

O'zbekiston Respublikasi
Oliy va O'rta maxsus ta'lim vazirligi

Namangan Davlat universiteti qoshidagi
Malaka oshirish va qayta tayyorlash markazi
tinglovchilari uchun

Fizika – matematika fakulteti
Umumtexnika fanlari va kasb ta'limi kafedrası

“Materiallar qarshiligi” fanidan

Mustaqil ishlarni bajarish bo'yicha
o'quv-uslubiy ko'rsatma

Tuzuvchilar:

dots. T. Umaraliyev
o'q. A. Davlatov

“Umumtexnika fanlari va kasb ta'limi” kafedrası yig'lishining 2011 yil
№__son bayonnomasi bilan tasdiqlangan

Kafedra mudiri:

dots. T. Uluhanov

Namangan - 2011

Talabalarning mustaqil ishi bo'yicha umumiy ko'rsatmalar.

Mustaqil ishi ko'p variantli sistemada tuzilgan bo'lib, 7- masaladan iborat.

Har bir talaba o'z variantini familiyasi, ismi va otasi ismining birinchi harfiga binoan har bir masala uchun keltirilgan jadvallardan tanlab oladi. Bu jadvallar quyidagicha tuzilgan: birinchi vertikal qatorda alfavitlar keltirilgan, keyingi vertikal qatorda variant sxemalarining nomeri ko'rsatilgan, undan keyingi vertikal qatorlarda masalaning yechilishi uchun zarur bo'lgan qiymatlar berilgan.

Talaba familiyasining bosh harfi bo'yicha gorizontal qator bo'ylab yurib, ikkinchi vertikal qatordan sxema nomerini tanlab oladi. Tanlab olingan shakl uchun berilgan qiymatlarni esa quyidagicha oladi: ismining bosh harfi bo'yicha gorizontal qator bo'yicha yurib, barcha juft qatordagi sonlarni oladi; otasi ismining bosh harfi o'yicha gorizontal qator bo'ylab, barcha toq qatordagi sonlarni oladi.

Masalan: Olimov Botir Mahmudovich birinchi masala uchun o'z variantini 1—jadvaldan quyidagicha tanlab olishi kerak: birinchi vertikal qatordagi alfavitdan «O» harfini topish kerak va shu harfdan gorizontal qator bo'ylab yurib, ikkinchi vertikal qatordagi №5 sxemani olishi kerak; endi «B» harfi bo'yicha gorizontal qator bo'ylab yurib, barcha juft qatordagi sonlarni olishi kerak: $R_2 = 30\text{kn}$, $I=I_t$, $I_3=0,5M$, $m=1,3$ qolgan kattaliklarni esa "M" harfi bo'yicha barcha toq vertikal qatorlardan olish kerak: $R_l=25\text{ kn}$,

$R_3=55\text{ kn}$, $I_2=0,8M$, $I_4=0,5M$, $\alpha= 30^\circ$.

Ana shu qoidaga rioya qilinmay bajarilgan yozma ish tekshirish uchun qabul qilinmaydi va qaytarib yuboriladi.

Yozma ishni bajarishda quyidagilarga e'tibor berish kerak;

1. Yozma ishni alohida daftarda bajarilib, daftarning muqovasiga talabaning familiyasi, ismi, otasining ismi hamda universitet va fakultetning nomi, fanning nomi, jo'natish vaqti, uy adresi to'liq ko'rsatilishi kerak.

2. Ishni bajarishda yo'l qo'yilgan kamchiliklarni o'qituvchi tomonidan ko'rsatish uchun har bir sahifaning o'ng tomonidan kamida 40 mm bo'sh joy tashlab yozish kerak.

3. Har bir masalananing yechimi yangi sahifadan boshlab yozilishi kerak. Yozuvlar siyohda, aniq va chiroyli bajarilishi, chizmalar qalamda chizilishi kerak.

4. Masalalarning yechimlari qisqacha tushuntirish tekstlari bilan berilishi kerak.

5. Yozma ish o'quv rejasiga asosan bajarilib, imtihon sessiyasi boshlangunga qadar tekshirish uchun topshirilishi kerak.

6. Kamchiliklari bo'lgan yoki noto'g'ri bajarilgan yozma ish talabaga qisman yoki butunlay qayta ishlash uchun qaytarib beriladi.

O'LCHOV BIRLIKLARI

(Xalqaro birliklar sistemasi — SI) m ,kg, sek — metr, kilogram,

sekund, uzunlik, massa, vaqt birliklari (asosiy birliklar)
sm, mm — uzunlik birligining ulushlari: santimetr,

millimetr, N-nyuton kuch birligi ($I_H = I/9.81 \text{ kg} = 0,102 \text{ kg} \cdot \text{kn}$,

mn-kuch birligi ulushlari kilo nyuton, mega nyuton)

($I_k = 10^3 \text{ n}$ $IMM = 10^6 \text{ n}$)

$\text{n G} \cdot \text{m}^2$ - kuchlanish va bosim birligi ($I \text{ N G} \cdot \text{M}^2 \text{ q} \cdot 10^5$
 kgG'sm) MNG'M -kuchlanish va bosim birligining ulushi.
 $\text{lkVTq} 102 \text{ kgomG'sql}, 36.0. \text{k}$)

Dastur

1. Kirish

Materiallar qarshiligi fanining mohiyati va uning texnik fanlar bilan aloqasi.

Materiallar qarshiligi fanining rivojlanish tarixi va hozirgi zamondagi holati.

2. Asosiy tushunchalar.

Materiallar qarshiligida qabul qilingan gipotezalar: kuchlar ta'sirining erkinlik prinsipi, Sen — Venin prinsipi va bshqalar

Tashqi kuchlar va ularning klassifikatsiyalanishi. Deformatsiyaning asosiy turlari. Ichki kuchlar. Normal va urinma kuchlanishlar.

3. Cho'zilish va qisilishi.

Cho'ziluvchi va siquvchi kuchlar ta'sirida hosil bo'ladigan ichki kuchlar va kuchlanishlar. Guk qonuni. Prizmatik va silindrik sterjenlarning o'qi bo'ylab cho'ziladigan kuchlanish va deformatsiyalar. Cho'zilishni tajriba yo'li bilan o'rganish. Materiallarning statik nagruzkalar ta'sirida sinash natijasida olinadigan xarakteristikalar. Siqilishni tajriba yo'li bilan o'rganish.

Cho'zilish va siqilishdagi mustahkamlik zapas koefitsienti.

Cho'zilish va siqilishni hisoblash sxemasi.

Tashqi nagruzka va jism o'z og'irligini hisobga olgandagi cho'zilish va siqilishni hisoblash. Cho'zilish va siqilishga oid statik aniqmas masalalar.

4. Materiallarning xarakteristikalar.

Materiallarning xossalari va ularning klassifikatsiyalanishi.

Mexanik xossalari va konstruktsion materiallarni tanlashda ularning roli.

Materiallarning puxtaligi (Mustahkamligi), elastikligi va qattiqligi.

Materiallarning charchash va chidamliligi haqida tushuncha.

Mustahkamlikka temperaturaning ta'siri. Materiallarning

eshiluvchanligi. Relaksatsiya. Puxtalanish. Dinamik mustahkamlik.

Kuchlanishning konsentratsiyalanishi. Mahalliy kuchlanishlarning yuzaga kelish sabablari.

Murakkab deformatsiyalanib, ishlayotgan detallardagi kuchlanishlarni tajriba yo'li bilan aniqlash. Elektrozometriya.

5. Siljish.

Siljish va kesilish haqida tushuncha. Sof siljishdagi kuchlanish va deformatsiya. Siljish uchun Guk qonuni. Elastiklik modullari E

va S orasidagi bog'lanish. Ruxsat etilgan kuchlanishlarni tanlash. Siljishga ishlovchi konstruktsiya elementlarining hisobi.

6. Buralish.

Buralish haqida tushuncha. Doiraviy kesimli silindrni burash natijasida tajribalardan olingan xulosalar.

Statik inertsia va qarshilik momentlari haqida tushuncha. Burovchi moment, quvvat va aylanishlar soni orasidagi bog'lanish. Burovchi moment epyurasi.

Buralishdagi kuchlanish va deformatsiyalar. Buralishda mustahkamlik va birlikka hisoblash. Kesim doiraviy bo'lmagan sterjenlarning buralishi haqida tushuncha. Qisqa qadamli vintsimon silindrik prujinalar hisobi.

7. Ko'ndalang egilish.

Egilish haqida tushuncha. Balkalar haqida ma'lumot. Tayanchlarning turlari va ularning tuzilishi. Balkalarning tayanch reaksiyalari. Ko'ndalang kuch va eguvchi moment. Ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyurasini qurish.

Sof egilish. Egilishdagi normal kuchlanish va Guk qonuni. Egilishdagi urinma kuchlanishlar. Juravskiy teoremasi. Balkalarning mustahkamligini normal va urinma kuchlanishlar bo'yicha tekshirish.

Egilishdagi deformatsiyalar. Balkaning elastik chizig'i va uning tenglamasi. Egilishdagi kesimlarning salqiligini va aylanish burchagini aniqlash. Balkalarning deformatsiyalarini grafo - analitik usulda tekshirish. Egilishga teng qarshilikli balkalar. Statik aniqmas balkalar va ularning mustahkamlikka hamda birlikka hisoblash metodikasi.

8. Bo'ylama egilish va ustuvorlik.

Ustuvorlik va kritik kuch haqida tushuncha. Eyler formulasi va uni ishlatilish chegarasi. Sterjen uchlarini mahkamlash turlarining ustuvorlikka ta'siri. Siqilgan sterjenlarning ustuvor muvozanatini tekshirish.

9. Mustahkamlik nazariyalari.

Mustahkamlik nazariyalari haqida tushuncha. Murakkab kuchlanganlik holatidagi jismlarning mustahkamligini turli mustahkamlik nazariyalariga asosan tekshirish.

10. Murakkab qarshilik.

Asosiy tushunchalar. Murakkab qarshilikda kuchlanishni hisoblashning umumiy metodi. Kuchlanganlik holatining turlari. Bosh kuchlanishlar. Cho'zilish va egilishning birlikdagi ta'siri. Markaziy qo'yilmagan cho'ziluvchi va siqiluvchi kuchlar ta'siri. Qiyshiq egilish. Buralish, egilish va cho'zilishning birgalikdagi ta'siri.

II Dinamik nagruzkalarda mustahkamlik.

Inertsia kuchlari ta'sirida yuzaga keladigan kuchlanishlar, Tekis aylanayotgan halqani hisoblash. Zarb ta'sirida hosil bo'ladigan kuchlanishlar. Zarbga sinash. Chidamlilik chegarasini aniqlash. Simmetrik shakl bilan o'zgaruvchi kuchlanishlarda mustahkamlikni hisoblash.

1 — masala. Pog'onali brus hisobi.

1 — shaklda ko'rsatilgan po'latdan yasalgan pog'onali brus materialining oquvchanlik chegarasi $b_o - 240 \text{ Mpa}$, elastiklik moduli $E=2,10^5 \text{ Mpa}$ havfli kesim uchun ehtiyotlik zapas koeffitsienti $K_r = 1,3$ bo'lsa:

1. Brusning butun uzunligi bo'ylab, barcha ko'ndalang kesimlarida hosil bo'luvchi bo'ylama kuchlarning qiymatini aniqlanib, ishorasi qurilsin;

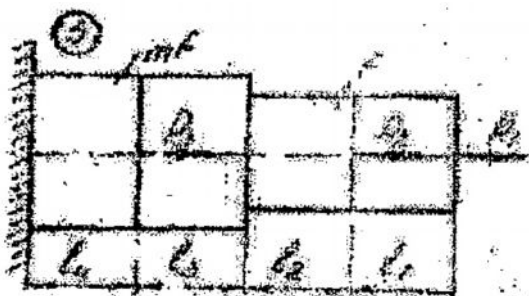
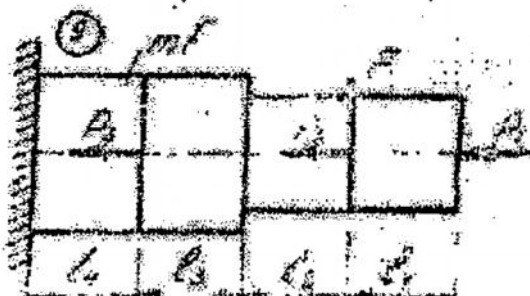
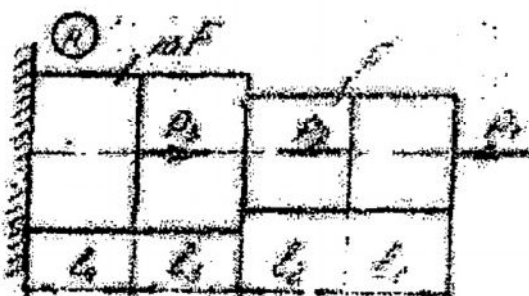
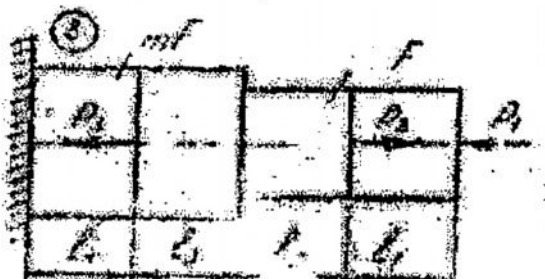
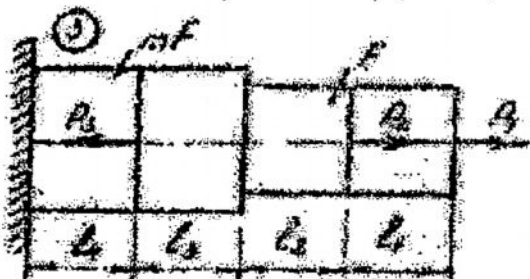
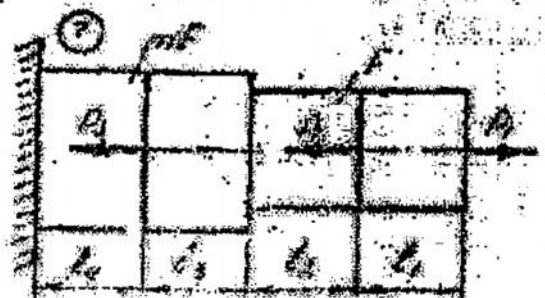
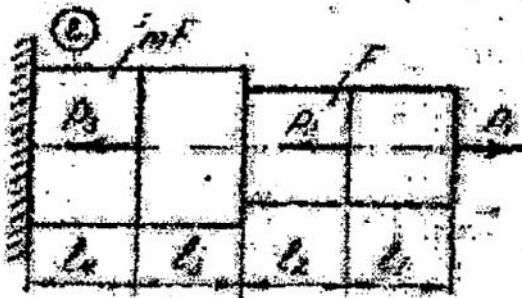
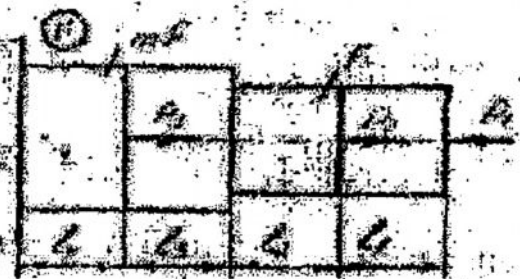
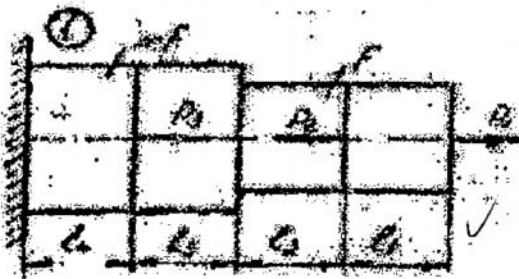
2. Cho'zilish va siqilishdagi mustahkamlik shartidan foydalanib, xavfsiz ko'ndalang kesim yuzalari aniqlansin;

3. Ko'ndalang kesimlardagi mustahkamlik normal kuchlanishlarning qiymatlari aniqlanib, normal kuchlanish epyurasi qurilsin.

4. Xavfli ko'ndalang kesimga a-burchak ostida yo'nalgan qiya kesishdagi normal va urinma kuchlanishlar aniqlansin:

1—jadval

Alfavit	Sxema nomeri									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		P_1	P_2	P_3	L_1	L_2	L_3	L_4	M	α
		kN	kN	kN	M	M	M	M	—	Grad
A.K.F	1	15	25	65	0,5	0,7	0,6	0,4	1,2	15
B.D.X	2	20	30	60	1,0	1,2	0,5	0,6	1,3	25
VMU	3	25	35	55	1,4	0,8	0,3'	0,5	1,4	30.
G.N.CH	4	30	40	50	0,6	1,3	0,4	0,7	1,5	45
D.O.SH	5	35	45	45	1,1	0,9	0,5	0,6	1,6	60
E.I.G'	6	40	50	40	0,7	1,5	0,4	0,9	1,7	40
Yo.R.Z	7	45	55	35	1,2	1,4	0,3	0,6	1,8	55
J.S.K	8	50	60	30	0,8	1,0	0,6	0,4	1,9	50
Z.T.Yu	9	55	65	25	1,3	1,6	0,8	0,3	2,0	60
Q.U.Y	10	60	70	20	0,9	1,1	0,7	0,2	2,1	75



2 — masala. Statik aniqmas sterjenli sistemalar hisobi.

2 —shaklda ko'rsatilgan sterjenli sistema uchun;

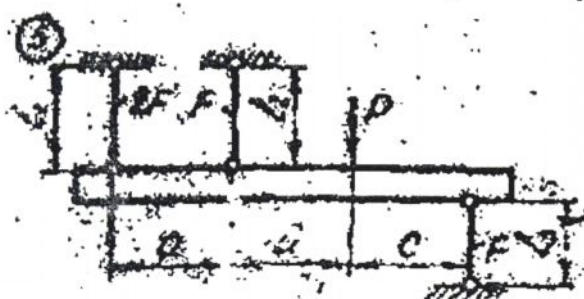
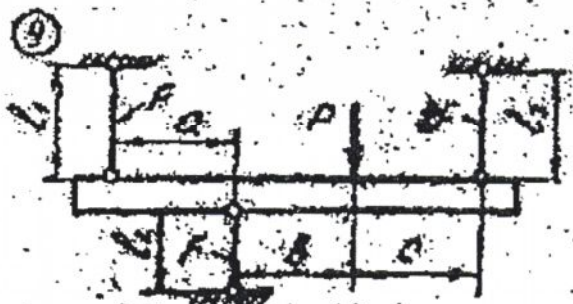
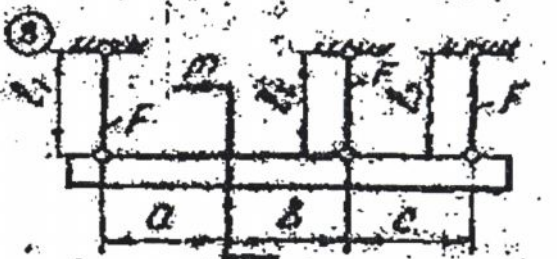
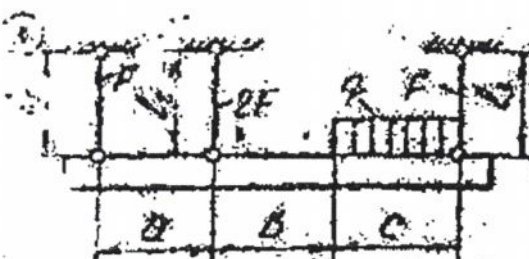
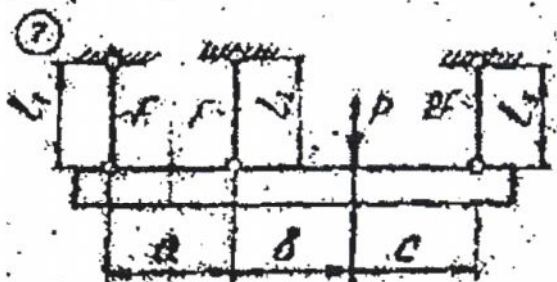
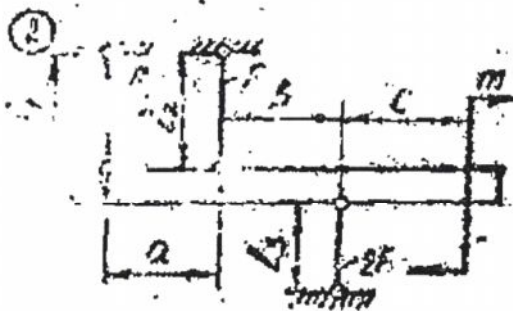
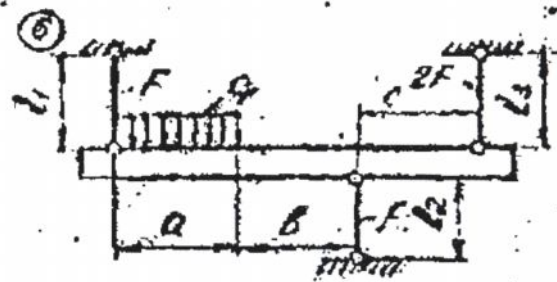
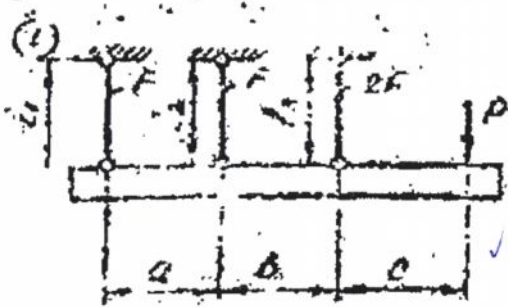
1. Sterjenlardagi zo'riqish kuchlari va kuchlanishlarning R , m yoki q orqali ifodalangan qiymatlari aniqlansin.

2. Agar sterjen materialining oquvchanlik chegarasi $b_e=240 \text{ MPa}$ va mustahkamlik zapas koeffitsienti $K_o=1,5$ bo'lsa, sterjenlarning mustahkamlik shartidan foydalanib, ruxsat etilgan nagruzkalarning ($[R],[q]$ yoki $[m]$) qiymatlar aniqlansin.

3. Ruxsat etilgan nagruzkalar $[R],[q]$ yoki $[m]$ ta'sirida sterjenlarning ko'ndalang kesimlarida hosil bo'luvchi normal kuchlanishlar aniqlansin.

Qiymatlar 2 - jadvalda keltirilgan

Alfavit	Sxema nomeri							
		1	2	3	4	5	6	7
		A	v	s	L_1	L_2	L_3	P
		M	M	M	M	M	M	sm ²
A,K,F	t	0,5	1,0	1,5	2,0	1,5	1,7	2,5
B,L,X	2	0,6	2,0	0,9	1,9	2,8	1,5	3,7
V,M,U	3	0,7	2,2	1,0	2,4	3,0	2,8	1,0
G,N,CH	4	1,0	1,5	2,0	2,8	2,5	1,0	3,5
D,O,SH	5	1,7	0,8	2,2	3,0	2,2	1,2	2,7
E,Y,G'	6	2,7	1,2	0,7	2,5	3,0	2,5	1,5
Yo,R,Z	7	1,5	0,6	2,3	2,1	1,5	2,7	4,0
J,S,K	8	1,2	2,4	0,9	1,5	2,0	1,0	2,0
Z,T,Yu	9	2,2	0,5	1,3	2,3	2,8	1,5	1,7
I,U,Ya	10	2,0	1,4	0,8	2,8	1,0	1,5	3,0



3 — masala. Valni buralishga hisoblash.

3 —shaklda ko'rsatilgan val uchun:

1. Burovchi moment epyurasi qurilsin;

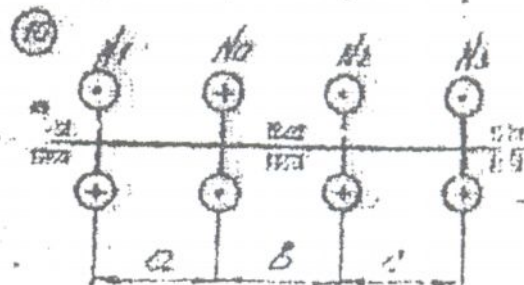
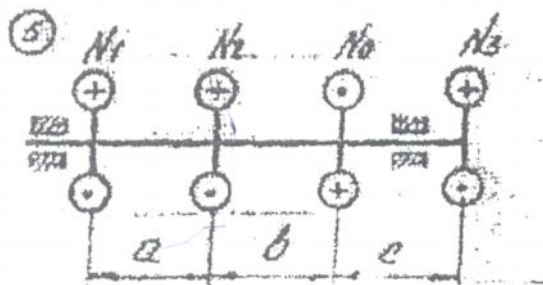
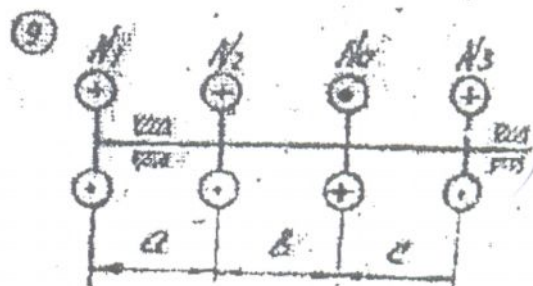
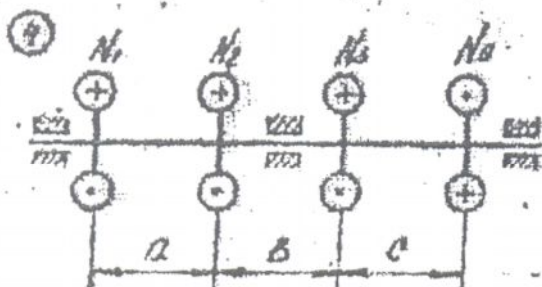
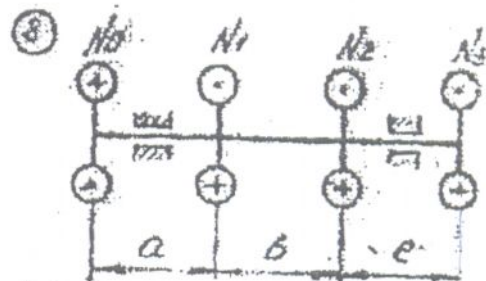
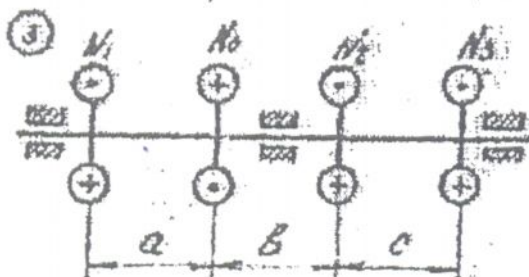
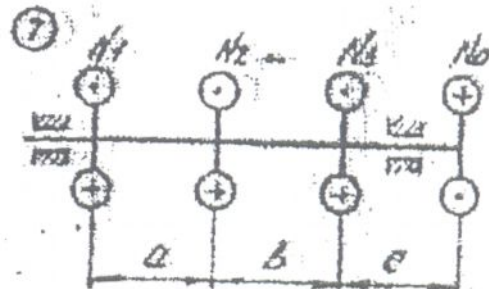
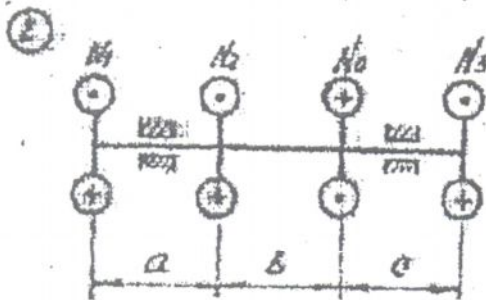
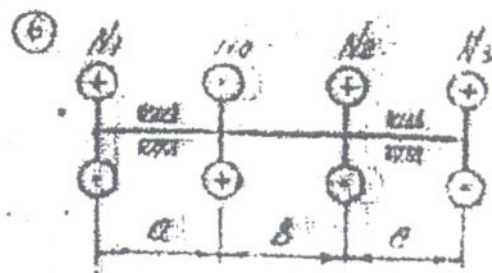
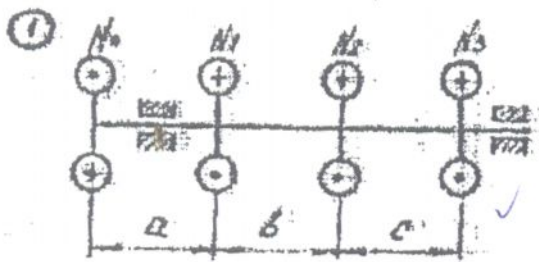
2. Val materiali uchun $[Tl=100 \text{ Mpa}$ va $G=8 \cdot 10^4 \text{ Mpa}$

bo'lsa, mustahkamlik shartidan val turli uchastkalarining diametrlari aniqlansin;

3. Buralish burchaklari epyurasi qurilsin.

Qiymatlari 3 - jadvalda keltirilgan.

Alfavit	Sxema nomeri							
		1	2	3	4	5	6	7
		A	v	s	N,	N ₂	N ₃	P
		M .	M	M	Kvt	Kvt	Kvt	Ayl. min
A,K,F	1	0,2	0,35	1,2	1,0	1,15	3,0	100
B,L,X	2	0,3	0,45	1,25	1,1	1,25	2,9	200
V,M,U	3	0,4	0,55	1,3	1,2	1,35	2,8	300
G,N,CH	4	0,5	0,65	1,35	1,3	1,45	2,7	400
D,O,SH	5	0,6	0,75	1,4	1,4	1,55	2,6	500
E,I,G'	6	0,7	0,85	1,45	1,5	1,65	2,5	600
Yo,R,Z	7	0,8	0,95	1,5	1,6	1,75	2,4	700
J,S,K	8	0,9	1,05	1,55	1,7	1,85	2,3	800
Z,T,Yu	9	1,0	1,15	1,6	1,8	1,95	2,2	900
I,U,Ya	10	1,4	1,25	1,65	1,9	2,0	2,1	950



3-WART

4—masala. Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari.

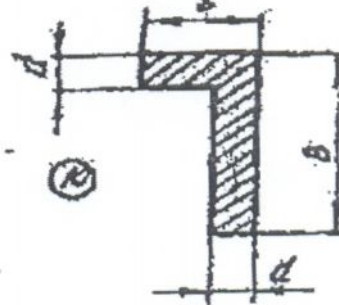
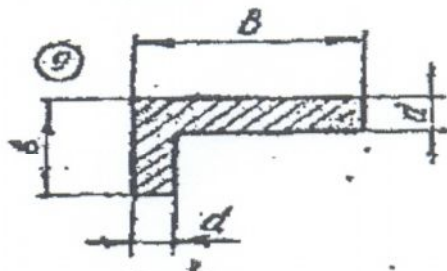
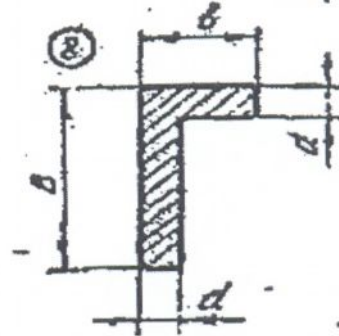
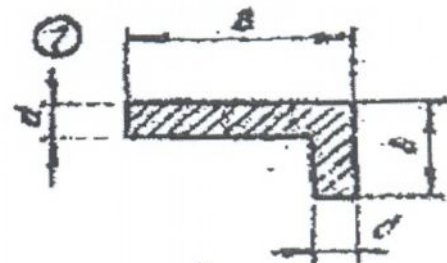
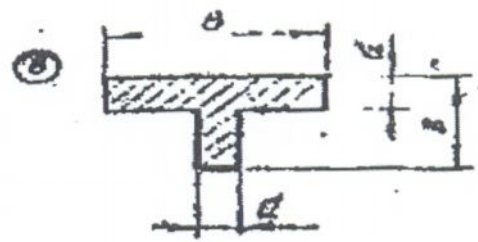
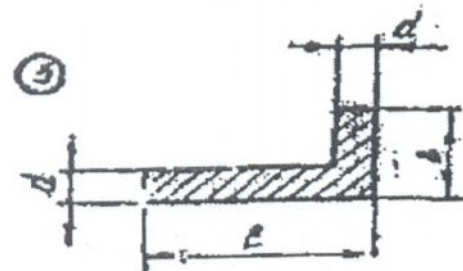
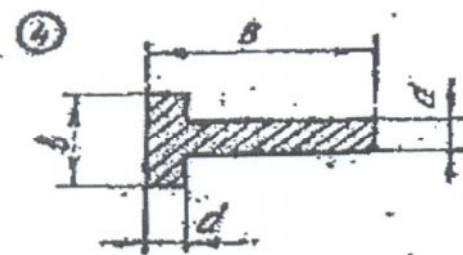
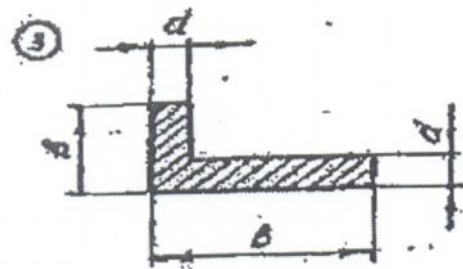
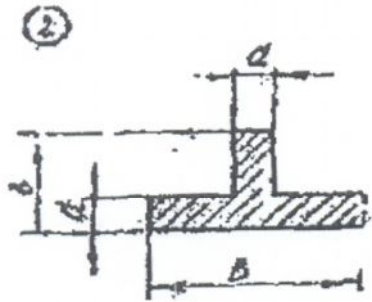
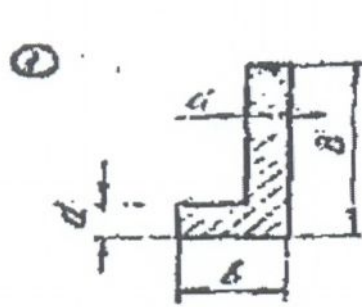
4 —shaklda ko'rsatilgan kesim yuzasi uchun:

1. Og'irlik markazining koordinatalari aniqlansin.
2. Markaziy inertsia o'qlariga nisbatan ekvatorial va markazdan qochma inertsia momentlar topilsin.;

Bosh markaziy inertsia o'qlarining vaziyati va bosh inertsia momentlarining qiymatlari aniqlansin.

Qiymatlar 4 —jadvalda keltirilgan, 4—jadval

Alfavit	Sxema nomeri			
		1	2	3
		A	v	s
		m	m	M
A,K,F	1	140	40	10
B,L,X	2	150	50	11
V,M,U	3	160	60	12
G,N,CH	4	170	70	13
D,O,Sh	5	180	80	14
E,I,G	6	190	90	15
Yo,R,Z	7	200	100	16
J,S,K	8	210	110	17
Z,T,Yu	9	220	120	18
I,U,Ya	10	230	130	20



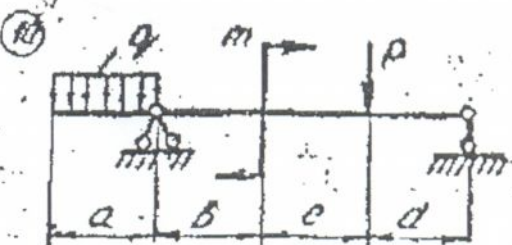
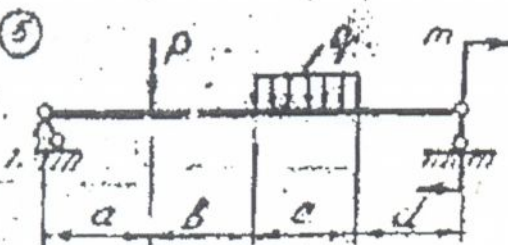
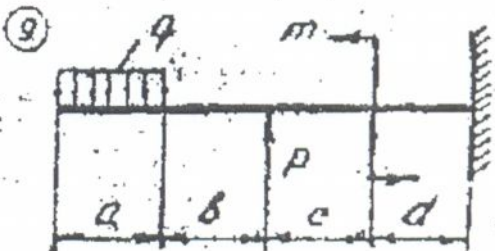
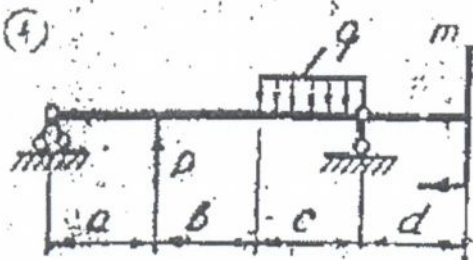
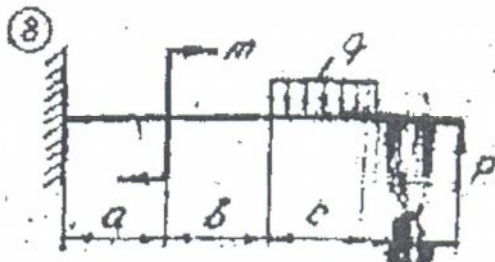
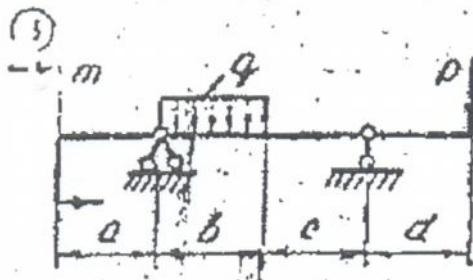
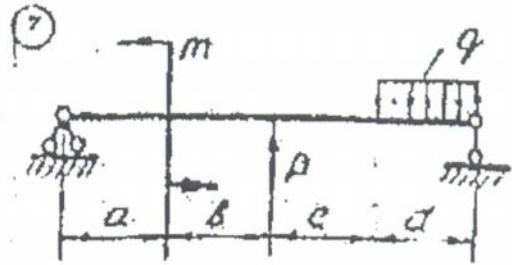
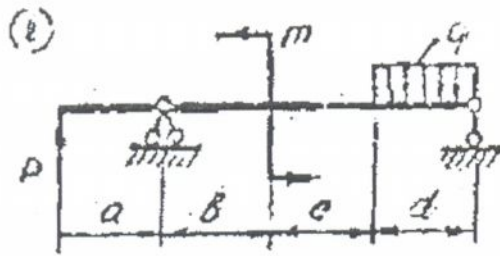
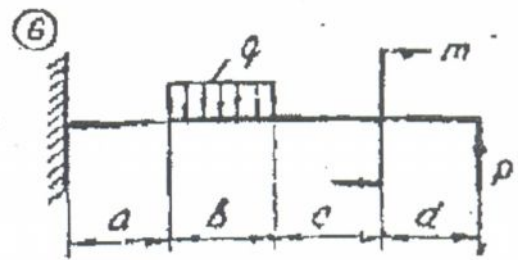
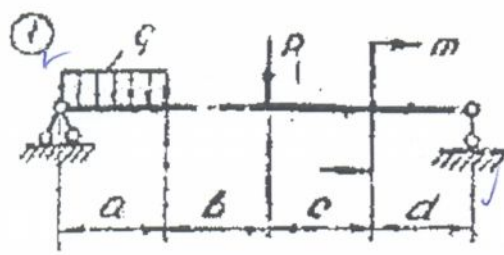
4-4000A

5-masala. Shaklda ko'rsatilgan balka uchun qirquvchi kuch va eguvchi momentlar epyurasi qurilsin.

Balka materialini po'lat deb hisoblab maksimal eguvchi momentga mos profil tanlansin. ($[b_0]$ -160 MPa, $E=2 \cdot 10^5$ MPa) mustaxkamlik shartidan balka uchun, qo'shtavr va doiraviy kesim tanlansin.

Kuch va masofa qiymatlari 5-jadvalda keltirilgan.

Alfavit	Sxema nomeri							
		1	2	3	4	5	6	7
			b	s	d	q	P	M
		m	m	M	M	Kn.m	Kn	Kn.m
A,K,F	1	0,2	0,4	0,6	0,7	40	60	30
B,L,X	2	2,8	1,4	1,2	0,4	60	120	44
V,M,U	3	0,8	0,2	0,4	0,5	25	80	20
G,N,CH	4	2,0	1,5	1,0	0,6	50	30	36
D,O,SH	5	0,3	0,5	0,8	0,1	30	70	22
E,P,G'	6	2,5	1,2	0,9	0,4	55	20	40
Yo,R,Z	7	3,0	2,2	0,8	1,4	70	40	50
J,S,K	8	0,9	0,2	0,4	0,5	35	90	24
Z,T,Yu	9	0,5	0,6	0,4	0,6	20	100	15
I,U,Ya	10	0,9	0,5	0,3	0,1	45	50	32



6 — masala. Siqilgan sterjenlarni ustuvorlikka hisoblash.

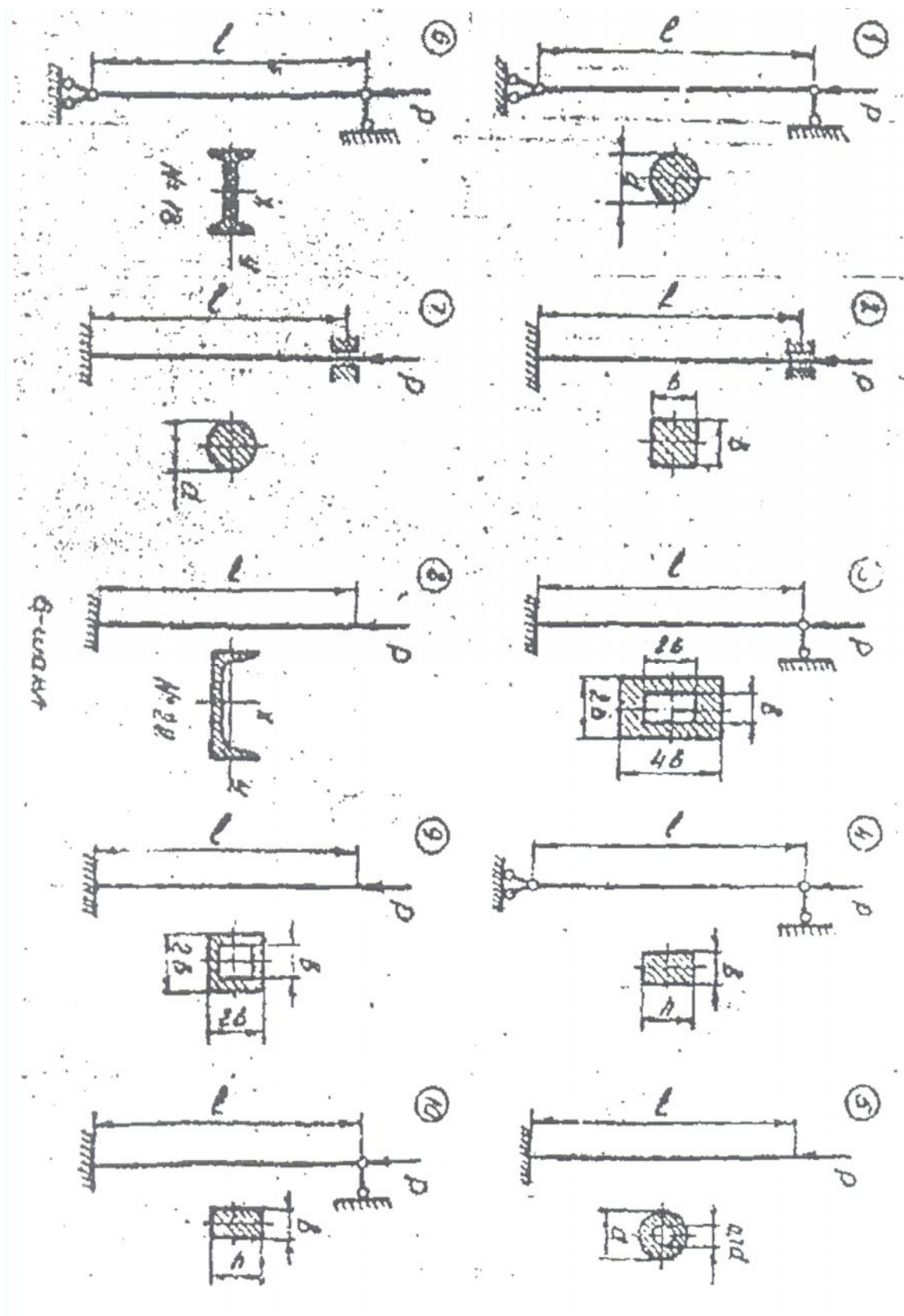
6 — shaklda ko'rsatilgan St 3 markali po'latdan yasalgan ustunning ustuvorlik uchun berilgan zapas koeffitsienti $[Pu]$ ma'lum bo'lsa, ruxsat etilgan siquvchi kuchning kattaligi aniqlansin.

Ustunlar ko'ndalang kesimlarining o'lchamlari quyidagicha:

$$b=0.04 M, \quad N=0.06 M, \quad d=0.04 M,$$

Qolgan kattaliklar 6 —jadvalda keltirilgan. 6 —jadval.

Alfavit	Sxema nomeri	Qatorlar	
		L	$[Pu]$
		M	—
		m	M
A,K,F	1	1,5	2,8
B,L,X	2	2,0	2,5
V,M,U	3	2,5	3,0
G,N,CH	4	2,8	2,0
D,O,SH	5	3,0	2,2
E,I,G	6	3,4	3,2
Yo,R,Z	7	3,5	3,1
J,S,K	8	4,0	2,6
Z,T,Yu	9	4,2	2,3
I,U,Ya	10	4,5	2,1

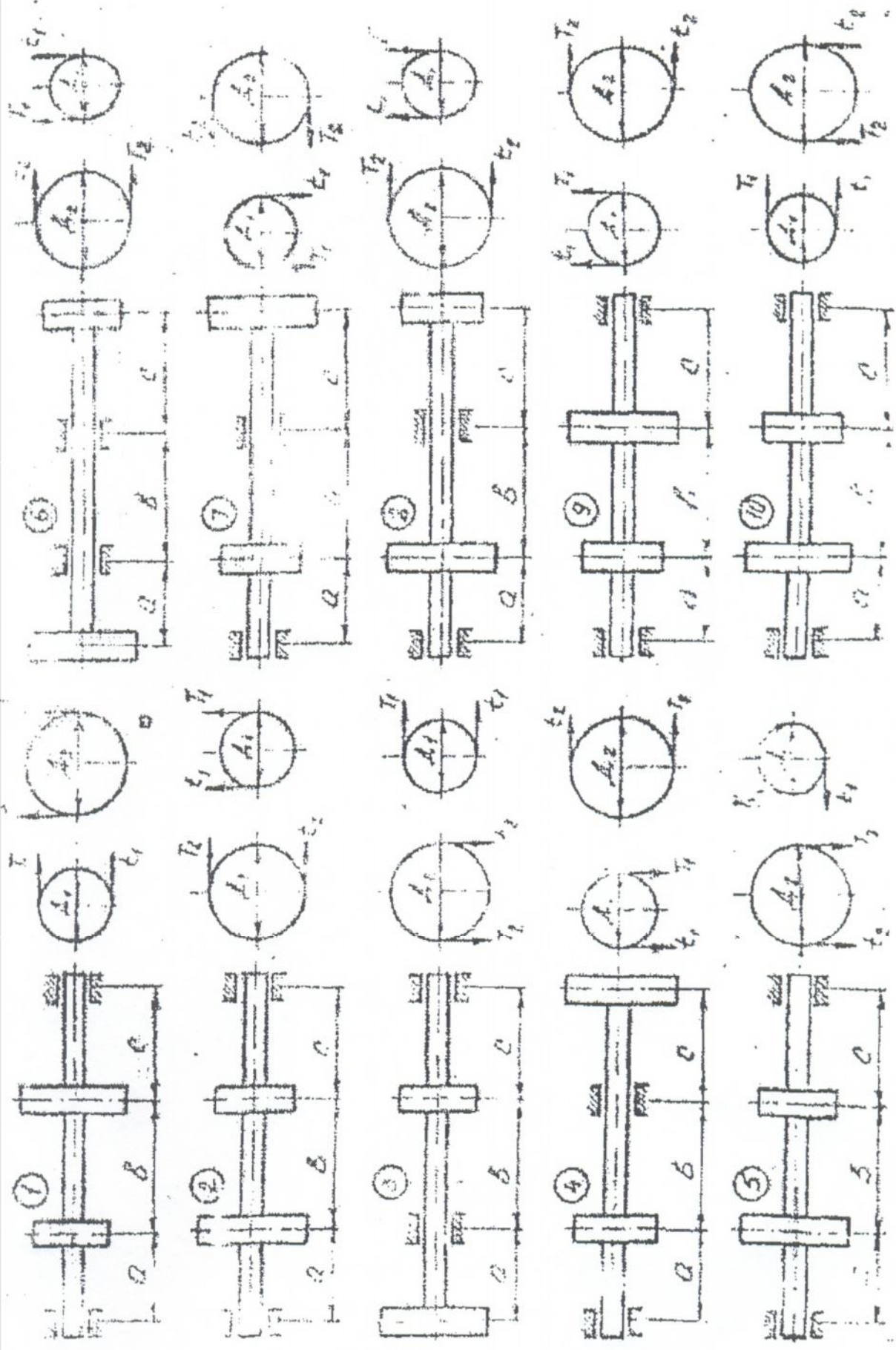


7 —masala . Valni egilish bilan buralishning birgalikdagi ta'siriga hisoblash.

Mustahkamlikning III nazariyasiga asosan 7 —shaklda ko'rsatilgan transmission valning diametri aniqlansin. Bu val minutiga n marta aylanib, N KVT quvvatni uzatadi, Shkivlarning diametrlari D_1 va D_2 ga teng. Val materiali uchun ruxsat etilgan kuchlanish $[b] = 80 \text{ Mpa}$. Tasmalar yetakchi qismlarining tortish kuchlari yetaklanuvchi qismlarining tortish kuchlaridan ikki marta katta ($T=2t$)

Qiymatlar 7 —jadvalda keltirilgan.

Alfavit	Sxema nomeri							
		1	2	3	4	5	6	7
		a	b	s	D_1	D_2	N	N
		sm	sm	sm	sm	sm	Kvt	Ayl/min
A,K,F	1	20	40	30	50	95	20	500
B,L,X	2	25	50	20	45	85	15	600
V,M,U	3	30	55	40	40	80	25	700 800
G,N,CH	4	35	60	50	35	70	40	
D,O,SH	5	40	70	35	30	70	35	400
E,I,G	6	45	75	45	25	80	50	900
Yo,R,Z	7	50	80	60	45	60	18	300
J,S,K	8	55	85	25	35	75	24	1000
Z,T,Yu	9	60	90	50	50	70	32	450
I,U,Ya	10	65	100	40	30	90	50	750



T-WAX-7

Mustaqil ishini bajarish uchun metodik ko'rsatmasi

1 — masala bo'yicha.

Bu masalani yechishga kirishishdan oldin «Materiallar qarshiligi» haqida asosiy tushunchalar» va «Cho'zilish va siqilish» ga doir temalar (2-3 temalar) bilan batafsil tanishib chiqish kerak.

Pog'onali brusni hisoblashda uni uzunligi bo'ylab, uchastkalarga ajratib chiqish kerak. Uchastkalar tashqi kuchlar ta'sir etgan va brus ko'ndalang kesimining o'zgargan joylaridan tanlab olinadi.

Ko'ndalang kesimlardagi bo'ylama kuchlarning qiymatlari va yo'nalishlarini aniqlash uchun kesimlar metodidan foydalanib, brusni har bir uchastkada uning o'qiga tik bo'lgan tekislik bilan kesib, kesimlardan bir tamonda qolgan qismi uchun statikaning muvozanat tenglamalarini tuzish kerak.

Ko'ndalang kesimdagi bo'ylama kuch shu kesimdan bir tomonga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning algebraik yig'indisiga tengligi shartidan foydalanib, kesimdagi bo'ylama kuchning qiymati aniqlanadi. Bundan brusni cho'ziluvchi bo'ylama kuch «musbat», siqiluvchi bo'ylama kuch esa «manfiy» ishorali qilib olinadi.

Olingan bo'ylama kuch va kuchlanishlarning qiymatlarini ma'lum masshtabda joylashtirish, bo'ylama kuch va kuchlanishlarning qiymatlarini muhim yo'nalishlarining, aniqlash uchun quyidagi ishoralar qoidasidan foydalanish kerak;

Agar normal kuchlanish tashqi normal yo'nalish tomon borsa, musbat deb, aks holda esa, manfiy deb hisoblanadi. Agar tashqi normalni urinma kuchlanish yo'nalishi tomon qaratish uchun uni soat strelkasi yurishiga qarab, burishga to'g'ri kelsa, urinma kuchlanishning qiymati musbat, aks holda esa manfiy deb hisoblanadi. (8 — shakl)

Ko'ndalang kesimlarning ko'chishlarini kuchlar ta'sirini erkinlik prinsipidan foydalanib topiladi. Ya'ni har bir tashqi kuch ta'siridan yuzaga kelayotgan ko'chishlar alohida — alohida hisoblanadi. Ularning algebraik yig'indisi esa to'la ko'chishga teng bo'ladi.

1—masala.

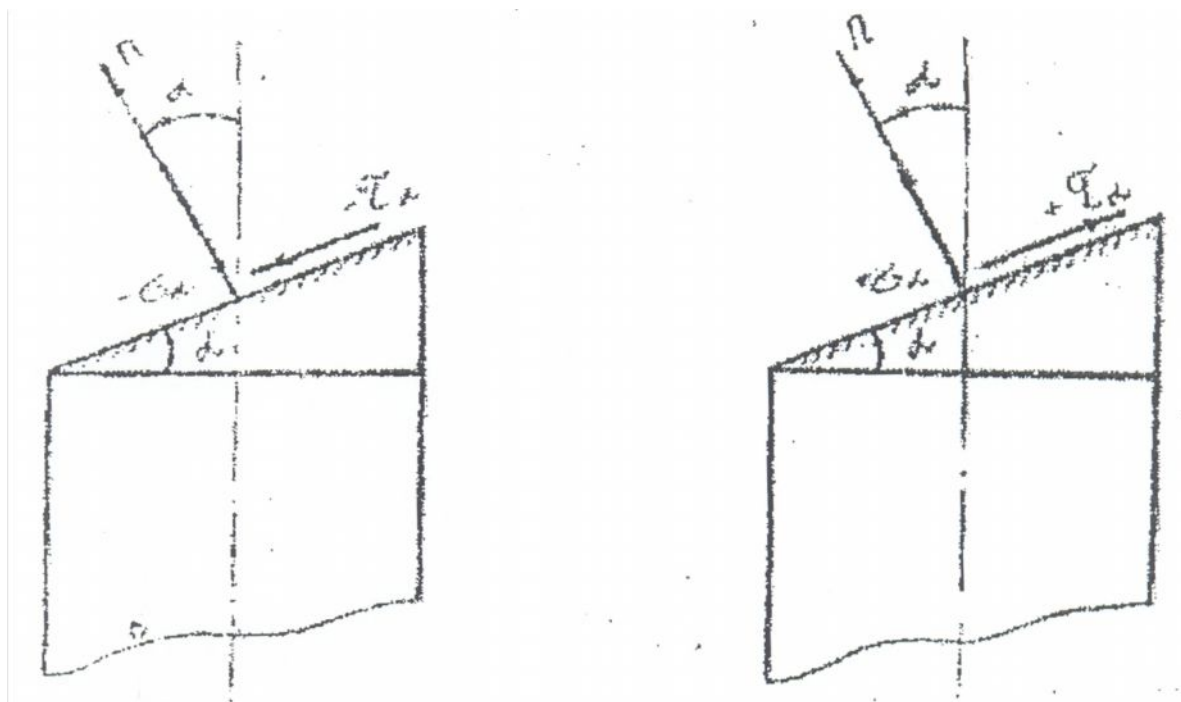
9—shaklda ko'rsatilgan St.3 markali po'latdan yasalgan pog'onali brus materialining oquvchanlik chegarasi $b_0=240$ Mpa, elastiklik moduli $E=2 \cdot 10^5$ Mpa bo'lsa;

1. Brusning barcha ko'ndalang kesimlaridagi bo'ylama kuchlarning qiymatlari aniqlanib, bo'ylama kuch epyurasi qurilsin;

2. Agar xavfli kesim uchuv ehtiyotlik zapas koeffitsienti $k_0=1,2$ bo'lsa brusning o'z og'irligini hisobga olmasdan mustahkamlik shartidan foydalanib xavfsiz ko'ndalang kesim yuzalari aniqlansin;

3. Brusning barcha ko'ndalang kesimlaridagi normal kuchlanishlarning qiymatlari aniqlanib, normal kuchlanish epyurasi qurilsin;

4. Xavfli ko'ndalang kesimga a- burchak ostida yo'nalgan qiya kesimdagi normal va urinma kuchlanishlar aniqlansin;



5. Brus erkin uchining to'la ko'chishi aniqlansin va ko'chishlar epyurasi qurilsin.

Berilgan;

$$P_1 = 40kH \quad l_1 = 1,2m$$

$$P_2 = 60kH \quad l_2 = 1,0m$$

$$P_3 = 30kH \quad l_3 = 0,5m$$

$$m_1 = 2,0 \quad l_4 = 0,6m$$

$$m_2 = 30kH \quad l_5 = 0,4m$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Yechish: 1. Brusni masala shartida berilganlariga asosan ma'lum masshtabda chizamiz va uni erkin uchidan boshlab uchastkalarga ajratamiz.

Bizning misolimizda brus beshta uchastkadan iborat.

Kesimlar metodidan foydalanib, brusni birinchi uchastkada uning o'qiga tik bo'lgan 1 — 1 tekislik bilan fikran kesib, qoldirilgan pastki qismining muvozanatini tekshiramiz. (9 -shakl)

Kesimdagi bo'ylama kuch N_1 ni ixtiyoriy ravishda kesimdagi yuqoriga yo'nalgan deb faraz qilib, tekshirilayotgan brus qismi uchun

statikaning muvozanat shartini yozamiz va kesimdagi bo'ylama kuchning qiymatini aniqlaymiz:

$$\sum Y = N_1 - P_1 = 0 \text{ бундан } N_1 - P_1 = 40 \text{ кН}$$

bo'ylama kuch qiymatining musbat chiqqanligi uning yo'nalishi to'g'ri qo'yilganligini va bu kuch brusning L_1 uzunlikdagi qisimini cho'zilishini bildiradi.

Yuqorida bayon etilgan usul bilan endi brusni ikkinchi uchastkalarida II — II tekislik bilan kesib (9 — V shakl) kesimdagi N_2 ning qiymatini aniqlaymiz.

$$\sum y = N_2 - P_1 = 0 \text{ бундан: } N_2 - P_1 = 40 \text{ кН}$$

Shunga o'xshash uchinchi uchastkada III — III tekislik yordamida brusni kesib (9 — G shakl) ni qiymatini aniqlaymiz:

$$\sum y = N_3 + P_2 - P_1 = 0 \text{ бундан: } N_3 = P_1 - P_2 = 40 - 60 = -20 \text{ кН}$$

N_3 ning qiymati manfiy chiqqanligi uchun uning yo'nalishini qarama— qarshi tomonga o'zgartirib, kesim yuzasiga qarab yo'naltiramiz. Demak, bu uchastka N_3 ta'sirida siqilar ekan.

To'rtinchi uchastkadagi bo'ylama kuchi N_4 ning qiymatini aniqlaymiz (9~D shakl)

$$\sum y = N_4 + P_2 - P_1 = 0 \text{ бундан: } N_4 = P_1 - P_2 = 40 - 60 = -20 \text{ кН}$$

kuch N_5 ning qiymatini aniqlaymiz (9 —E shakl)

$$\sum y = N_5 + P_3 + P_2 - P_1 = 0$$

$$N_5 = P_3 - P_2 + P_1 = 30 + 60 - 40 = 10 \text{ кН}$$

Demak, brus 1,2,5 uchastkalarda cho'zilar ekan,
3 va 4 — uchastkalarda esa, siqilar ekan.

Brusning barcha ko'ndalang kesimlaridagi bo'ylama kuchlarning qiymatlarini aniqlaganimizdan so'ng, bo'ylama kuchning brus o'qi bo'ylab o'zgarish qonunini ifodalaydigan diagrammani ya'ni, bo'ylama kuch epyurasini qurishimiz mumkin. Buning uchun brus o'qiga parallel to'g'ri chiziq o'tkazib, bo'ylama kuchning musbat qiymatlarini esa, chiziqdan o'ng tomonga, manfiy qiymatlarini chiziqdan chap tomonga ma'lum masshtabda joylashtirib, hosil bo'lgan nuqtalarni to'g'ri chiziq bilan tutashtiramiz va bo'ylama kuch epyurasini hosil qilamiz (10^b shakl).

2. Ko'ndalang kesimlardagi normal kuchlanishlarni aniqlash uchun, kesimdagi bo'ylama kuchning qiymatini shu kesim yuzasiga bo'lish kerak:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \frac{N_1}{F} = \frac{40000}{F}, \frac{H}{M^2}; \\ \sigma_2 &= \frac{N_2}{m_1 F} = \frac{40000}{2F} = \frac{20000}{F}, \frac{H}{M^2}; \\ \sigma_3 &= \frac{N_3}{m_1 F} = \frac{20000}{2F} = \frac{10000}{F}, \frac{H}{M^2}; \\ \sigma_4 &= \frac{N_4}{m_2 F} = \frac{20000}{1,3F} = -\frac{15384}{F}, \frac{H}{M^2}; \\ \sigma_5 &= \frac{N_5}{m_2 F} = \frac{10000}{1,3F} = -\frac{7692}{F}, \frac{H}{M^2};\end{aligned}$$

Bu ifodalardan ko'rinib turibdiki, eng katta kuchlanish brusning birinchi uchastkasi ko'ndalang kesimlarda hosil bo'lar ekan, Ana shu xavfli kesimlarning mustahkamlik shartidan foydalanib, brusning xavfsiz ko'ndalang kesim yuzalarini aniqlaymiz:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] \text{ bunda, } [\sigma] = \frac{\sigma_0}{K_0} \text{ ёки}$$

$$\frac{40000}{F} \leq \frac{240 \cdot 10^6}{1,2}, \frac{H}{M^2}, \text{ bundan } F = 2 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$\text{Демак: } m_1 F = 2 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 4 \cdot 10^{-4} m^2;$$

$$m_2 F = 1,3 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 2,6 \cdot 10^{-4} m^2;$$

3. Aniqlanganlarga asosan ko'ndalang kesimlarda hosil bo'layotgan normal kuchlanishlarning haqiqiy qiymatlarini aniqlaymiz va normal kuchlanish epyurasini quramiz (9 — V shakl)

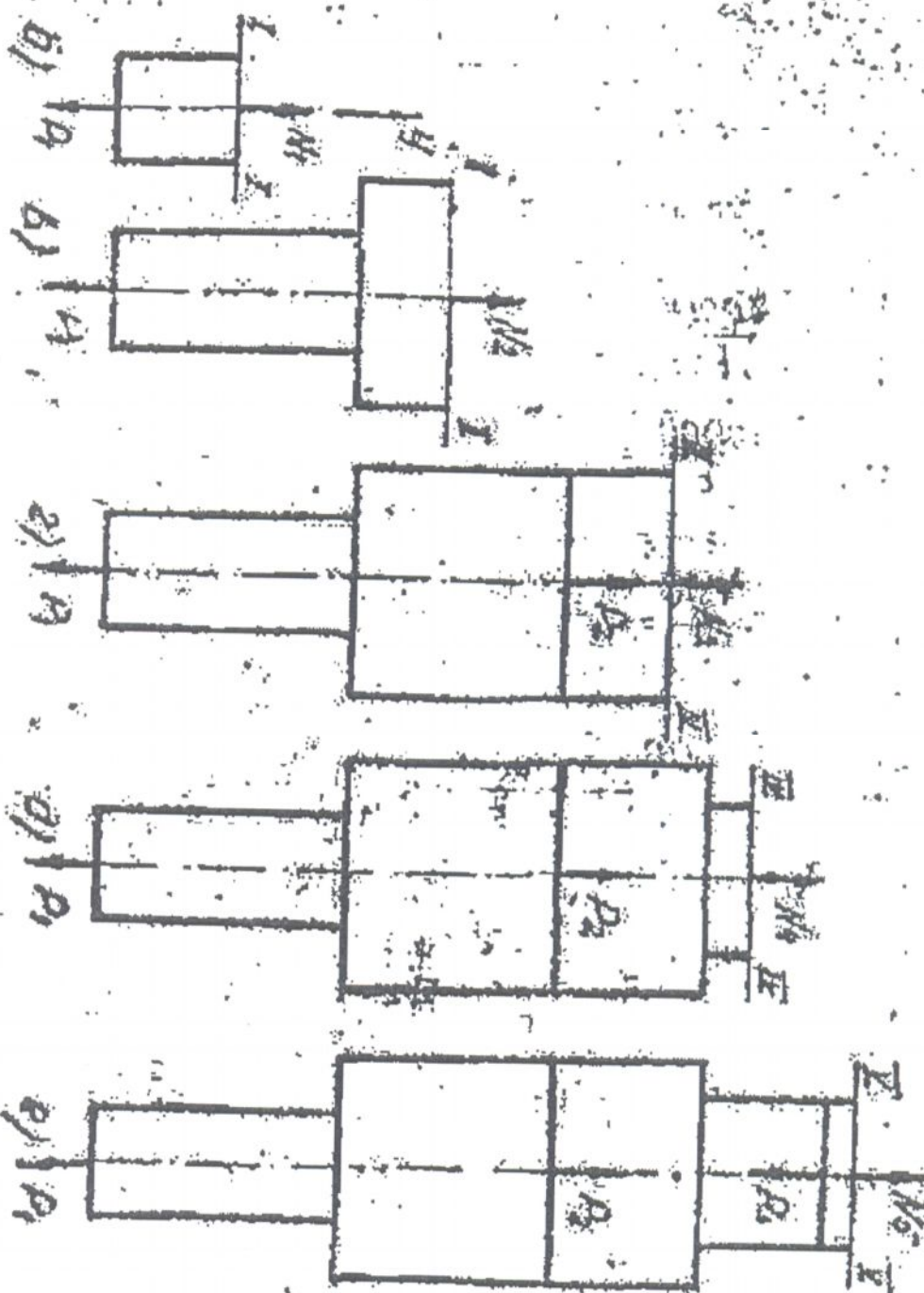
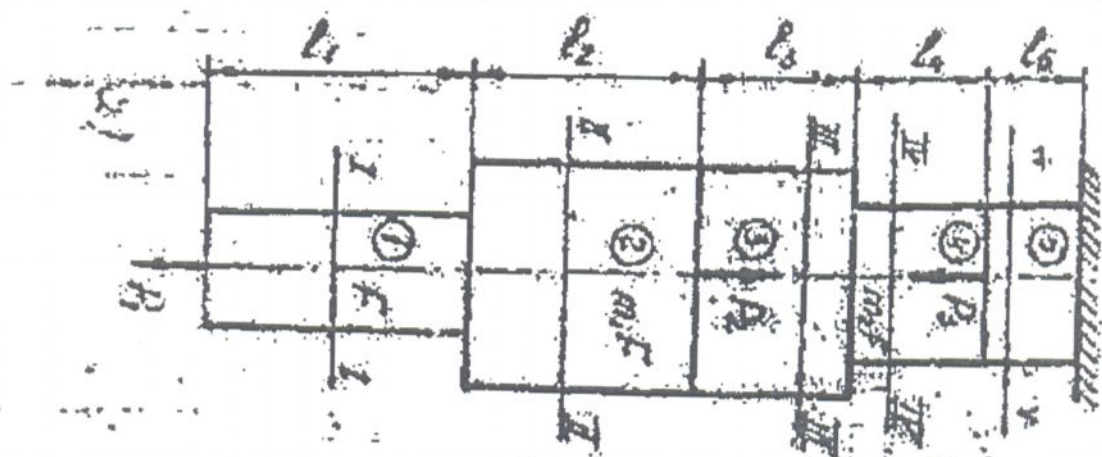
$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{-4}} = 200 \cdot 10^6 \frac{H}{M^2} = 200 \text{ МПа};$$

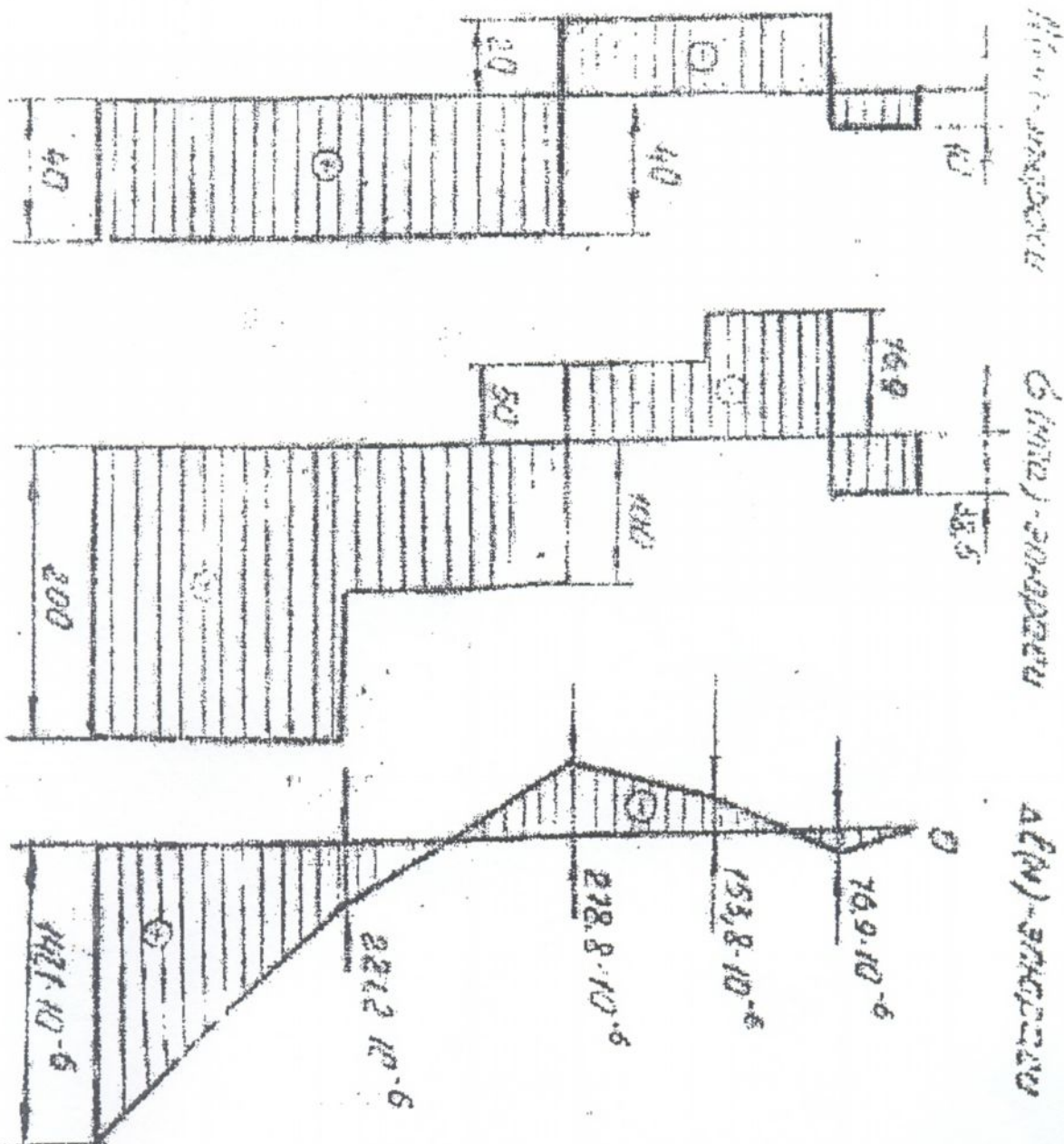
$$\sigma_2 = \frac{4 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{-4}} = 100 \cdot 10^6 \frac{H}{M^2} = 100 \text{ МПа};$$

$$\sigma_3 = \frac{4 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{-4}} = -50 \cdot 10^6 \frac{H}{M^2} = 200 \text{ МПа};$$

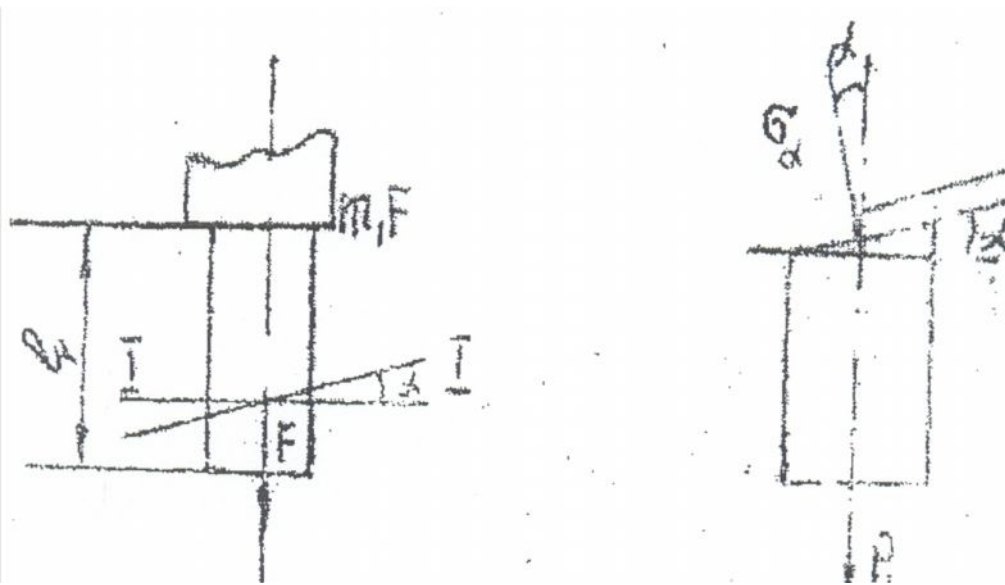
$$\sigma_4 = \frac{4 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{-4}} = -76,9 \cdot 10^6 \frac{H}{M^2} = 76,9 \text{ МПа};$$

$$\sigma_5 = \frac{4 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{-4}} = 38,5 \cdot 10^6 \frac{H}{M^2} = 38,5 \text{ МПа};$$





4. Quyidagi qiya kesimlarda hosil bo'ladigan kuchlanishlarni aniqlash formulalaridan foydalanib, xavfli ko'ndalang kesimga $\alpha = 30^\circ$ burchak ostida yo'nalgan qiya kesimda hosil bo'ladigan normal va urinma kuchlanishlarini hisoblaymiz:



$$\sigma_\alpha = \sigma_{\max} \cdot \cos^2 \alpha = 200 \cdot \cos^2 30^\circ = 200 \cdot 0,866^2 = 150 \text{ MPa}$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_{\max}}{2} \cdot \sin 2\alpha = \frac{200}{2} \cdot \sin 60^\circ = 100 \cdot 0,866 = 86,6 \text{ MPa}$$

5. Kuchlar ta'sirining erkinlik prinsipidan foydalanib, brus erkin uchining ko'chishini aniqlaymiz, ya'ni har bir tashqi kuch ta'sirida hosil bo'ladigan deformatsiyalarni alohida — alohida hisoblab, ularni qo'shamiz: va brus erkin uchining to'la absolyut deformatsiyasini aniqlaymiz. Bunda pastga yo'nalgan ko'chishlarni musbat va yuqoriga yo'nalgan ko'chishlarni manfiy deb hisoblaymiz.

$$\Delta l_k = \Delta l_{p_1} + \Delta l_{p_2} + \Delta l_{p_3}$$

$$\Delta l_{p_1} = \frac{P_1 \cdot l_1}{EF} + \frac{P_1 \cdot l_2}{Em_1 F} + \frac{P_1 \cdot l_3}{Em_2 F} + \frac{P_1 \cdot l_4}{Em_2 F} + \frac{P_1 \cdot l_5}{Em_2 F} = \frac{P_1}{E} \left(\frac{l_1}{F} + \frac{l_2 + l_3}{m_1 F} + \frac{l_4 + l_5}{m_2 F} \right) =$$

$$= \frac{0,04}{2 \cdot 10^5} \left(\frac{1,2}{2 \cdot 10^{-4}} + \frac{1,0 + 0,5}{4 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,6 + 0,4}{2,6 \cdot 10^{-4}} \right) = 0,00272 \text{ m}$$

$$\Delta l_2 = -\frac{P_2 l_3}{Em_1 F} - \frac{P_2 l_4}{Em_1 F} - \frac{P_4 l_5}{Em_2 F} = -\frac{P_4}{E} \left(\frac{l_3}{m_1 F} + \frac{l_4 + l_5}{m_2 F} \right) =$$

$$= \frac{0,006}{2 \cdot 10^5} \left(\frac{0,5}{4 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,6 + 0,4}{2,6 \cdot 10^{-4}} \right) = -0,00153 \text{ m};$$

$$\Delta l_{p_3} = \frac{P_3 l_5}{Em_2 F} = \frac{0,03 \cdot 0,4}{2 \cdot 10^5 \cdot 2,6 \cdot 10^{-4}} = 0,000231 \text{ m};$$

$$\Delta l_k = 0,0027 - 0,00153 + 0,00023 = 0,00140 \text{ m};$$

Demak brusning erkin uchi $l_k = 0,00140\text{m}$ ga uzayar ekan. Endi brus turli kesimlarining ko'chishlarini topamiz. A—A kesim tayanchga mahkamlangan bo'lganligi uchun uning ko'chishi nolga teng.

V — V kesimning ko'chishini aniqlaymiz.

$$\Delta l_B = \Delta l_5 = \frac{N_5 \cdot l_5}{Em_2 F} = \frac{0,01 \cdot 0,4}{2 \cdot 10^5 \cdot 2,6 \cdot 10^{-4}} = 0,0000769\text{m};$$

bilan brus VS qismining absolyut deformatsiyasining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\Delta l_C = \Delta l_B + \Delta l_4 = \Delta l_B - \frac{N_4 \cdot l_4}{Em_2 F} = 0,0000769 - \frac{0,02 \cdot 0,6}{2 \cdot 10^5 \cdot 2,6 \cdot 10^{-4}} = 0,00015\text{m};$$

Demak, S—S kesim yuqoriga qarab ko'char ekan; D—D kesimning ko'chishi S —S kesimning ko'chishi bilan, brus SD qismining ko'chishlari yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\Delta l_D = \Delta l_C + \Delta l_3 = \Delta l_C - \frac{N_3 \cdot l_3}{Em_1 F} = -0,00015 - \frac{0,02 \cdot 0,5}{2 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = -0,00028$$

Xuddi shunday usul bilan E —E va K—K kesimlarning ko'chishlarini aniqlaymiz:

$$\Delta l_E = \Delta l_D + \Delta l_2 = -0,00028 + \frac{0,04 \cdot 1,0}{2 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 0,00022.$$

$$\Delta l_K = \Delta l_E + \Delta l_1 = 0,00022 + \frac{0,04 \cdot 1,2}{2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = 0,00014.$$

Aniqlangan qiymatlarni vertikal chiziqdan tegishlicha o'ng va chap tomonlarga ma'lum masshtabda joylashtirib, hosil bo'lgan nuqtalarni tug'ri chiziq bilan tutashtirsak, ko'chishlar epyurasi hosil bo'ladi.

(10—G shakl)

2 —masala bo'yicha.

Bu masalani yechishga kirishishdan oldin «cho'zilish va siqilishga oid statik aniqmas masalalar» va «Statik aniqmas sistemalarni ruxsat etilgan nagruzkalar va chekli holatlar asosida hisoblash»ga doir temalarni qunt bilan o'rganib chiqish kerak.

Elementlarni cho'zilish va siqilishga ishlaydigan statik aniqmas sterjenli sistemalarni hisoblashda quyidagi plandan foydalanish kerak:

1. Berilgan masalada sterjenlardagi barcha noma'lum zo'riqish kuchlarning yo'nalishi ixtiyoriy ravishda tanlab olinadi:

2. Shu masala uchun lozim bo'lgan barcha muvzanat

tenglamalari tuzilib statik noaniqmaslik darajasi aniqlanadi:

3. Sterjenlarning deformatsiyasi orasidagi bog'lanishdan foydalanib, qo'shimcha tenglamalar tuziladi:

4. Qo'shimcha tenglamalardagi deformatsiyalar Guk qonunidan foydalanib sterjenlardagi tegishli zo'riqish kuchlari bilan almashtiriladi;

5. Hosil bo'lgan tenglamalar birgalikda yechilib, barcha noma'lum zo'riqish kuchlari topiladi;

6. Agar zo'riqish kuchlarining qiymatlari manfiy ishorali bo'lib chiqsa, ularning ixtiyoriy ravishda tanlab olingan yo'nalishlarini qarama — qarshi tomonga o'zgartiriladi va sterjenlarning qaysi biri va qaysi biri siqilishga ishlayotganligini aniqlanadi:

7. Sterjenlarning mustahkamlik shartidan foydalanib, ruxsat etilgan nagruzkalar yoki ko'ndalang kesim o'lchamlari aniqlanadi.

II — A shaklda ko'rsatilgan absolyut qattiq AVS brus uchta AD, VE, va SD Hosil qilingan sistema tekislikdagi parallel kuchlar sistemasi bo'lganligi uchun, statika faqat ikkita muvozanat tenglamasini beradi, ya'ni barcha

$$\sum y = 0, \sum M = 0$$

kuchlarni vertikal o'qqa proektsivalab:

$$\sum y_i = N_1 + N_2 + N_3 - P - 2q = 0$$

yoki son qiymatlarini qo'ysak,

$$N_1 + N_2 + N_3 = 130$$

S nuqtaga nisbatan barcha kuchlardan moment xisoblab, ularning yig'indisini nolga tenglashtiramiz;

$$\sum M_C = 6N_1 + 4N_2 + 3P - 2q = 0$$

Yoki

$$6N_1 + 4N_2 = 230$$

Bu tenglamalardan noma'lumlar soni uchta, tenglamalar soni esa ikkita. Demak, masala bir marta statik noaniqlikdir. Noma'lumlarni aniqlash uchun yana bitta noma'lum zarur. Buning uchun A V S brusning ko'chishini tekshiramiz, ya'ni deformatsiya tenglamasini tuzamiz.

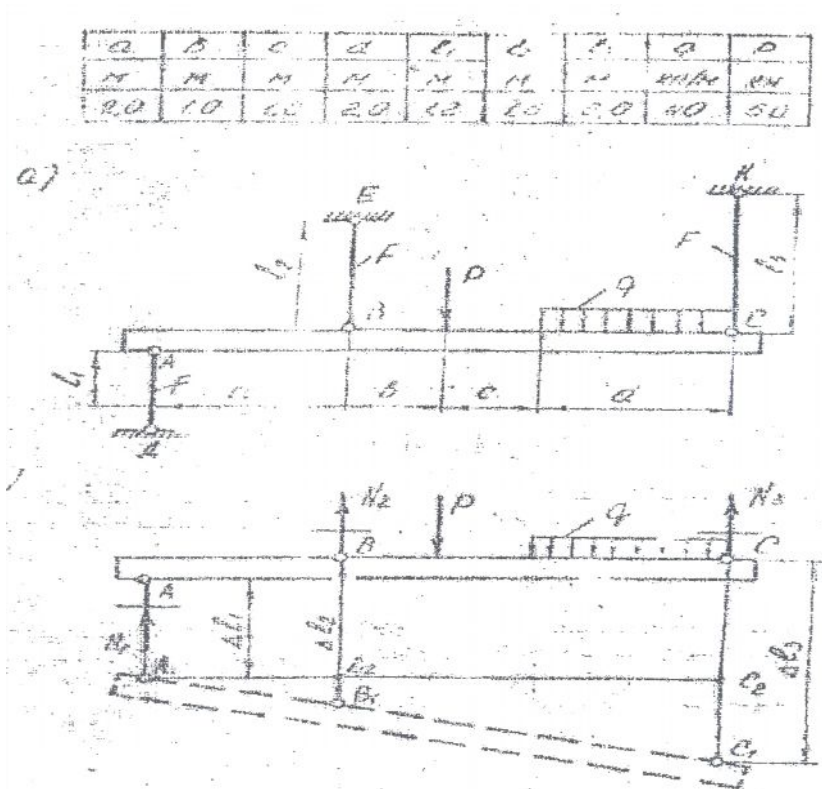
Tashqi nagruzkalar ta'sirida brus to'g'riligicha qolib A V S vaziyatni olsin deb faraz qilaylik (P—B shakl) Brus absolyut bikr bo'lganligidan uning pastki sharnirlari bir to'g'ri chiziq ustida yotadi. Shuning uchun ham AD sterjen $l = AA_1$ VE sterjen $l_2 = VV_1$ va SK

sterjen $AL_3 = SS_1$ miqdorga deformatsiyalanadi.

Agar A nuqtadan brusning deformatsiyagacha bo'lgan vaziyati AS ga parallel qilib, AS yordamchi chiziqni o'tkazsak $A_1S_2S_1$ va $A_1V_2B_1$ o'xshash uchburchaklar hosil bo'ladi. Bu uchburchaklarning o'xshashlik xossasidan quyidagi

$$\frac{C_1C_2}{B_1B_2} = \frac{6}{2}$$

proporsiyani tuzishimiz mumkin:



Shakldan ko'rinib turibdiki;

$$C_1C_2 = CC_1 - CC_2 = CC_1 - AA_1 = \Delta l_3 - \Delta l_1$$

$$B_1B_2 = BB_1 - BB_2 = BB_1 - AA_1 = \Delta l_2 - \Delta l_1$$

Demak

$$\frac{\Delta l_3 - \Delta l_1}{\Delta l_2 - \Delta l_1} = 3$$

Sterjenlardagi absolyut deformatsiyalarni Guk qonuni orqali ifodalaymiz:

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{EF}; \quad \Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{EF}; \quad \Delta l_3 = \frac{N_3 l_3}{EF};$$

Bunga asosan,

$$\frac{\frac{N_3 l_3}{EF} - \frac{N_1 l_1}{EF}}{\frac{N_2 l_2}{EF} - \frac{N_1 l_1}{EF}} = 3$$

Ifodani hosil qilamiz. Bu ifodaga berilgan qiymatlarni qo'yib, qisqartirsak, quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$2,4N_1 - 4,5N_2 + 2N_3 = 0$$

Brus deformatsiyasining tekshirish orqali hosil qilingan bu tenglamani statik tenglamalari bilan birgalikda yechib, izlanayotgan noma'lumni aniqlaymiz:

$$N_1 - N_2 + N_3 = 130$$

$$6N_1 + 4N_2 = 230$$

$$2,4N_1 - 4,5N_2 + 2N_3 = 0$$

$$\text{Бундан } N_1 = 11,2 \text{ кН, } N_2 = 40,69 \text{ кН, } N_3 = 78,11 \text{ кН}$$

Sterjenlardagi zo'riqish kuchlari qiymatlarining musbat ishorali bo'lib chiqqanligi shuni bildiradiki, dastlab ixtiyoriy ravishda olingan zo'riqish kuchlarining yo'nalishlari to'g'ri tanlangan, birinchi sterjen esa cho'zilishga ishlar ekan.

Sterjenlardagi kuchlanishlar quyidagicha bo'ladi:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{F} = \frac{11,2}{F}; \quad \sigma_2 = \frac{N_2}{F} = \frac{40,69}{F}; \quad \sigma_3 = \frac{N_3}{F} = \frac{78,11}{F}$$

Bu ifodalardan ko'rinib turibdiki, eng katta kuchlanish uchinchi sterjenning ko'ndalang kesimlarida hosil bo'lar ekan.

Ifodadan foydalanib uchinchi sterjenning

$$[\sigma_1] = \frac{\sigma_0}{K_0}$$

mustaxkamlik shartidan shu sterjenning ko'ndalang kesim yuzasini ifodalaymiz;

$$\text{Bunda} \quad \sigma_3 = \frac{N_3}{F} = \frac{78,11}{F} \leq \frac{\sigma_0}{K_0}$$

$$\text{Endi barcha sterjenlard } F = \frac{N_3 \cdot K_0}{\sigma_0} = \frac{78,11 \cdot 2}{200 \cdot 10^3} = 7,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ z:}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{F} = \frac{11,2}{7,8 \cdot 10^{-4}} = 14,4 \cdot 10^3 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} = 14,4 \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{F} = \frac{40,69}{7,8 \cdot 10^{-4}} = 52 \cdot 10^3 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} = 52 \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{F} = \frac{78,11}{7,8 \cdot 10^{-4}} = 100 \cdot 10^3 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} = 100 \text{ МПа}$$

3 — masala bo'yicha.

Bu masalani yechishdan avval, «Siljish» va «Buralish» deformatsiyalariga doir 5,6 temalarni o'rganib chiqish kerak.

Masala yechishda quyidagi ketma — ketlikka rioya qilish kerak.

1. Podshipniklardagi ishqalanish kuchini e'tiborga olmay, muvozanat shartidan yetaklovchi shkivni quvvatini aniqlash;
2. Har bir shkiv orqali valga uzatiladigan burovchi momentlarni aniqlash;
3. Burovchi moment epyurasini qurish;
4. Valning mustahkamlik shartidan foydalanib, shkivlar oralig'idagi uchastkalarining xavfsiz diametrlari aniqlanadi va quyidagi standart o'lchamgacha yaxlitlanadi
 $d = 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200$
5. Valning shkivlar oralig'idagi kesimlarining buralish burchaklarining qiymatlari aniqlanib, valning butun uzunligi bo'ylab, burchaklari epyurasini quriladi.

Eslatma: shakldagi shartli belgilarni quyidagicha tushunish kerak:

Agar kesimlardan chiqarilgan vertikal chiziq uchlaridagi aylanishlarga nuqta qo'yilgan bo'lsa, strelka uchi bizga qarab, yo'nalganligi, agar aylanalarga krest qo'yilgan bo'lsa, strelka uchi bizdan nariga yo'nalganini bildiradi.

3 — masala.

Po'latdan yasalgan valga $a = 0,4$ m masofalarda bitta yetakchi va uchta yetaklanuvchi shkivlar o'rnatilgan (12 A shakl).

Bu shkivlar uzatadigan quvvat tegishlicha; $N_1 = 30$ kVt, $N_2 = 15$ kVt, $N_4 = 25$ kVt ni tashkil etadi. Valning aylanishlar soni $n = 200$ ayl/min, Ruxsat etilgan kuchlanish $[b] = 100^1$ Mpa va val materialining elastiklik moduli $G = 8 \cdot 10^4$ Mpa

1. Burovchi momentlar epyurasi qurilsin. Mustahkamlik shartidan turli uchastkalardagi valning diametri aniqlansin;
2. Valning buralish burchak epyurasi qurilsin.

Echish: Valning N_3 - yetakchi shkivdagi quvvatni podshipniklardagi ishqalanish kuchini e'tiborga olmay valning muvozanat shartidan anqlaymiz, ya'ni yetaklovchi shkivlardagi quvvatlarni yig'indisi yetaklovchi shkivdagi quvvatga teng bo'lishi kerak:

$$N_3 = N_1 + N_2 + N_4 = 30 + 15 + 25 = 70 \text{ kVt};$$

$$w = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 200}{30} = 20,9 \frac{\text{rad}}{\text{s}};$$

Shkivlardan valga o'tadigan burovchi momentlarning qiymatlarini quyidagi formula yordamida anqlaymiz:

$$M = 100 \frac{N}{w}; \text{ Hm}$$

Birinchi shkiv orqali valga buruvchi moment.

$$M = 1000 \frac{N_1}{w} = 1000 \frac{30}{20,9} = 717,7 \text{ H.m};$$

Ikkinchi shkiydagi valga o'tuvchi buruvchi moment:

$$w = \frac{\Pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 200}{30} = 20,9 \frac{\text{pad}}{c};$$

$$M = 1000 \frac{N}{w}; Hm;$$

$$w = \frac{\Pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 200}{30} = 20,9 \frac{\text{pad}}{c};$$

$$M_2 = 1000 \frac{N_2}{w} = 1000 \frac{15}{20,9} = 1435 .m$$

Etaklovchi shkiydan valga o'tuvchi burovchi moment:

$$M_3 = 1000 \frac{N_3}{w} = 1000 \frac{70}{20,9} = 3349,28 H.m$$

Va nihoyat to'rtinchi shkiydan valga o'tuvchi burovchi moment:

$$M_4 = 1000 \frac{N_4}{w} = 1000 \frac{25}{20,9} = 1196,2 H.m$$

Valning turli uchastkalarida hosil bo'luvchi burovchi momentlarning epyurasini chizishni osonlashtirish uchun, valni tekislikda tasvirlaymiz. Tashqi va ichki momentlarni tekislikda ko'rsatish uchun tegishli kesimlarga vertikal kesma chizib, uning uchlariga ikkita aylana qo'yamiz. Strelka uchi bizga qarab yo'nalgan tomondagi aylananing ichiga nuqta, strelka uchi bizdan nariga yo'nalgan tamondagi aylananing ichiga esa, krest qo'yamiz. (12 —B shakl).

Endi valning turli uchastkalarida hosil bo'luvchi burovchi momentning qiymatlarini bilish uchun, kesimlar metodidan foydalanamiz. Turli uchastkalarga kesimlar olib, shu kesimdan bir tomonda qolgan tashqi burovchi momentlarning algebraik yig'indisi tenglamasini tuzamiz. Burovchi momentning ishoralari qoidasini quyidagicha tanlaymiz: agar kesim tamonidan qaralganda, tashqi burovchi moment valni soat strelkasining harakat yo'nalishiga qarshi aylantirsa musbat, strelkaning harakat yo'nalishi bo'yicha aylantirsa manfiy deb olamiz.

Yuqorida aytilganlarga amal qilib valga shkiylar oralig'ida ta'sir qiladigan burovchi momentlarning qiymatlarini aniqlaymiz:

Valning AV uchastkasida hosil bo'ladigan burovchi momentni 1 — 1 kesimdan chap tomonda qolgan qismining muvozanat shartidan aniqlaymiz (12 —V shakl).

$$\sum M = M_1 - M_{\sigma} = 0; \quad M_{\sigma_1} = M_1 = 135,4 Hm;$$

Valning VIS uchastkasi ko'ndalang kesimlarda hosil bo'luvchi burovchi momenti II —II kesimdan chap tomonga ta'sir etuvchi momentlarning muvozanat shartidan aniqlaymiz: (12 — G shakl)

$$\sum M = M_1 - M_2 - M_{\delta_2} = 0;$$

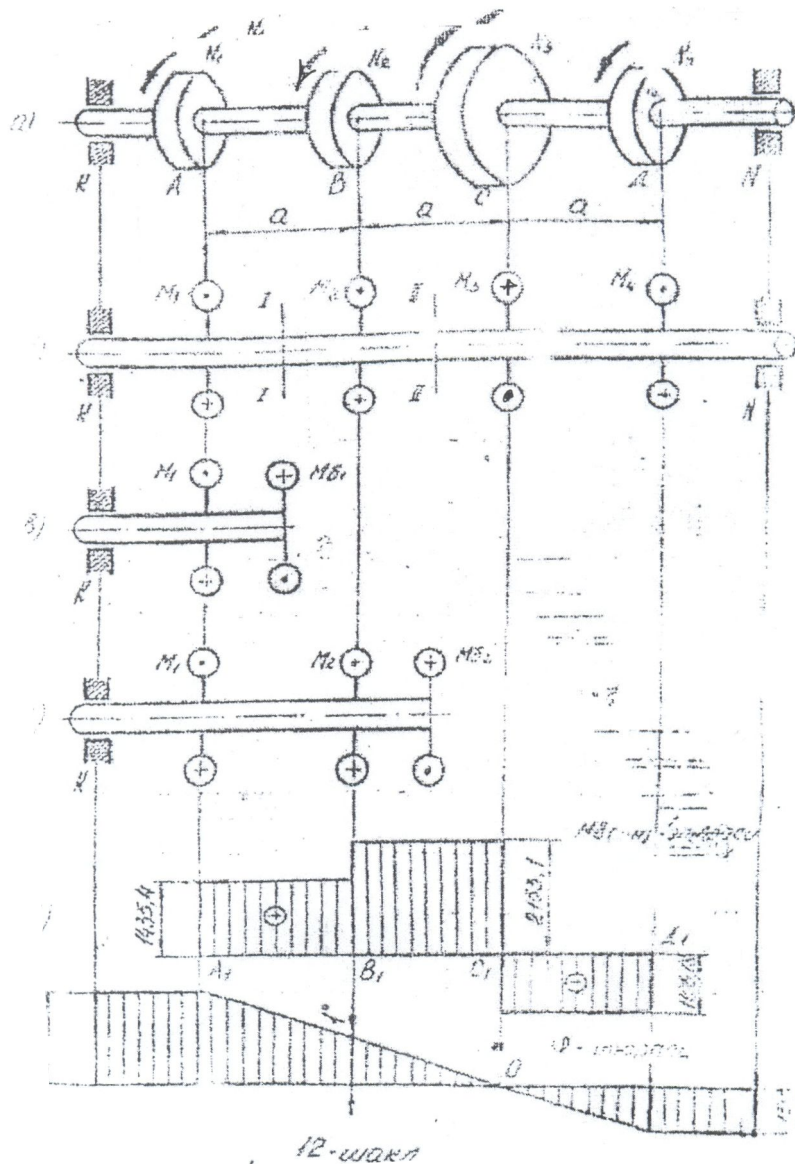
$$M_{\delta_2} = M_1 + M_2 = 1435,4 + 717,7 = 2153,1 \text{ кМ}$$

Xuddi shunday usul bilan

valning S va D shkiylari orasidagi kesimlaridagi hosil bo'luvchi burovchi momentni aniqlaymiz:

$$M_{\delta_3} = M_1 + M_2 + M_3 = 1435,4 + 717,7 - 3349,28 = -1196,18 \text{ Нм}$$

Muvozanat tenglamasi $\sum M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = 0$ dan ko'rinadiki, burovchi moment to'rtinchi shkiydan keyingi uchastkalarda nolga teng bo'ladi. Burovchi moment epyurasini chizish uchun, absissalar o'qini valning o'qiga parallel qilib o'tkazamiz, A₁ nuqtadan chiqarilgan vertikal chiziqda m_{b1} ning qiymati AV uchastkada o'zgarmaydi. Shuning uchun bu uchastka oralig'ida val o'qiga parallel chiziq o'tkazamiz. V^A nuqtadan chiqarilgan perpendikulyar esa M_{bg} ning qiymatini joylashtiramiz.



tutashtirsak, burovchi moment epyurasi hosil bo'ladi. (12 —D shakl).

Mustahkamlik shartidan foydalanib, quyidagi formula yordamida turli uchastkalardagi valning diametrlarini aniqlaymiz:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_6}{0,2[r]}}$$

Aniqlangan bu qiymatni GOST 1654 dagi

$d=30,35,40,45,50,60,70,80,100$

AV uchastka uchun

$$d_{AB} = \sqrt[3]{\frac{1435,4 \cdot 10^{-6}}{0,2 \cdot 100}} = 0,042 \text{ m};$$

ma'lumotlarga qarab, yaxlitlaymiz ya'ni $= 45 \text{ mm}$

deb qabul qilamiz. VS

$$d_{BC} = \sqrt[3]{\frac{2153,1 \cdot 10^{-6}}{0,2 \cdot 100}} = 0,0475 \text{ m}$$

$d_{SD} = 0,04 \text{ m} = 40 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz SD uchastkadagi valning diametri:

$$d_{CD} = \sqrt[3]{\frac{1196,1 \cdot 10^{-6}}{0,2 \cdot 100}} = 0,0391 \text{ m}$$

$d_{SD} = 0,04 \text{ m} = 40 \text{ mm}$ deb qabul qilamiz

Ko'ndalang kesimlarning burilish burchaklari epyurasini qurish uchun biror kesimni, masalan, S kesimni qo'zg'almas kesim deb, hisoblab, kesimlarning burilish burchaklarini ana shu kesimga nisbatan quyidagi formula yordamida aniqlaymiz

$$\eta = \frac{M_6 \cdot l}{GJ_p}$$

Val doiraviy kesimli bo'lganligi uchun,

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32}$$

Valning KA va DI qismlarida burovchi moment ta'sir etmaganligi uchun, K kesimning A kesimga nisbatan va N kesimning D kesimga nisbatan burilish burchagi nolga teng A kesimni V kesimga nisbatan burilish burchagi

$$\eta = \frac{M_6 \cdot a}{GJ_p} = \frac{1435,5 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 32}{8 \cdot 10^4 \cdot 3,14 \cdot 0,045^4} = 0,018 \text{ rad},$$

Yoki gradus hisobida

$$\eta_{AB}^{\circ} = \frac{180^{\circ} \cdot 0,018}{3,14} = 1,03^{\circ}$$

V kesimining S kesimga nisbatan buralish burchagi;

$$\eta_{BC} = \frac{M\sigma_2 \cdot a}{GJp} = \frac{2153,1 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 32}{8 \cdot 10^4 \cdot 3,14 \cdot 0,05^4} = 0,0175 \text{ rad}$$

$$\eta_{BC}^0 = \frac{180^\circ \cdot 0,0175}{3,14} = 1^\circ$$

D kesimning S kesimga nisbatan buralish burchagini aniqlaymiz:

$$\eta_{DC} = \frac{M\sigma_3 \cdot a}{GJp} = -\frac{1196,18 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 32}{8 \cdot 10^4 \cdot 3,14 \cdot 0,04^4} = -0,024 \text{ rad}$$

$$\eta_{DC}^0 = -\frac{180^\circ \cdot 0,024}{3,14} = -1,37^\circ$$

S kesimni qo'zg'almas deb qabul qilganimiz uchun, valning har bir shkiv o'rnatilgan kesimining buralish burchagini quyidagicha aniqlaymiz:

S kesimning buralish burchagi $\varphi_c^0 = 0;$

V kesimning buralish burchagi $\varphi_B^0 = \varphi_{BC}^0 = 1^\circ;$

D kesimning buralish burchagi $\varphi_D^0 = \varphi_{DC}^0 = -1,37^\circ;$

A kesimning buralish burchagi $\varphi_A^0 = \varphi_{BC}^0 + \varphi_{AB}^0 = 1^\circ + 1,03^\circ = 2,03^\circ;$

K kesimning buralish burchagi $\varphi_K^0 = \varphi_A^0 = 2,03^\circ;$

N kesimning buralish burchagi $\varphi_N^0 = \varphi_{DC}^0 = -1,37^\circ;$

Aniqlanganlarga asosan buralish burchaklari epyurasini ma'lum masshtabda quramiz (12—E shakl)

4 — masala bo'yicha.

Bu masalaning yechimga kirishishdan oldin «Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalariga»ga doir bobdagi temalarni qunt bilan o'rganib chiqish kerak.

Masalani yechishda quyidagi ketma ketlikka rioya qilish kerak:

1. masala shartida berilgan yassi shakl yuzasini berilgan o'lchamlariga asosan ma'lum masshtabda chizish kerak. Undagi barcha o'lcham va o'qlarni ko'rsatish kerak;

2. kesim yuzasining og'irlik markazini aniqlab, uni shaklda ko'rsatish kerak va og'irlik markazidan o'tuvchi markaziy o'qlarga nisbatan kesim yuzasining inertsia momentlari va markazdan qochirma

inertsiya momentlarini hisoblash kerak;

3. Bosh markaziy o'qlarning yo'nalishini aniqlash kerak;

4. Bosh markaziy o'qlarga nisbatan bosh inertsiya momentlarining qiymatlarini hisoblash kerak.

4 — masala.

13 — shaklda ko'rsatilgan kesim yuzasi uchun:

1. Og'irlik markazining kordinatalari aniqlansin;

2. Markaziy o'qlarga nisbatan ekvatorial va markazdan qochma inertsiya momentlari topilsin;

3. Bosh markaziy o'qlarning yo'nalishi aniqlansin va bosh inertsiya momentlarining qiymatlari hisoblansin.

Kesimning hamma o'lchamalari mm larda berilgan.

Yechish: Kesim yuzasini berilganlariga asosan, ma'lum masshtabda chizamiz va yordamchi OX va OU o'qlarini o'tkazamiz.

Og'irlik markazining koordinatalarini aniqlash uchun berilgan kesim yuzasini ikkita to'g'ri to'rtburchakli yuzaga ajratamiz.

1. Vertikal to'g'ri to'rtburchakning:

a) yuzasi $F_1 = 16,0 \cdot 1,4 = 22,4 \text{ CM}^2$

b) og'irlik markazining koordinatalari

$$X_1 = 0,7 \text{ CM},$$

$$Y_1 = 8 \text{ CM},$$

2. Gorizontal to'g'ri to'rtburchakning:

a) yuzasi $F_2 = 8,6 \cdot 1,4 = 12,04 \text{ CM}^2$

b) og'irlik markazining koordinatalari

$$X_2 = 5,7 \text{ CM},$$

$$Y_2 = 0,7 \text{ CM},$$

Butun kesim yuzasining og'irlik markazi bo'lgani S nuqtaning X va U o'qlardagi koordinatalarini aniqlash uchun, quyidagi formulalardan foydalanamiz:

$$X_C = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2}{F_1 + F_2} = \frac{22,4 \cdot 0,7 + 12,04 \cdot 5,7}{22,4 + 12,04} = 2,45 \text{ CM}$$

$$Y_C = \frac{F_1 \cdot y_1 + F_2 \cdot y_2}{F_1 + F_2} = \frac{22,4 \cdot 8 + 12,04 \cdot 0,7}{22,4 + 12,04} = 5,45 \text{ CM}$$

Aniqlanganlarga asosan, S nuqtani shaklda tasvirlab, shu nuqta orqali o'tuvchi markaziy SXs va SUs o'qlar o'tkazamiz. Bu o'qlarga nisbatan inertsiya momentlarini hisoblashdan oldin, har bir to'rtburchak yuzasining o'z og'irlik markazlaridan o'tuvchi simmetriya o'qlariga nisbatan inertsiya momentlarini topamiz.

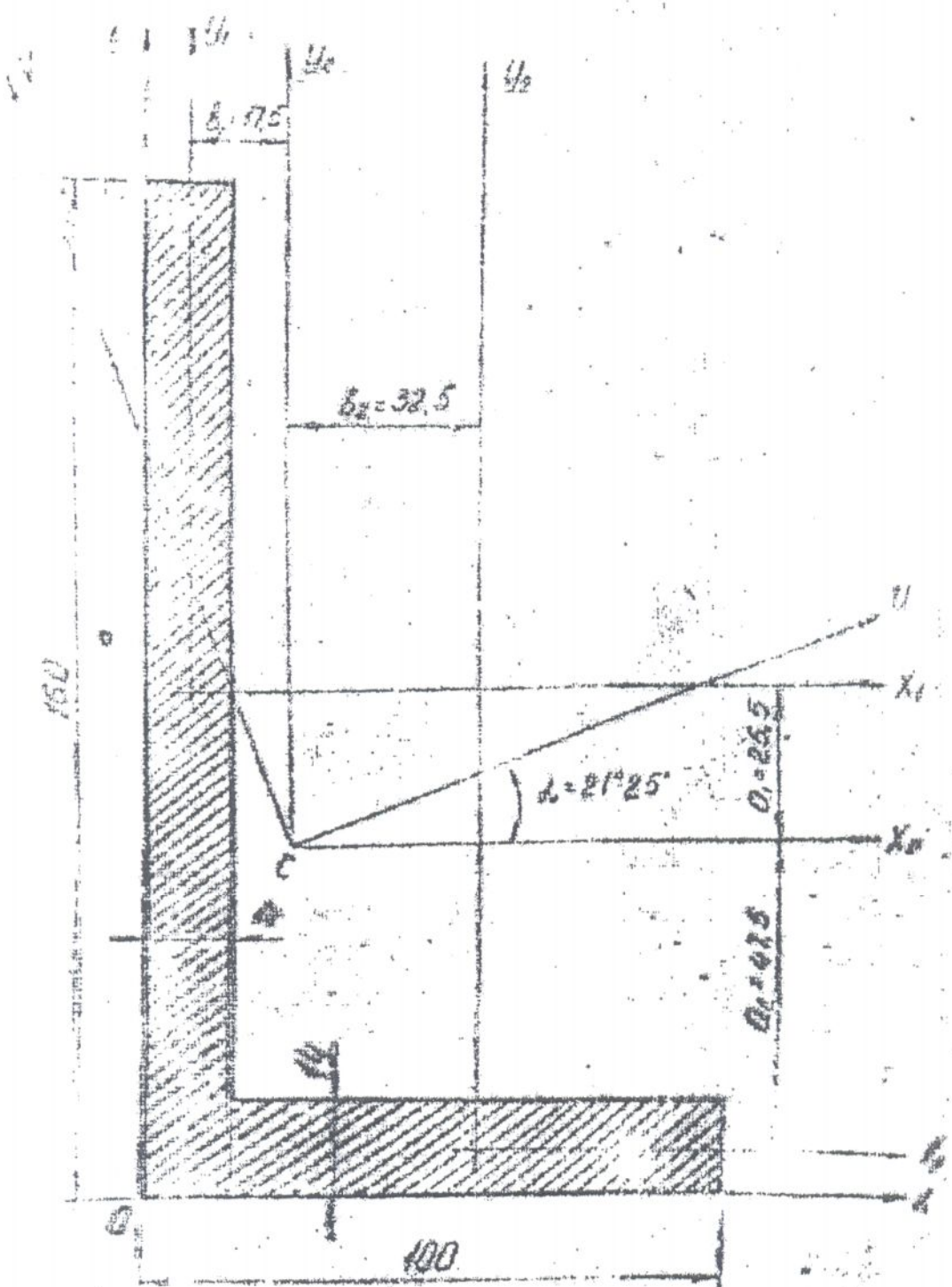
Vertikal to'g'ri to'rtburchakning X_1 va U_1 o'qlariga nisbatan inertsiya momentlari

$$J_{x_1}^b = \frac{1,4 \cdot 16^3}{12} = 477,86 \text{ CM}^4$$

$$J_{y_1}^b = \frac{16 \cdot 1,4^3}{12} = 3,66 \text{ CM}^4$$

Gorizontaal to'g'ri to'rtburchakning X2 va U2 o'qlariga nisbatan inertiya momentlari

13-



$$J_{x_2}^b = \frac{8,6 \cdot 1,4^3}{12} = 1,96 \text{ см}^4$$

$$J_{y_2}^b = \frac{1,4 \cdot 8,6^3}{12} = 74,2 \text{ см}^4$$

Butun kesim yuzasining X va U markaziy uchlariga nisbatan inertsia momentlarini topish uchun quyidagi o'tish formulalaridan foydalanamiz;

$$J_{x_c} = J_{x_1}^b + a_1^2 \cdot F_1 + J_{x_2}^b + a_2^2 \cdot F_2,$$

$$J_{y_c} = J_{y_1}^b + e_1^2 \cdot F_1 + J_{y_2}^b + e_2^2 \cdot F_2,$$

O'qlar orasidagi masofalarni aniqlaymiz:

$$a_1 = 8 - 5,45 = 2,55 \text{ см};$$

$$a_2 = 5,45 - 0,7 = 4,75 \text{ см};$$

$$e_1 = 2,45 - 0,7 = 1,75 \text{ см};$$

$$e_2 = 5,7 - 2,45 = 3,25 \text{ см};$$

Demak

$$J_{x_c} = 477,86 + 2,55^2 \cdot 22,4 + 1,96 + 4,75^2 \cdot 12,04 = 897,13 \text{ см}^4$$

$$J_{y_c} = 3,66 + 1,75^2 \cdot 22,4 + 74,2 + 3,25^2 \cdot 12,04 = 273,63 \text{ см}^4$$

Endi butun kesim yuzasining markazdan qochma inertsia momentini aniqlaymiz:

$$J_{x_c y_c} = J_{x_1 y_1} a_1 \cdot b_1 \cdot F_1 + J_{x_2 y_2}^I + a_2 \cdot b_2 \cdot F_2$$

X₁ va U₁ o'qlar vertikal to'g'ri to'rtburchak uchun, X₂ va U₂ o'qlar gorizontal to'g'ri to'rtburchak uchun markaziy o'qlar bo'lganligi uchun bu o'qlarga nisbatan olingan markazdan qochma inertsia momentlari nolga teng bo'ladi, ya'ni

$$J_{y_1 y_1}^b = 0, \quad J_{x_2 x_2}^b = 0$$

Kesim markaziy bosh o'qlarning vaziyatini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$\text{Demak, } J_{x_c y_c} = 2,55 \cdot 1,75 \cdot 22,4 - 4,75 \cdot 3,25 \cdot 12,04 = -285,83 \text{ см}^4$$

$$\text{tg } 2\alpha = \frac{2J_{x_c y_c}}{J_{y_c} - J_{x_c}} = \frac{2(-285,83)}{273,63 - 897,13} = 0,916 \text{ бундан, } \alpha = 21^{\circ}25'$$

α - burchak musbat ishorali bo'lib chiqqanligi uchun, uni X_s o'qidan soat strelkasi yo'nalishiga teskari yo'nalishda qo'yamiz.

$\alpha = 21^\circ 25'$ burchak markaziy bosh o'q U ning $\alpha=90$ burchak esa, markaziy bosh V yo'nalishini aniqlaydi.

Bosh markaziy U va V inertiya momentlarini quyidaga formulaga asosan aniqlaymiz:

$$J_{\max}^{\min} = \frac{J_{xc} + J_{yc}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(J_{xc} - J_{yc})^2 + 4J_{x_0y_0}^2} = \frac{897,13 + 279,63}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(897,13 - 273,63)^2 + 4(-285,83)^2}$$

Bundan

$$J_{\min} = J_g = 162,43 \text{ cm}^4$$

$$J_{\max} = J_u = 1008,33 \text{ cm}^4$$

$$J_{\min} = J_v = 162,43 \text{ cm}^4$$

Hisoblashlarning to'g'ri bajarilganligini tekshiramiz:

$$J_{\max} + J_{\min} = J_{xc} + J_{yc};$$

$$J_{\max} + J_{\min} = 1008,33 + 163,43 = 1170,76 \text{ cm}^4$$

$$J_{xc} + J_{yc} = 897,13 + 273,63 = 1170,76 \text{ cm}^4$$

Bu tekshirish natijasi hisobning to'g'ri qilinganligidan dalolat beradi:

5—masala.

16 — shaklda ko'rsatilgan po'latdan yasalgan balka uchun

$[\sigma] = 160 \text{ MPa}$ va $E = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ bo'lsa:

1. Balka kesimlaridagi ko'ndalang kuchning qiymatlari aniqlab, ko'ndalang kuch epyurasini quring;

2. Eguvchi moment epyurasi qurilsin;

3. Egilishdagi qarshilik momenti hisoblanib, normal kuchlanish bo'yicha balka uchun qo'shtavrli kesim tagallansin.

Quyidagi qiymatlar berilgan:

$$l_1 = 1,6m; \quad P_1 = 50kH;$$

$$l_2 = 1,3m; \quad P_2 = 20kH;$$

$$l_3 = 0,7m; \quad M = 40kH / m;$$

$$l_4 = 2,0m; \quad q = 30kH / m;$$

5—masala bo'yicha.

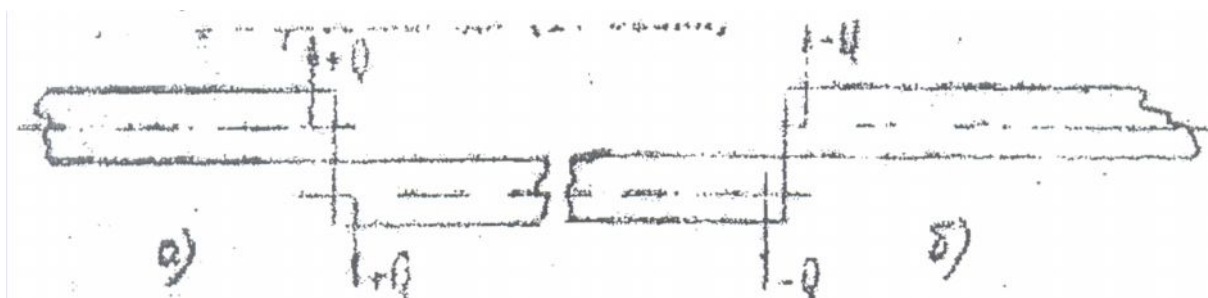
Bu masalani yechishga kirishishdan oldin, «Ko'ndalang egilish»ga doir temalar bilan batafsil tanishib chiqish kerak.

1. Noma'lum reaksiya kuchlari aniqlanadi;
2. Balkani uchastkalarga ajratib, har bir uchastka ko'ndalang kesimlaridagi ko'ndalang kuch va eguvchi momentning qiymatlari aniqlanadi;

Bunda kesimdagi ko'ndalang kuch va eguvchi momentning ishoralarini aniqlashda quyidagi qoidadan foydalanish kerak:

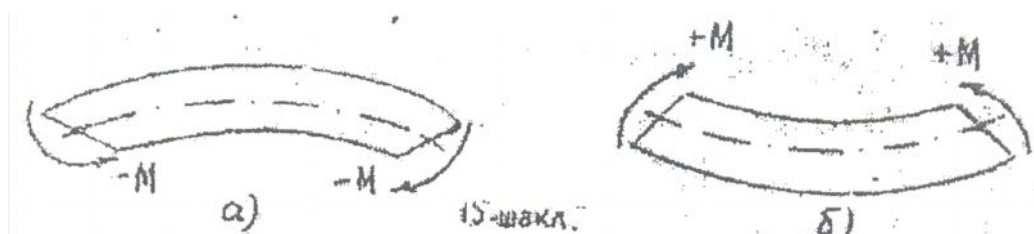
Agar ko'ndalang kuch balkani chap kesimini o'ng kesimiga nisbatan yuqoriga yoki o'ng kesimini chap kesimiga nisbatan pastga qaratib silkitilsa, musbat hisoblanadi (14—A rasm)

Agar ko'ndalang kuch balkaning chap kesimini o'ng kesimiga nisbatan pastga yoki o'ng kesimini chap kesimiga nisbatan yuqoriga qarab silkitilsa, manfiy hisoblanadi.



14-shakl

Agar eguvchi moment balkaning qavariq tomonini pastga qaratib egssa, musbat (15—A shakl), qavariq tomonini yuqoriga qaratib egssa manfiy bo'ladi (15—A shakl)



3. Ko'dalang kuch va eguvchi moment epyuralari quriladi.
4. Balkaning mustahkamligini ta'minlovchi ko'ndalang kesimini tanlash va uning o'lchamlarini topish uchun quyidagi formuladan foydalanish zarur:

$$W_y \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]}$$

Toyilgan qarshilik momenti bo'yicha kesimning shakliga qarab, yuqoridagi formulaga shu shakl qarshilik momentini geometrik ifodasi qo'yiladi va undan kerakli o'lchamlar aniqlanadi. Agar balka prokat po'latdan yasalishi kerak bo'lsa, yuqoridagi formuladan hisoblangan qarshilik momenti W_U ning qiymati balkaning ko'ndalang kesim o'lchamlari GOST jadvalidan olinadi. (qo'shtavr, shveller va boshqalar)

Yechish: bizning misolimizdagi balkaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar balka o'rniga perpendikulyar yo'nalishda ta'sir etayotganligi uchun, har ikkala tayanchda ham bittadan balka o'qiga tik yo'nalgan noma'lum reaksiya kuchlari hosil bo'ladi. Bu reaksiya kuchlarini ixtiyoriy ravishda tayanchlardan yuqoriga yo'nalgan deb faraz qilib, hosil qilingan sistema uchun statikaning muvozanat tenglamalarini tuzamiz va noma'lum reaksiya kuchlarini aniqlaymiz (16 —A shakl).

$$\sum y = C, \quad \sum M = 0,$$

Balkaga ta'sir etuvchi tekis taqsimlangan kuchning intensivligini uning taqsimlangan masofasiga ko'paytirib to'plangan kuchga aylantiramiz. Bu to'plangan kuchni tekis taqsimlangan kuch masofasining qoq o'rtasiga qo'yib, tayanchlardagi A va B nuqtalarda nisbatan hamma kuchlardan moment hisoblab, ularning yig'indisini nolga tenglashtiramiz:

$$\sum M_A = P_1 l_1 - M - P_2 l_2 - R_b (l_2 + l_3) + q l_4 \left(\frac{l_4}{2} + l_2 - l_3 \right) = 0$$

Yoki son qiymatlarini qo'ysak,

$$50 - 1 - 40 + 20 \cdot 1,3 - 2R_b + 30 \cdot 2 \left(\frac{2}{2} + 1,3 + 0,7 \right) = 0$$

$$R_b = 109 \text{ kH}$$

$$\sum M_B = P_1 (l_1 + l_2 + l_3) + R_A (l_2 + l_3) - P_2 l_3 + q l_1 \cdot \frac{l_4}{2} = 0$$

Son qiymatlarini qo'ysak,

$$50(1,0 + 1,3 + 0,7) + (1,3 + 0,7)R_A - 40 - 20 \cdot 0,7 + 30 \frac{2^2}{2} = 0$$

$$\text{Bundan, } R_A = -78kH$$

A tayanchdan hosil bo'layotgan reaksiya kuchini qiymati manfiy ishorali bo'lib, chiqqanligi uchun, dastlab ixtiyoriy ravishda tanlab olingan yo'nalishni qarama — qarshi tamonga o'zgartiramiz. Demak, A tayanchda hosil bo'layotgan reaksiya kuchining haqiqiy yo'nalishi tayanch yuzasiga qarab yo'nalgan bo'lar ekan.

Balka tashqi va reaksiya kuchlari ta'sirida muvozanatda turishi kerak, ya'ni ?????? keyingi tenglamasi ham qanoatlantirilishi zarur;

$$\sum y = P_1 - R_A - P_2 + R_b - ql_4 = 0$$

$$\text{Yoki } 50 - 78 - 20 + 108 - 30 \cdot 2 = 0$$

$$158 - 158 = 0$$

Bu yig'indining nolga teng chiqishi tayanch reaksiyalarini to'g'ri aniqlanganligini bildiradi,

Balkaning turli uchastkalardagi ko'ndalang kuchlarining qiymatlarini bilish uchun, balkani biror uchidan masalan, E uchidan boshlab, uchastkalarga ajratamiz. Bizning misolimizdagi balka to'rtta uchastkadan iborat.

Kesimlar metodini qo'llab, balkani EA uchastkada uning E nuqtadan biror X_1 masofada balka o'qiga tik bo'lgan 1 — 1 tekislik bilan kesamiz va chap qismining muvozanatini tekshiramiz. (16- B shakl).

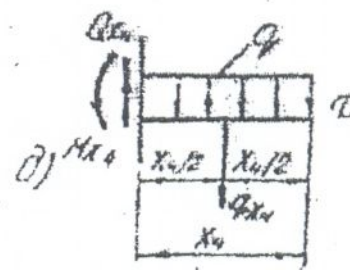
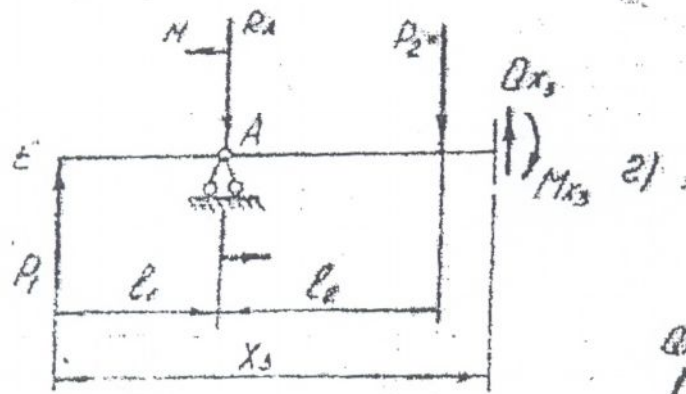
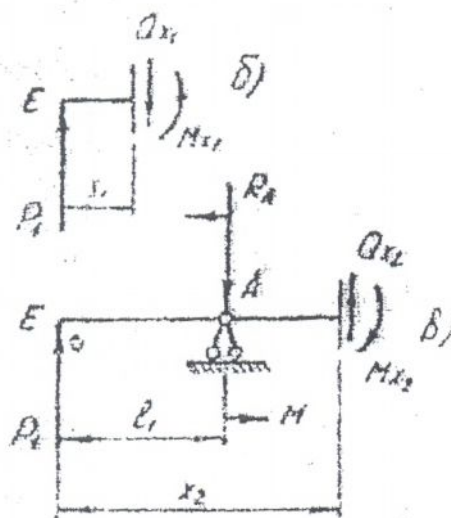
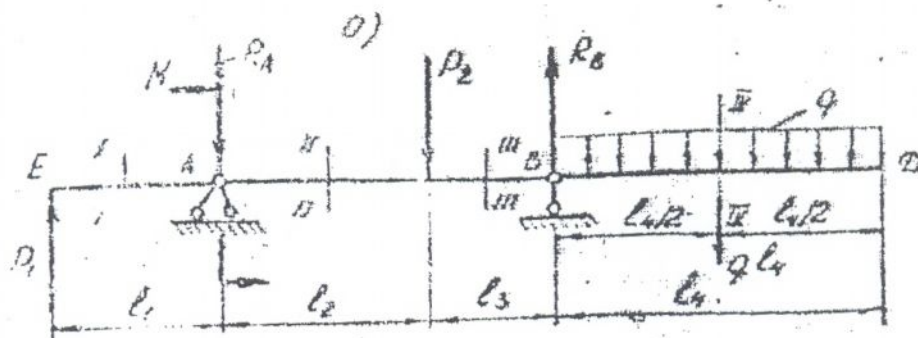
Kesimdagi ko'ndalang kuch son qiymati jihatidan kesimdan bir tomonga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning algebraik yig'indisiga teng bo'lishi kerak. Uning ishoralari qoidasiga amal qilib, 1 — 1 kesimdagi ko'ndalang kuchning qiymatini aniqlaymiz:

$$\sum y = P_1 - Q_A x_1 = 0 \quad Qx_1 = P_1 = 50kH$$

Xuddi shunday usul bilan endi, balkani AS uchastkada chap, uchidan biror X_2 masofada 2 — 2 tekislik bilan kesib qoldirilgan chap qismi uchun statikani muvozanat shartini yozamiz. (16—V shakl)

$$\sum y = P_1 - R_A - Qx_2 = 0 \quad Qx_2 = P_1 - R_A = 50 - 78 = 28kH$$

E uchidan X masofada SV uchastkada III — III tekislik o'tkazib, kesimdagi ko'ndalang kuchni qiymatini aniqlaymiz (16—G shakl)



16-00000

$$\sum y = P_1 - R_A - P_2 - Qx_3 = 0$$

$$Qx_3 = P_1 - R_A - P_2 = 50 - 78 - 20 = -48kH$$

Hisoblash ishlarini murakkablashtirmaslik uchun balkaning VD uchastkasi kesimlaridagi ko'ndalang kuchni aniqlashda IV—IV kesimni balkaning D uchidan X_4 masofani o'tkazib, balkaning kesimidan o'ng tomonda qoluvchi qismini muvozanatini tekshiramiz. Xuddi oldingi hollar kabi kesim bo'ylab ko'ndalang kuchni yo'naltirib, statikaning muvozanat shartidan ana shu ko'ndalang qiymatini aniqlaymiz.

$$\sum y = qX_4 - Qx_4 = 0$$

$$Qx_4 = qX_4 = 30 \cdot X_4$$

Bu tenglama X_4 o'zgaruvchiga nisbatan birinchi darajali bo'lganligidan ko'ndalang kuch bu uchastkada to'g'ri chiziqli qonuni bo'yicha o'zgaradi. Shuning uchun ikki chegara nuqtasiga tegishli qiymatlarni aniqlash kifoya, ya'ni

$$0 \leq X_4 \leq l_4$$

$$X_4 = 0 \text{ бўлганда } Q_{X_4} = 0$$

$$X_4 = l \text{ бўлганда } Q_{X_4} = 30 \cdot 2 = 60kH$$

Balkaning turli uchastkalari uchun topilgan ko'ndalang kuchning qiymatlarini, balka o'qiga paralel qilib o'tkazilgan to'g'ri chiziqdan ma'lum masshtabda qo'yib chiqib, ko'ndalang kuch epyurasi hosil bo'ladi. (17A shakl)

Eguvchi moment epyurasini qurish uchun ham ko'ndalang kuch qiymatlarini hisoblash uchun o'tkazilgan kesimlardan foydalanishimiz mumkin.

Kesimdagi eguvchi moment son qiymati jihatidan kesimdan bir tomonda ta'sir etuvchi tashqi kuchlardan hisoblangan momentlarning algebraik yig'indisiga teng bo'lishi kerak. Eguvchi momentning ishoralari qoidasiga amal qilib, 1 — 1 kesimdagi eguvchi momentning ifodasini yozamiz

(16 — B shakl)

$$M_{\partial \Gamma_1} = P_1 X_1 = 50 X_1$$

Bu tenglama x_x o'zgaruvchiga nisbatan birinchi darajali bo'lganligi uchun, bu uchastkada eguvchi moment to'g'ri chiziqli qonuni bo'yicha o'zgaradi. Shuning uchun ikki chegara nuqtasiga tegishli qiymatlarni aniqlaymiz:

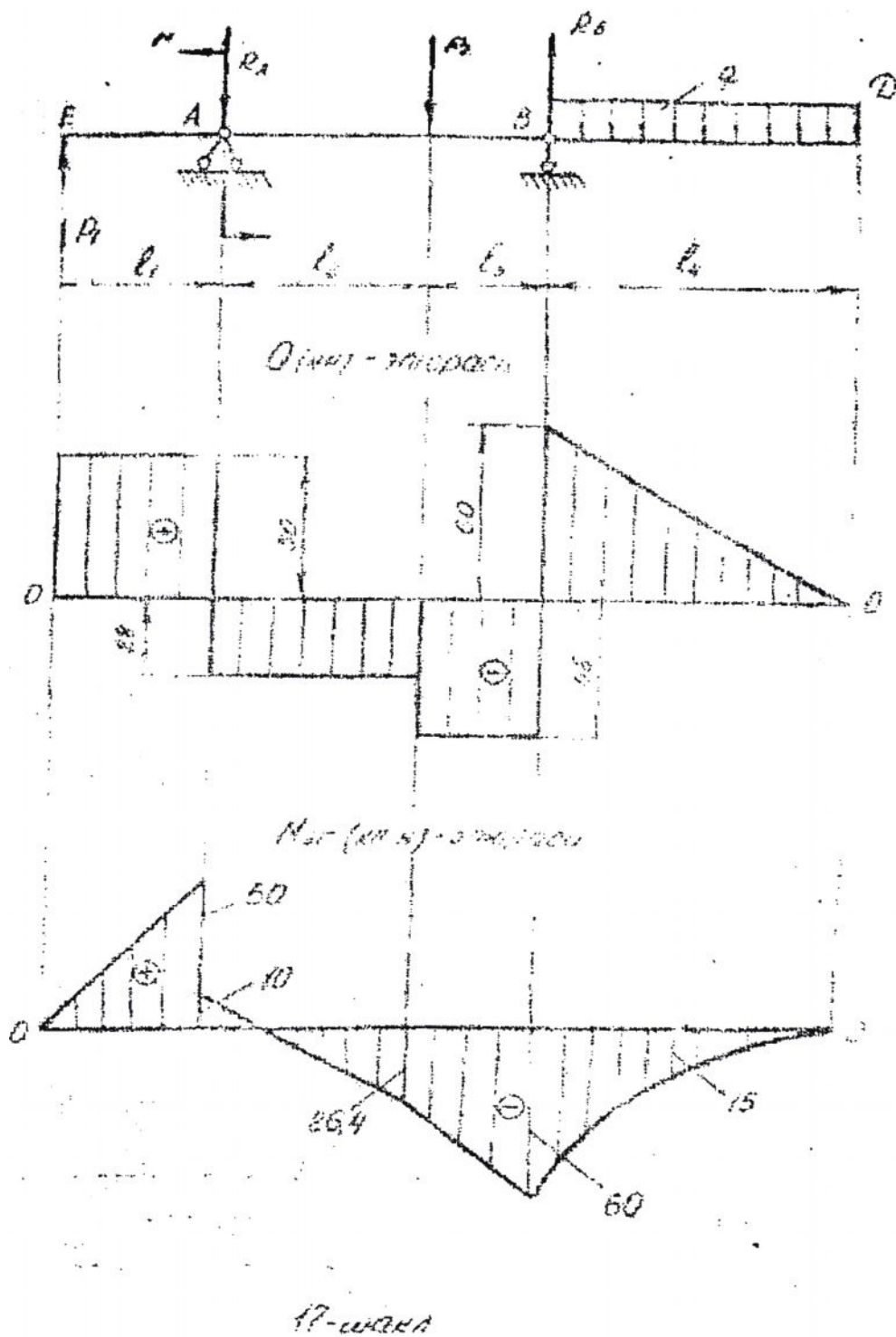
$$X_x = 0 \text{ bo'lganda, } eg_x$$

$X_x = 0$ bo'lganda, $M_{EGx} = 0 \cdot L = 50kN \cdot t$ xuddi shunday usul bilan II — II kesimdagi eguvchan momentning ifodasini yozamiz (16—V shakl)

$$M_{\Sigma F_2} = P_1 X_2 - R_A (X_2 - l_1) - M$$

$$M_{\Sigma F_2} = 50 \cdot X_2 - 78(X_2 - 1) - 40$$

Hosil qilingan tenglama yana birinchi darajalidir. Shuning uchun chegara nuqtalaridagi eguvchi momentlarni aniqlasak, epyura chizish uchun yetarli bo'ladi. Bu tenglamadagi X_2 ning chegarasi bunday yoziladi:



$$0 \leq X_2 \leq (l_1 + l_2)$$

$$X_2 = l_1 \quad M_{\mathcal{E}r_2} = 50 \cdot 1 - 78(1 - 1) - 40 = 10 \text{ kH} \cdot \text{m}$$

$$X_2 = l_1 + l_2$$

$$M_{\mathcal{E}r_{X_2}} = 50 \cdot 2,3 - 78(2,3 - 1) - 40 = -26,4 \text{ kH} \cdot \text{m}$$

1*

III — III kesimdagi eguvchi momentning ifodasi esa quyidagicha bo'ladi. (16 — g shakl)

$$M_{\mathcal{E}r_3} = P_1 X_3 - R_A (X_3 - l_1) - M - P_2 [(X_3 - (l_1 + l_2))]]$$

$$M_{\mathcal{E}r_3} = 50 \cdot X_3 - 78(X_3 - 1) - 40 - 20(X_3 - 2,3) \text{ бунда,}$$

X_2 SV uchastka chegarasida o'zgaradi, ya'ni

$$0 \leq X_3 \leq (l_1 + l_2 + l_3)$$

$$X_3 = l_1 + l_2$$

$$M_{\mathcal{E}r_3} = 50 \cdot 2,3 - 78(2,3 - 1) - 40 - 20(2,3 - 2,3) = -26,4 \text{ kHm}$$

$$X_3 = l_1 + l_2 + l_3$$

$$M_{\mathcal{E}r_3} = 50 \cdot 3 - 78(3 - 1) - 40 - 20(3 - 2,3) = -60 \text{ kHm}$$

$$M_{\mathcal{E}r_4} = -qX_4 \cdot \frac{X_4}{2} = 30 \frac{X_4^2}{2} = -15X_4^2$$

Bu ifodadagi X_4 ikkinchi darajali bo'lganligi uchun, VD uchastkada eguvchi moment parabola qonuni bo'yicha o'zgaradi. Shuning uchun $0 < X_4 < l_4$ oralig'ida X_4 ga bir necha qiymat beramiz: $X_4 = 0$ bo'lganda $M_{EG4} = 0$

$$X_4 = \frac{l_4}{2} \text{ бўлганда } M_{\mathcal{E}r_4} = -15\left(\frac{l_4}{2}\right)^2 = -15 \cdot 1 = -15 \text{ kH} \cdot \text{m};$$

$$X_4 = l_4 \text{ бўлганда } M_{\mathcal{E}r_4} = -15l_4^2 = -15 \cdot 2^2 = -60 \text{ kH} \cdot \text{m};$$

Barcha uchastkalardagi eguvchi moment qiymatlarini aniqladik. Aniqlanganlarga asosan eguvchi moment epyurasini quramiz (17 — B shakl). Eguvchi moment epyurasida ko'rinib turibdiki, eng katta eguvchi moment balkaning V tayanchga mahkamlangan kesimida hosil bo'lar ekan va uning qiymati:

Talab etilgan qashilik moment $M_{\mathcal{E}r}^{\max} = 60 \text{ kH} \cdot \text{m};$ ni aniqlab ko'ndalang kesim tanlaymiz.

$$W = \frac{M_{\text{gr}}^{\text{max}}}{[\sigma]} = \frac{60 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 375 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 375 \text{ cm}^3$$

GOST 8839 — 56 sortament jadvalidan qarshilik momenti $W = 375 \text{ st}^2$ ga yaqin bo'lgan №27^A qo'shtavrni tanab olamiz. Uning uchun $W = 407 \text{ st}^3$ bo'ladi.

6 —masala bo'yicha.

Masalani yechishga «Bo'ylama egilish va ustuvorlik»ka doir temalarni (8 — tema) yaxshi o'zlashtirilgandan keyingina kirishish kerak.

Masalani yechishda avval berilgan kesim yuzasiniing bosh markaziy inertsia momenti va inertsia radiusini hisoblash kerak. Agar kesim standart profilli bo'lsa, yuqoridagi qiymatlar tegishli jadvallardan olinadi. Shundan so'ng ustunning egiluvchanligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{M \cdot l}{i_{\min}}$$

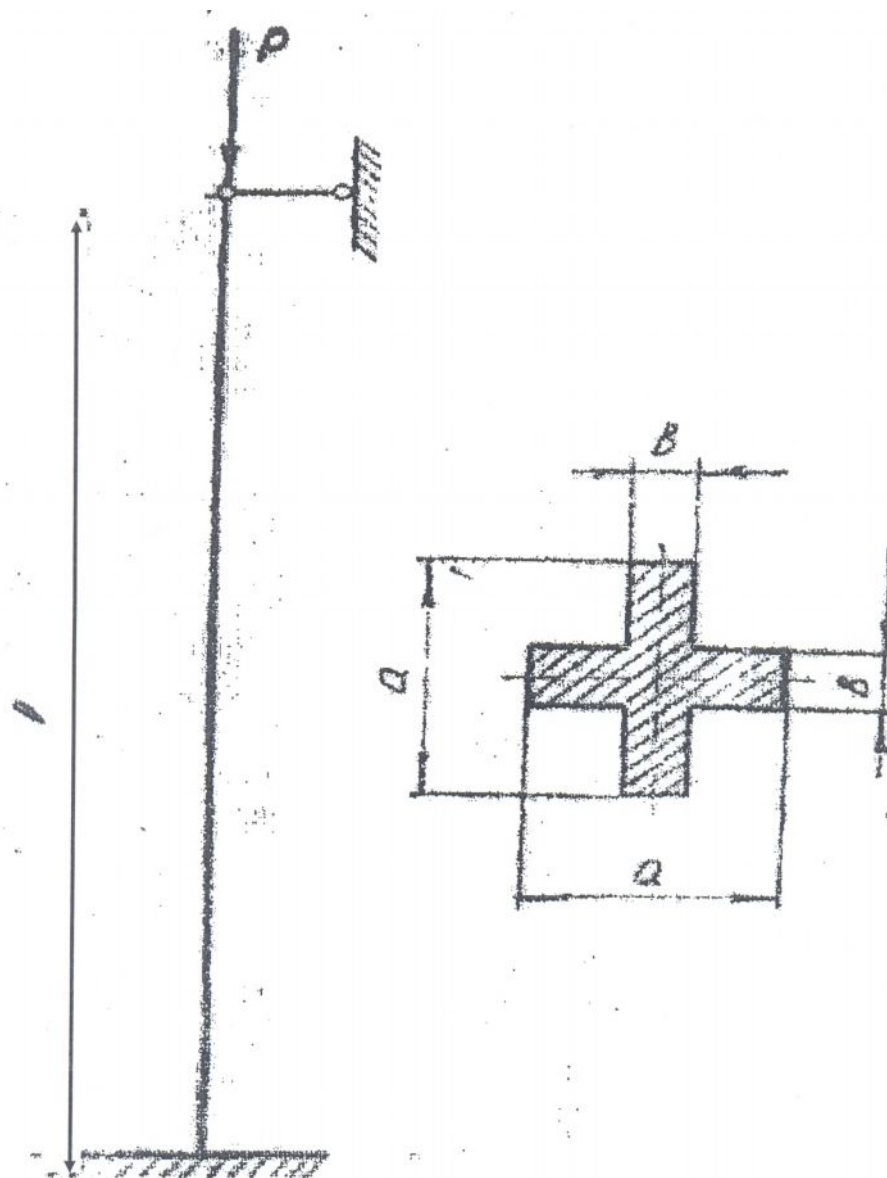
Po'latdan yasalgan ustunlarning egiluvchanligi $\lambda > 100$ bo'lgandagina kritik kuchni aniqlashda Eyler formulasini tadbiq etish kerak. Agar ustunning egiluvchanligi $40 < \lambda < 100$ oraliqda bo'lsa, kritik kuchlanishni aniqlashda quyidagi yasinskiy formulasidan foydalanish kerak.

Bu yerda a va v materialga bog'liq bo'lgan koeffitsientlar. St.3 markali po'lat uchun $a = 304 \text{ MPa}$, $v = 1,22 \text{ MPa}$, deb olish mumkin 3 ustunga ta'sir etuvchi ruxsat etilgan nagruzka quyidagi formulaga asosan topiladi; koeffitsienti.

6 —masala.

St. 3 markali po'latdan yasalgan, uzunligi $l = 4 \text{ m}$ $[P] = P_{kp} / n_y$ P_u - ustuvorlik uchun berilgan mustahkamlik xisobi.

Berilgan zapas bo'lgan po'lat ustun bir uchi bilan siqib, ikkinchi uchi bilan esa, sharnier vositasida mahkamlangan. Ustunning ko'ndalang kesimi krest shaklida bo'lib (18—shakl), o'lchamlari $a = 10 \text{ sm}$, $b = 3 \text{ sm}$. Agar ustunning ustuvorlik uchun berilgan ehtiyotlik koeffitsienti $[n_u] = 2,2$ bo'lsa:



1. Kritik kuch va kritik kuchlanishning qiymati aniqlansin;
2. Ruxsat etilgan siquvchi kuch va ruxsat etilgan kuchlanish aniqlansin.

Yechish: Sterjen ko'ndalang kesimining quyidagi geometrik xarakteristikalarini aniqlaymiz:

1. Inertsiya momenti.

$$J_{\min} = \frac{ba^3}{12} + \frac{(a-b)b^3}{12} = \frac{3 \cdot 10^3}{12} + \frac{(10-3) \cdot 3^3}{12} = 265,75 \cdot 10^{-8} m^4$$

2. Kesish yuzasi.

$$F = a \cdot b + (a-b)b = 10 \cdot 3 + (10-3) \cdot 3 = 51 cm^2 = 51 \cdot 10^{-4} m^2$$

inertsiya radiusi

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{F}} = \sqrt{\frac{265,75}{51}} = 2,28 cm = 2,28 \cdot 10^{-2} m$$

Ustunning bir uchi qistirib ikkinchi uchi sharnir vositasida mahkamlanganligi uchun, uchlarning tayanchlarda mahkamlanganligi uchun, uchlarning tayanchlarda mahkamlanish turlarini nazarga oluvchi uzunlik koeffitsientini $G'G' = 0,7$ deb qabul qilamiz va quyidagi formula yordamida ustunning egiluvchanligini aniqlaymiz.

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}} = \frac{0,7 \cdot 0,4}{2,28 \cdot 10^{-2}} = 122,8$$

Jadvaldan St 3 markali po'lat uchun elastiklik moduli $E \sim 2 \cdot 10^2 \text{ MnG'm}^2$ va proporsionallik chegarasi $b_p = 200 \text{ MnG'M}''$ qiymatlarini olib, eymer formulasining ishlatilish chegarasini aniqlaymiz.

$$\lambda_r \geq \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_n}} = 3,14 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11}}{200 \cdot 10^6}} = 100$$

Demak $\lambda = 122$, $\lambda = 100$ bu ifodadan ko'rinib turibdiki, kritik kuchni aniqlashda eyler formulasidan foydalanishimiz mumkin ekan:

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{\min}}{(\mu \cdot l)^2} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 265,75 \cdot 10^{-8}}{(10,7 \cdot 4)^2} = 668,4 \cdot 10^3 \text{ H} = 668,4 \text{ kH}$$

Kritik kuchlanishni aniqlaymiz.

$$\sigma_{kp} = \frac{P_{kp}}{F} = \frac{668,4 \cdot 10^3}{51 \cdot 10^{-4}} = 131 \cdot 10^6 \text{ H/m}^2 = 131 \text{ MH/m}^2$$

Usvtivorlik uchun ruxsat etilgan sikiluvchi kuch va ruxsat etilgan kuchlanishni quyidagi formula yordamida aniklaymiz.

$$[P] = \frac{\sigma}{[n_y]} = \frac{668,4 \cdot 10^3}{2,2} = 303,8 \cdot 10^3 \text{ H} = 303,8 \text{ kH}$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{kp}}{[n_v]} = \frac{131 \cdot 10^6}{2,2} = 59,5 \cdot 10^6 \text{ H/m}^2 = 59,5 \text{ MH/m}^2$$

7—masala.

Quyidagi ma'lumotlarga ko'ra 19 — A shaklda ko'rsatilgan po'lat valning diametri IV mustahkamlik nazariyasiga muvofiq aniqlansin.

Val $N=28 \text{ kVt}$ quvvatni shaklda ko'rsatilganidek o'rnatilgan, diametri $D_1 = 400 \text{ mm}$ bo'lgan S shkiv hamda diamteri $D_2 = 600$ bo'lgan E shkiv orqali stanokka uzatadi. S shkivga o'ralgan tasmalarning gorizont bilan tashkil

qilgan burchagi $\alpha=30^\circ$, E shkivdagi tasmalarning yo'nalishi vertikaldir. Shkiplar orasidagi masofalar $l_1=500\text{mm}$, $l_2=700\text{mm}$, $l_3=400\text{mm}$ valning minutiga aylanishlar soni $n=450\text{ayl/min}$. Valning egilishi uchun ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma] = 80\text{MPa}$.

Tasmalar yetakchi qismlarining tortish kuchlari, yetaklanuvchi qismlarining tortish kuchlaridan ikki marta katta deb qabul qilinsin.

Yechish: valning S va E shkiplar orasidagi uchastkasida hosil bo'luvchi burovchi momentni quyidagi formula yordamida valdagi quvvat va uning aylanishlar soni orqali topamiz:

$$M_6 = 9550 \frac{N}{n} = 9550 \frac{28}{450} = 594 \text{H} \cdot \text{m};$$

Tasmalar yetaklanuvchi qismining tortish kuchlari t_1 va t_2 bilan belgilab, masala shartida berilgan $T=2t$ ligini e'tiborga olib, quyidagi formula yordamida valni eguvchi tasma tortilishlarini aniqlaymiz:

$$t_1 = \frac{2M_6}{D_1} = \frac{2 \cdot 594}{0,4} = 2970 \text{H}; \quad T_1 = 2t_1 = 2 \cdot 2970 = 5940 \text{H}$$

$$t_2 = \frac{2M_6}{D_2} = \frac{2 \cdot 594}{0,6} = 1980 \text{H}; \quad T_2 = 2t_2 = 2 \cdot 1980 = 3960 \text{H}$$

Tasma tarmoqlarining tortish kuchlarining teng ta'sir etuvchilarini aniqlaymiz:

$$P_1 = T_1 + t_1 = 3t_1 = 3 \cdot 2970 = 8910 \text{H}$$

$$P_2 = T_2 + t_2 = 3t_2 = 3 \cdot 1980 = 5940 \text{H}$$

S shkiPGA o'ralgan tasma OY va OZ o'qlari bilan burchak hosil qilganligi uchun valni eguvchi R_1 kuchni vertikal va gorizonttal tashkil etuvchilarga ajratamiz:

$$P_{1Y} = P_1 \cos 30^\circ = 8910 \frac{\sqrt{3}}{2} = 7716 \text{H}$$

$$P_{1Z} = P_1 \sin 30^\circ = 8910 \frac{1}{2} = 4455 \text{H}$$

R_2 eguvchi kuch vertikal yo'nalishda bo'lganligi uchun, uning gorizonttal tashkil etuvchisi $R_{2U} = 0$

Vertikal tashkil etuvchisi esa $R_{2Z} = R_2 = 5940\text{n}$ bo'ladi. Valni ikki tayanchga balka deb qarab, har qaysi tekislikdagi kuchlar bilan yuklangan holatlarini alohida tekshiramiz. Dastlab yuklar sxemasini vertikal tekislikda ko'rsatamiz va bu tekisliklarda hosil bo'luvchi reaksiya kuchlarini aniqlaymiz:

(19 — B shakl) buning uchun A nuqtaga nisbatan moment hisoblaymiz;

$$\sum M_{A_1} = P_{2Z} \cdot l_3 + P_{1Z}(l_2 + l_3) - A_1[(l_1 + l_2) + l_3] = 0 \quad \text{son qiymatini}$$

qo'ysak,

$$5940 \cdot 0,4 + 4455(0,7 + 0,4) - A_1[(0,5 + 0,7) + 0,4] = 0$$

$$A_1 = 1577,8 \text{ n}$$

Tayanch reaksiyalarining to'g'ri aniqlanganligini tekshiramiz:

$$\begin{aligned} \sum Z &= -A_1 + P_{1Z} - P_{2Z} + B_1 = 0 \\ -1877,8 + 4455 - 5940 + 3062,8 &= 0 \\ 7517,8 - 7517,8 &= 0 \end{aligned}$$

Valning S shkiv o'rnatilgan ko'ndalang kesimidagi eguvchi momentning qiymatini aniqlaymiz:

$$M_C^{ep} = -A_1 l_3 = -1877,8 \cdot 0,5 = -788,9 \text{ H} \cdot \text{m}$$

Valning E shkiv o'rnatilgan kesimdagi eguvchi momenti esa,

$$M_E^{ep} = B_1 l_3 = 3062,8 \cdot 0,4 = 1225,12 \text{ H} \cdot \text{m}$$

Aniqlanganlarga asosan, vertikal tekislikdagi eguvchi momentning epyurasini quramiz (19— V shakl) endi balkani gorizont tekislikda yo'nalgan kuchlar bilan tasvirlaymiz (19 —G shakl) va tayanch reaksiyalarini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} \sum M_{A_2} &= -P_{1Y} l_1 + B_2(l_1 + l_2 + l_3) = 0 \\ -7716 \cdot 0,5 + B_2(0,5 + 0,7 + 0,4) &= 0 \end{aligned}$$

$$B_2 = 2411,25 \text{ H}$$

$$\begin{aligned} \sum M_{B_2} &= -A_2(l_1 + l_2 + l_3) + P_{1Y}(l_2 + l_3) = 0 \\ -1,6 A_2 + 7716 \cdot 1,1 &= 0 \end{aligned}$$

$$A_2 = 5304,75 \text{ H}$$

Reaksiya kuchlarining to'g'ri aniqlanganligini tekshiramiz.

