material ancha tejaladi;
- B) o'zgarmas kesim yuzali sterjenlarga qaraganda pog'onali sterjenlarda material ancha tejamsiz;
- C) o'zgarmas kesim yuzali sterjenlarga qaraganda pog'onali sterjenlarda material ancha tejamli yoki tejamsiz;
- D) o'zgarmas kesim yuzali sterjenlarga qaraganda pog'onali sterjenlarda material sarfi farq qilmaydi;

18. Pog'onali sterjenlarni tayyorlash teng qarshilikli sterjenlarni tayyorlashga qaraganda?

- A) ancha sodda;
- B) ancha murakkab;
- C) bir xil;
- D) ancha farq qiladi;

19. Pog'onali sterjenlarni shunday loyihalash lozimki?

- A) har bir pog'onaning oxiridagi xavfli kesimda kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishga teng bo'lishi shart;
- B) har bir pog'onaning oxiridagi xavfli kesimda kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishdan katta bo'lishi shart;
- C) har bir pog'onaning oxiridagi xavfli kesimda kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishga teng bo'lishi shart emas;
- D) har bir pog'onaning oxiridagi xavfli kesimda kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanishga juda ham kichik bo'lishi shart;

20. Cho'zilgan va siqilgan sterjen uchun qaysi javobda mustahkamligi ta'minlanganligi va material ko'p sarflanganligini ko'rsatadi?

- A) maksimal normal va ruxsat etilgan kuchlanish orasidagi farq -5% dan kichik bo'lganda;
- B) maksimal normal va ruxsat etilgan kuchlanish orasidagi farq -5% dan katta bo'lganda;
- C) maksimal normal va ruxsat etilgan kuchlanish orasidagi farq +5% dan kichik bo'lganda;
- D) maksimal normal va ruxsat etilgan kuchlanish orasidagi farq +5% dan katta bo'lganda;

21. Cho'zilgan va siqilgan sterjen uchun qaysi javobda mustahkamlik ta'minlanganligi ko'rsatilgan?

- A) maksimal normal va ruxsat etilgan kuchlanish orasidagi farq $\pm 5\%$ bo'lganda;
- B) maksimal normal va ruxsat etilgan kuchlanish orasidagi farq +5% dan katta bo'lganda;

C) maksimal normal va ruxsat etilgan kuchlanish orasidagi farq -5% dan katta bo'lganda;

D) maksimal normal va ruxsat etilgan kuchlanish orasidagi farq +10% bo'lganda;

22.Uzunliklari va kesim yuzalari $\ell_1 = \ell_2 = \ell$, $A_1 = A$; $A_2 = 0,5A$ bo'lgan ikki pog'onali ustunning birinchi pastki pog'onasi yuqori kesimiga siquvchi kuch F qo'yilgan bo'lsa, yuqorigi ikkinchi pog'onaning absolyut bo'ylama ko'chish deformatsiyasi nimaga teng bo'ladi?

A) $\Delta\ell_2 = \Delta\ell_1 = \frac{F\ell}{EA}$;

B) $\Delta\ell_2 = \Delta\ell_1 = \frac{F\ell}{0,5EA}$;

C) $\Delta\ell_2 = 0$;

D) $\Delta\ell_2 = \frac{F\ell}{2EA}$;

23.Uzunliklari va kesim yuzalari $\ell_1 = \ell_2 = \ell$, $A_1 = A$; $A_2 = 0,5A$ bo'lgan ikki pog'onali ustunning birinchi pastki pog'onasi yuqori kesimiga cho'zuvchi kuch F qo'yilgan bo'lsa, yuqorigi ikkinchi pog'onaning absolyut bo'ylama ko'chish deformatsiyasi nimaga teng bo'ladi?

A) $\Delta\ell_2 = \Delta\ell_1 = \frac{F\ell}{EA}$;

B) $\Delta\ell_2 = \Delta\ell_1 = \frac{F\ell}{0,5EA}$;

C) $\Delta\ell_2 = 0$;

D) $\Delta\ell_2 = \frac{F\ell}{2EA}$;

24.Jismning solishtirma og'irligi qanday birlikda o'lchanadi?

A) $N/m^3; kN/m^3$;

B) $N/m^2; kN/m^2$;

C) $N/m^1; kN/m^1$;

D) $N/m^{-3}; kN/m^{-3}$;

25. Teng qarshilikli ustunlarning ko'ndalang kesimi qanday qonun asosida o'zgaradi?

- A) giperbola qonuni;
- B) parabola qonuni;
- C) to'g'ri chiziqli qonun;
- D) ikkinchi tartibli egri chiziqli qonun;

26. Teng qarshilikli ustunlarni yasashda nima uchun qiyinchilik mavjud?

- A) ko'ndalang kesimi giperbola qonuni asosida o'zgartirish uchun;
- B) ko'ndalang kesimi parabola qonuni asosida o'zgartirish uchun;
- C) ko'ndalang kesimi sinuq chiziqli qonuni asosida o'zgartirish uchun;
- D) ko'ndalang kesimi to'g'ri chiziqli qonuni asosida o'zgartirish uchun;

27. Yuqorigi uchi mahkamlangan sterjening ikkinchi pog'onasining pastki uchiga ta'sirqilayotgan kuch quyidagilarning qaysi biriga teng?

$$A) N_1 = \sigma_{adm} A_1$$

$$B) N_1 = \sigma A_1$$

$$C) N_1 = \sigma A_2$$

$$D) N_1 = \sigma A_3$$

28. Pog'anoli sterjenning birinchi pog'onasi ko'ndalang kesim yuzasi qaysi formuladan aniqlanadi?

$$A) A_1 = \frac{F}{\sigma_{adm} - \gamma \cdot \ell_1}$$

$$B) A_2 = \frac{F}{\sigma_{adm} - \gamma \cdot \ell_2}$$

$$C) A_1 = \frac{F}{\sigma_{adm} + \gamma \cdot \ell_1}$$

$$D) A_1 = \frac{N_2}{\sigma_{adm} + \gamma \cdot \ell_2}$$

29. Pog'anoli sterjenning ikkinchi pog'onasi ko'ndalang kesim yuzasi qaysi formuladan aniqlanadi?

A) $A_2 = \frac{N_1}{\sigma_{adm} - \gamma \cdot \ell_2}$

B) $A_2 = \frac{N_1}{\sigma_{adm} + \gamma \cdot \ell_2}$

C) $A_2 = \frac{\sigma_{adm} + \gamma \cdot \ell_2}{F}$

D) $A_2 = \frac{F}{\sigma_{adm} - \gamma \cdot \ell_2}$

30. Quyidagi formulalarning qaysi biridan faqat xususiy og'irlikni e'tiborga olganda absolyut cho'zilish deformatsiyasi aniqlanadi?

A) $\Delta l = \frac{\gamma A l l}{2EA}$;

B) $\Delta l = \frac{\gamma A l^2}{EA}$;

$\Delta l = \frac{Fl}{EF} + \frac{\gamma A l l}{2EA}$;

$\Delta l = \frac{Fl}{2EF} + \frac{\gamma A l^2}{EA}$;

ASOSIY BELGILASHLAR VA RAMZLAR

ISO–Xalqaro standartlashtirish tashkiloti (International Standards Organization) standarti № 3898.

Butun dunyoda ishlatilayotgan standartlarga ko‘ra 3898 raqamli standart bo‘yicha qurilmalar hisob–kitoblaridagi ayrim tushunchalarni ifodalash uchun lotin va yunon (kirill) harflari, raqamli ishoralar hamda maxsus belgilardan standartlardan foydalanish ko‘zda tutilgan. 1-3 jadvallarda asosiy ramzlar 4-5 jadvallarda esa indekslar keltirilgan.

1-jadval

T/r.№	Harflar	Miqdorlar
1.	A	Yuza
2.	D	Egilishda plastinka va qobiqlar bikirligi (silindrik bikirlik)
3.	E	Bo‘ylama elastiklik moduli (Yung moduli)
4.	F	To‘plangan kuch (umuman ta’sirlar)
5.	G	Siljishdagi elastiklik moduli; doimiy yuk (og‘irlik)
6.	H	Kuchning gorizontal tashkil etuvchisi
7.	I	Tekis shakl inersiya momenti
8.	L	Ravoq (prolet)ni belgilashda ishlatilishi mumkin, element uzunligi va b.q.
9.	M	Umuman (har doim) moment, eguvchi moment
10.	N	Normal zo‘riqish
11.	P	Quvvat
12.	Q	Ko‘ndalang kuch
13.	R	Kuchlarning teng ta’sir etuvchisi, tayanch reaksiyalari
14.	S	Tekis shakl statik momenti
15.	T	Burovchi moment, harorat

16.	V	Hajm; kuchning vertikal kuch tashkil etuvchisi
17.	W	Qarshilik momenti
18.	X,Y,Z	Kuchning, x, y, z kordinatalar o'qlariga parallel tashkil etuvchilari

2-jadval

T/r.N ^o	Harflar	Miqdorlar
1.	<i>a</i>	Masofa; tezlanish
2	<i>b</i>	Eni
3.	<i>d</i>	Diametr
4.	<i>e</i>	Ekstsentrisitet
5.	<i>f</i>	Qarshilik
6.	<i>g</i>	Og'irlik kuchi tezlanishi
7.	<i>h</i>	Balandlik; qalinlik
8.	<i>i</i>	Inersiya radiusi
9.	<i>k</i>	Koeffitsientlar
10.	<i>l</i>	Ravoq (prolet); element uzunligi
11.	<i>m</i>	Massa; o'rtacha miqdor
12.	<i>n</i>	Biror narsa soni
13.	<i>q</i>	Birlik uzunligidagi yuk intensivligi
14.	<i>r</i>	Radius
15.	<i>s</i>	Masofa, qadam; standartdan chetga chiqish
16.	<i>t</i>	Umuman (har doim) vaqt; yupqa devorli elementlar qalinligi
17.	<i>x, y, z</i>	Koordinatalar

T/r.Nº	Harflar	Miqdorlar
1.	α -alfa	Burchak; og'ish
2.	β -beta	Burchak; nisbat
3.	γ - gamma	Hajmiy og'irlik; nisbiy siljish
4.	δ -delta	O'zgaruvchanlik koeffitsienti
5.	ε - epsilon	Nisbiy deformatsiya
6.	ξ -ksi	Nisbiy koordinata x/l
7.	η -eta	Nisbiy koordinata y/l
8.	ζ -dzeta	Nisbiy koordinata z/l
9.	θ -teta	Aylanish, buralish
10.	λ - lyambda	Egiluvchanlik
11.	μ -myu	Ishqalanish koeffitsienti; keltirish koeffitsienti
12.	ν -nyu	Puasson koeffitsienti
13.	ρ -ro	Zichlik
14.	σ -sigma	Normal kuchlanish
15.	τ -tau	Urinma kuchlanish

T/r.Nº	Harflar	Miqdorlar
1.	<i>c</i>	Umuman (har doim) siqilish (ingl. i frans. <i>compression</i>)
2.	<i>d</i>	Hisobiy (ingl. <i>design</i>)
3.	<i>e(el)</i>	Elastik (ingl. <i>elastik</i>)
4.	<i>f</i>	Ishqalanish (ingl. <i>friction</i> , frans. <i>frottement</i>)
5.	<i>h</i>	Gorizontal (ingl. <i>horizontal</i>)
6.	<i>i</i>	Boshlang'ich (ingl. i frans. <i>initial</i>)
7.	<i>k</i>	Xarakterli (norma bo'yicha)
8.	<i>l</i>	Bo'ylama (ingl. i frans. <i>longitudinal</i>)
9.	<i>m</i>	O'rtacha miqdor (ingl. <i>mean</i> , frans. <i>moyen</i>)
10.	<i>n</i>	Netto (adashmovchilik bo'lmasligi uchun <i>net</i>)
11.	<i>o</i>	Boshlang'ich, nol
12.	<i>t</i>	Umuman (hardoim) cho'zilish (ingl. <i>tension</i> , frans. <i>tractin</i>) Ko'ndalang (ingl. i frans. <i>transversal</i>)
13.	<i>u</i>	Chegaraviy (ingl. <i>ultimat</i>)
14.	<i>v</i>	Vertikal (ingl. <i>vertical</i>)
15.	<i>y</i>	Oquvchanlik (ingl. <i>yield</i>)

T/r.Nº	Qisqacha	Miqdorlar
1.	<i>adc</i>	Absolyut (ingl. <i>absolute</i>)
2.	<i>adm</i>	Ruxsat etilgan (ingl. <i>admissible</i>)
3.	<i>cal</i>	Hisoblangan (ingl. <i>calculated</i>)
4.	<i>crit (cr)</i>	Kritik (ingl. <i>critical</i>)
5.	<i>ef</i>	Effektli (samaradorlik) (ingl. <i>effective</i>)
6.	<i>el(e)</i>	Elastik (ingl. <i>elastik</i>)
7.	<i>est</i>	Kutilgan, baholanadigan (ingl. <i>estimated</i>)
8.	<i>axs</i>	Maxsus, isklyuchitelnoe (ingl. <i>exeptional</i>)
9.	<i>ext</i>	Tashqi, sirtqi (ingl. <i>external</i>)
10.	<i>inf</i>	Pastki (ingl. <i>inferieur</i>)
11.	<i>int</i>	Ichki (ingl. <i>internal</i>)
12.	<i>lat</i>	Yon tomon tekisliklari (ingl. <i>lateral</i>)
13.	<i>lim</i>	Chegaraviy, xavfli miqdor (ingl. <i>Limit</i> , <i>fran. Limite</i>)
14.	<i>max</i>	Maksimal (ingl. <i>Maximum</i>)
15.	<i>min</i>	Minimal (ingl. <i>Minimal</i>)
16.	<i>des</i>	Hisobiy (inl.design)
17.	<i>oct</i>	Oktaedrik (ing. octhedron)

6-jadval

T/r.Nº	Qisqacha	Miqdorlar
1	<i>nom</i>	Nominal (ingl. nominal)
2	<i>obs</i>	Eksperimental, kuzatish (ingl. observed)
3	<i>pl</i>	Plastiklik (ingl. plastic)
4	<i>red</i>	Keltirilgan (ingl. reduced)
5	<i>rel</i>	Nisbiy (ingl. relative)
6	<i>ser</i>	Ekspluatatsiya qilishga yaroqli (ingl. service)
7	<i>sup</i>	Yuqorigi (ingl. superieur)
8	<i>tot</i>	To'la, yig'indi, umumiy (ingl. total)
9	<i>var</i>	O'zgaruvchan (ingl. variable)
10	<i>cli</i>	Qirqilgan, ajratilgan (ingl. Clipped)

Materiallar qarshiligi fanida qo'llaniladigan asosiy kattaliklarning ISO tomonidan taklif etilgan o'zgarishlari

7-jadval

T/ r №	Kattaliklar		Nomi	Izoh
	Belgilashlar			
	eskisi	yangi si		
1.	A	W	Ish	work - ish
2.	F	A	Yuza	area - yuza
3.	N	P	Quvvat	power - quvvat
4.	P	F	Kuch	force - kuch
5.	$M_k = M_z$	$T(M_t)$	Burovchi moment	torque - burovchi moment
6.	$q_z(q)$	n_e	Bo'ylama taqsimlangan tashqi kuch	external- tashqi
7.	μ	ν	Ko'ndalang deformatsiya koeffitsienti, Puasson	-

			koeffitsienti	
8.	δ	t	Yupqa devorli elementlar qalinligi	-

Boshqa ramzlar o'zgarimasdan qolgan, lekin rus tilidagi indekslar o'rniga lotin ishlatiladi.

1. Materialning mexanik tavsiflari:

σ_{ny} – proporsionallik chegarasi $\Rightarrow \sigma_{pr}$ – proportionality
(proportionalir)

σ_{el} – elastiklik chegarasi $\Rightarrow \sigma_e$ – elasticity (elastiklik)

σ_{oq} – oquvchanlik chegarasi $\Rightarrow \sigma_y$ – yield (oquvchanlik)

$\sigma_v = \sigma_M$ – mustahkamlik chegarasi $\Rightarrow \sigma_u$ – ultimate (chegaraviy)

a) $\sigma_{vch} = \sigma_{m,ch}$ – cho'zilishda $\Rightarrow \sigma_{ut}$ – ttbion (cho'zilish)

b) $\sigma_{vc} = \sigma_{m,c}$ – siqilishda $\Rightarrow \sigma_{uc}$ – compression (siqilish)

2. Xarakterli kuchlanishlar:

σ_{CT} – statik $\Rightarrow \sigma_{st}$ – statical (statik)

$\sigma_{\text{Д}}$ – dinamik $\Rightarrow \sigma_d$ – dynamic (dinamik)

σ_{κ} – kontakt $\Rightarrow \sigma_{com}$ – (contact – kontakt)

σ_{kp} – kritik $\Rightarrow \sigma_{cr}$ – critical (kritik)

$\sigma_{np} = \sigma_{\text{эKB}}$ – keltirilgan (ekvivakent) $\Rightarrow \sigma_{red}$ – reduced (keltirilgan)

3. Xarakterli kuchlanishlar:

$\varepsilon_{\text{ΠΟΠ}}$ = ε' – ko'ndalang $\Rightarrow \varepsilon_t$ – transverse (ko'ndalang)

ε_{ynp} – elasniki $\Rightarrow \varepsilon_{el}$ – elastic (elasniki)

ε_{OCT} – qoldiq $\Rightarrow \varepsilon_r$ – residual (qoldiq)

4. Xarakterli kuchlanishlar:

Ruxsat etilgan quyidagi qiymatlar [] kvadrat qavs bilan emas, balki indeks **adm** (**admissible**-ruxsat etilgan) bilan belgilanadi:

[σ] – ruxsat etilgan kuchlanish $\Rightarrow \sigma_{adm}$

$[F]$ – ruxsat etilgan yuk $\Rightarrow F_{adm}$;

$[f]$ ruxsat etilgan solqilik $\Rightarrow v_{adm}$

$[n]$ me'yor bo'yicha mustahkamlik uchun ehtiyotlik
koeffitsienti $\Rightarrow n_{adm}$

O'lchov birliklar

T / R №	MKGSS va SGS birliklar sistemalari va sistemaga kiritilgan birliklar	SI birliklar sistemasi	T / R №	MKGSS va SGS birliklar sistemalari va sistemaga kiritilgan birliklar	SI birliklar sistemasi
1	2	3	4	5	6
1	Yuza birligi		7	Hajm birligi	
	$1 sm^2$	$10^{-4} m^2$		$1 sm^3$	$10^{-6} m^3$
2	Kuch birliklari		8	Ish va energiya birliklari	
	1tonna – kuch (tk)	$9,81 \cdot 10^3 N \approx 10^4 N$		1kilog ramm – kuch \times metr (kgk · m)	$9,81 \approx 10 J$
	1kilog ramm – – kuch (kgk)	$9,81 N \approx 10 N$		1kvt/soat	$3,6 \cdot 10^6 J$
	1dina (dina)	$10^{-5} N$		1erg	$10^{-7} J$
3	Tekis shakl inersiya momentlari o'lchov birligi		9	Massa birliklari	
	$1 sm^4$	$10^{-8} m^4$		1tonna (t)	$10^3 kg$
				1sentner (s)	$10^2 kg$
4	Solishtirma og'irlik birliklari		10	Quvvat birliklari	

	$1tk/m^3$ yoki $1gk/sm^3$ $9,81 \cdot 10^3 N/m^3 \approx$ $\approx 10^4 N/m^3$ $1kgk/m^3$ $9,81 \cdot 10^6 N/m^3 \approx$ $\approx 10^7 N/m^3$		$1kilog ramm - kuch \times$ $\times metr / sekund$ $(kgk \cdot m. / sek)$ $9,81 \approx 10vt$ $1ok ruchi (ok)$ $735,5vt$ $1erg / sek$ $10^{-7} vt$
5	Burchak tezligining o'lchov birliklari	1 1	Bosim yoki kuchlanishning o'lchov birliklari
	$1min$ <i>utda aylanish</i> <i>soni (ayl / min)</i> $\frac{\pi}{30} rad / sek$ $1ayl / sek$ $2\pi rad / sek$		$1bar$ $10^5 N/m^2$ $1kgk/sm^2 = 1atm$ $9,81 \cdot 10^4 \approx$ $\approx 10^5 N/m^2 \approx 0,1MPa$ $1kgk/sm^2$ $9,81 \approx 10N/m^2 \approx$ $\approx 10MPa$ $1tk/m^2$ $10000Pa$
6	Kuch momenti va juft kuch momentining birliklari		
	$1kilog ramm - kuch \times$ $\times metr (kgk \times m)$ $9,81N \cdot m \approx 10N \cdot m$		$1kilog ramm - kuch \times$ $\times santimetr (kgk \times sm)$ $0,0981N \cdot m \approx 10^{-1} N \cdot m$

GLOSSARIY

1. *Mustahkamlik* – material (namuna, detal, konstruksiya elementlari) ning yemirilmasdan tashqi kuchga qarshilik ko'rsatish qobiliyatidir.

2. *Bikirlilik* – konstruksiya elementlarining tashqi kuch ta'siridan katta deformatsiya hosil qilmaslik qobiliyatidir.

3. *Ustuvorlik* – tashqi kuch ta'sirida konstruksiya elementlarining dastlabki muvozanat holatini saqlash qobiliyatidir.

4. *Deformatsiya* – jismlarning tashqi kuch ta'siridan o'lchamlarini, o'z geometrik shaklini o'zgartirishi.

5. *Elastik deformatsiya* Δl_e – konstruksiyaga ta'sir etayotgan kuchlardan hosil bo'lgan deformatsiya konstruksiya kuchdan to'liq ozod qilinganda to'liq yo'qolib ketishi.

6. *Plastik yoki qoldiq deformatsiya* Δl_p – konstruksiya kuchdan to'liq ozod qilinganda deformatsiya yo'qolmasdan qolishi (ingl. plastic).

7. *Brus* – ko'ndalang kesim o'lchamlari uzunlik o'lchamiga qaraganda juda kichik bo'lgan jismlar.

8. *Sterjen* – cho'zilishga yoki siqilishga ishlovchi bruslar.

9. *Guk qonuni* – σ normal kuchlanish nisbiy chiziqli ε deformatsiyaga to'g'ri proporsional.

10. *Ko'paytma* EA – sterjen ko'ndalang kesimining cho'zilish(siqilish)dagi bikirligi.

11. E – bo'ylama elastiklik moduli (modul uprugosti), materialning cho'zilishga (siqilish) qarshilik ko'rsata olish xususiyatini bildiradi.

12. *Elastiklik modulining geometrik ma'nosi* – og'ma to'g'ri chiziq bilan ε o'qi orasidagi burchakning tangensi elastiklik moduliga to'g'ri proporsional $tg\alpha = \sigma/\varepsilon \approx E$.

13. *Elastiklik modulining fizik ma'nosi* – sterjenning ikki marta uzayishini ta'minlovchi kuchlanishni bildiradi. $E = \sigma,$

bunda $\varepsilon = 1$ bo'ladi, $\Delta l = l$ bo'lganda. Bundan, kuchlanishning elastik deformatsiyalanish sohada qabul qiladigan haqiqiy qiymati ming marta kichik bo'ladi.

14. *Markaziy o'q* – o'qqa nisbatan yuzadan olingan statik moment nolga teng.

15. *Kesim og'irlik markazi* – markaziy o'qlarning kesishgan nuqtasi.

16. *To'plangan kuch* – inshoot yuziga nisbatan o'lchamlari kichik bo'lgan yuzachasiga qo'yilgan kuch.

17. *Hajmiy kuch* – elementning barcha zarrachalariga uzliksiz ta'sir etuvchi kuchlar.

18. *Statik yuklar* – doimiy (xususiy og'irlik yuki) yoki vaqt bo'yicha sekin o'zgaruvchi, ya'ni inersiya kuchidan hosil bo'ladigan tezlanish e'tiborga olmasa ham bo'ladigan (qor yukidan bosimning o'zgarishi).

19. *Doimiy kuchlar* – inshootlarga butun xizmat davomida uzluksiz doimiy ta'sir qiladigan kuchlar.

20. *Muvaqqat kuchlar* – inshootni ekspluatatsiya davrida cheklangan vaqt oralig'ida ta'sir qiladigan kuchlar, masalan gaz balloni bosimi.

21. *Ichki yoki zo'riqish kuchlari* – konstruksiya elementini hosil qiluvchi atom zarrachalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari.

22. *Bo'ylama kuch* – brusning qaralayotgan kesimdan bir tomonda ta'sir etayotgan barcha kuchlar (shu jumladan reaksiya) proeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

23. *Epyura* – brus uzunligi bo'ylab ichki kuchning yoki kuchlanishning ko'ndalang kesim bo'yicha o'zgarishi qonunini ko'rsatuvchi grafik.

24. *Kuchlanish* – yuza birligiga to'g'ri kelgan ichki kuch intensivligini xarakterlaydi.

25. *Normal kuchlanish* σ – kesim yuzasiga perpendikulyar ta'sir etib konstruksiya elementini cho'zuvchi yoki siquvchi kuch intensivligi bilan xarakterlanadi.

26. *Urinma kuchlanish* τ – kesim tekisligida ta'sir etib, tekis kesimning qismini siljituvchi kuch intensivligi bilan xarakterlanadi.

27. *Ruxsat etilgan kuchlanishlar* – konstruksiya elementlarining uzoq ishlash davrida yemirilmasdan va xavf-xatarsizligini ta'minlaydigan eng katta kuchlanish.

28. *Puasson koeffitsienti* – oddiy cho'zilish yoki siqilishda ko'ndalang nisbiy deformatsiyaning absolyut qiymatining bo'ylama nisbiy deformatsiyaga absolyut qiymatiga nisbati.

29. *Proporsionallik chegarasi* σ_{pr} – Guk qonuni bajariladigan eng katta kuchlanish.

30. *Oquvchanlik chegarasi* σ_{oq} – yuk ortmagan holda deformatsiya orta boradigan kuchlanish.

31. *Mustahkamlik chegarasi* σ_m (vaqtincha qarshilik) – namuna chidash bera oladigan eng katta yuk, uning dastlabki kesim yuzasiga nisbati.

32. *Statik noaniq masalalar* – faqat statikaning muvozanat tenglamalar yordamida yechib bo'lmaydigan masalalar.

ADABIYOTLAR

1. Mirziyoyev Shavkat Miromonovich. Erkin va farovon, demokratik O‘zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. Sh.M. Mirziyoyev.– Toshkent: O‘zbekiston, 2016. – 56 b.(.pdf)

2. Mirziyoyev Shavkat Miromonovich. Tanqidiy tahlil, qat’iy tartib-intizom va shaxsiy javobgarlik – har bir rahbar faoliyatining kundalik qoidasi bo‘lishi kerak. 2017-yil 14-yanvar / Sh.M. Mirziyoyev. – Toshkent: O‘zbekiston, 2017.– 104 b.(.pdf)

3.Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги қонуни. 1997 йил 29 август. Т.: “Адолат”, 1997.

4. Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2009 йил 14 августдаги 286-сонли “Талабалар мустақил ишларини ташкил этиш тўғрисида”ги буйруғи.

5. Ўрозбоев М.Т. Материаллар қаршилиги. Асосий курси. Олий ўқув юртлари учун дарслик – Т.: “Ўқитувчи”, 1973. – 510 б.

6. Материаллар қаршилигидан масалалар тўплами. В.К.Качурин таҳрири остида. Олий техника ўқув юртлари талабалари учун ўқув қўлланма – Т.: Ўзбекистон, 1993. – 336 б.

7. Маткаримов А.Х. Материаллар қаршилигидан қисқача курс. Ўқув қўлланма – Т.: “ЎАЖБНТ”маркази, 2003. – 185б.

8. Материаллар қаршилиги.А.Ф.Смирновнинг умумий таҳрири остида. Олий ўқув юртлари учун дарслик – Т.: “Ўқитувчи”, 1988. – 464 б.

9. Nabiyev A. Materiallar qarshiligi. Oliy o‘quv yurtlari uchun darslik – Т.: “Yangi asr avlodi”, 2008. – 379 b

10. Қорабоев Б. Материаллар қаршилиги. Олий техника ўқув юртлари учун дарслик.-Т.: Фан ва технологияси, 2007.-192б.

11. Шодмонова З.С.Материаллар қаршилиги. Ўқув қўлланма. -Т.: 2018.-169 б.

12. Якубов Ш.М., Рахманов Б.Қ., Хамраев С.П. Материаллар қаршилиги. Ҳисоблаш-лойиҳалаш ишлари. Ўқув қўлланма, -Т.: Ўқитувчи, 2007. -100.б

13. Хасанов С.М. Материаллар қаршилиги фанидан масалалар ечиш. Ўқув қўлланма. Т.: Ўзбекистон. 2006.-288 б.

14. T.Shirinqulov, K.Ismayilov, A.Qo'ldashev. Elastik-plastik plastinkalar hisobi. O'quv qo'llanma. O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. -Т.: "ТАФАККУР-ВО'СТОН", 2012. -240 б.

15. Водопьянов, В. И. и др. Курс сопротивления материалов с примерами и задачами: учеб. пособие. ВолгГТУ.-Волгоград, 2012. -136 с.

16.Макаров Г.Е. Сопротивление материалов на базе Матнсад. Учеб.пос. Санкт-Петербург "БХВ – Петербург", 2004. -512 с.

17. Горшков А.Г. и др. Сопротивление материалов: Учеб.пос. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.-544с.

18. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. Учебник для вузов. -М.: Издательство, МГТУ, им.Н.Э.Баумана, 2003. - 592 с.

19. Подскребка М.Д. и др. Сопротивление материалов.Учебник для вузов. Минск.: Выш.шк., 2007.-797с.

20. Пирожков Д.Н., Якименко Л.В. Сопротивление материалов: пособие к решению задач /Сост.: Пирожков Д.Н., Якименко Л.В. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005.

21. Варданян Г.С. и др. Сопотивление материалов теория упругости и пластичности. Учебник для вузов. – М.: 2000. – 584 с.

22. Александров А.В. и др. Сопротивление материалов. Учебник для вузов, 3-е изд. – М.:Высш.шк, 2003. – 560 с.

23. Hobilov B.A., To'uchiyev N.J. Materiallar qarshiligi. Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. – T.: “O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati”, 2008. – 400 b.

24. Mirsaidov M.M. va boshqalar. Materiallar qarshiligi. Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. –T.:“Fan va texnologiya”, 2010. – 412 b.

25. Ismayilov K. Materiallar qarshiligi. 1-qism.–T.: “Mashhur-press”, 2018. –344 b.

26. Ismayilov K. Materiallar qarshiligi. 2-qism. –T.: “Mashhur-press”, 2019. –320 b.

Xorijiy adabiyotlar

27. *Beer F.P., Johnston E.R., DeWolf J.T., Mazurek.D.F.* Mechanics of Materials. 7th Edition.-New York. McGraw-Hill Education Ltd, 2015 (897p)

28. *Gere J.M., Goodno B.J.* Mechanics of Materials. 8th Edition.- Canada by Nelson Education Ltd, 2013 (1098p)

29. *James M. Gere*-Mechanics of Materials, 6th Edition Copyright 2004 Thomson Learning, Inc. 940 p.

30. Janco roland Hucko branislav introduction to mechanics of materials, part 1, -2013. 234 p.

31. Janco roland Hucko branislav introduction to mechanics of materials, part 2, -2013. 160 p.

32. Goulet J. Resistance des materiaux Bordas Paris, 1976.- 192

33. *Surya N.Patnaik, Dale A. Hopkins*-Strength of materials. 2004, Elsevier (USA). 773 p.

34. *Tomasz Wierzbicki.* Plates and Selle. - 2005. 102p.

35. *Timoshenko S.P. S.Woinowsky-kriger Thory of plastes fnd shells.* Mcgraw-hill book company, inc New York Toronto London 1963.-635.

Foydalanish uchun tavsiya e'tilgan internet-saytlar

1. <http://www./uzsci.net>
2. <http://www./ziyo.net>
3. <http://www./my sopramat.ru>

DURDONA

MUNDARIJA

Kirish	3
I bob. Bo‘ylama cho‘zilish va siqilishda xususiy og‘irlikni hisobga olish	5
1.1. Cho‘zilish va siqilish deformatsiyalarida xususiy og‘irlikni hisobga olish.....	5
1.2. Teng qarshilikli bruslar	16
1.3 . Pog‘onali sterjenlar	18
II bob. V.K.Kachurin materiallar qarshiligi masalalar to‘plamidagi masalalarning yechimi.....	29
2.1. Xususiy og‘irlikni e‘tiborga olish	29
III bob. Mustaqil echish uchun masalalar.....	66
Ilova.....	82
Glossariy	91
Adabiyotlar	94

DURDONA

JO'RAEV SHUHRAT ISROILOVICH

**MATERIALLAR QARSHILIGI FANIDAN «XUSUSIY OG'IRLIKNI
HISOBGA OLISH» BO'LIMI BO'YICHA MASALALAR YECHIMLARI**

(O'QUV QO'LLANMA)

Muharrir: A. Qalandarov
Texnik muharrir: G. Samiyeva
Musahhih: Sh. Qahhorov
Sahialovchi: M. Bafoyeva

Nashriyot litsenziyasi AI № 178. 08.12.2010. Original-
maketdan bosishga ruxsat etildi: 26.06.2024. Bichimi 60x84.
Kegli 16 shponli. «Times New Roman» garn. Ofset bosma usulida
bosildi. Ofset bosma qog'ozi. Bosma tobog'i 6,2. Adadi 100.
Buyurtma №401.

“Sadridin Salim Buxoriy” MCHJ
“Durdona” nashriyoti: Buxoro shahri Muhammad Iqbol ko'chasi, 11-uy.
Bahosi kelishilgan narxda.

“Sadridin Salim Buxoriy” MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Buxoro shahri Muhammad Iqbol ko'chasi, 11-uy. Tel.: 0(365) 221-26-45