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

BUXORO YUQORI TEXNOLOGIYALAR MUHANDISLIK TEXNIKA INSTITUTI

M. MURODOV, N. BIBUTOV, D. ZOKIROVA

«*Mexanika*» kafedrasi

MATERIALLAR QARSHILIGI FANIDAN

MA'RUZALAR MATNI

Buxoro – 2011

Taqrizchilar: Texnika fanlari nomzodi, dotsent I. Hasanov
Texnika fanlari nomzodi, dotsent Z. G'aybullaev

«Mexanika» kafedrasining umumiy yig'ilishida tasdiqlangan (bayonnoma №1 29.08.11) va institut uslubiy kengashida tasdiqlangan (bayonnoma №1 06.09.11 yil)

«Materiallar qarshiligi» fanidan ma'ruzalar matni oziq-ovqat va engil sanoati yo'nalishlarida ta'lim olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan.

Qo'llanmada fanning asosiy tushunchalari ma'ruzalar matni tayyorlash talabalariga ko'ra bayon etilgan. Keltirilgan adabiyotlar ro'yxati, tayanch iboralar takrorlash uchun savollar, formulalar, rasmlar talabalar tomonidan nazorat ishlarini bajarganda muhim yo'llanma bo'lib xizmat qiladi.

MUNDARIJA

SO’Z BOSHI

«Materiallar qarshiligi» fani mustaqil fan sifatida barcha oliy texnika o’quv yurtlarida o’qitiladi.

Ayrim mutaxassisliklar uchun «Materiallar qarshiligi» fani «Amaliy mexanika» fanining bir qismi sifatida o’tiladi.

Uslubiy qo’llanma ma’ruzalar matnini yozish talablariga to’liq rioya qilingan holda tayyorlangan va «Materiallar qarshiligi» fanining vazifasi, mashina va inshootlar qismlarining mustahkamligi, bikrligi, ustivorligini ta’minlash, arzon materiallardan foydalanish bilan birga ularni engil, ixcham va ishonchli qilish, ish unumdorligini oshirish metodlari keltiriladi.

O’quv qo’llanma texnologik va ta’lim yo’nalishlari bo’yicha kunduzi va sirtdan o’qiyotgan talabalarga yordamchi materiallar sifatida tavsiya etiladi.

Uslubiy ko’rsatmada keltirilgan ma’lumotlar talabalar tomonida nazorat ishlarini bajarishda ham muhim ahamiyatga ega.

MA’RUZA №1
KIRISH

REJA:

1. Mashina va inshoot qismlarini mustahkamligini ta’minlash.
2. Materiallar qarshiligi fanining rivojlanish tarixi.
3. Kuch va kuch turlari.
4. Kesish metodi.
5. Barcha kuchlardan muvozanat shartlari tuzish.
6. Kuchlanish.
7. Deformatsiya va ko’chish.
8. Deformatsiya turlari.
9. Materiallar qarshiligida qabul qilingan gipotezalar.
10. Konstruktsiya elementlari.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to’plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo’yicha sirtdan o’qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko’rsatma. Bux. TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

«Materiallar qarshiligi» mashina detallari va inshoot qismlarini mustahkamlikka, bikrlikka va ustuvorlikka hisoblash metodlarini o’rgatuvchi fandir.

«Materiallar qarshiligi» fan sifatida o’zining boshlanishini 1638 yildan boshlab hisoblanadi, chunki shu yili Ital’yan olimi Galileo Galileyning «Materiallar qarshiligi» faniga doir ishi bosmadan chiqarilgan.

Ko’p tajribalar asosida olingan natijalar umumlashtirilib, ayrim masalalar bo’yicha nazariyalar yaratilgan.

«Materiallar qarshiligi» fanini o’rganish quyidagicha olib boriladi:

Ma’ruzalar va mavjud adabiyotlar yordamida materiallar qarshiligi fanining nazariy qismi o’rganiladi: Amaliy qismi esa, mavjud bo’lgan mashinalar, uskunalar, metodik qo’llanmalar va ayrim adabiyotlar yordamida o’rganiladi;

Masalalar echilishidan tashqari hisoblash grafik ishlari bajariladi. «Materiallar qarshiligi» fanini o’rganganda, ma’lum nazariy bilimga ega bo'lishini, chizma ishlarini bajarishni va sonlik qiymatlar bilan hisoblashini talab qiladi.

SHuni aytish kerakki, «Materiallar qarshiligi» fani injenerlar tayyorlashda birinchi hisoblashga qrgatiladigan fandir.

«MATERIALLAR QARSHILIGI» FANINING RIVOJLANISH TARIXI

Ital'yan olimi Leonardo da Vinchi (1452-1519) materiallar qarshiligiga doir ishlar olib bordi, Italiyada dunyoda birinchi tabiiy fanlar Akademiyasi 1560 yilda tuzilgan edi, bu erda navbatida turli yo'nalishda ilmiy ishlar olib borildi.

«Materiallar qarshiligi» fanining tarixidan Galileyning (1564-1642) ishlari muhim ahamiyatga ega, u dastlab sterjenlarning qarshilik ko'rsata olishini baholashni analitik ravishda hisoblash zarurligini ko'rsatdi.

R. Guk (1635-1703) cho'zuvchi kuch bilan uzayish orasidagi proportsional bog'lanishni aniqladi. Bu bog'lanishga Guk qonuni deb aytiladi.

SHuningdek Gollandiyalik olim YA. Bernullining (1654-1705) materiallar qarshiligi fanining rivojlanishidagi xizmati kattadir.

SHvetsariyada tug'ilgan rus olimi L. eylerning (1707-1783) materilallar qarshiligi fanining rivojlanishidagi xizmati juda kattadir. U 16 yoshda fan magisteri unvoniga sazovor bo'lgan va 20 yoshda «professor» unvonini olgan. Peterburg Akademiyasida (1727-1783) 45 yil ishlab, ustuvorlikka va elastiklikka va boshqa ishlari bilan tanilgan.

Frantsuz olimi SH. Kulon (1736-1806) elastik jismlarni tekshirish, balkalarning egilishi, kalonnalarning siqilishi, buralish, buralishdagi tebranishlar va bir jinsli deformatsiyalar nazariyasi bo'yicha ish olib borgan.

Frantsuz olimi L. Nav'e (1785-1836) elastiklik nazariyasi, statik aniqmas masalalar, bo'ylama-ko'ndalang egilish sohasida va boshqa sohalarda muhim ishlar bajargan.

Frantsuz olimi J. Ponsele (1788-1867) materiallarning tekshirish bilan shugullanmagan, dinamik kuchlar uchun cho'zilish diagrammasini oldi. SHuningdek o'zgaruvchan kuchlar uchun materiallarning emirilish darajasini aniqladi.

Ingliz olimi T. YUng (1773-1829) 14 yoshida lotin, grek, eron, evrey tillarini mukammal bilgan, falsafa va matematikaga oid ishlari mavjud bo'lgan. Uning «Materiallar qarshiligiga» oid, elastiklik moduli, proportsionallik chegarasi, buralish masalalariga oid, markazidan tashqari siqilish va zarb kuchlariga oid ishlari ma'lum.

Frantsuz injeneri Barre de Sen-Venan (1797-1886), birinchi bo'lib injenerlik masalalarini echishda elastiklik nazariyasining ahamiyatini ko'rsatib berdi. SHuningdek plastiklik nazariyasiga oid egilish nazariyasi, egri bruslarga oid ishlari bilan ma'lum.

Rus olimi M. V. Lomonosov (1711-1765) «Elastiklik» tushunchasini berdi, shuningdek tajribalarni o'tkazishga katta e'tibor berib, turli xil materiallarning fizika-mexanik, kimyoviy xossalarini aniqladi.

«Materiallar qarshiligi» fani bo'yicha rus tilida yozilgan birinchi darslik 1774 yilda S. Kotel'nikov va N. F. YAstrejem'skiy tomonidan yaratildi. Qurilish mexanikasi bo'yicha birinchi professor M. Volkov (1802-1878) Leningrad temir yul transporti institutida ishlagan.

SHuningdek materiallar qarshiligi fanining rivojlanishida katta hissa qo'shgan olimlarga D. Juravskiy (1821-1891), A. Gadolin (1828-1892), X. S. Golovin (1844-1904), F. YAsinskiy (1856-1899), I. G. Bubnov (1872-1919), N. Belelyubskiy (1845-1922), L. D. Proskuryakov (1858-1926), V. Kirpichev (1845-1913), B. Galerkin (1887-1946), A. Dinu (1876-1950), P. Papkovich (1887-1954), N. Belyaev (1890-1944), A. Krilov (1863-1945) va boshqalar kiradi.

Keyingi yillarida materiallar qarshiligi fanining rivojiga katta hissa qo'shgan olimlar jumlasiga A. A. Il'yushin, e. I. Grigolyuk, N. I. Bezuxov, V. V. Bolotin, S. D. Ponamarev, A. R. Rjanitsin, A. S. Grigor'ev, I. A. Simvuldi, X. A. Raxmatullin, M. G. Urazbaev, F. V. Dolinskiy va boshqalar kiradi.

Hozirgi vaqtda barcha oliy o'quv yurtlarida, ilmiy tekshirish institutlarida ko'pgina yosh olimlar xizmat qilmokda. Hisoblash usullarining yanada takomillashuvchi natijasida yangi hisoblash texnikalarining mavjudligi «Materiallar qarshiligi», «Inshootlar nazariyasi» kabi fanlarning o'rganishni butun bir kompleksi yuzaga keldi.

ASOSIY TUSHUNCHA VA CHEKLANISHLAR

Deformatsiya deganda, jism o'lchamlari va shaklining o'zgarishiga olib keluvchi jism zarralari o'zaro joylashish holatining o'zgarishi tushuniladi. e*lastik deformatsiya* – yukni olinishi bilan yuqoladigan deformatsiyaga aytiladi (uprugaya), qolgan qismi esa qoldiq deformatsiya deb aytiladi.

Materialni elastiklik xossasi hamma yo'nalishda bir bo'lsa, izotropiyaga ega deb aytiladi, turli xil bo'lsa anizatrop ega emas deb aytiladi.

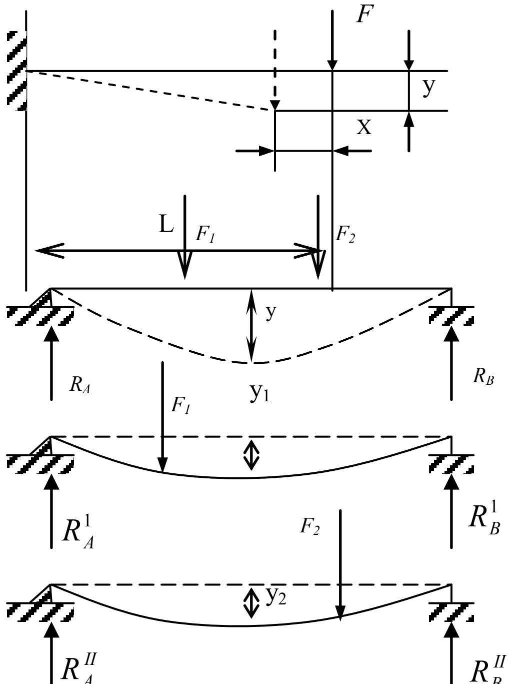
Anizatropiya ega bo'lmagan material yog'och, cho'yan va boshqa materiallar kiradi, chunki uning tolalari bo'ylab qarshilik ko'rsatishi ko'ndalangiga nisbatan bir necha marotaba katta.

«Materiallar qarshiligi» fanida quyidagi cheklanishlar qabul qilinadi.

Konstruktsiyalar materiali bir jinsli, yaxlit, orasida bo'shliq yo'q ya'ni butun hajmi bo'yicha fizik – mexanik xossasi bir xil deb hisoblanadi. Bu cheklanish metall konsruktsiyalar uchun to'g'ri kelmaydi, chunki beton oralig'ida toshlar har xil zichlikda joylashgan, g'isht va yog'ochni oddiy hisoblar uchun bir jinsli deb qarash mumkin.

Mashina detallari va inshoot qismlari uchun ishlatiladigan materiallarni izotrop deb, materialni har bir nuqtasidagi kuchlanish va deformatsiyani hamma yo'nalishlarda bir xil bo'ladi deb qaraladi. Bu cheklanish yog'och materiali uchun to'g'ri kelmaydi.

Tashqi kuchdan hosil bo'lgan deformatsiya juda kichik deb qaraladi (konstruktsiyani razmerlariga nisbatan), shuning uchun kuchlar (kuchlarnishlarni) hisobga olganda deformatsiya e'tiborga olinmaydi.



Аниқ хисобларда эгувчи момент кўринишида аниқланади.

Кучлар таъсирининг мустақиллик принципи. Бу принципга кўра жисмга қуйилган ҳар хил йўналишдаги кучлардан ҳосил бўлган зўриқиш умумий зўриқишни беради.

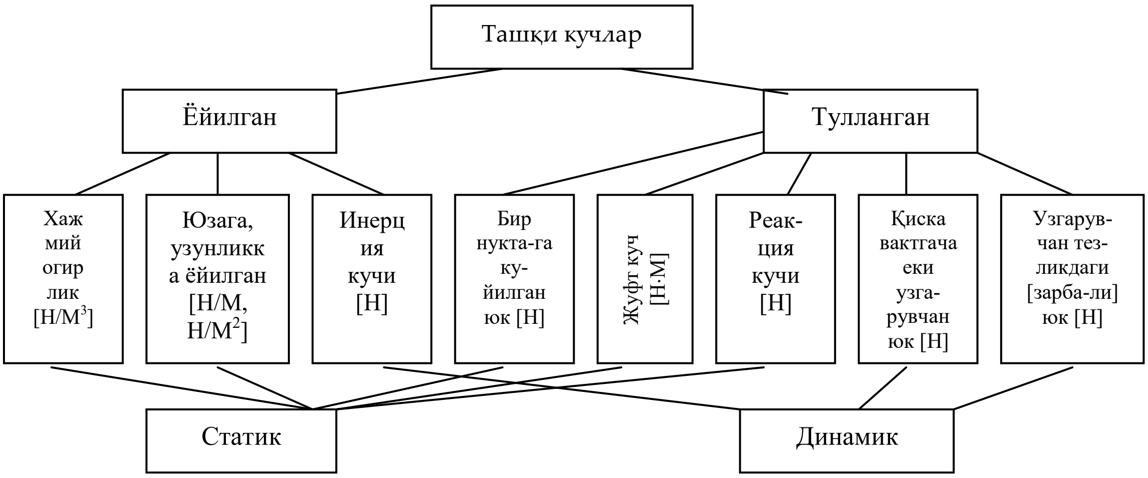
Салқилик

$$У = У_1 + У_2 \quad (1)$$

Таянч реакциялари

1-rasm.

TASHQI KUCHLAR KLASSIFIKATSIYASI



2-rasm.

STERJEN′ (BRUSLAR), PLASTINA TO′G′RISIDA TUSHUNCHA

Ko′ndalang kesim o′lchamlari uzunlik o′lchamlariga nisbatan juda kichik bo′lgan jismlar brus deb aytiladi.

Juda ingichka bruslariga sterjen′ deb ataladi.

O′z navbatida brus va sterjenlar to′g′ri yoki egri bo′lishi mumkin (o′qidan bog′liq bo′ladi)

Ikkala tayanchda yotgan, neytral′ o′qiga tik kuch ta′sir qilgan sterjenlarga balka deb aytiladi.

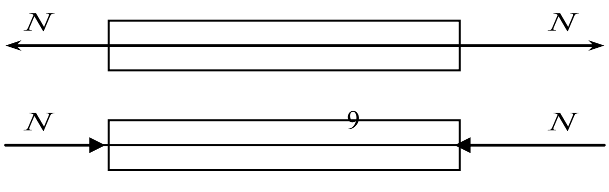
Qalinligiga nisbatan ikkala o′lchami katta bo′lgan yassi kattik jism plastinka deyiladi. egri plastinka qobiq deyiladi.

Mashina va inshoot qismlarini ko′tarib turuvchi estikchalar tayanch deyiladi.

Tayanchlar uch xil bo′ladi. SHarnirli - qo′zg′aluvchan, sharnirli – qo′zg′almas, qistirib mahkamlangan.

DEFORMATSIYALARNING TURLARI

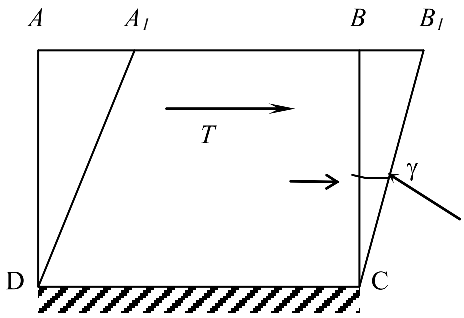
1) CHo′zilish yoki siqilish deformatsiyasi.



A)

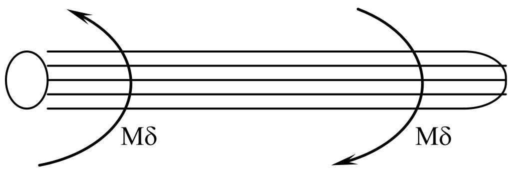
2) Siljish deformatsiyasi.

B)



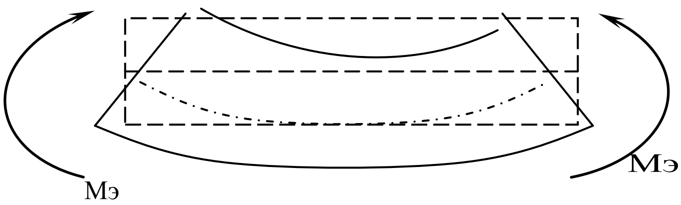
3) Buralish deformatsiyasi.

V)



4) egilish deformatsiyasi.

G)



3-rasm.

5) SHuningdek murakkab deformatsiya ko'rinishlari mavjud, ular quyidagi ko'rinishlarda keladi:

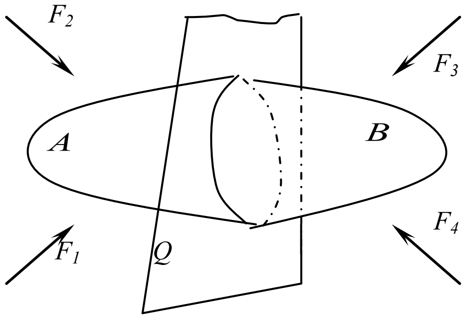
a) Qiyshiq egilish;

b) egilish bilan buralishni birgalikdagi kelishi;

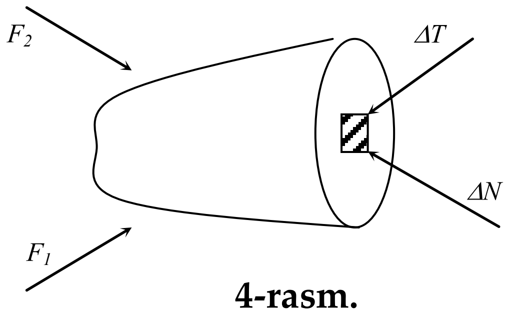
v) Markazdan tashkari siqilish;

g) Bo'ylama egilish.

KESISH USULI



F_1, F_2, F_3, F_4 кучлари таъсирида жисм (қаттиқ) статик мувозанатда бўлади.



4-rasm.

ΔT кичкина майдончага таъсир қилувчи тенг таъсир кучи.

Kuch ta'sirini o'rtacha intensivligi.

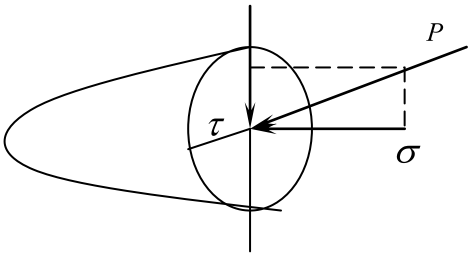
$$P = \frac{\Delta F}{\Delta A} \qquad (1)$$

Agar maydoncha qiymatini nolga tenglashtirsak, haqikiy normal' kuchlanish aniqlanadi.

$$\lim_{\Delta A \to 0} \left(\frac{\Delta N}{\Delta A}\right) \qquad (2)$$

O'z navbatida urinma kuchlanish quyidagicha aniqlanadi.

$$\lim_{\Delta A \to 0} \left(\frac{\Delta N}{\Delta A}\right) = \tau \qquad (2')$$



5-rasm.

σ – нормал кучланиш
τ - уринма кучланиш

$$\rho = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} \qquad (3)$$

to'la kuchlanish *r* ga teng.

Kuchlanishning o'lchash birligi Pa (Paskal')

1MPa = 10 ^{6} Pa ≈ 10 kg/sm^2 = 0,1 kg/mm^2

1kN = 1000 N = 100 kg = 0,1 t.

1 kg/mm^2 = 0,981 · 10 ^{5} n/m^2 = 0,1 MPa.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Materiallar qarshiligi fani nimani o'rgatadi?
2. Materiallar qarshiligi fanining rivojlanish tarixi to'g'risida gapirib bering.
3. Kuch turlari to'g'risida gapirib bering.
4. Barcha kuchlardan muvozanat tenglama tuzing.
5. Deformatsiya deb nimaga aytiladi?

6. Ko'chish deformatsiyasi.
7. Deformatsiyaning qanday turlari mavjud?
8. Kuchlanish deb nimaga aytiladi?
9. Materiallar qarshiligida qabul qilingan gipotezalar nima?
10. Konstruktsiya elementlarini ta'riflang.

TAYANCH IBORALAR

Emirilish, mustahkamlik, ustuvorlik, bikrlik, kuch, deformatsiya, kuchlanish, muvozanat shartlari, kesish metodi, konstruktsiya, ko'chish.

MA'RUZA №2
CHO'ZILISH VA SIQILISH

REJA:

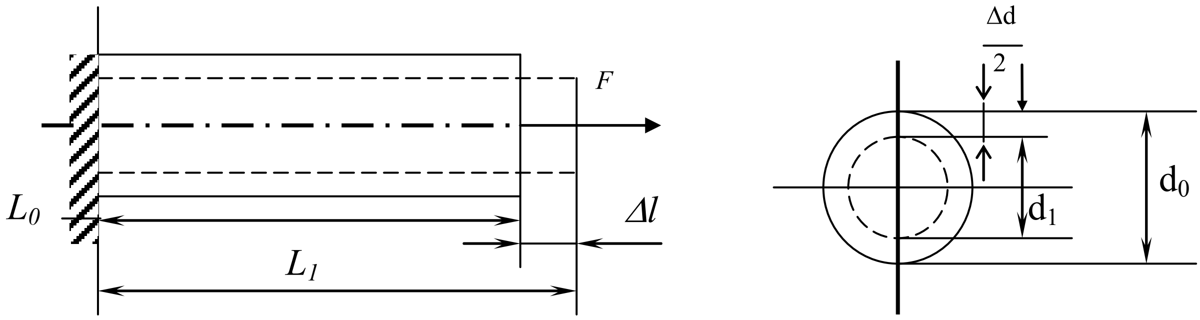
1. Bo'ylama kuch.
2. Kuchlanish va deformatsiya.
3. CHo'zilish va siqilishda mustahkamlik sharti.
4. CHo'zilish va siqilishda Guk qonuni.
5. Puasson koeffitsienti.
6. Guk qonunining ikkinchi ko'rinishi.
7. Temperatura ta'sirida kuchlanish va deformatsiya.
8. Tekis qizdirilgan bir jinsiy sterjen absolyut uzayishi.
9. Xususiy og'irlik ta'siridagi sterjenni cho'zilish va siqilishga hisoblash.
10. Teng qarshilik ko'rsatuvchi sterjenlar.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

CHo'zilish va siqilish deformatsiyasiga turli mashina detallari va inshoot qismlari ishlaydi.

CHo'zilish deformatsiyasi



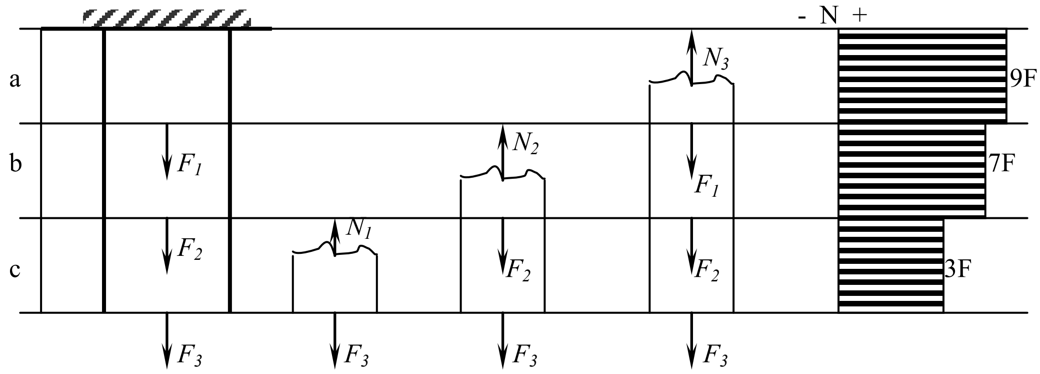
6-rasm.

CHo'zilish va siqilishga sterjenlar bir xil ishlaydi shuning uchun formulalar bir xil bo'ladi, faqat ishorasi bilan farq qiladi. Sxemadagi quyidagicha belgilash qabul qilingan.

d_0, L_0 - dastlabki diametri va uzunligi, *m*

d_1, L_1 - keyingi diametri va uzunligi, *m*

Δd, Δl - absolyut qiskarish va uzunligi, *m*

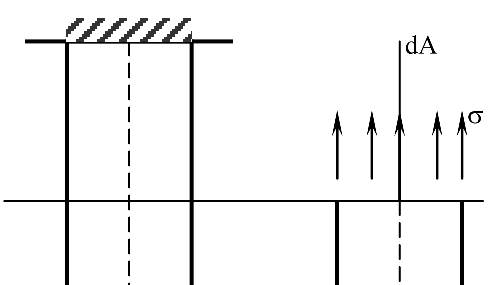


BO'YLAMA KUCHLAR VA ULARNING ePYURASI

7-rasm.

Berilgan.	I – I qirqim:	II – II qirqim:	III – III qirqim:
$F_1 = 2F$	$\Sigma Y = 0$	$\Sigma Y = 0$	$\Sigma Y = 0$
$F_2 = 4F$	$N_1 - F_3 = 0$	$N_2 - F_2 - F_3 = 0$	$N_3 - F_1 - F_2 - F_3 = 0$
$F_3 = 3F$	$N_1 = F_3 = 3F$	$N_2 = F_2 + F_3 =$	$N_3 = F_1 + F_2 + F_3 =$
		$= 4F + 3F = 7F$	$= 2F + 4F + 3F = 9F$

CHO'ZILISH DEFORMATSIYASIDA KO'NDALANG KESIMDAGI KUCHLANISH



$$\Sigma \text{У}np = 0$$

$$F = N$$

$$N = \int \sigma \cdot dA = 0$$

$$N = \int_A \sigma dA = \sigma \int_F daA = \sigma \cdot A \quad (1)$$

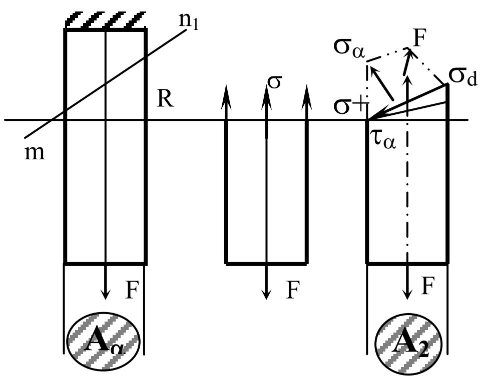
8-rasm.

Bu formuladan ± ishorasi cho'zilish yoki siqilish deformatsiyasi bo'lganligidan darak beradi.

Kuchlanish masshtabi $K_\sigma = \dfrac{\sigma}{m}$ (3)

(3) formulada m – kuchlanish epyurasiga qo'yiladigan vektor qiymati.

STERJEN' O'QIGA NISBATAN KIYA TEKISLIKLARIDAGI KUCHLANISH



Нормал кучланиш $\sigma = \dfrac{F}{A} = \dfrac{N}{A}$ (1)

Қия текисликдаги кучланиш

$$F = \frac{F}{A_\alpha} = \frac{N}{A_\alpha} \quad (2)$$

Бу ерда $A_\alpha = \dfrac{A}{\cos\alpha}$ (3)

9-rasm.

(3) formulani hisobga olib qiya tekislikdagi kuchlanish quyidagicha aniqlanadi.

$$F = \frac{N}{A}\cos\alpha = \sigma \cdot \cos\alpha \quad (4)$$

Normal kuchlanish quyidagicha aniklanadi.

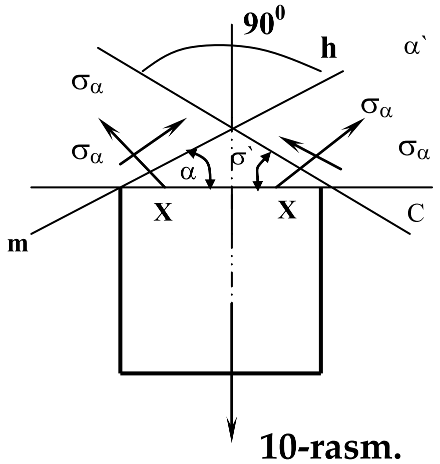
$$\sigma_x = F \cdot \cos\alpha = \sigma \cdot \cos^2\alpha \quad (5)$$

Urinma kuchlanish quyidagicha aniqlanadi.

$$\tau_x = F \cdot \sin\alpha = \sigma \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha = \frac{\sigma}{2}\sin 2\alpha \quad (6)$$

(5) va (6) formulaga ko'ra quyidagicha o'zgaradi:

$\alpha=0$ bo’lsa, $\sigma_x=\sigma$; $\tau_\alpha=0$.



10-rasm.

Ўзаро тик $mn\perp qc$ текисликда ҳосил бўлган уринма кучланиш

$$\tau\alpha^{I}=\frac{\sigma}{2}\cdot\sin 2\alpha=\frac{\sigma}{2}\sin 2$$
$$(90^{0}\alpha)=-\frac{\sigma}{2}\sin^{2}\alpha=-\tau\alpha \qquad (7)$$

Demak o’zaro tik kesikliklarda biri ikkinchisiga teng va qarama – qarshi yo’nalgan urinma kuchlanishlar hosil bo’ladi, shunga urinma kuchlanishlarning juftlik qonuni deb aytiladi.

Moor doirasi yordamida ham kuchlanishlarni aniqlash mumkin.

BO’YLAMA DEFORMATSIYA. GUK QONUNI

Bo’ylama deformatsiya o’rganilganda, cho’zilish deformatsiyasi uchun olingan bog’lanishlar manfiy ishorani hisobga olgan holda siqilish deformatsiyasi uchun ham ishlatiladi. CHo’zilish va siqilish deformatsiyasini geometrik, fizikaviy, statik tomonlari quyidagicha o’rganiladi:

1) Masalani geometrik tomoni.

6-rasmdan ko’rinadiki absolyut deformatsiya quyidagicha aniqlanadi.

$$\Delta l=L_1-L_0 \qquad (1)$$

Ko’ndalang absalyut deformatsiya quyidagicha aniqlanadi.

$$\Delta d=d_0-d_1 \qquad (2)$$

Nisbiy deformatsiyalar quyidagicha aniqlanadi:

Bo’ylama deformatsiya $\xi=\frac{\Delta l}{l_0}$ (3)

Ko’ndalang deformatsiya $\xi^{I}=\frac{\Delta d}{d_0}$ (4)

Nisbiy deformatsiyalarda o’lchov birligi yo’q.

Nisbiy deformatsiyalar o’zaro Puasson koeffitsienti orkali bog’lanishda bo’ladi.

$$\mu = -\frac{\xi^1}{\xi} \qquad (5)$$

$0 \le \mu \le 0{,}5$ Puasson koeffitsientini o'zgarish chegarasi

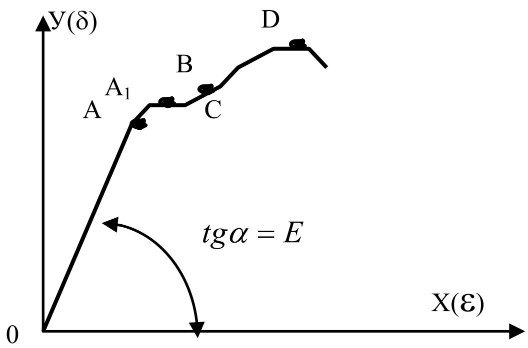
$\underline{\mu = 0,}$ qiymati probka materiali uchun, $\underline{\mu = 0{,}5}$ qiymati esa plastilin materiali uchun.

Eng ko'p ishlatiladigan yumshoq po'lot materiali uchun $\underline{\mu = 0{,}33}$ ga teng.

μ - qiymati turli xil materiallar uchun tablitsalarda keltiriladi.

2) Masalani fizikaviy tomoni.

Kuchlanish o'zining ma'lum bir mikdoriga etguncha elastiklik chegarasida, ya'ni kuch kaytarib olingandan keyin qoldik deformatsiya bo'lmaydi. A (.) proportsionallik chegarasi (11-rasm). A (.) elastiklik chegarasi, biri ikkinchisiga juda yaqin A (.) elastiklik chegarasigacha kuchlanish deformatsiya bilan ma'lum bir bog'lanishda bo'ladi.



11-rasm.

$$\sigma = E\varepsilon \qquad (6)$$

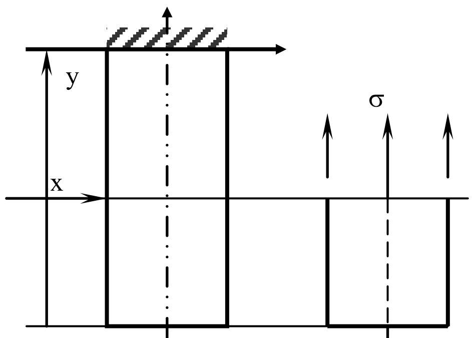
(6) formulaga ko'ra elastiklik modulining o'lchash birligi aniqlanadi.

$$\left[\frac{куч}{узунлик^2}\right] \cdot \left[\frac{н}{м^2}\right]$$

Elastiklik moduli E fizikaviy katalik, turli materiallar uchun tablitsada beriladi. Tajribalar yordamida aniqlanadi.

3) Masalani statik tomoni.

Ichki va tashqi kuchlarni u o'qiga proektsiyalarini olamiz.



$$\Sigma Упр = F + \sigma \cdot a = o \qquad (7)$$

$$(7) - дан \quad \sigma = \frac{F}{A} \qquad (8)$$

12-rasm.

(8) – formula yordamida ichki kuch (kuchlanish) aniqlanadi.

GUKNING UMUMLASHGAN QONUNI

YUqorida olingan masalaning geometrik mohiyatidan (3) fizikaviy tomonidan (6) va statik moxiyatidan (7) bog'lanishlardan foydalanib cho'zilish yoki siqilish deformatsiyasi uchun Gukning umumlashgan qonunini olamiz.

$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{EA} \qquad (9)$$

(9) – formulani o'lchash birligi, *m,* uning maxraji: EA – cho'zilish yoki siqilishda bikirlik deb aytiladi va material sifati va o'lchamidan bog'liq.

Formula analitik ravishda absolyut deformatsiya *(Δl)* ni hisoblashga imkon beradi.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Markaziy cho'zilish va siqilish deb nimaga aytiladi?
2. Bo'ylama kuchni qaysi metoddan foydalanib topish mumkin?
3. Normal kuchlanish formulasini yozing.
4. CHo'zilish va siqilishda mustahkamlik sharti formulasini yozing.
5. Guk qonunini cho'zilish va siqilishda yozing.
6. Guk qonunining ikkinchi ko'rinishi nima?
7. Puasson koeffitsienti deganda nimani tushunasiz?
8. Temperatura ta'sirida kuchlanish va deformatsiyani aniklang.
9. Xususiy og'irlik ta'siridagi sterjenni cho'zilish va siqilishga xisoblang
10. Teng qarshilik ko'rsatuvchi sterjen deb nimaga aytiladi?

TAYANCH IBORALAR

Kuch, ichki kuch, bo'ylama kuch, kuchlanish, deformatsiya, mustahkamlik sharti, nisbiy deformatsiya, Puasson koeffitsienti, temperatura, sterjen.

MA'RUZA №3

MATERIALLARNI CHO'ZILISH VA SIQILISHGA SINASH

REJA:

1. CHo'zilish va siqilishga sinash maxsus mashinalar bilan jihozlanishi.
2. CHo'zilish va siqilishga sinashni asosiy maqsadi.
3. YUmshoq po'lotni cho'zilish diagrammasi.
4. Proportsionallik, elastiklik, oquvchanlik va mustahkamlik yoki vaqtinchalik chegaralar.
5. Plastiklik deformatsiyasi.
6. Mo'rt materiallarning plastiklik xossasi.
7. Puxtalanish.
8. Plastik va mo'rt materiallarni cho'zilish va siqilish diogrammalari.
9. Plastik va mo'rt materiallarni siqilish diagrammasi.
10. YUklanish tezligi ortishi, plastik material o'z xossalarini mo'rt material xossasiga yaqinlashishi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Materiallarning xossalari belgilangan standartga muvofiq tajriba yordamida o'rganilib ishlatish uchun zarur bo'lgan koeffitsentlar, harakteristikalar olinadi.

Buning uchun laboratoriyada mavjud bo'lgan mashinalardan foydalanamiz (ularning markalari, texnik harakteristikalari to'g'risida tushunchalar tajriba ishlari bo'yicha qo'llanmada berilgan).

Materiallar plastik bo'lsa, deformatsiyalanish davrida sezilarli darajada o'lchamlarini o'zgartiradi, uzilganida ma'lum darajada qoldik deformatsiyaga ega bo'ladi.

Plastik materiallarga (po'lat, mis, alyuminiy, duralyuminiy va boshqa kotishmalar) kiradi;

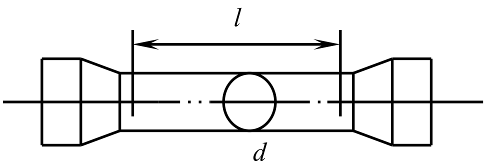
Mo'rt materiallarda deformatsiyalanish davri sezilmaydi yoki to'satdan uzilish yoki sinishi mumkin. Mo'rt, materiallarga cho'yan, beton, g'isht, tosh va boshqalar kiradi.

Bosim va temperatura ta’siridan ba’zan bir materiallar plastik va mo’rtlik xossasini o’zgartirishi mumkin.

Materiallarning mexanik xossalariga ularning mustahkamligi, elastikligi, plastikligi, qattiqligi va qovushqoqligi kiradi.

Qovushqoqlik jismini tashqi zarbiy (dinamik) kuchlarga qarshilik ko’rsatish qobiliyatidir.

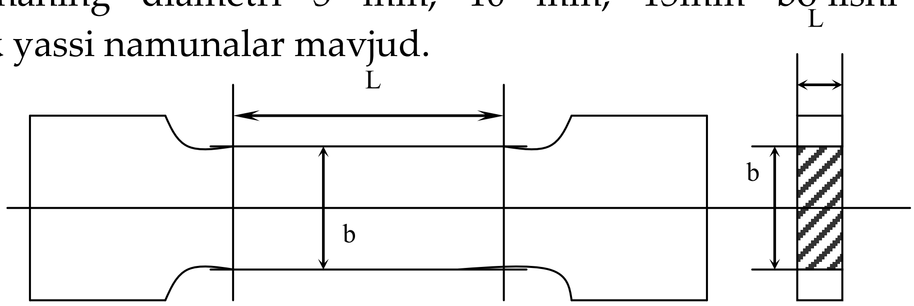
Tekshirishlar o’tkazilganda ma’lum standartlar bo’yicha namunalar tayyorlanadi.



13-rasm.

$l = 10 \cdot d$ bo’lishi kerak – ishchi uzunligi.

Namunaning diametri 5 mm, 10 mm, 15mm bo’lishi mumkin. SHuningdek yassi namunalar mavjud.



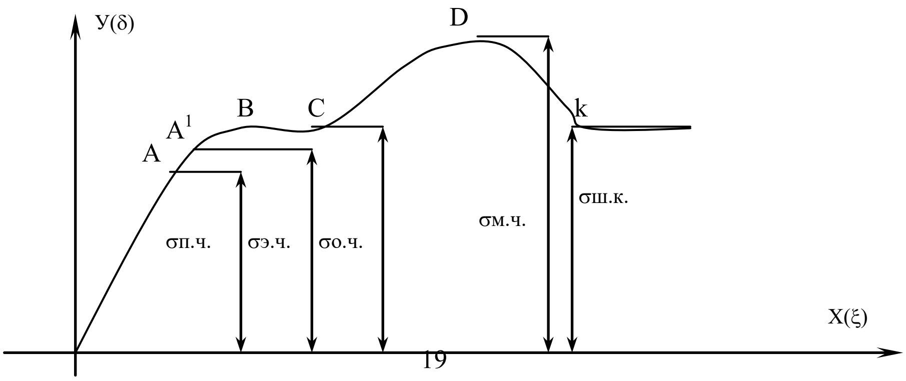
14-rasm.

L, b o’rtasida ma’lum bog’lanish bor.

KAM UGLERODLI PO’LATLAR UCHUN CHO’ZILISH DIAGRAMMASI.

CHo’zilish diagrammasi mashina yordamida yoki kuchni har kaysi qiymati uchun absolyut deformatsiyani o’lchab olish yo’li bilan quriladi.

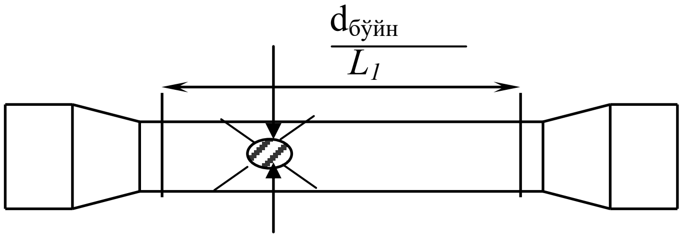
Tashqi kuch (kN) F	0	1	2	*****
Absalyut deformatsiya Δl	0			



15-rasm.

σp.ch. – plastiklik chegarasi
σe.ch. – elastiklik chegarsi
σo.ch. – okuvchanlik chegarasi
σm.ch. – mustaxkamlik chegarasi
σsh.k. – shartli kuchlanish.

Uzilish oldidan bo'yincha hosil bo'ladi.



16-rasm.

Materialni plastiklik ko'rsatkichi quyidagilar orqali aniqlanadi.

$$\delta = \frac{-L_1 - L_0}{L_0} \qquad 100\% \qquad (1)$$

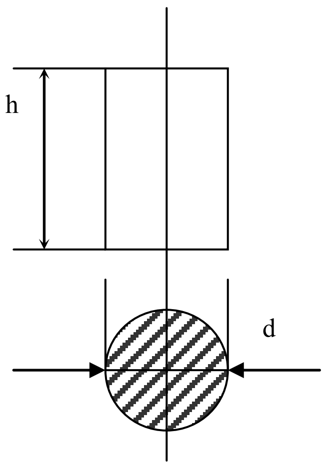
$$\varphi = \frac{-F_0 - F_{буй}}{F_0} \qquad 100\% \qquad (2)$$

$$F_0 = \frac{\Pi d_0^2}{4} \qquad F_m = \frac{\Pi d_{буйин}^2}{4}$$

SHuningdek cho'zilish diagrammasi orqali potentsial energiya va ba'zi bir boshqa xarakteristikalar olinadi.

Materiallarni siqilishga tekshirganda quyidagicha namunalar tanlanadi.

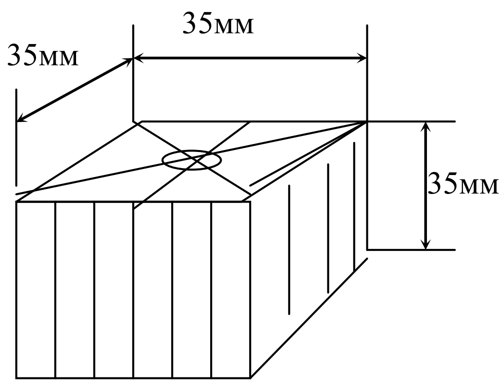
Metallar uchun



$\frac{h}{d}$ = 1,5 марта килиб олинади.

h = 15 мм булганда, d = 10 мм.

h = 30 мм булганда, d = 20 мм.

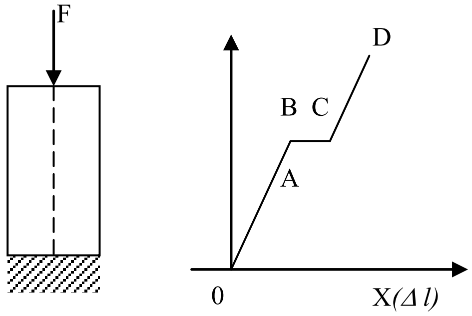


17-расм.

Ёгоч материал учун

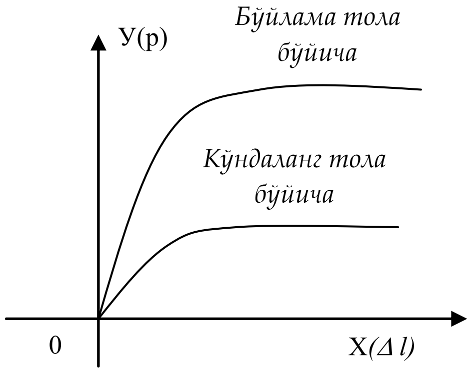
18-расм.

Siqilish diagrammalari



Metal uchun (po'lat)

19-rasm.



YOg'och uchun

20-rasm.

RUXSAT eTILGAN KUCHLANISH MUSTAXKAMLIKNI TA'MINLASH KOEFFITSENTI

Plastik materiallar cho'zilishda va siqilishda oqish chegarasi bir xil bo'lganligi uchun ruxsat etilgan kuchlanish quyidagicha tanlanadi.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{04}}{[n]}$$

[n] = I. 4÷2 plastik materiallar uchun konstruktsiyani xossasi, aniq ishlanishiga, vazifasiga, unga ta'sir qiluvchi kuchga va boshqa faktorlarga bog'liq. ehtiyotlik koeffitsienti.

Mo'rt materiallar uchun, ruxsat etilgan kuchlanish cho'zilishga va siqilishga alohida, alohida aniqlanadi.

CHo'zilishda $$[\sigma]_r = \frac{\sigma_M\,(\textit{чузилишда})}{[n]}$$

Siqilishda $$[\sigma]_C = \frac{\sigma_M\,\textit{сикилишда}}{[n]}$$

σ_m – mustahkamlik chegarasi.

Mo'rt materiallar uchun ehtiyotlik koeffitsenti katta qilib olinadi.

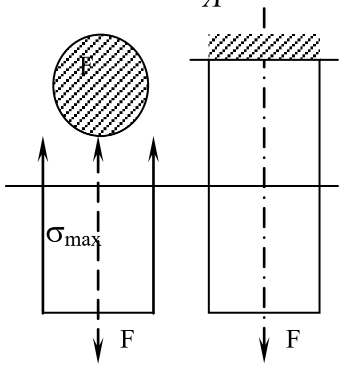
$$[n] = 2{,}5 \div 5$$

Umuman ruxsat etilgan kuchlanishlar tajriba yo'li bilan aniqlanadi va tablitsalarda beriladi.

CHO'ZILISHDA YOKI SIQILISHDA MUSTAHKAMLIK SHART

Umuman mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \le [\sigma] \qquad (1)$$



21-rasm.

(1) formulada mustaxkamlik shartining tekshirish metodidi kelitirilgan. Loyixa metodi (ruxsat etilgan yuza) quyidagicha aniqlanadi.

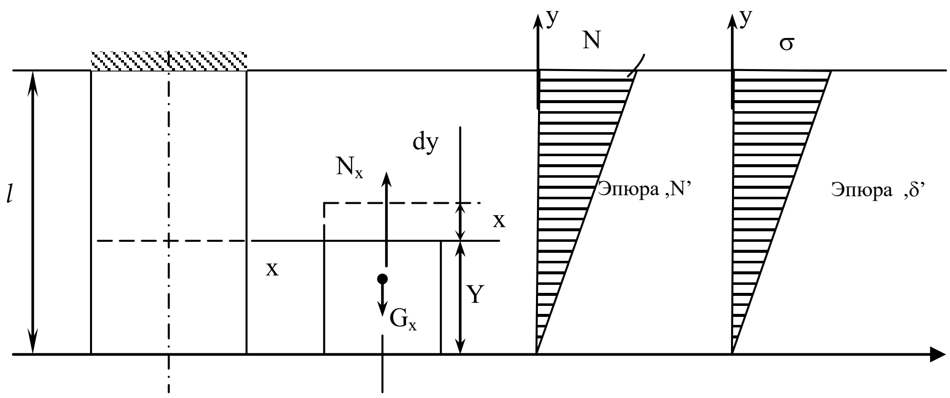
$$[A] \ge \frac{\Delta F}{[\sigma]} \qquad (2)$$

(1) shartga ko'ra konstruktsiya elementi yuk ko'tarish qobiliyati quyidagicha aniqlanadi.

$$[N] \le [\sigma] \cdot A \qquad (3)$$

(1), (2), (3) - formulalar sterjenning xususiy og'irligini hisobga olsak boshqacharoq yoziladi.

CHO'ZILISH VA SIQILISHDA STERJENLARNING XUSUSIY OG'IRLIGINI HISOBGA OLISH



22-rasm.

Sterjenning x-x o'qi bilan ajratilgan qismini og'irligi

$$G_X = V_X \cdot \gamma = A \cdot Y \cdot \gamma \qquad (1)$$

(1)- formulada γ - jismning hajim og'irligi; Y – ajratilgan sterjenning uzunligi.

Demak, kesish metodidan foydalansak, X-X qirqimidagi kuch

$$\Sigma Y_{np} = 0, N_X - G_X = 0; \qquad N_X = G_X = \gamma \cdot yA \qquad (2)$$

Demak (2)formulaga ko'ra u=0 bo'lganda N=0

va $$y = l \qquad N_X = \gamma \cdot yA \qquad (3)$$

SHuningdek kuchlanish quyidagicha aniqlanadi.

$$\sigma_X = \frac{N_X}{A} = \frac{J_X \gamma \cdot y \cdot A}{A} = \gamma \cdot y \qquad (4)$$

Formula (4)-ga ko'ra ***u*=*l*** bo'lganda $\sigma_{max} = \gamma \cdot l$ (5)

(3) formuladan ko'rinadiki xususiy og'irlikka bog'liq kuchlanish sterjen yuzasiga bog'liq bo'lmasdan, uning uzunligiga bog'liqdir.

Absolyut deformatsiyani hisoblash kichkina element d_u ajratamiz va Guk qonuniga ko'ra

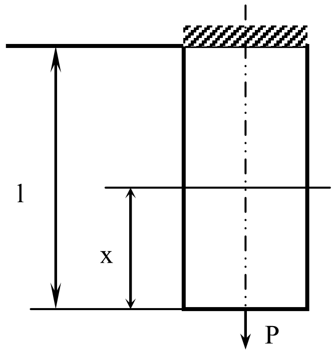
$$\Delta l_x = \frac{N_x d_y}{EA} = \frac{Fjydy}{EA} \qquad (6)$$

(6) formulaga ko'ra to'la absalyut deformatsiya quyidagicha aniqlanadi.

$$\Delta l = \int_0^l l_x = \int_0^l \frac{Fjxdx}{EA} = \frac{Fj}{EA}\int_0^l xdx = \frac{Fjl^2}{2EA} = \frac{Gl}{2EA} \qquad (7)$$

(7) formulada $G = Fjl$ -xususiy og'irlik.

Xususiy og'irlikni hisobga olganda mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi.



23-rasm.

$$\sigma_{\max} = jl \leq [\sigma] \qquad (8)$$

Агар ташқи куч ҳам мавжуд бўлса, мустаҳкамлик шарти (хусусий оғирликни ҳисобга олганда).

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A} + \gamma \cdot y \leq [\sigma] \qquad (9)$$

Agar tashqi kuch ham mavjud bo'lsa, mustahkamlik sharti (xususiy og'irlikni hisobga olganda).

(9) - tekshirish metodi, shu formulaga ko'ra hisoblanishni hamma ko'rinishlarni bajarish mumkin,

Ruxsat etilgan uzunlik quyidagicha aniqlanadi.

$$[l] = \frac{[\sigma] - \frac{F}{A}}{\gamma} \qquad (10)$$

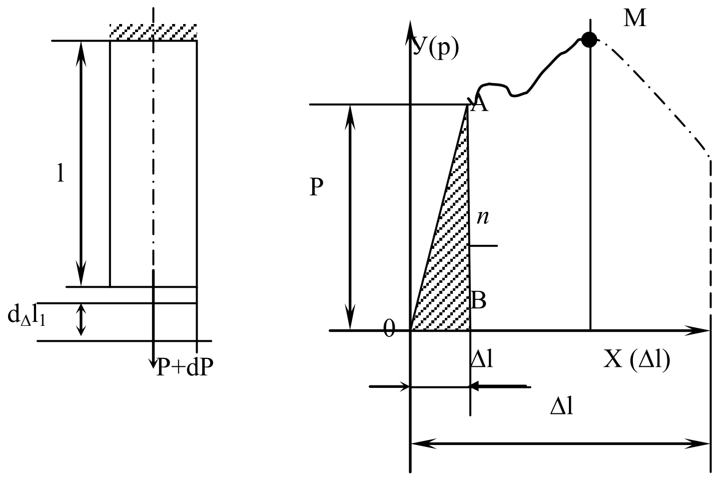
Agar sterjenga F kuchi qo'yilgan bo'lmasa formula (10) quyidagicha aniqlanadi.

$$[l] = \frac{[\sigma]}{J} \qquad (11)$$

Agar sterjen o'z og'irligi bilan uzilsa, shu uzunlikka kritik uzunlik deyiladi.

Kritik uzunlikdan hosil kuchlanish kritik kuchlanish deyiladi.

CHO'ZILISH VA SIQILISH DEFORMATSIYASIDA POTENTSIAL eNERGIYASI



Бажарилган иш ёки потенциал энергия

$$A = U = \frac{1}{2} F\Delta l \qquad (1)$$

$$U = \frac{F^2 l}{2EA} \qquad (2)$$

24-rasm.

Nisbiy potentsial energiya

$$U = \frac{U}{V_0} = \frac{F^2 l}{2EA \cdot lF} = \frac{F^2}{A^2 \cdot 2E} = \frac{\sigma^2}{2E} \qquad (3)$$

OAB ni yuzani topamiz.

SHuningdek cho'zilish diagrammasiga ko'ra to'la bajarilgan ish va yoki potentsial energiya quyidagicha topiladi.

$$A = U = \eta \cdot F_{\max} \cdot \Delta l \qquad (4)$$

η - diagrammani to'lalik koeffitsenti odatda $\eta = 0{,}85$ ga teng.

Misol: YUqori sifatli po'lot uchun $\sigma = 10000$ kg/sm^2, $E = 2 \cdot 10^6$kg/sm^2

$$U = 25\frac{кГсм}{см^3}$$ bo'ladi.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. CHo'zilish va siqilishga sinash asosiy maqsadi nima?
2. YUmshoq po'lotni cho'zish diagrammasini chizing.
3. Proportsionallik chegarasi deb nimaga aytiladi.
4. Elastiklik chegarasi nima?
5. Oquvchanlik chegarasi deb nimaga aytiladi?
6. Mustahkamlik chegarasi deb nimaga aytiladi?

7. Namunali nisbiy uzayishi va ko'ndalang kesimini nisbiy qisqarishi formulasini yozing.
8. Plastiklik nima?
9. Puxtalanish nima?
10. Plastik va mo'rt materiallarni cho'zilish va siqilish diagramma-larini taqqoslang.
11. Ruxsat etilgan kuchlanishni tanlang.
12. CHo'zilish va siqilishda potentsial energiya nimaga teng.

TAYANCH IBORALAR

CHo'zlish, siqilish, maxsus mashina, namuna, diagramma, nisbiy uzayish, nisbiy qisqarish, mo'rtlik, plastik, puxtalanish, kuchlanish, statik kuch, dinamik kuch, ruxsat etilgan kuchlanish.

MA'RUZA №4
CHO'ZILISH VA SIQILISHDA STATIK NOANIQ SISTEMALAR

REJA:

1. Statik noaniq sistemalarning amaliyotda qo'llanilishi.
2. Statik noaniq sistemalarga misollar.
3. Statik aniqlik darajasi.
4. CHo'zilish va siqilishda statik noaniq sterjenlar.
5. CHo'zilish va siqilishda statik noanik bruslar.
6. Sistemani muvozanat holatlari.
7. Ruxsat etilgan kuchlanishni tanlash.
8. Materialni xavfli holatiga to'g'ri keluvchi kuchlanish.
9. CHo'zilish va siqilishda potentsial energiya.
10. Deformatsiyani solishtirma potentsial energiyasi.

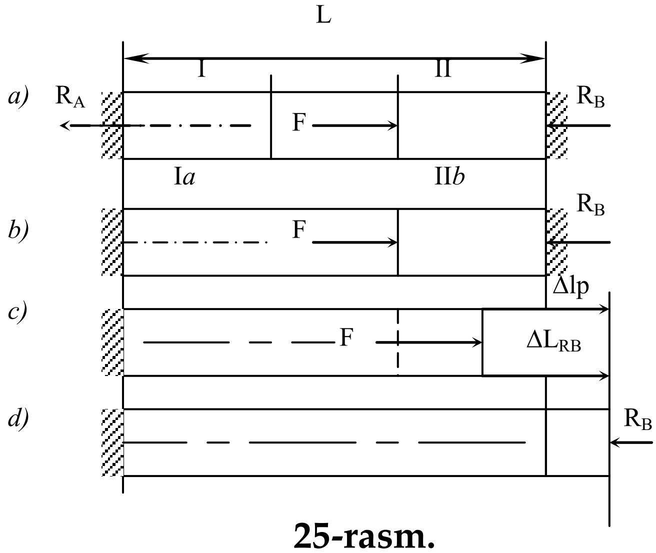
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Statikaning tenglamalari yordamida echilishi mumkin bo'lmagan masalalarga statik aniqmas masalalar deyiladi.

Ularni echish uchun qo'shimcha deformatsiya tenglamalari tuziladi. Tuzilishi zarur bo'lgan tenglamalar soniga qarab statik aniqmaslik darajasi belgilanadi. Ular oddiy va murakkab bo'ladi. Oddiy statik aniqmas masalalarga <u>bir marotaba statik aniqmas masalalar kiradi,</u> agar satik aniqmaslik darajasi ikkita va undan ortiq bo'lsa <u>murakkab statik aniqmas masalalarga kiradi.</u>

ODDIY STATIK ANIQMAS MASALALAR



25-rasm.

Берилган стержень учун статик тенгламасини тузамиз:

$$\Sigma X_{\Delta P} = 0 \qquad (1)$$
$$R_A - F + R_B = 0$$

Ikkita noma'lum bor, tenglama 1 - dan, shuning uchun statik aniqmaslik darajasi 1 marta V (.) tayanchini ozod qilamiz va Guk qonuniga ko'ra kuchlar ta'sirini bog'liqsizlik printsipiga ko'ra absalyut deformatsiyalarni yozamiz. F kuchi ta'sirida strejenni uchastkasi

$$\Delta l_F = \frac{Fa}{EA} \qquad (2)$$

Qiymatga: kuchi hisobiga sterjjenni to'la uzunligi

$$\Delta l_{RB} = \frac{R_B(a+b)}{EA} \qquad (3)$$

Sterjen' A va V (.) mahkamganligi uchun bo'ladi, *L=0 const* demak

$$\Delta l_P = \Delta l_{RB} \qquad (4)$$

O'z navbatida Δl_P, Δl_{RB} o'rniga (4) formulaga qiymatlarini (2) va (3) da keltirib qo'yamiz.

$$\frac{Fa}{EA} = \frac{R_B \cdot (a+b)}{EA}; \qquad R_B = \frac{Fa}{a+b} \qquad (5)$$

Qiymatini (1) formulaga keltirib qo'ysak quyidagini topamiz.

$$R_A = P - R_B = F - \frac{Fa}{a+b} = \frac{F(a+b) - Fa}{a+b} = \frac{Fb}{a+b} \qquad (6)$$

Reaktsiya kuchlarini to’g’ri topilganini tekshirish maqsadida berilgan kuchni va reaktsiya kuchlarini x o’qiga proektsiyasini olamiz.

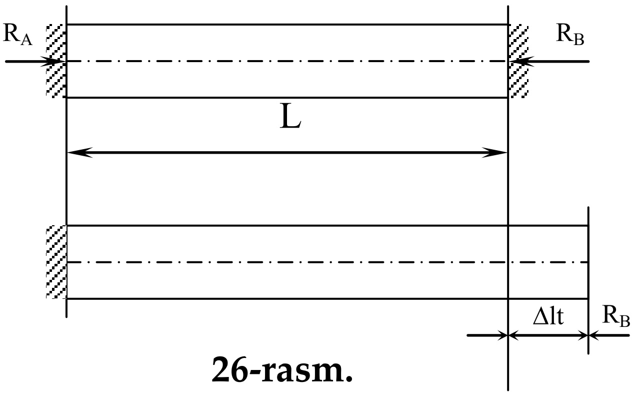
$$\Sigma X_{np} = 0; \quad -R_A + FR_B = 0$$

$$F = R_A + R_B = \cancel{\frac{Fb}{a+b}} + \frac{Fa}{a+b} = \frac{F(a+b)}{(a+b)} = F$$

SHuningdek I - I qirqimidagi kuchlanish $\sigma_{I-II} = \dfrac{R_A}{A}$ II – II qirqimidagi kuchlanish

$$\sigma_{II-II} = \frac{Rb}{A}$$

SHuningdek bir marotaba statik aniqmas masalaga temperatura ta’sirida hosil bo’lgan kuchlanish holati hisoblanadi.



26-rasm.

$$\Sigma X_{np} = 0$$

$$R_A - R_B = 0; \quad R_A = R_B \quad (1).$$

Кушимча тенглама

$$\Delta lt = \Delta lR_b \qquad (2).$$

$$\Delta lt = d \cdot l \cdot t \qquad (3).$$

$$\Delta l_{RB} = \frac{R_B l}{EA} \qquad (4).$$

$$R_B = EA\alpha t \qquad (5).$$

α – jismning issiqlikdan kengayish koeffitsienti.

2 - Masala

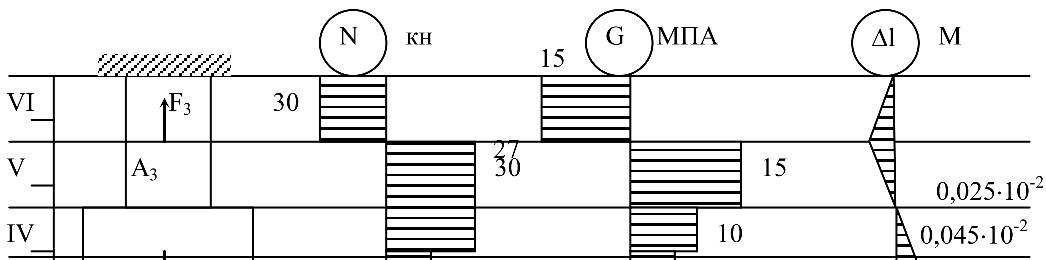
Po’lot sterjeniga R_1=10 kN, R_2=20kN va R_3=60kN kuchlari qo’yilgan, bo’ylama kuch N, normal kuchlanish epyurasi qurilsin, shuningdek erkin uchining ko’chishi aniqlansin.

$$l_1 = 400мм, \quad l_{II} = 500мм \quad l_{III} = 300мм \quad l_{IV} = 200мм$$

$$l_V = 300мм, \quad l_{VI} = 400мм \quad A_1 = 10см^2 \quad A_2 = 30см^2$$

$$A_3 = 20см^2.$$

Sterjen massasi hisobga olinmaydi.



27-rasm.

Koordinata o'qining musbat ishorasini yo'naltirib uchastkalarga bo'lib chiqamiz.

Ajratilgan uchastkalar bo'yicha muvozanat tenglamalarini ezib chiqamiz (kesim metodidan foydalanib)

Uchastok I: $-N_I = 0$

Uchastok II: $-N_{II} + F_I = 0; \qquad N_{II} = F_I = 10кН$

Uchastok III: $-N_{IIi} + F_I = 0; \qquad N_{III} = F_I = 10кН$

Uchastok IV: $N_{IV} + F_I + F_2 = 0; \quad N_{IV} = F_1 + F_2 = 10 + 20 = 30кН$

Uchastok V: $-N_v + F_1 + F_2 = 0; \qquad N_v = F_1 + F_2 = 10 + 20 = 30кН$

Uchastok VI: $-N_{VI} + F_1 + F_2 - F_3 = 0; \ N_{VI} = F_1 + F_2 = 10 + 20 - 50 = -30кН = R_A$

R_A – maxkamlangan kisminingreaktsiyasi.

SHunday qilib I dan V uchastkagacha cho'zilish reaktsiyasi hosil bo'ladi. VI uchastkada esa siqilish reaktsiyasi hosil bo'ladi.

Bo'ylama kuchlar qiymatiga ko'ra uchastkalar bo'yicha kuchlanishlar quyidagicha aniqlanadi.

$$\sigma_I = \frac{N_I}{A_I} = \frac{0}{0,001} = 0$$

$$\sigma_{II} = \frac{N_{II}}{A_{II}} = \frac{10000}{0,001} = 10МПа$$

$$\sigma_{III} = \frac{N_{III}}{A_{III}} = \frac{10000}{0,003} = 3,33МПа$$

$$\sigma_{IV} = \frac{N_{IV}}{A_{IV}} = \frac{30000}{0,003} = 10МПа$$

$$\sigma_V = \frac{N_V}{A_V} = \frac{30000}{0,002} = 15МПа$$

$$\sigma_{VI} = \frac{N_{VI}}{A_{VI}} = \frac{30000}{0,002} = -15МПа$$

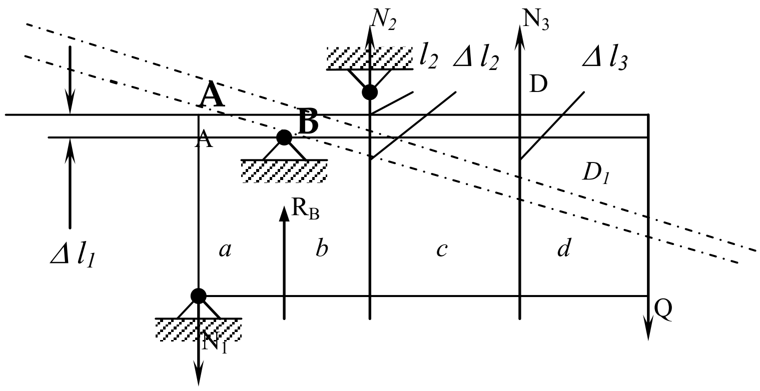
SHu kuchlanishlar bo'yicha epyuralar ham qurish mumkin. erkin uchining kuchishi quyidagicha aniqlanadi.

$$\Delta l = \frac{N_I l_I}{EA_1} + \frac{N_{II} l_{II}}{EA_1} + \frac{N_{III} l_{III}}{EA_2} + \frac{N_{IV} l_{IV}}{EA_2} +$$
$$+ \frac{N_V l_V}{EA_3} + \frac{N_{VI} l_{VI}}{EA_3} = \frac{1}{2 \cdot 10^0} \left(\frac{0{,}04}{0{,}001} + \frac{10000 \cdot 0{,}5}{0{,}001} + \right.$$
$$\left. + \frac{10000 \cdot 0{,}3}{0{,}003} + \frac{30000 \cdot 0{,}2}{0{,}003} + \frac{30000 \cdot 0{,}3}{0{,}002} - \frac{30000 \cdot 0{,}4}{0{,}002} \right) \approx 3{,}25 мм$$

$$E = 2 \cdot 10^{11}\, Па = 2 \cdot 10^5\, МПа$$

po'lat materiali uchun.

CHO'ZILISH DEFORMATSIYASIDA MURAKKAB STATIK ANIQMAS SISTEMALAR



28-rasm.

Statikani tenlamalari quyidagicha olinadi.

$$\Sigma У_{пр} = 0 \qquad -N_I + R_B + N_2 + N_3 - Q = 0 \qquad (1)$$

$$\Sigma M_B = 0 \qquad N_I \cdot a + N_2 \cdot b + N_3(a+b) - Q(b+c+a) = 0 \qquad (2)$$

(1) va (2) formulalardan ko'rinadiki ikkita tenglamadan 4 noma'lum bor, demak ikkita qo'shimcha deformatsiya tenglamasi tuziladi.

$$\frac{\Delta l_1}{a} = \frac{\Delta l_2}{b} \qquad (3)$$

Bu bog'lanishdan olingan $\Delta BAA^1 \infty \Delta BCC^1$

$$\frac{\Delta l_2}{b} = \frac{\Delta l_3}{(b+c)} \qquad (4)$$

Bu bog'lanishdan olingan $\Delta BCC^1 \infty \Delta BDD^1$

O'z navbatidan Gukning umumlashgan qonuniga ko'ra.

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{E_1 F_1}; \qquad \Delta l_2 = \frac{N_3 l_3}{E_3 F_3} \qquad (5)$$

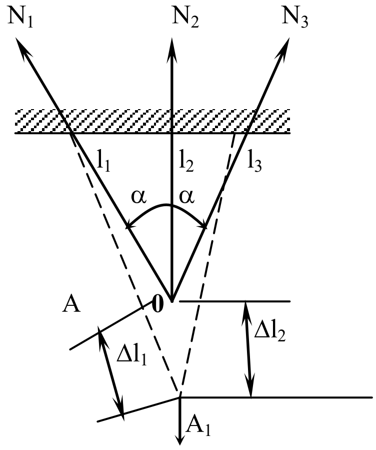
(5) formuladagi qiymatlarni 3 va 4 formulaga qo'yib qo'shimcha tenglama quyidagicha olinadi.

$$\frac{N_1 l_1}{E_1 F_1 \cdot a} = \frac{N_2 l_2}{E_2 F_2 \cdot b} \qquad (6)$$

$$\frac{N_2 l_2}{E_2 F_2 \cdot b} = \frac{N_3 l_3}{E_3 F_3 (a+b)} \qquad (7)$$

(1), (2), (6), (7), formulalarni sistemaga qo'yib echib noma'lumlar N_1, N_2, va R_v aniqlanadi.

SHuningdek murakkab statik aniqmas masalani boshqa ko'rinishi mavjud, ko'p sterjenlar birgalikda sharnirga mahkamlangan bo'lsa uchta sterjen' bir nuqtaga to'plangan dastlab statikani tenglamasini yozamiz (29-rasm).



29-rasm.

Учта стержень бир нуқтага тўпланган, дастлаб балкани тенгламасини ёзамиз:

$\Sigma У_{пр} = 0; \; N_1 \cdot \cos\alpha + N_2 + N_3 \cdot \cos\alpha - P = 0$

(1) тенламадан N_1=N_3 бўлса, номаълум иккита бўлади. N1≠N3 номаълумлар 3 та бўлади.

Qo'shimcha tenglama OAA_1 olinadi.

$$\Delta l_1 = \Delta l_2 \cdot \cos\alpha \qquad (2)$$

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{E_1 F_1} \qquad (3)$$

$$\Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{E_2 F_2} \qquad (4)$$

(3) va (4) formuladan 2 keltirib qo'yib

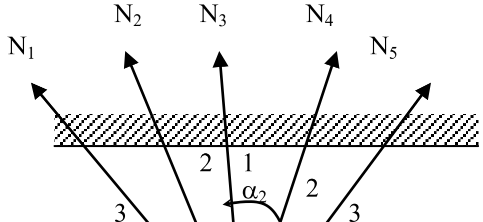
$$\frac{N_1 l_1}{E_1 F_1} = \frac{N_2 l_2}{E_2 F_2} \cdot \cos\alpha \qquad (5)$$

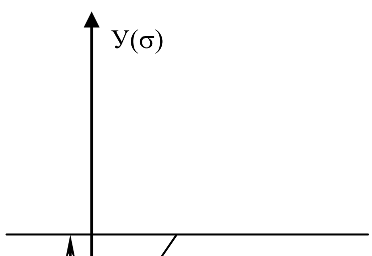
(1) formuladan boshqadan yozib.

$$2N_1 \cos\alpha + N_2 - P = 0 \qquad (6)$$

(5) va (6) sistema qilib echib $N_1 \cdot N_2 \cdot N_3$ noma'lumlar va shu sterjenlardagi kuchlanishlar $\sigma_1 = \frac{N_1}{F}, \sigma_2 = \frac{N_2}{F_2}, \sigma_3 = \frac{N_3}{F_3}$ aniqlanadi.

STATIK NOANIQ MASALALARNI XAVFLI YUKLAR USULI BILAN ECHISH





30-rasm. **31-rasm.**

Sterjenlar simmetrik joylashganligi uchun $N_2 = N_4, N_1 = N_5$ deb qabul qilamiz.

Dastlab $N_1 = \sigma_P 2 \cdot A_1$ deb qabul qilamiz. Birinchi sterjenda oquvchanlik chegarasi davom etishda 2 sterjenlarda kuchlanish ham oquvchanlik chegarasida ishlaydi deb qaraladi va reaktsiya kuchlari N_2 quyidagicha bo'ldi $N_2 = \sigma_{04} \cdot A_2$. SHunga o'xshash tartibda uchinchi sterjen ham oquvchanlik chegarasida ishlaydi va N_3 kuch quyidagicha ifoda etiladi.

Statik tenglamasi quyidagicha yoziladi. $\Sigma У_{пр} = 0$

$$-N_1 - 2N_2 \cdot \cos\alpha_2 - 2N_3 \cdot \cos\alpha_3 + F = 0$$

yoki

$$-\sigma_{04} \cdot A_1 - 2\sigma_{04} \cdot A_2 \cdot \cos\alpha_2 - 2\sigma_{04} A_3 \cdot \cos\alpha_3 + F = 0$$

$$\sigma_{04}(A_1 + 2A_2 \cdot \cos\alpha_2 + 2A_3 \cdot \cos\alpha_3)$$

$$A_1 = A_2 = A_3 = A \qquad \text{yoki}$$

$$F_{рук} = \frac{F_{M \cdot 4}}{R_T} = \frac{\sigma_{04}}{R_T} \quad \text{bo'lsa,} \quad (1 + 2\cos\alpha_2 + 2\cos\alpha_3)$$

Bu formulada R_T - ehtiyotlik koeffitsenti. SHuningdek temir beton konsruktsiyalari elementlari ham xavfli nagruzkalar usuli bilan echiladi.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Amaliyotda uchraydigan ko'p konstruktsiya qismlarini ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan ichki cho'zuvchi yoki siquvchi bo'ylama kuchlarining kuchlanishini toping.
2. Sistemaning muvozanat shartlarini yozing.
3. Statik aniqmas sistemalar deb nimaga aytiladi?
4. Ruxsat etilgan kuchlanishni tanlang.
5. Materialni xavfli holatiga to'g'ri keluvchi kuchlanish nima?
6. Plastik material uchun oquvchanlik chegarasi nimaga teng?
7. Mo'rt material uchun oquvchanlik chegarasi nimaga teng?
8. Plastik material uchun ehtiyotlik koeffitsienti nimaga teng?
9. CHo'zilish va siqilishda potentsial energiya formulasini yozing.

10. Deformatsiyani solishtirma potentsial energiya formulasini yozing.

TAYANCH IBORALAR

Sterjen, brus, muvozanat sharti, bo'ylama kuch, ruxsat etilgan kuchlanish, ehtiyotlik koeffitsienti, potentsial energiya, solishtirma potentsial energiya.

MA'RUZA №5
KUCHLANGANLIK HOLATLARI

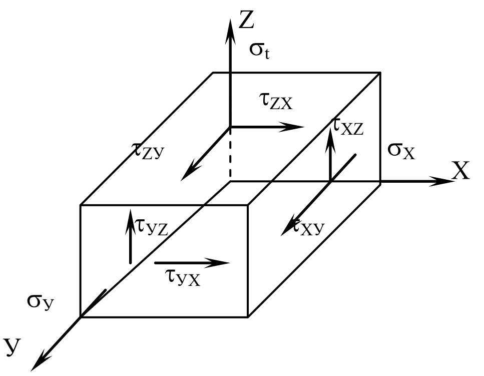
REJA:

1. Tekislikni normal σ_α va urinma τ_α kuchlanishlari.
2. Bosh yuzalar haqida tushuncha.
3. Kuchlanganlik holatlari turlari.
4. Tekis kuchlanganlik holatida qiya kesimdagi kuchlanish.
5. Qiya kesimga perpendikulyar holatda brusni ikkinchi qiya kesimini tanlashda qiya kesimdagi kuchlanishlarni aniqlash.
6. Urinma kuchlanishlarning juftlik alomati.
7. Kuchlanishlarni grafik usulda topish.
8. Hajmiy deformatsiya.
9. Kubik hajmining nisbiy o'zgarishi.
10. Deformatsiyani potentsial energiyasi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Turli xil deformatsiyalarida material nuqtaga umuman olganda quyidagi ko'rinishda qo'yilishi mumkin.



Умумий ҳолда x,y,z, ўқлар бўйича йўналган кучланишлар нормал σ_x; σ_y; σ_t; бўлади ва уринма кучлар

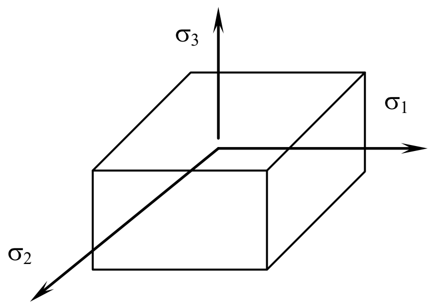
$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \tau_{xz} = \tau_{zx}$$

$$\tau_{yz} = \tau_{zy}$$

32-rasm.

Agar juft kuchlar nol qiymatiga teng bo'lsa, o'qlar bo'ylab yo'nalgan kuchlanishlar σ_x; σ_u; σ_t; bosh kuchlanishlarga aylanadi va quyidagicha ko'rsatiladi.

Hamma vaqt σ_1; σ_2; σ_3;. Agar kuchlanishlar 160 *MPa;* 100 *MPa;* -10 *MPa* bo'lsa, u vaqtda $\sigma_1 = 160\ MPa$; $\sigma_2 = 100\ MPa$; $\sigma_3 = -10\ MPa$.



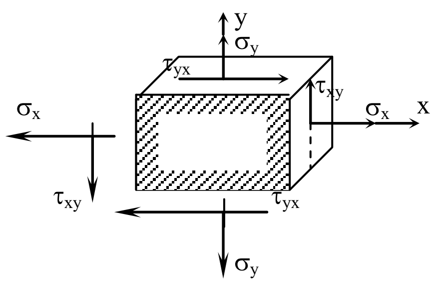
Кучланишларни қийматига кўра қуйидаги кучланганлик ҳолати мавжуд.

Чизиқли кучланганлик ҳолатида, кучланишлар $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ булади. $\sigma_1 \neq 0$ (Бу материал, ушбу ўқув қўлланмасининг олдинги бўлимларида берилган).

33-rasm.

TEKIS KUCHLANGANLIK HOLATI

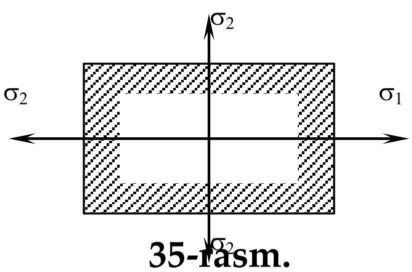
Tekis kuchlanganlik holati umumiy holda quidagicha ko'rsatiladi.



σ_x, σ_y tashqi normal $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ kuchlanishlar ular o'zaro teng va qarama – qarshi yo'nalgan.

34-rasm.

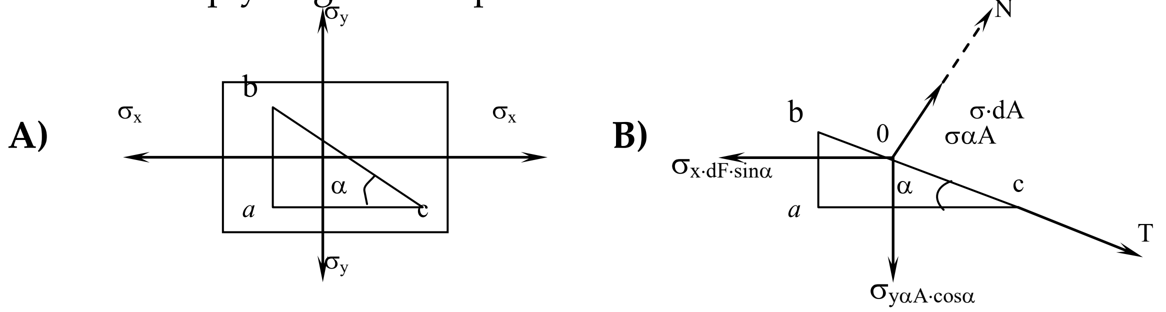
Agar urinma kuchlanishlar nolga teng bo'lsa o'qlar bo'yicha o'tkazilgan tashqi normal' bosh kuchlanishlar yordamida ko'rsatiladi.



σ_1 ва σ_2 бош нормал кучланишлар.

35-rasm.

Tekis kuchlanganlik holatida qiya tekislikda hosil bo'lgan ichki kuchlanishlar quyidagicha aniqlanadi:



36-rasm.

O'qlar bo'yicha normal kuchlanshlar qo'yilgan bo'lsa, ajratilgan AVS uchburchaginining qiya tekisligidan hosil bo'lgan normal va urinma kuchlanishlar quyidagicha aniqlanadi (36-rasm).

SHartli ravishda VS tomonining yuzasiga *dF* teng bo'lsa, AVS ning yuzasi $dF\ sin\alpha$ bo'ladi, AS ning yuzasi esa $dF\ cos\alpha$ bo'ladi (36-rasm a).

YAngi o'qlar N va T ga nisbatan tashqi kuchlar proektsiyalarini olamiz (36-rasm b).

$$\Sigma N_{np} = 0 \qquad \sigma dA = -\sigma_x \cdot dA \sin\alpha \qquad sin\alpha - \sigma_y dA \cos\alpha = 0$$

$$\sigma = \sigma_x \sin^2\alpha + \sigma_y \cos^2\alpha \tag{1}$$

(1) formulaga $\quad \sin^2\alpha = \frac{1}{2}(1 - \cos^2\alpha)$

(2) formuladagi $\quad \cos^2\alpha = \frac{1}{2}(1 + \sin^2\alpha)$ $\qquad$ (2)

qiymatlarini qo'yamiz.

$$\sigma = \sigma_x \frac{1}{2}(1 \cdot \cos^2\alpha) + \sigma_y(1 + \cos^2\alpha) = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} +$$
$$+ \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} cos^2\alpha = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2} cos^2\alpha \tag{3}$$

T o'qiga proektsiyalar olamiz.

$$\cancel{\tau dA} + \sigma_y \cancel{dA} \cos\alpha \cdot \sin\alpha - \sigma_x \cancel{dA} \sin\alpha \cdot \cos\alpha = 0$$
$$еки \quad \tau = \frac{\sigma_x \sigma_y}{2} \sin 2\alpha \tag{4}$$

(3) va (4) formulalarda α burchagini o'zgarishi bilan kuchlanishlar quyidagicha o'zgaradi.

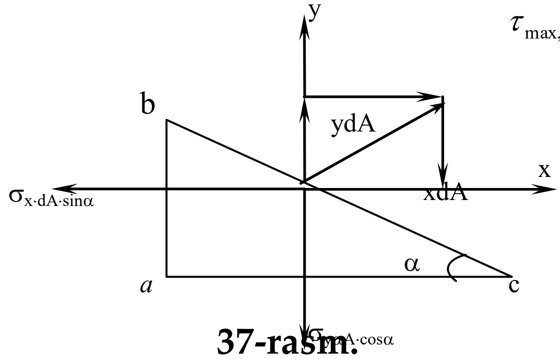
α=0⁰ bo'lsa, $\sigma_{max}=\sigma_u$ teng buladi; $\tau = 0$ teng buladi.

α=90⁰ da $\sigma_{min}=\sigma_x$: $\tau = 0$.

σ_{max} va σ_{min} kuchlanishlari urinma kuchlanishlar bo'lmagan tekisliklarida hosil bo'ladi, shu maydonchalar (tekisliklar) bosh yuzalar deb aytiladi.

Urinma kuchlanishning maksimal qiymati esa, α=+ 45⁰ da hosil bo’ladi.

$$\tau_{\max,\min} = \pm\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \qquad (5)$$



37-rasm.

Қия текисликдаги кучланишни топиш учун баъзан тўла кучланишнинг проекцияларини олиш қулайлик туғдиради.

$$\Sigma X_{np} = 0$$

$$x \cdot dA - \sigma_x \cdot dA \sin\alpha = 0$$

SHuningdek

$$x = \sigma_x \cdot \sin\alpha \qquad (1)$$

$$\Sigma У_{np} = 0 \ \text{булса,} \quad УdA - \sigma_y dA \cdot \cos\alpha = 0$$

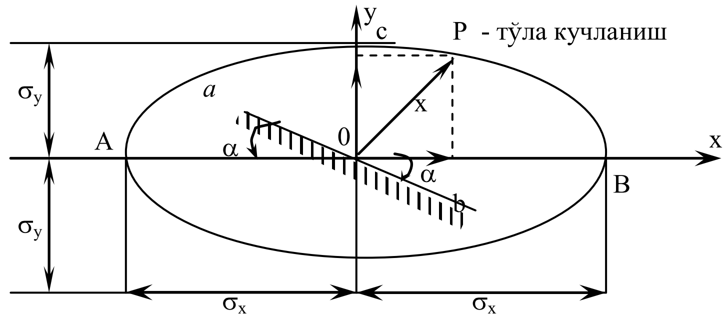
$$У = \sigma_y \cdot \cos\alpha \qquad (2)$$

Sxemadan kurinadiki tula kuchlanish,

$$P = \sqrt{X^2 + У^2} = \sqrt{\sigma_x^2 \cdot \sin^2\alpha + \sigma_y^2 \cdot cos^2\alpha} \qquad (3)$$

x, u tashkil etuvchilar ma’lum bo’lsa, parametrik ellipsning tenglamasini quyidagicha berishimiz mumkin.

$$\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} = 1$$



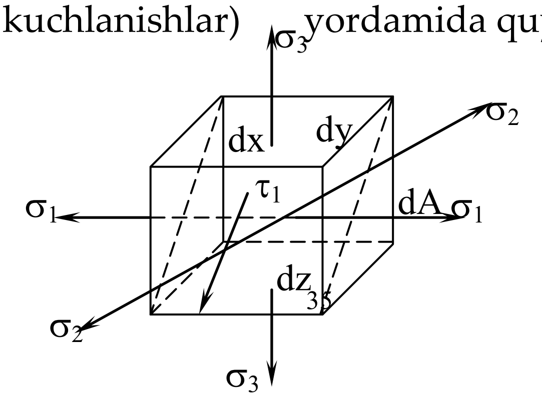
38-rasm.

Kuchlanishlar ellips burchagini o’zgarishi bilan kuchlanish miqdorlari topiladi.

HAJMIY KUCHLANGANLIK HOLATI

Hajmiy kuchlanganlik holatini ko’rsatgan edik. O’qlar bo’yicha kuchlanishlar normallari σ_x, σ_u , σ_z bilan, urinmalari esa $\tau_{xu} = \tau_{ux}$; $\tau_{xz} = \tau_{zx}$; $\tau_{uz} = \tau_{zu}$ bilan ko’rsatiladi.

Urinma kuchlanishlar nolga teng bo’lganda normal kuchlanishlar bosh normal (bosh kuchlanishlar) yordamida quyidagicha ko’rsatiladi.



39-rasm.

Tekis kuchlanganlik holati uchun, ya'ni bosh kuchlanishlaridan bittasi $\sigma_3 = 0$, bo'lganda bu kuchlanishlar quyidagicha aniqlanadi.

$$\tau_1 = \frac{\sigma_2}{2}; \quad \tau_2 = \frac{\sigma_1}{2}; \quad \tau_3 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \qquad (2)$$

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Tekislikning normal σ_α va urinma τ_α kuchlanishlari nimaga teng.
2. Bosh yuzalar deb nimaga aytiladi?
3. Kuchlanganlik holatlari turlari?
4. Tekis kuchlanganlik holatida qiya kesimdagi kuchlanish nimaga teng.
5. Qiya kesimga perpendikulyar holatda brusni ikkinchi qiya kesimini tanlashda qiya kesimdagi kuchlanishlarni aniqlang.
6. Urinma kuchlanishlarning juftlik alomati deganda nimani tushunasiz.
7. Kuchlanishlarni grafik usulda toping.
8. Hajmiy deformatsiya nima?
9. Kubik hajmining nisbiy o'zgarishi deganda nimani tushunasiz?
10. Hajmiy deformatsiyaning potentsial energiyasini yozing.

TAYANCH IBORALAR

Kuchlanganlik, chiziqli, hajmiy, tekis, normal, urinma, kuchlanish, bosh yuza, bosh kuchlanish, Moor doirasi, grafik usul, deformatsiya, nisbiy o'zgarish, nisbiy deformatsiya, potentsial energiya.

MA'RUZA №6
HAJMIY KUCHLANGANLIK HOLATIDA GUKNING QONUNI

REJA:

1. Nisbiy deformatsiyani aniqlash.
2. Hajm o'zgarishida Guk qonuni.
3. Deformatsiyadan keyingi hajmiy deformatsiya.
4. Hajmning nisbiy o'zgarishi.
5. Hajmiy kuchlanganlik holatida potentsial energiya.
6. Oddiy kuchlanganlik holati uchun potentsial energiya.
7. Ba'zi bir hollarda nisbiy potentsial energiyaning jismning formasini va shaklini o'zgartirish uchun sarf bo'lgan qiymatlari.

8. Bosh kuchlanishlarning jismning hajmini va formasini o’zgartirish uchun sarf bo’lgan qiymati.
9. Hajm o’zgarishida bosh kuchlanishlar.
10. Kubning formasini o’zgartiradigan kuchlanishlar.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to’plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo’yicha sirtdan o’qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko’rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Kuchlar ta’sirining bog’liqsizlik printsipiga amal qilsak: σ_1; σ_2; σ_3 kuchlanidshlarida hosil bo’lgan nisbiy deformatsiyalar quyidagicha aniqlanadi.

1) bosh kuchlanishidan ($\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ deb qaraladi.)

$$\xi_1^{1} = \frac{\sigma_1}{E}; \quad \xi_2^{I} = -\mu\frac{\sigma_1}{E}; \quad \xi_3^{I} = -\mu\frac{\sigma_1}{E}; \qquad (3)$$

2) bosh kuchlanishidan ($\sigma_1 = \sigma_3 = 0$ deb qaraladi.)

$$\xi_1^{II} = M\frac{\sigma_2}{E}; \quad \xi_2^{II} = \frac{\sigma_2}{E}; \quad \xi_3^{II} = M\frac{\sigma_2}{E}; \qquad (4)$$

3) bosh kuchlanishidan ($\sigma_1 = \sigma_2 = 0$ deb qaraladi.)

$$\xi_1^{III} = \mu\frac{\sigma_3}{E}; \quad \xi_2^{III} = \mu\frac{\sigma_3}{E}; \quad \xi_3^{III} = \frac{\sigma_3}{E}; \qquad (5)$$

(3), (4), (5), formulalarni hisobga olsak σ_1, σ_2, σ_3, yo’nalish-laridagi to’la nisbiy deformatsiyalar quyidagicha aniqlanadi.

$$\begin{aligned} \xi_1 &= \xi_1^{I} + \xi_1^{II} + \xi_1^{III} = \frac{1}{E}\left[\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)\right] \\ \xi_2 &= \xi_2^{I} + \xi_2^{II} + \xi_2^{III} = \frac{1}{E}\left[\sigma_2 - \mu(\sigma_1 + \sigma_3)\right] \qquad (6) \\ \xi_3 &= \xi_3^{I} + \xi_3^{II} + \xi_3^{III} = \frac{1}{E}\left[\sigma_3 - \mu(\sigma_1 + \sigma_2)\right] \end{aligned}$$

(6) formulani 2 va 3 qatorni indekslar o’rnini almashtirib osonlik bilan nisbiy deformatsiyani olish mumkin.

$$\begin{tikzcd} & 1 \arrow[dr] & \\ 3 \arrow[ur] & & 2 \arrow[ll] \end{tikzcd}$$

(6) formula hajmiy kuchlanganlik holatida Gukning umumlashgan deb aytiladi, shunga ko’ra Guk qonuni tekis va chizikli kuchlanganlik holatida, hajmining o’zgarishi osonlik bilan aniqlanadi.

$$V_0 = d_x - d_y \cdot d_z$$ (7) bo’ladi.

Deformatsiyadan keyn uning tomonlari quyidagicha o’zgaradi.

$$
\begin{aligned}
d_x^1 &= d_x + \Delta d_x = d_x + d_x \cdot \xi_x = d_x\left(1 + \xi_x\right) \\
d_y^1 &= d_y + \Delta d_y = d_y + d_y \cdot \xi_y = d_y\left(1 + \xi_y\right) \qquad (8) \\
d_z^1 &= d_z + \Delta d_z = d_z + d_z \cdot \xi_z = d_z\left(1 + \xi_z\right)
\end{aligned}
$$

Demak deformatsiyadan keyingi hajmi $V_1 = d_x^1 \cdot d_y^1 \cdot d_z^1 = d_x(1+\xi_x)$

$$
\begin{aligned}
&d_y(1+\xi_y)d_z(1+\xi_z) = d_x \cdot d_y \cdot d_z = (1+\xi_x+\xi_y+\xi_z) \\
&\xi_x\xi_y + \xi_x\xi_z + \xi_y\xi_z + \xi_x\xi_y \cdot \xi_z
\end{aligned} \qquad (9)
$$

(9) formuladan ikkinchi va uchinchi tartiblik hadlari hisobga olmasak (nolga teng deb qaraymiz).

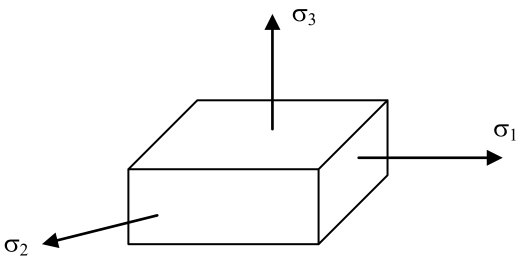
$$V_1 = V(1+\xi_x+\xi_y+\xi_z) \qquad (10)$$

(7) va (10) formulalardan foydalanib hajmining nisbiy o'zgarishi aniqlanadi.

$$\xi_x = \frac{V_1 - V_0}{V_0} = \xi_x + \xi_y + \xi_z \qquad (11).$$

HAJMIY KUCHLANGANLIK HOLATIDA POTENTSIAL eNERGIYA

Oddiy (chiziqli) kuchlanganlik holati uchun potentsial energiya quyidagicha formula bilan aniqlanadi.



40-rasm.

$$U = \frac{1}{2}\sigma_1\xi_1 \qquad (1)$$

Бу формулада σ_1 – X_1 йуналишидаги бош кучланиш, ξ_1 – эса, X ўқи йуналишидаги нисбий деформация.

Hajmiy kuchlanganlikda nisbiy potentsial energiyani topish uchun 1 formulani bir yula uchta kuchlanish ta'sir qiladigan hol uchun umumlashtirib ezamiz.

$$U = \frac{1}{2}\sigma_1\xi_1 + \frac{1}{2}\sigma_2\xi_2 + \frac{1}{2}\sigma_3\xi_3 \qquad (2)$$

(2) formulada $\xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3$ o'rniga Gukning umumlashgan qonuniga ko'ra

$(\xi_1 = \frac{1}{E}[\sigma_1 - \mu|\sigma_2 + \sigma_3)]$ va shunga o'xshash $\xi_2 \cdot \xi_3$ o'rniga qo'ysak:

$$U = \frac{1}{2E}\left[\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\mu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_1\sigma 3 + \sigma_2\sigma_3)\right] \qquad (3)$$

Ba'zi bir hollarda nisbiy potentsial energiyaning jismning formasini va shaklini o'zgartirish uchun sarf bo'lgan qiymatlari aniqlanadi.

Buning uchun bosh kuchlanishlarning jismning hajmini va formasini o'zgartirish uchun sarf bo'lgan qiymatlarini topishga to'g'ri keladi:
YA'ni

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma_1^{\vartheta} + \sigma_1^{\phi} \\ \sigma_2 &= \sigma_2^{\vartheta} + \sigma_2^{\phi} \\ \sigma_3 &= \sigma_3^{\vartheta} + \sigma_3^{\phi} \end{aligned} \qquad (4)$$

(4) formulada xajmni o'zgarishida ishtirok qiladigan bosh kuchlanishlar o'zaro teng bo'ladi, o'rtacha kuchlanish orqali aniqlanadi.

$$\sigma_{yp} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} = \sigma_1^{\vartheta_1} = \sigma_2^{\vartheta_2} = \sigma_3^{\vartheta_3} \qquad (5)$$

Demak kubning formasini o'zgartiradigan kuchlanishlar quyidagi tartibda aniqlanadi:

$$\sigma_1^{\varphi} = \sigma_1 - \sigma_1^{\vartheta}; \quad \sigma_2^{\varphi} = \sigma_2 - \sigma_2^{\vartheta}; \quad \sigma_3^{\varphi} = \sigma_3 - \sigma_3^{\vartheta} \quad (6)$$

Natijada (3) formulaga birin-ketin (5) va (6) formulaga ko'ra elementning hajmini va formulasini o'zgartirish uchun sarf bo'ladigan kuchlanishlar quyilsa nisbiy potentsial energiyaning hajmini va formaning o'zgarishidagi qiymatlarni aniqlanadi.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Hajmiy kuchlanganlik deganda nimani tushunasiz?
2. σ_1, σ_2, va σ_3 kuchlanishlarda hosil bo'lgan nisbiy deformatsiyaning formulasini yozing.
3. To'la nisbiy deformatsiya nimaga teng?
4. Hajmiy kuchlanganlik holatida Guk qonunining umumlashgan formulasini yozing.
5. Hajmning nisbiy o'zgarishi qaysi formula bilan topiladi?
6. CHiziqli kuchlanganlik holati uchun potentsial energiya formulasi nimaga teng?
7. Hajmiy kuchlanganlikda nisbiy potentsialenergiya nimaga teng?
8. Nisbiy potentsial energiyaning jismning formasi va shakl o'zgartirish uchun sarf bo'lgan qiymatini aniqlang.
9. σ_{ur} - nimaga teng?

10. Kubning formasini o’zgartiradigan kuchlanishlarni tartib bilanI yozing.

TAYANCH IBORALAR

Kuchlanganlik, Guk qonuni, hajmiy kuchlanganlik, deformatsiya, to’la nisbiy deformatsiya, hajm o’zgarishi, nisbiy o’zgarish, potentsial energiya, kuchlanish, bosh kuchlanishlar, o’rtacha kuchlanish, nisbiy potentsial energiya.

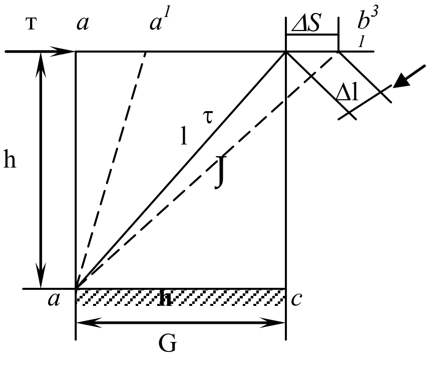
MA’RUZA №7
SILJISH DEFORMATSIYASI. SOF SILJISH

REJA:

1. Sof siljishda Guk qonuni.
2. Nisbiy deformatsiya.
3. Material elastiklik xarakteristikalari.
4. Siljish deformatsiyasida potentsial energiya.
5. Parchin mixlarning hisobi.
6. Ezilish deformatsiyasida mustahkamlik sharti.
7. Mustahkamlik shartiga ko’ra zaklepkalar soni.
8. Parchin mixning hisobi bo’yicha mustahkamlik sharti.
9. Sistemaga qo’yilishi mumkin bo’lgan kuchni aniqlash.
10. Payvand birikmalarning hisobi.
11. Payvand birikmalarda mustahkamlik sharti.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to’plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo’yicha sirtdan o’qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko’rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500



Соф силжиш Гук қонуни қуйидагича ишлатилади. $\tau = JG$ (1).

- уринма кучланиш $МПа$
- иккинчи даражали эластиклик модули, унинг ҳам улчаш бирлиги ўлчовсиз катталик,

41-rasm.

CHunki bu burchak quyidagi formula bilan ham aniqlanishi mumkin.

$$J = \frac{\Delta S}{h} \qquad (2)$$

$tgJ = J$ deb qabul qilingan juda kichkina burchak $a\ v\ c\ d$ da dioganal $l = h\sqrt{2}$ teng, o'z navbatida nisbiy deformatsiya

$$\xi = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta S}{2h} = \frac{J}{2} \qquad (3) \text{ teng.}$$

Tekis kuchlanganlik xolatida bosh nisbiy deformatsiyani bosh kuchlanish bilan ifoda etsak

$$\xi_1 = \frac{1}{E}(\sigma_1 - \mu\sigma_3) = \frac{1+\mu}{E}\tau \qquad (4)$$

(1) formuladan ξ_1 qiymatini (3) ga va (4) keltirib qo'ysak

$$\frac{\tau}{LG} = \frac{1+\mu}{E}\tau \qquad \text{еки} \qquad G = \frac{E}{2(1+\mu)} \qquad (5)$$

(5) formula bo'ylama ko'ndalang elastiklik modullari o'rtasida bog'lanishni beradi. Demak materialning uchta elastiklik xarakteristikasida 2 tasi asos kilib olinib uchinchisi funktsiya ko'rinishida aniqlanadi.

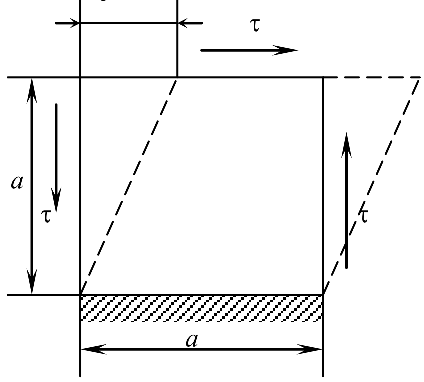
Tajribalar yordamida aytilgan materialning elastik xarakteristikalari E, G va μ biri ikkinchisidan mustaqil holda aniqlanishi mumkin, natijada (5) bog'lanishni doimo tasdiqlaydi.

SILJISH DEFORMATSIYASIDA POTENTSIAL eNERGIYA.

Urinma kuch $T = \tau \cdot a$ 1 ga teng bo'lganligi uchun, bajarilgan ish yoki potentsial energiya $A = U = \frac{1}{2}T \cdot \delta$

δ ni kattaligi $\delta = J \cdot a$ (1) bo'lganligi uchun, $T = \tau \cdot a$ (2) qo'ysak

$$U = \frac{1}{2}\tau y \cdot a^2 \qquad (2).$$



42-rasm.

Deformatsiyaga duch kelgan elementning hajm $V = a^2 \cdot 1$ bo'lganligi uchun, nisbiy potentsial energiya

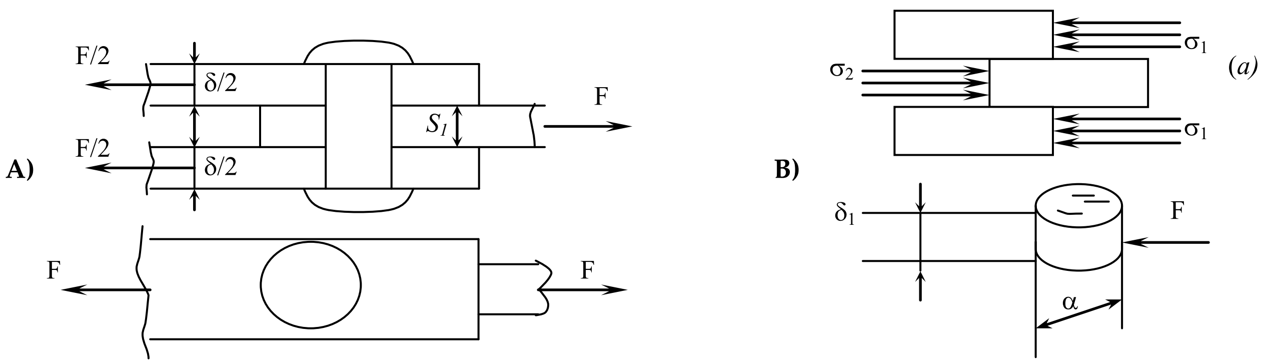
$$U = \frac{U}{V} = \frac{1\tau\gamma a^2}{2\alpha^2} = \frac{1}{2}\tau J \qquad (3)$$

Siljishda Guk qonunini qo'llab

$$U = \frac{1}{2}\tau\frac{\tau}{b} = \frac{\tau^2}{2G} \qquad (4)$$

(4) formula oddiy cho'zilish uchun yozilgan formula $U = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma^2}{E}$ eslatadi.

PARCHIN MIXLARNING XISOBI



43-rasm.

Parchin mixlarda ikki xil kuchlanish hosil buladi: 1–dan ezilish deformatsiyasiga ishlaydi; 2 – qirqilish deformatsiyasiga ishlaydi.

Parchin mixlarning ezilish deformatsiyasi bo'yicha mustaxkamlik sharti.

$$\sigma_{эз} = \frac{F}{A_{эз}} \le [\sigma_{эз}] \qquad (1).$$

(1) formulada [σez] – ezuvchi kuchlanish bo'yicha ruxsat etilgan kuchlanishi F_{ez} – ezilishga ishlayotgan yuza.

$$F_{эз} = \delta \cdot d \qquad ёки \qquad F_{эз} = \delta_1 \cdot d$$

SHu yuzalardan qaysi biri kichik bo'lsa, mustaxkamlik shartiga qo'yib ishlatiladi.

Agar parchin mixlar soni ta bo'lsa mustaxkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$\sigma_{эз} = \frac{F}{\Delta\delta \cdot d} \le [\sigma_{эз}] \qquad (2)$$

(2) formulaga ko'ra zaklepkalar soni, elementning qalinligi yoki zaklepka-ning diametri aniqlanishi mumkin zaklepka ishlatiladigan parchin mixning materiali va tashki kuch ma'lum bo'lsa,

(2) mustaxkamlik shartiga kura zaklepkalar soni kuyidagicha aniqlanadi.

$$n \geq \frac{F}{[\sigma_{эз}]\sigma \cdot d} \qquad (3)$$

SHuningdek zaklepkalar soni aniq bo'lsa, uning diametri quyidagicha topiladi.

$$d \geq \frac{F}{[\sigma_{эз}] \cdot n \cdot \delta} \qquad (4)$$

(2) mustaxkamlik shartiga ko'ra sistemaga qo'yilishi mumkin bulgan kuch kuyidagicha topiladi.

$$F_{доп} \leq [\sigma_{эз}] \cdot n \cdot d \cdot \delta \qquad (5)$$

Parchin mixning hisobi bo'yicha mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$\tau = \frac{F}{A_{кес}} \leq [\tau_{кес}] \qquad (6)$$

(6) formula mustaxkamlik shartining tekshirish metodi: [τ_{kes}] – mixning materiali uchun ruxsat etilgan kuchlanish

$$A_{кес} = \frac{\Pi d^2}{4} \cdot n \qquad (7)$$

kesiladigan yuza (7) formulani hisobga olsak diametr quyidagicha aniqlanadi.

$$d \geq \sqrt{\frac{4F}{n\Pi[\tau_{кес}]}} \qquad (8)$$

Diametr aniqlanganda zaklepkalar soni *p,* tashqi kuch R berilgan bo'lishi kerak.

SHuningdek mixning diametri berilgan uning soni *p* quyidagicha topiladi.

$$n \geq \frac{4P}{\Pi[\tau_{кес}]d^2} \qquad (9)$$

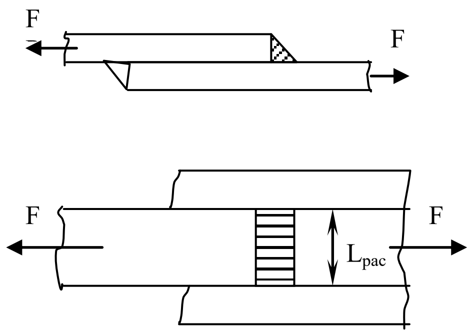
SHuningdek sistemaga kuyilishi mumkin bulgan kuch kuyidagicha topiladi.

$$F_{дол} \leq [\tau_{кес}] \cdot n \frac{\pi d^2}{4} \qquad (10)$$

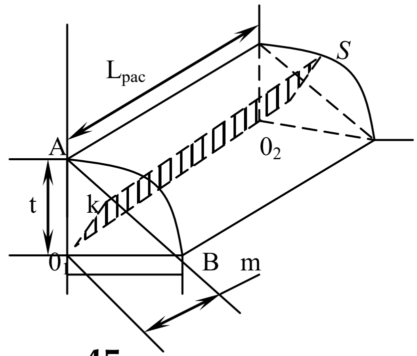
Natijada (4) formula va (8) - formuladan chiqgan natijalar taqqoslanib shulardan kattasi GOST bo'yicha yaqinlashtirilib qabul qilinadi.

SHuningdek (3) va (9) formulalar orqali topilgan parchin mixlar sonida eng kattasi olinib yaxlitlanadi. (Masalan h = 3,5; n = 4,7 bo'lsa, n = 5 ta deb qabul qilinadi).

PAYVAND BIRIKMALARNING HISOBI



44-rasm.



45-rasm.

Sxemadan ko'rinadiki kesiladigan yuza $F_{кес} = L_{рас} \quad m = 0{,}7\, L_{рас}\, t$ (1)
CHunki m=0,7 t ΔOAV ning balandligi.

Payvand birikmalarda mustaxkamlik sharti,

$$\tau = \frac{F}{A_{кес}} \le [\tau_{эл}] \qquad (2)$$

(2) formulada $[\tau_{эл}]$ - elektrod material uchun ruxsat etilgan urinma kuchlanish (1) formulani xisobga olsak payvand kilish uzunligi quyidagicha aniqlanadi.

$$L_{рас} \le \frac{F}{0{,}7t \cdot [\tau_{эл}]} \qquad (3)$$

Hisoblab topilgan L_{ras} – payvandni qulay bajarishdan bog'liq joylashtiriladi.

Boltli birikmalarning hisobi mashina detallari va maxsus fanlarda o'rgatiladi.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Sof siljishda Guk qonunini yozing.
2. Elastiklik moduli nimaga teng.
3. Materialning elastiklik xarakteristikalari deganda nimani tushunasiz?
4. Siljish deformatsiyasida potentsial energiya formulasini aniqlang.
5. Parchin mixda necha xil kuchlanish hosil bo'ladi?
6. Ezilish deformatsiyasi bo'yicha mustahkamlik sharti nimaga teng?
7. Agar parchin mixlar soni n-ta bo'lsa, mustahkamlik sharti nimaga teng bo'ladi?
8. Zaklyopkalar soni aniq bo'lsa, diametrni aniklang.
9. Parchin mix hisobi bo'yicha mustahkamlik shartini yozing.
10. Payvand birikma turlari to'g'risida gapiring.
11. Payvand birikmalarda mustahkamlik sharti formulasini yozing.

TAYANCH IBORALAR

Siljish, Guk qonuni, deformatsiya, elastiklik modullari, potentsial energiya, parchin mixlar, ezilish deformatsiyasi, mustahkamlik sharti, qirqilish deformatsiyasi, zaklyopka, kuch diametri, payvand birikmalar.

MA'RUZA №8
TEKIS SHAKLLARNING INERTSIYA MOMENTLARI

REJA:

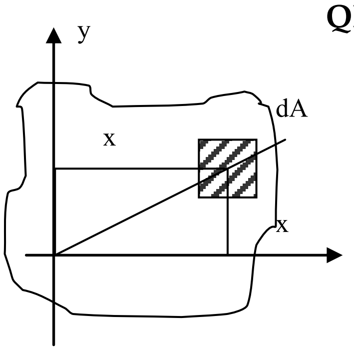
1. Qirqimning statik momenti.
2. Inertsiya momentlari haqida tushuncha.
3. Parallel o'qlarga nisbatan inertsiya momentlari.
4. Bosh inertsiya o'qlari to'g'risida tushuncha.
5. Oddiy qirqimlarning inertsiya momentlari.
6. Koordinata o'qlari aylantirilganda inertsiya momentlarning o'zgarishi.
7. O'qlarga nisbatan inertsiya momentini aniqlash.
8. Bosh inertsiya momentlarini moor doirasi yordamida topish.
9. Inertsiya ellipsini qurish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

SHunday deformatsiyalar mavjudki, ichki kuchni (kuchlanishlarni) hisoblaganda ko'ndalang qirqim xarakteristikasi sifatida yuza tushunchasi etisharli emas. Masalan buralish deformatsiyasida kuchlanish τ formulasi bilan aniqlanadi, bunda W – qirqimning qarshilik momentidir; egilish deformatsiyasida normal kuchlanish – G formulasi bilan aniqlanadi, bunda J qirqimning inertsiya momenti, degan tushunchalari bilan tanishamiz.

QIRQIMNING STATIK MOMENTI



$$S_x = \int_A ydA \qquad (1)$$

$$S_y = \int_A xdA \qquad (2)$$

Қирқимнинг статик моментлари

46-rasm.

(1) va (2) - formula bo'yicha o'lchash birliklari M^3, sm^3.

Teng ta'sir qiluvchilar nazariyasiga ko'ra

$$\int_A ydA = A \cdot Y_c; \qquad \int_A xdA = A\ x_c \qquad (3)$$

(3) formulada A – figuraning yuzasi X$_s$, U$_s$ og'irlik markazning koordinatalari. (3) formuladan

$$X_c = \frac{S_y}{A}; \qquad Y_c = \frac{S_x}{A} \qquad (4)$$

INERTSIYA MOMENTLARI HAQIDA TUSHUNCHA

O'qlarga nisbatan inertsiya momentlari ularning ishorasi musbat bo'ladi.

$$J_x = \int_F Y^2 dA \qquad (4)$$

$$J_y = \int_F x^2 dA \qquad (5)$$

Markazdan qochuvchi inertsiya momenti ishorasi (musbat yoki manfiy) bo'ladi.

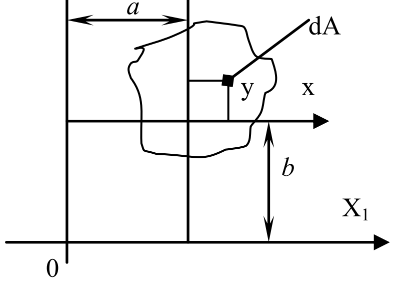
$$J_{xy} = \int_F xydA \qquad (6)$$

Polyar inertsiya momenti o'lchash birligi musbatdir isboti.

$$J_p = \int_F \rho^2 dA \qquad (7)$$

$$J_p = \int_A (x^2 + y^2) dA = \int_A x^2 dA + \int_A y^2 dA \qquad (8)$$

PARALLEL' O'QLARGA INERTSIYA MOMENTI



Янги ўқларга x$_1$, y$_1$ га нисбатан координаталар

$$x_1 = d + x$$
$$y_1 = b + y \qquad (9)$$

Инерция моментини топиш формуласига қўйсак.

47-rasm.

$$Jx_1 = \int_A Y_1^2 dA(b+y)^2 dA = \\ = b^2\int_A dA + 2b^2\int_A ydA + \int_A Y^2 dA = J_x + b^2 A \qquad (10)$$

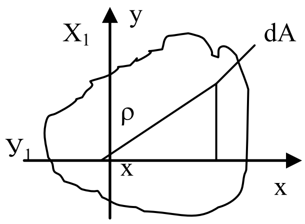
YAngi x_1 o'qiga nisbatan inertsiya momenti (10) chi formulaga ko'ra (o'xsh).

$$Jy_1 = Jy + a^2 A \qquad (11)$$

SHuningdek markazidan qochuvchi inertsiya momentini hisoblaymiz:

$$Jx_1y_1 = \int_A x_1y_1 dA = \int_A (a+x)(b+y)dA = ab\int_A dA + \\ + a\int_A YdA + b\int_A xdA + \int_A xyyd = Jxx + ab\cdot A \qquad (12)$$

BOSH INERTSIYA O'QLARI TO'G'RISIDA TUSHUNCHA



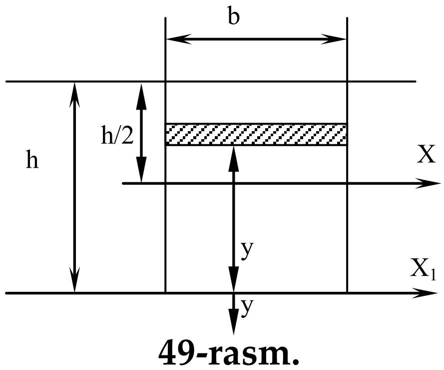
$x_1 = y; \quad y_1 = -x$ бўлгани туфайли

$$Jx^1y^1 = \int_A y(-x)dA = -Jxx \qquad (13)$$

48-rasm.

Demak, x o'qi x^1 holatiga o'tganda shunday bir holat mavjud bo'ladiki $Ux^1u^1=0$ bo'ladi, ya'ni koordinatalardan birining qiymati nolga teng bo'ladi, ikkinchisi $u_1 = u_{max}$ bo'ladi. SHu o'qlar bosh inertsiya o'qlar bo'lib hisoblanadi.

ODDIY QIRQIMLARNING INERTSIYA MOMENTI



1) тўғри тўртбурчак қирқими учун инерция моменти

$$Yx_1 = \int_p y^2 dA = \int_0 y^2 \cdot y \cdot b = \frac{Y^3 b}{3}\int_0^4 = \\ = \frac{h^3 b}{3}$$

49-rasm.

$$Yx_1 = \frac{h^3 b}{3} \qquad (14)$$

To'rtburchak asosidan o'tgan o'qga nisbatan inertsiya momenti.

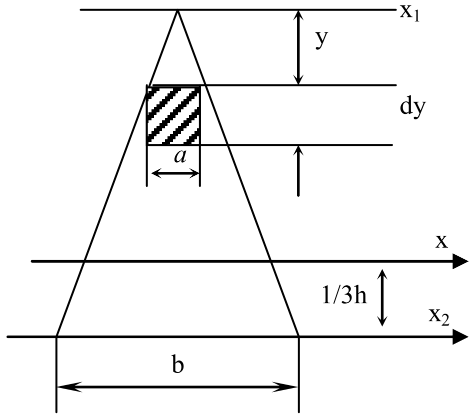
Parallellik alomatiga ko'ra to'g'ri to'rtburchak og'irlik markazidan o'tgan o'qga nisbatan inertsiya momenti:

$$Jx_1 = Yx_1 - (\frac{h}{2})\cdot A = \frac{h^3 b}{3} - \frac{h^2 h}{4} = \frac{h^3 b}{12} \\ Jx = \frac{h^3 b}{12} \qquad (15)$$

(15) formulaga asoslanib *u* o'qiga nisbatan inertsiya momentini topamiz:

$$Jy = -\frac{hb^3}{12} \qquad (16)$$

2. Balandligi h, asosini uzunligi *b* bo'lgan uchburchak uchun inertsiya momentlari.



50-rasm.

$$Jx_1 = \int_A y^2 \cdot dA \qquad (17)$$

(17) формулада dA = $a \cdot dy$ а нинг қиймати қуйидаги пропорцияда топамиз

$$\frac{a}{y} = \frac{b}{h}; \quad a = \frac{b}{h} y \qquad (18)$$

(18) formuladan qiymati (17) ga qo'ysak

$$Jx_1 = \int_A^2 y \cdot \frac{b}{h} ydA = \frac{Y^4 b}{4h} \int_0^h = \frac{h^4 b}{4h} = \frac{h^3 b}{4} \qquad (19)$$

Parallellik alomatida u_x ni aniqlaymiz

$$Jx = Jx_1 - (\frac{2}{3} h \cdot b = \frac{h^3 b}{4} - \frac{4h^3 b}{18} = \frac{h^3 b}{36}$$

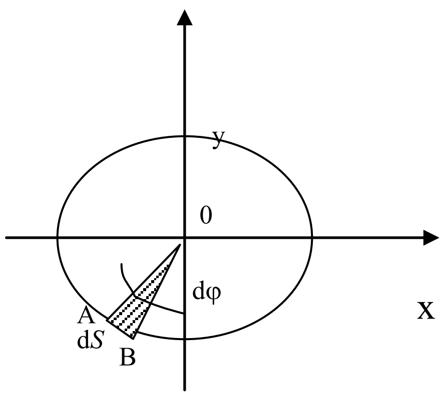
$$Jx = \frac{h^3 b}{36} \qquad (20)$$

Uchburchak og'irlik markazidan o'tgan nisbatan inertsiya momenti (20) formuladan foydalanib uchburchak asosidan o'tgan o'q x_2 nisbatan inertsiya momentini topamiz.

$$Jx_2 = Jx + (\frac{h}{3})^2 \cdot \frac{1}{2} hb = \frac{h^3 b}{36} + \frac{h^3 b}{18} = \frac{3(h^3 b)}{36} = \frac{h^3 b}{12}$$

$$Jx_2 = \frac{h^3 b}{12} \qquad (21)$$

3. Doira shaklidagi qirqimlarning inertsiya momenti.



51-rasm.

Кичкина элемент яратиб ОАВ учун инерция моментини (19) формулага асосланиб ёзамиз

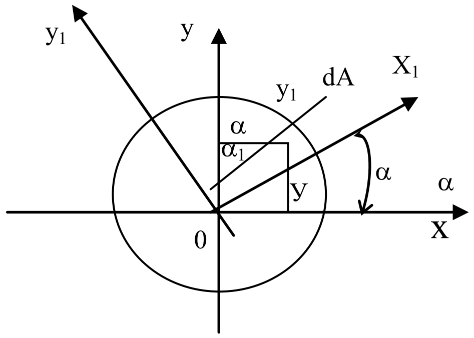
$$Yp = \int_0^p \frac{z^3 \cdot ds}{4} = \int_0^{2\pi} \frac{z^3 z}{4} d\varphi = \frac{z^4}{4} \int_0^{2\pi} d\varphi = \frac{2\pi z^4}{4} = \frac{\pi z^4}{2} \qquad (22)$$

yoki $$Jp = \frac{\pi^4}{32} = 0{,}1d\varphi$$

yoki o'qlarga nisbatan inertsiya momenti shu formulalar yordamida halqasimon qirqimlarning ham inertsiya momentlari aniqlanadi.

$$Jx = Jy = \frac{Jp}{2} = \frac{\pi d}{64} = 0{,}2d^4 \qquad (23)$$

KOORDINATA O'QLARI AYLANTIRILGANDA INERTSIYA MOMENTLARNING O'ZGARISHI



52-rasm.

0 қутб атрофида координата ўқлари x0y ни бурчакка бурасак x1 0y1 га нисбатан янги координаталари ҳосил бўлади.

$$x_1 = x \cdot cos\alpha + y\,sin\alpha$$
$$y_1 = y \cdot cos\alpha + x \cdot sin\alpha \qquad (1)$$

O'qlarga nisbatan inertsiya momentini aniqlaymiz.

$$Jx_1 = \int_A Y_1^2 dA = \int_A (y\cdot\cos\alpha - x\cdot\sin\alpha)^2 dA = \cos^2\alpha\int_A y^2 dA +$$
$$+\sin^2\alpha\int x^2 dA - 2\sin\alpha\cdot\cos\alpha\int_A xydA = Jx\cdot\cos^2\alpha + Jy\sin^2\alpha - \qquad (2)$$
$$-Yxy2\sin\alpha\cdot\cos\alpha = \frac{Jx+Jy}{2} + \frac{Jx-Jy}{2}\cos 2\alpha - Yxy\sin^2\alpha$$

SHuningdek $$Jy_1 = \frac{Jx+Jy}{2} - \frac{Jx-Jy}{2}\cos^2\alpha + Jxy\sin 2\alpha \qquad (3)$$

SHuningdek markazida qochuvchi inertsiya momentini quyidagicha aniqlaymiz.

$$Jx_1y_1 = \int_A x_1y_1 dA = \int_A (x\cdot\cos\alpha + y\cdot\sin\alpha)y\cos\alpha - x\sin\alpha)dA =$$
$$= \sin\alpha\cdot\cos\alpha\left[\int_A y^2 dA - \int_A x^2 dA\right] + (\cos^2\alpha - \sin^2\alpha) \qquad (4)$$
$$\int_A xydA = \frac{Jx-Jy}{2}\sin 2\alpha + Jxy\cos^2\alpha$$

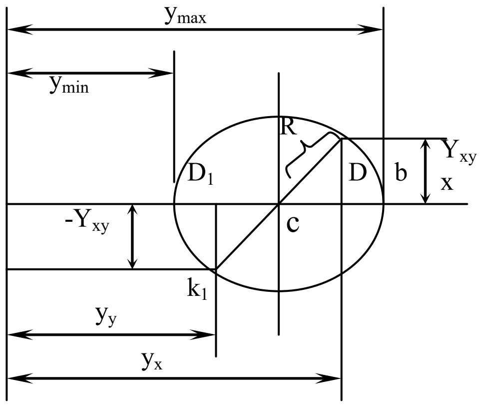
YAngi o'qlarga nisbatan aniqlangan inertsiya momentlarining turliligi quyidagicha tekshiriladi.

$$tg2\alpha_0 = -\frac{2Jxy}{Jx-Jy} \qquad (5)$$

SHuningdek bosh inertsiya o'qlarining yo'nalishini topish uchun markazidan qochuvchi inertsiya momenti formulasi (5) ni nolga tenglashtirib olamiz, natijada

$$tg\alpha_1 = \frac{J_{xy}}{J - J_{\max}}; \qquad tg\alpha_2 = \frac{J_{xy}}{J_y - J_{\min}} \qquad (6)$$

BOSH INERTSIYA MOMENTLARINI MOOR DOIRASI YORDAMIDA TOPISH



53-rasm.

Берилган кесим учун ўқларга нисбатан ва марказдан қочувчи инерция моментларини ҳисоблаб олиб, маълум масштаб билан координата бошидан жойлаштириб Д ва Д[1](.) нуқталарини оламиз ва марказидан қочувчи инерция моментини жойлаштириб К ва К[1] (.) нукталарини оламиз. К (.) ни С(.) туташтириб Моор доирасининг радиуси (R) ни topamiz, aylanani x o'qi bilan kesilishida A va V (.) olamiz, shular bosh inertsiya momentlarini beradi.

$$J_{mib}^{max} = OC \pm R = \frac{Jx + Jy}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{(Yx + Yy)^2 + 4Y^2xy} \qquad (7)$$

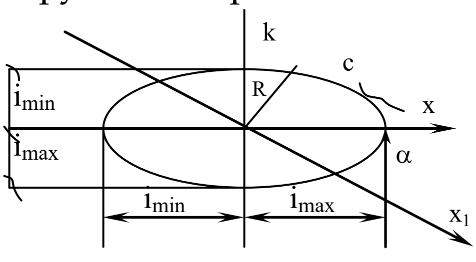
Tushuntirish $R = \sqrt{CD^2 + KD^2} = \sqrt{(\frac{Yx - Yy}{2})^2 + Y^2xy} = \frac{1}{2}\sqrt{(Yx - Yy) + 4Y^2xy}$.

INERTSIYA eLLIPSINI QURISH

Praktik hisoblar qulay bo'lishligi uchun murakkab profillarga inertsiya ellips quriladi: Dastlab inertsiya radius deb aytilgan yangi tushuncha kiritamiz:

$$i = \sqrt{\frac{Y}{A}} \qquad (8)$$

O'lchash birligi m[2] shu formulaga inertsiya radiusini maksimal va minimal qiymatini topamiz.



54-rasm.

$$i_{min} = \sqrt{\frac{Y_{min}}{A}} \quad еки \quad i_{max} = \sqrt{\frac{Y_{max}}{A}} \qquad (9).$$

$$Jx_1 = h^2 \cdot A \qquad (10)$$

SHuningdek Ju_1 topish polyar inertsiya momentidan Jx_1 – ayiramiz

$$Jy_1 = (Jx + Jy) - Jx_1 \qquad (11)$$

formula markazidan kochuvchi inertsiya momenti

$$Jx_1y_1 = h \cdot c \cdot A \qquad (12)$$

TAKROLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Statik moment deganda nimani tushunasiz?
2. Inertsiya momenti haqida tushuncha bering.
3. Parallel o'qlarga nisbatan inertsiya momenti formulasini yozing.
4. Bosh inertsiya o'qlari to'g'risida tushuncha bering.
5. Oddiy qirqimlarning inertsiya momentlari formulasini yozing.
6. Koordinata o'qlari aylantirganda inertsiya momentlarining o'zgarishi formulasini yozing.
7. Bosh inertsiya momentlarini moor doirasi yordamida toping.
8. Inertsiya ellipsini quring.
9. Inertsiya radiusi deb nimaga aytiladi?

TAYANCH IBORALAR

Deformatsiya, statik moment, inertsiya momenti, qirqim, kesim yuza, markazdan ko'chma inertsiya momenti, polyar inertsiya momenti, parallel o'qlarga nisbatan inertsiya momenti, bosh inertsiya o'qlari, koordinata, inertsiya ellipsi, moor doirasi.

MA'RUZA №9
BURALISH DEFORMATSIYASI

REJA:

1. Burovchi momentni hisoblash va ularning epyurasini qurish.
2. Doiraviy kesim yuzali brusning buralishdan kuchlanishi va deformatsiyasi.
3. To'la burovchi momentni aniqlash.
4. Buralish deformatsiyasida mustahkamlik sharti.
5. Buralish deformatsiyasida bikrlik sharti.
6. Buralishda potentsial energiya.
7. Qadami kichik vintli prujinaning hisobi.
8. Prujina mustahkamligini tekshirganda mustahkamlik sharti.
9. Prujina cho'kishida bajarilgan ish.
10. Ko'ndalang qirqimi to'g'ri to'rtburchak ko'rinishidagi sterjenlarning buralishi.

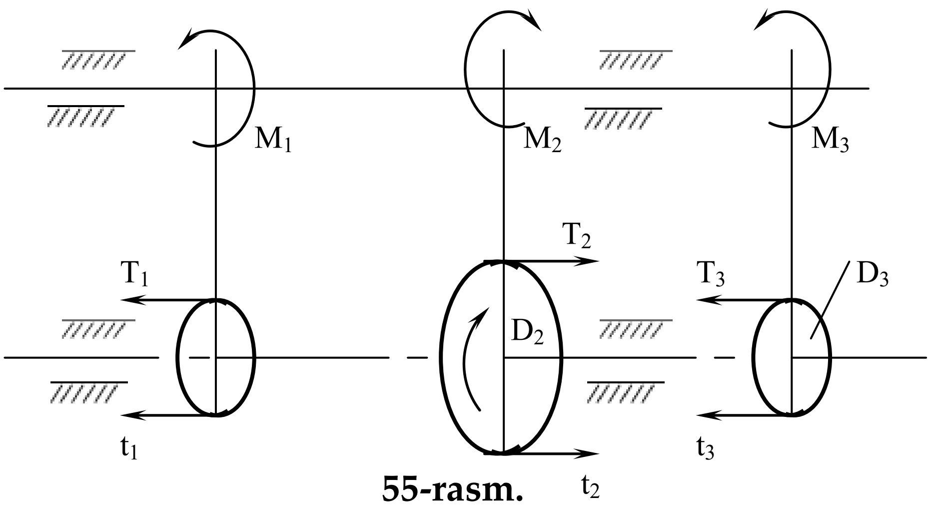
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to’plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo’yicha sirtdan o’qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko’rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Buralish deformatsiyasi turli val, o’qlarda (quvvatni) burovchi momentlarni uzatish uchun qo’llaniladi. Reduktorlar, uzatish quttichasi konveyrlar, ko’pchilik qishloq xo’jalik mashina detallarida ishlatiladi.

BUROVCHI MOMENTNI HISOBLASH VA ULARNING EPYURASINI QURISH

Buralish deb brusning ko’ndalang kesim yuzalarida faqat burovchi momentgina paydo bo’ladigan deformatsiyalanish holatiga aytiladi bunda buylama kuch, eguvchi moment nolga teng bo’ladi. Mashina va stanoklarning val ko’rinishdagi detallarida burovchi hosil bo’ladi. Masalan avtomabil’ dvigatelidagi zanjir burovchi momentini bir valdan ikkinchisiga uzatadi.



55-rasm.

M_2 – etaklovchi shkiv momenti, M_1, M_3 – etaklovchi shkivlardagi momentlar.

$$M_1 = \frac{D}{2}(T_1 - t_1); \quad M_2 = \frac{D_2}{2}(T_2 - t_2); \quad M_3 = \frac{D_3}{2}(T_3 - t_3)$$

Burovchi moment, quvvat va tezlik (aylanishlar soni n) o’rtasida quyidagi bog’lanish mavjud.

$$M = \frac{75}{V}.\frac{Д}{2} = \frac{75.ND}{\frac{\pi n}{60}.2} = \frac{30.75.N}{\pi n} = 716{,}2\frac{N}{n}\,кг.м = 7162000\frac{N}{n} \quad \text{yoki} \quad M_{бр} = 7162\frac{N}{n}\,Н \cdot м$$

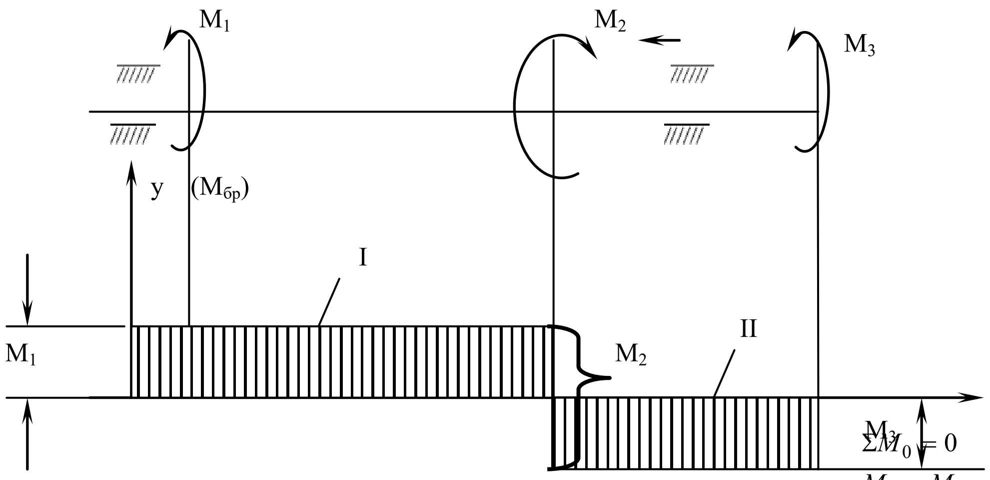
N – quvvat ot kuchida, n aylanishlar soni aylana/min.

Agar valning kuvvati kilovatda berilgan bo’lsa:

$$M_{br}=1{,}36.71620\frac{N}{n}=97330\frac{N}{n}\,кгсм=9733000\,Нмм \quad 3$$

Bunda $$N=\frac{M.n}{9733000}\,КВТ$$

Burovchi momentlar quyidagicha sxemada ko’rsatilishi mumkin.



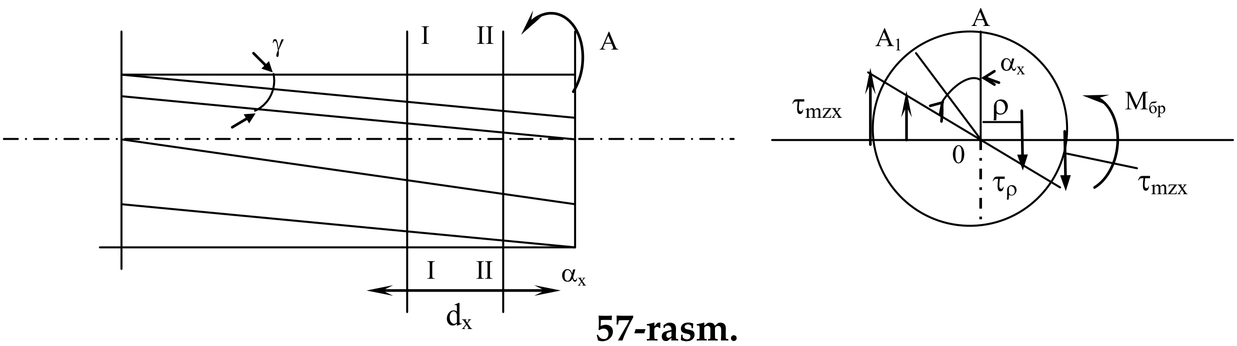
56-rasm.

$\Sigma M_0 = 0$

$M_I = M_1$

$M_{II} = M_1 - M_2 = -M_3$

DOIRAVIY KESIM YUZALI BRUSNING BURALISHDAN KUCHLANISHI VA DEFORMATSIYASI



57-rasm.

Buralish deformatsiyasi siljish deformatsiyasining davomidir, shuning uchun deformatsiya va burovchi moment o’rtasidagi bog’lanishni berganda siljish deformatsiyasidagi Guk qonuniga amal qilamiz.

Kuchlanish va deformatsiya formulalarni keltirib chiqarish uchun, o’rganilayotgan sistemada kichkina bo’lagini ajratib olamiz.

Element $O_1\,O_2$ a,v,s,d alohida kattalashtirib chiqamiz.

$$J=\frac{вв}{dx}\quad (1),\qquad dx=\frac{вв^1}{2}\quad (2)$$

(1), (2) formulada.

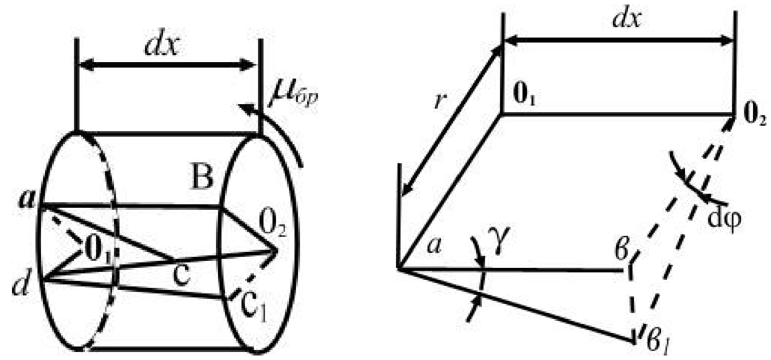
$$J \cdot dx = d\varphi \cdot r \qquad J = \frac{d\varphi}{dx}.r \qquad (3)$$

Siljidagi Guk qonunining ko'ra

$$\tau = JG = \frac{d\varphi}{dx}.Gr \qquad (4)$$

(4) formulaga ko'ra sterjen' neytral o'qidan p uzoqlikda etgan kuchlanishi quyidagicha aniqlanadi.

$$\tau_\rho = \frac{d\varphi}{dx}.G\rho \qquad (5)$$



58 – rasm.

Neytral' o'qga nisbatan butun yuza bo'yicha

$$d\mu_{бр} = \tau_\rho \cdot dA \cdot \rho \qquad (6)$$

To'la burovchi moment quyidagicha aniqlanadi.

$$M_{бр} = \int_A \tau_p .dA.p \qquad (7)$$

(7) formulaga keltirib qo'ysak:

$$M_{бр} = \frac{d\varphi}{dx} G \int_A P^2 dA = \frac{d\varphi}{dx} GJ_p \qquad (8)$$

(5)formuladan $\frac{d\varphi}{dx} = \frac{T_p}{G_p}$ va (8) formuladan $\frac{d\varphi}{dx} = \frac{\mu_{бр}}{GJp}$ qiymatlarini o'ng kismini uzaro tenglashtirib olamiz.

$$\frac{T_p}{G_p} = \frac{M_{бр}}{GY_p} \qquad \text{shu formuladan}$$

$$T_p = \frac{M_{бр}.p}{J_p} \qquad (9)$$

(9) formulaga ko'ra radius $0 \le \rho \le ch$ o'zgarganligi tufayli, urinma kuchlanishni o'zgartirish quyidagicha ko'rsatiladi.

ρ=0 bo'lganda $\tau_\rho = 0$ bo'ladi.

ρ=Z bo'lganda esa

$$\frac{\mu_{бр}.ч}{\frac{\pi_r}{2}} = \frac{\mu_{бр}}{\frac{\pi_r^3}{2}} = \frac{\mu_{бр}}{W_p} = \tau_{\max} \qquad (10)$$

SHunigdek (8) formuladan deformatsiyani topamiz.

$$d\varphi = \frac{\mu_{бр}.dx}{У_{\rho}G} \qquad (11)$$

(11) formulani sterjen' uzunligi $d\varphi$ bo'lgan holati uchun aniqlaymiz.

$$\int_0^{\kappa} d\varphi = \frac{\mu_{бр}}{JpG}\int_0^{l} dx = \frac{\mu_{бр}\cdot\partial}{JpG}$$

$$\varphi = \frac{\mu_{бр}.l}{Jp.G} \qquad (12)$$

(12) formula bo'yicha o'lchash birligi radianda o'lchanadi. Natijani $\frac{180^0}{\pi}$ ko'paytirsak natija gradusda bo'ladi, ya'ni

$$\varphi = \frac{\mu_{бр}.l}{JpG}.\frac{180}{П} \qquad (13)$$

BURALISH DEFORMATSIYASIDA MUSTAXKAMLIK VA BIKRLIK SHARTI

A. Mustaxkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$\tau_{max} = \frac{\mu_{бр}}{Wp} \leq [\tau] \qquad (14)$$

(14) mustaxkamlik shartining tekshirish metodi, shu formulaga ko'ra buralish deformatsiyasidan sterjenning geometrik razmerlari quyidagicha aniqlanadi.

$$Wp \geq \frac{\mu_{бр}}{[\tau]} \qquad (15)$$

(15) formulada polyar qarshilik momentini $Wp = \frac{\pi d^3}{16}$ ekanligini xisobga olsak, diametr kuyidagi tartibda topiladi.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16\mu_{бр}}{\pi[\tau]}} \qquad (16)$$

SHu formuladan aniqlangan diametr GOST bo'yicha yaxlitlashtiriladi (10,15,20,25…mm). SHuningdek (14) formuladigi mustaxkamlik shartiga ko'ra, konstiruktsiyaga qo'yilgan tashqi kuch (burovchi moment quvvat) geometrik razmerlar berilgan bo'lishi kerak.

$$M_{бр} = 716 \cdot 2\frac{N}{n} = [\tau]W_p$$

(14), (17) formulalar halqasimon qirqimlarga ega bo'lgan sterjenlar uchun ham qo'llanishi mumkin.

<u>B. BIKRLIK SHARTI. Buralish deformatsiyasida bikrlik sharti kuyidagicha yoziladi.</u>

$$\varphi = \frac{\mu_{бр} \cdot l}{Jp \cdot G} \leq [\varphi] \quad (18)$$

[φ] – uzunlik birligini ruxsat etilgan deformatsiyasi.

(18) formula buralishda bikrlik sharti bo'yicha tekshirish metodidir.

SHu formulaga ko'ra hisoblashni hamma ko'rinishlarni bajarish mumkin.

Konstruktsiyaning geometrik o'lchamlari quyidagicha aniqlanadi.

$$Jp \geq \frac{\mu_{бр}.l}{G.[4]} \quad (19)$$

Agar J_p urniga diametr bilan ifodalangan qiymmati qo'yilsa, ya'ni

$$Jp = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0{,}1d^4$$

$$\frac{\pi d^4}{32} \geq \frac{\mu_{бр} l}{G[\varphi]}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{32\mu_{бр} l}{\pi G[\varphi]}} \quad (20)$$

(20) formula orqali topilgan diametr yaxlitlanadi.

SHuningdek (18) mustaxkamlik shartiga ko'ra sistemaga qo'yiladi. mumkin bulgan tashqi kuch burovchi moment topiladi.

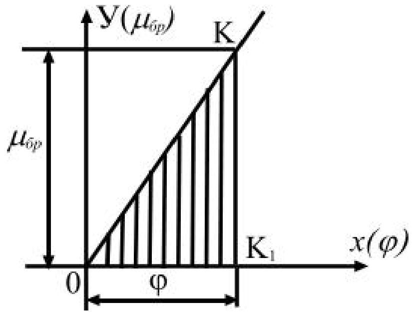
$$M_{бр} \leq \frac{JpG[\varphi]}{l} \quad (21)$$

O'z navbatidan (21) formuladigi burovchi moment kuvvat orkali ifoda etilishi mumkin.

Natijada (16) formula bilan aniqlangan diametr (20) formula orqali aniqlangan qiymati bilan taqqoslanadi, shulardan eng kattasi qabul qilinadi.

SHuningdek (17) formula orqali aniqlangan burovchi moment qiymati birlik sharti 21 bilan aniqlangan qiymati bilan taqqoslanadi, natijada shulardan kichkinasini qabul etiladi.

BURALISHDA POTENTSIAL eNERGIYA



59-rasm.

Proportsionallik chegarasida bajarilgan ish yoki potentsial energiya quyidagicha topiladi.

$$A = U = \frac{1}{2}\mu_{бр} \cdot \varphi \qquad (1)$$

(1) formulaga

$$\varphi = \frac{\mu_{бр} l}{JpG} \qquad (2)$$

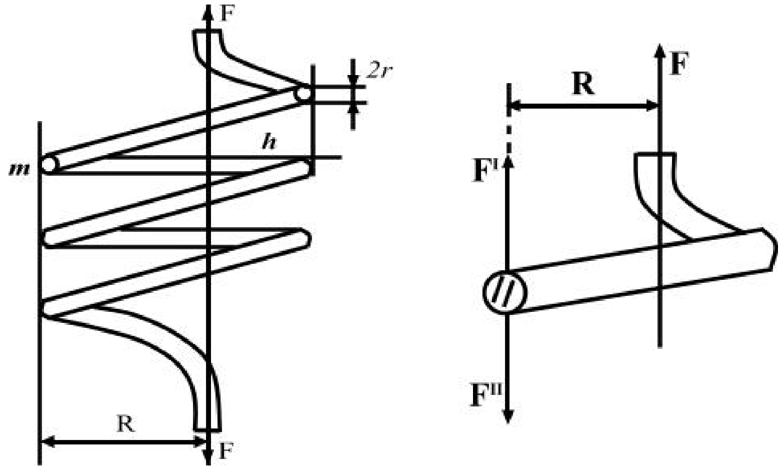
(2) dan φ ning qiymatini keltirib qo'ysak

$$U = \frac{\mu_{бр} \cdot l}{2GJp} \qquad (3)$$

Ko'pchilik hisoblarda nisbiy potentsial energiyani topish maksadga muvofiq. $\vartheta_0 = l \cdot F$ (4) deformatsiyaga duch kelsak elementning hajmi bo'lsa, hajmi birligidagi elementning potentsial energiyasi quyidagicha topiladi.

$$\vartheta = \frac{U}{\vartheta_0} = \frac{M^2{}_{бр} l}{2JpG\lambda A} = \frac{M^2{}_{бр}}{2JээG} \qquad (4)$$

QADAMI KICHIK VINTLI PRUJINANING HISOBI

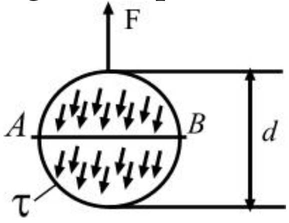


60-rasm.

$$F^{I} = F^{II} = F$$

Raschet sxemasi.

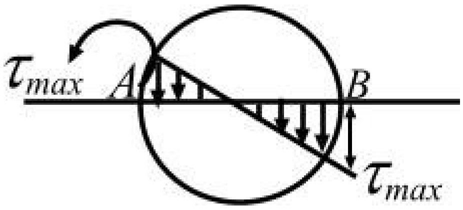
1) Qirquvchi kuch $F^{I}=F$ hisobiga olsak qirquvchi kuchlanishi quyidagicha topiladi.



$$\tau = \frac{F}{A_{кир}} = \frac{F}{\pi_r^2} \qquad (1)$$

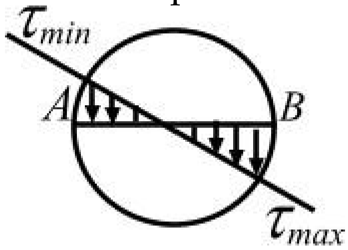
τ - butun qirqimda bir xil taqsimlanadi.

2) Juft kuch (burovchi moment) hisobiga quyidagi kuchlanishlar hosil bo'ladi.



$$\tau = \frac{\mu_{бр}}{W_p} = \frac{F \cdot R}{\frac{\pi r^3}{2}} = \frac{2FR}{\pi r^3} \qquad (2)$$

To'la kuchlanishni (A va V nuqtalarid) aniqlash uchun ularni geometrik ravishda qo'shamiz.



$$\tau_{\max} = \tau_{бр} + \tau = (\pm\frac{2FK}{\pi_к^3}) + \frac{F}{\pi_r^3} = \frac{2RF}{\pi r^3}(1 + \frac{r}{2R}) \qquad (3)$$

(3) formula $R = \infty$ teng kelib qabul qilsak formula quyidagicha yoziladi.

$$\tau_{\max} = \frac{2FR}{\pi r^3} \qquad (4)$$

Umuman vintsimon prujinalarda emirilish prujinaning ichki qismidan boshlanadi, chunki to'la kuchlanish V (:) maksimal qiymatga ega.

Demak prujinalarning mustaxkamligini tekshirganda mustaxkamlik sharti (tekshirish metodi bo'yicha) quyidagi tartibda yoziladi.

$$\tau_{\max} = \frac{2FR}{\pi r^3} \leq [\tau_{\max}] \qquad (5)$$

Mustaxkamlik shartiga ko'ra hisoblashni hamma ko'rinishlarini bajarish mumkin.

Prujinaning chukishida bajarilgan ish (potentsial energiya).

$$A = U = \frac{1}{2}Fl \qquad (6)$$

SHuningdek prujinaning buralishidan hosil bo'lgan potentsial energiya;

$$U = \frac{M^2 l}{2GJp} \qquad (7)$$

(7) formuladan

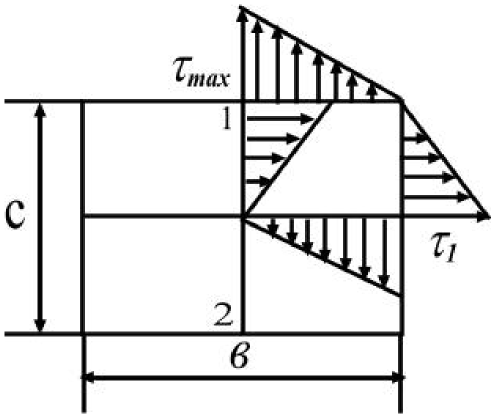
$$l = 2\pi Rn \qquad (8)$$

(8) – prujinani tayerlash uchun sarf bo'lgan simning uzunligi (8) - formulani e'tiborga olib $Jp = \frac{\pi_r^4}{2}$ ekanligiga rioya qilib bajarilgan ishni topish formulasi (6) va potentsial energiyani topish formulasi (7) bir–biriga tenglashtirib olsak;

$$\lambda = \frac{4FR^3 n}{G \cdot r^4} \qquad (9)$$

(9) – dan prujinaning chukishini topish formulasini olamiz.

KO'NDALANG QIRQIMI TO'G'RITURTBURCHAK KO'RINISHIDAGI STERJENLARNING BURALISHI.



61-rasm.

To’g’riturtburchak ko’rinishidagi sterjenlarning urinma kuchlanishlari empirek formulalar yordamida aniqlanadi.

$$\tau_{\max} = \frac{\mu_{\text{бр}}}{\alpha \text{в} c^2} \qquad (10)$$

$$\tau_1 = \frac{\mu_{\text{бр}}}{\alpha_1 \text{в} c^2} \qquad (11)$$

SHuningdek burchakning nisbiy buralishi.

(10), (11), va (12) formulalarda *α, β, α* koeffitsentlar tajriba yordamida topilib tablitsalarda keltiriladi:

Masalan: *α, α, β* qiymatlari *v/s* nisbatida quyidagicha bo’ladi.

1	1,5	1,75	2,0	3,0	10	∞
α 0,206	0,231	0,239	0,246	0,307	0,313	0,333
β 0,141	0,196	0,214	0,229	0,307	0,313	0,333
α_1 0,206	0,270	-	0,309	-	-	0,448

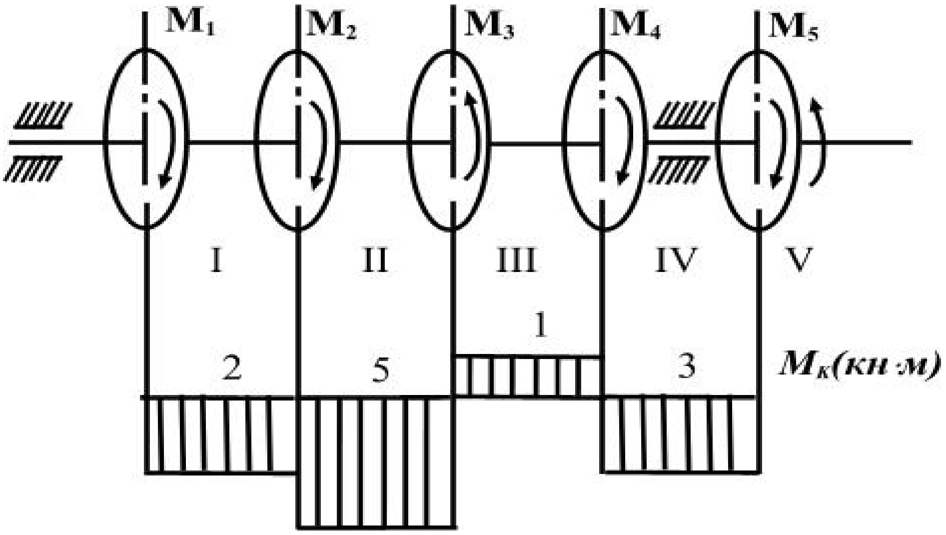
Filonenko - Borodich M.M. i dr.

«Kurs soprotivlenie materialov» chast’ I. 1961 str 379. Tab. №9

3 – Masala

Sxemada ko’rsatilgan val burovchi momentlar M_1=2, M_2=3, M_3=-6 m_4=4(kN,m) va M_5 ta’sirida statik muvozanatda yotadi.

M_5 moment qiymati topilib val uchun burovchi moment epyurasi qurilsin. SHuningdek pog’onalar bo’yicha diametr aniqlansin. Ruxsat etilgan kuchlanish [τ]=60 MPa.



62-rasm.

Val muvozanatda bo'lganligi uchun $M_x=0$

$$M_1+M_2+M_3+M_4+M_5=0.$$

Bu tenglamadan noma'lum M_5 topamiz.

+2+3 2 6+4+M_5=0, yoki M_5 = 2 3 kN.M

SHu qiymatlar bilan epyura ko'rdik.

Buralishda mustaxkamlik shartiga ko'ra uchastkalar bo'yicha diametrlarni aniqlaymiz.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{5M_K}{[\tau]}}$$

Formula $16/\pi \approx 5$ deb qabul qilingan.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Buralish deb nimaga aytiladi?
2. Burovchi moment, quvvat va tezlik o'rtasidagi bog'lanishni ko'rsating.
3. Burovchi moment sxemasi biror misolda ko'rsating.
4. Buralishda mustaxkamlik sharti formulasini yozing.
5. Buralishda bikrlik sharti formulasini yozing.
6. Konstruktsiyaning geometrik o'lchami deganda nimani tushunasiz.
7. Buralishda potentsial energiya nimaga teng.
8. Hajm birligidagi elementning potentsial energiyasi nimaga teng.
9. Prujinalarning mustahkamligini tekshirganda mustahkamlik sharti formulasini yozing.
10. Prujina cho'kishida bajarilgan ish nimaga teng.

TAYANCH IBORALAR

Burovchi moment, epyura, shkiv, doiraviy kesim yuza, kuchlanish, deformatsiya, buralish burchagi, sterjen, mustahkamlik sharti, diametr, geometrik o'lcham, potentsial energiya, bajarilgan ish, urinma kuchlanish.

MA'RUZA №10
EGILISH DEFORMATSIYASI.
REJA:

1. Tayanch va tayanch turlari.
2. Egilishda ichki kuch faktorlarini aniqlash.
3. Egiluvchi moment. Ko'ndalang kuch va yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differentsial bog'lanishlar.
4. Egilishda statik aniq balkalar.
5. Egilishda statik noaniq balkalar.
6. Statika tenglamalari orqali reaktsiya kuchlarini topish.
7. M eguvchi moment va - ko'ndalang kuch ishoralari.
8. Egilishda normal kuchlanishlarni aniqlash.
9. Sof egilish.
10. Neytral tola haqida tushuncha.
11. Egilishda normal kuchlanish bo'yicha mustahkamlik sharti.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

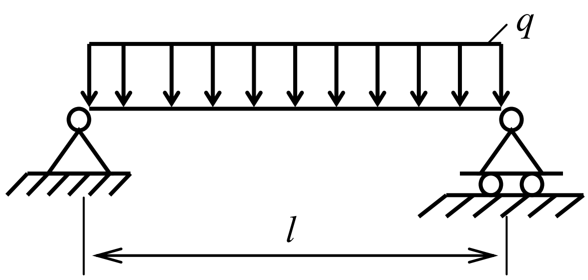
1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Praktikada – ko'priklarni va imoratlarni ayrim qismlari, vagonni o'qlari va h. k. egilish deformatiyasiga uchraydi.

Ikki tayanchga tiralgan va egilish deformatsiyasiga uchraydigan gorizontal brus' balka deyiladi.

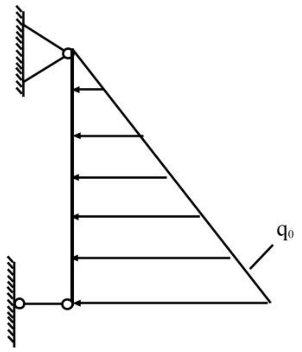
Ayrim balkalarini ko'rinishlarini keltiramiz:

1) Ko'p etajli uylarni etajlari orasidagi balkalar keng tarqalgan, yoyilgan kuchlar bilan yuklangan:



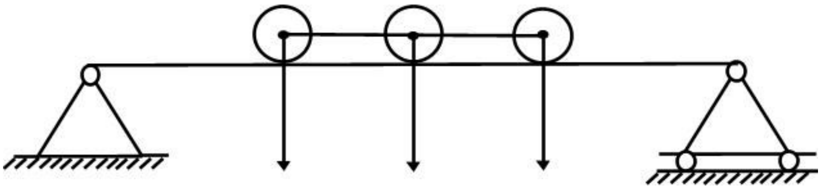
63-rasm.

2) Suv omboridagi platinani devori yoyilgan kuch intensivligi (suvni bosimi) bilan yuklangan 0 dan q_0 – gacha o'zgaradi.



64-rasm.

3) Ko'prikni asosiy balkasi, lokomotivni g'ildiraklarini bosimi ta'sirida bo'ladi.



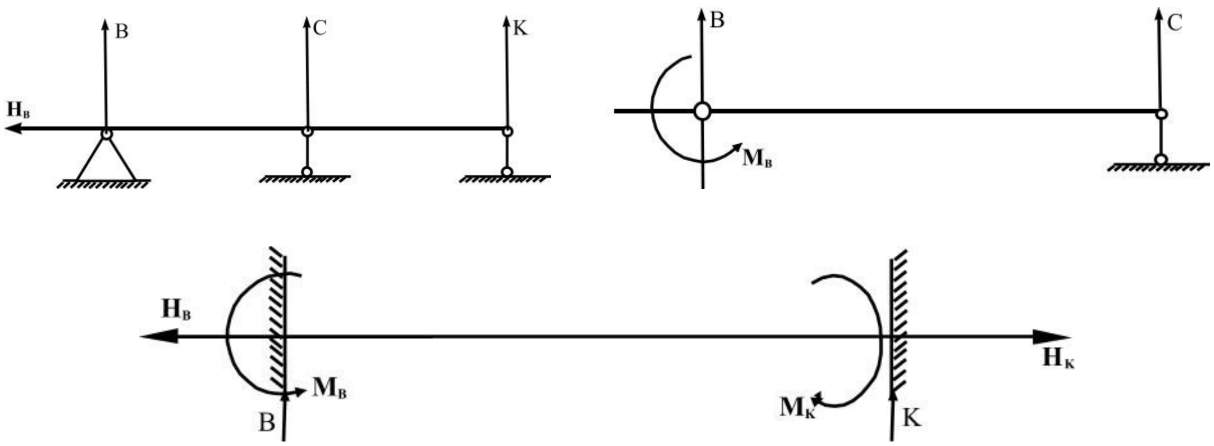
65-rasm.

Biz bu temada quyidagi shartni bajaradigan egilishni o'rganamiz:

1) balka kesimini, bo'lmaganda bitta simmetriya o'qi mavjud:
2) barcha tashqi kuchlar balkani simmetriya o'qi tekisligida joylashgan.

Agar, balkaga ta'sir etuvchi barcha kuchlar, shu jumladan reaktsiya kuchlari ham simmetriya o'qi orqali o'tadigan tekislikda yotsa, balkaning egilgan o'qi ham shu tekislikda yotadi. Bunday egilish tekis egilish deyiladi.

Ayrim hollarda balka bir nechta tayanchlarga tiralishi mumkin.



66-rasm.

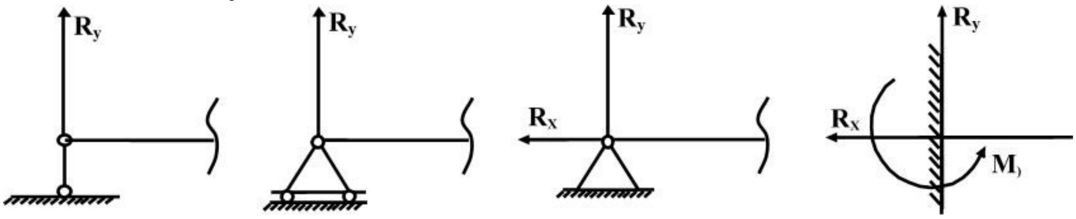
Bu xildagi balkalardagi reaktsiya kuchlari soni kamida to'rtta bo'ladi va barcha reaktsiya kuchlari bir tekislikda joylashganligi uchun, butun sistemani muvozanat holatini statikani uchta tenglamasini tuzish mumkin. Demak, balkadagi no'malum reaktsiya kuchlarini statikani tenglamalari bilan topib bo'lmasa, bunaqa balkalarga statik noaniq balka deb aytiladi.

Statik noaniq masalalarni echish metodikasi, keyinroq ko'rib chiqiladi.

TAYANCH VA TAYANCH TURLARI

Uch xil tayanch turlari mavjuddir:

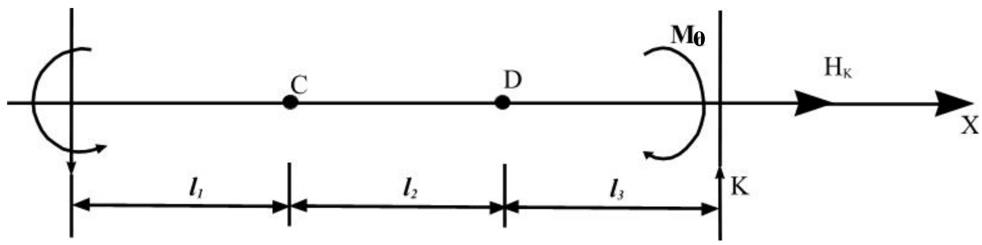
- qo'zgaluvchan – sharnirli tayanch, sterjenni tayanch kesimini sharnir o'qi atrofida aylanish burchagini va sterjinni gorizontal tekislikdagi harakatni cheklamaydi. SHuning uchun, qo'zgaluvchan- sharnirli tayanchda faqat vertikal reaktsiya kuchi hosil bo'ladi (67-rasm).



67-rasm.

- qo'zg'almas- sharnirli tayanch, sterjenni tayanch kesimini va gorizontal tekisliklardagi harakatini chegaralaydi, aylanish burchagini cheklamaydi. SHuning uchun, bu xil tayanchda vertikal Ry va gorizontal Rx reaktsiya kuchlari hosil bo'ladi.
- qo'zg'almas – bikr mahkamlangan tayanch, sterjenni tayanch barcha harakatlarini chegaralaydi. SHuning uchun, bu tayanchda, gorizontal reaktsiya kuchlari bilan birgalikda reaktsiya M_0 hosil bo'ladi (68-rasm).

Reaktsiya kuchlarini aniqlash uchun statikani muvozanat shartlaridan foydalanamiz.



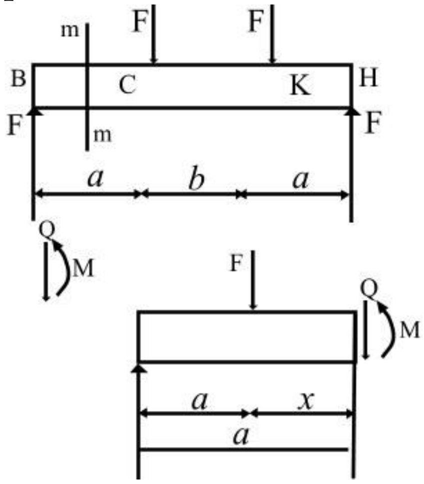
68-rasm.

$$\Sigma x = 0; \qquad \Sigma y = 0; \qquad ва \qquad \Sigma M_0 = 0$$

Statikani tenglamalari orqali reaktsiya kuchlarini topish mumkin bo'lgan balkalar statik aniq sistemalarga kiradi. Bunaqa masalalarga ko'p proletli va oraliq sharnirli balkalar ham misol bo'ladi.

EGILISHDA ICHKI KUCH FAKTORLARINI ANIQLASH

To'rtta o'zaro teng bo'lgan F kuch ta'sirida muvozanatda bo'lgan brusni o'rganamiz (69-rasm). Brusni BC uchastkasidagi ixtiyoriy tanlangan m-m kesimini ichki kuchlarani kesish metodidan foydalanib topamiz. Brusni ajratib olingan qismini muvozanatini ta'minlash uchun uni kesilgan yuzasiga tashlab yuborilgan ta'sirini almashtiruvchi bosh kuch vektori Q va bosh moment vektori M-ni keltirib qo'yamiz. Kuchni ko'ndalang kuch yoki kesuvchi kuch deb qabul qilamiz.



69-rasm.

Qo'llangan kuchni kuchni topish uchun brusni ajratib olingan qismidagi tashqi kuchni *m-m* tekislikka proektsiyalaymiz.

$$F - Q = C \qquad \text{yoki} \qquad Q - F$$

Brusni VK uchastkasidagi ixtiyoriy tanlangan n-n kesimdagi ko'ndalang kuch Q ni topish uchun, shu oraliqdagi barcha tashqi kuchlarni n-n tekislikka proektsiyalarni algebraik yig'indisini topamiz:

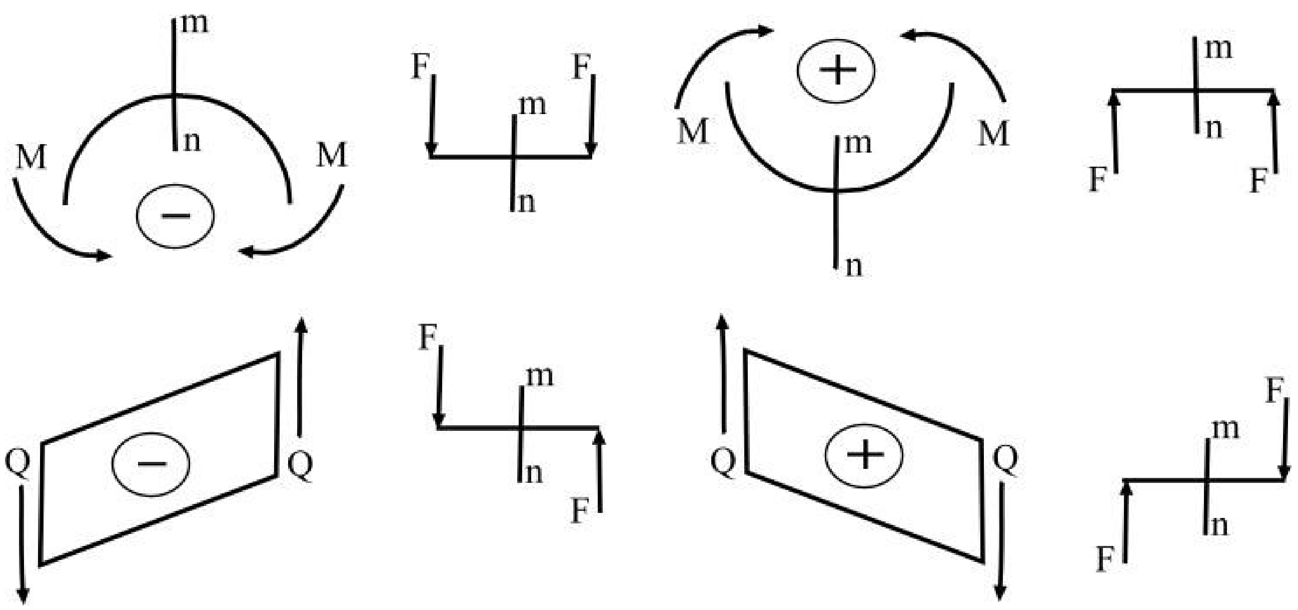
$$F - F - Q = 0 \quad \text{yoki} \quad Q = 0$$

Demak, Q ko'ndalang kuch brusni ajratib olingan kesimdagi tashqi kuchlarni algebraik yig'indisiga teng ekan.

Brusni kesilgan kesimiga nisbatan tashqi kuchni yo'nalishi soat strelkasining yo'nalishi bilan mos tushsa, ko'ndalang kuchni ishorasi musbat, teskari holatda esa manfiy qabul qilinadi.

Bosh moment vektori – M, eguvchi moment deyiladi. eguvchi momentni topish uchun, brusni ajratib olingan tashqi kuchdan kesilgan kesim yuzasini markaziga nisbatan moment olamiz: VS oraliqdagi x masofa uchun $M=Fx$ va *VK* uchastkadagi $(a + x)$ masofa uchun $M=F(d+x)-Fx$ tenglamalarni hosil qilamiz.

Demak, eguvchi moment brusni ajratib olingan qismidagi tashqi kuchlarni, shu oraliq kesilgan kesim yuzasining markaziga nisbatan momentlarining algebraik yigindisiga teng ekan. Agar tashqi kuch brusni yuqoriga egiltirsa, eguvchi moment ishorasi musbat, agar pastga egiltirsa – manfiy qabul qilinadi.

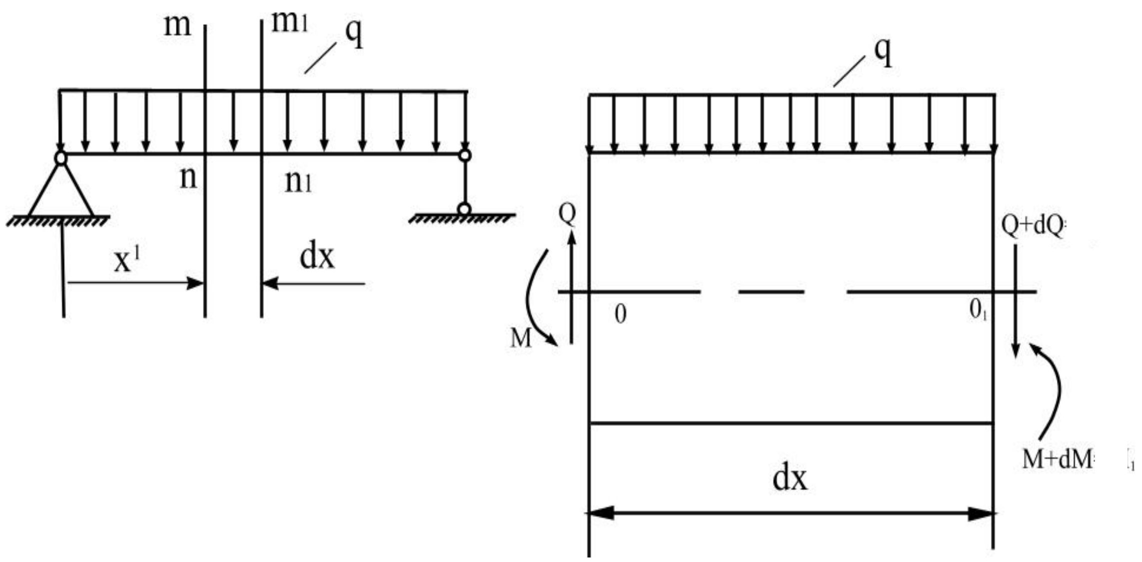


70-rasm.

YUqoridagi ko'ndalang kuch va eguvchi moment tenglamalaridan ko'rinishicha brusni uzunligi bo'ylab *Q* va *M* o'zgarib borar ekan *S* va *M* ni brusni o'qi bo'ylab o'zgarish grafikasiga ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyurasi deyiladi.

EGUVCHI MOMENT. KO'NDALANG KUCH VA YOYILGAN KUCH INTENSIVLIGI ORASIDAGI DIFFERENTSIAL BOG'LANISHLAR

YOyilgan kuch intensivligi ta'sirida bo'lgan balkadan ajratilgan elementar bo'lagini muvozanat holatini tekshiramiz.



71-rasm.

Elementar *dx* uzunlikdagi ajratilgan element yoyilgan kuch intensivligi *q* balkani tashlab yuborilgan qisimlarini ta'sirini almashtiruvchi ko'ndalang kuchlar *Q* va $Q_{,}=Q+dQ$ va momentlar *Mx* va $M_1=Mx+dMx$ ta'sirida bo'ladi.

Ajratilgan elementi muvozanat sharti quyidagicha yoziladi.

$$\Sigma y = 0 \quad ёки \quad Q - qdx - (Q + dQ) = 0 \tag{6.1}$$

$$\Sigma M_{0_1} = 0 \quad ёки \quad Mx + Qdx - qdx\frac{dx}{2} - (Mx - dM) = 0 \tag{6.2}$$

(6.1) tenglamadan – $dqx - dq=0$ hosil qilamiz.

Bu erda
$$q = -\frac{dQ}{dx} \tag{6.3}$$

YA'ni balkani ixtiyoriy kesimidagi ko'ndalang kuchni abtsissa bo'ylab birinchi tartibli hosilasi shu kesimdagi yoyilgan kuch intensivligi q-ga teng ekan. Agar q kuch yuqoriga yo'nalsa (6.3) tenglamani ishorasi musbat bo'ladi (6.2) tenglamadan

$$Qdx\text{-}\ dMx = 0 \quad yoki \quad Q = \frac{dMx}{dx} \tag{6.4}$$

hosil bo'ladi, ya'ni balkani ixtiyoriy kesimidagi ko'ndalang kuch shu kesimdagi eguvchi momentni abtsissa bo'yicha birinchi tartibli hosilasiga teng ekan.

(6.4) – ni ikki tomonining hosilasi $\frac{d^2M_X}{dx^2} = \frac{dQ}{dx} = -q$ ya'ni eguvchi momentni abtsissa buylab ikkinchi tartibli hosilasi shu kesimdagi yoyilgan kuch intensivligi q-ga teng ekan.

YUqoridagi differentsial bog'lanishlardan M va Q epyuralarini qurishda foydalanish mumkin. Masalan: balkani biror kesimida $Q=const$ bo'lsa. SHu kesimida (6.3) differentsial bog'lanishga asosan, $q=0$, ya'ni yoyilgan kuch intensivligining ta'siri nol'ga teng yoki q kuchi ta'sir qilmas ekan.

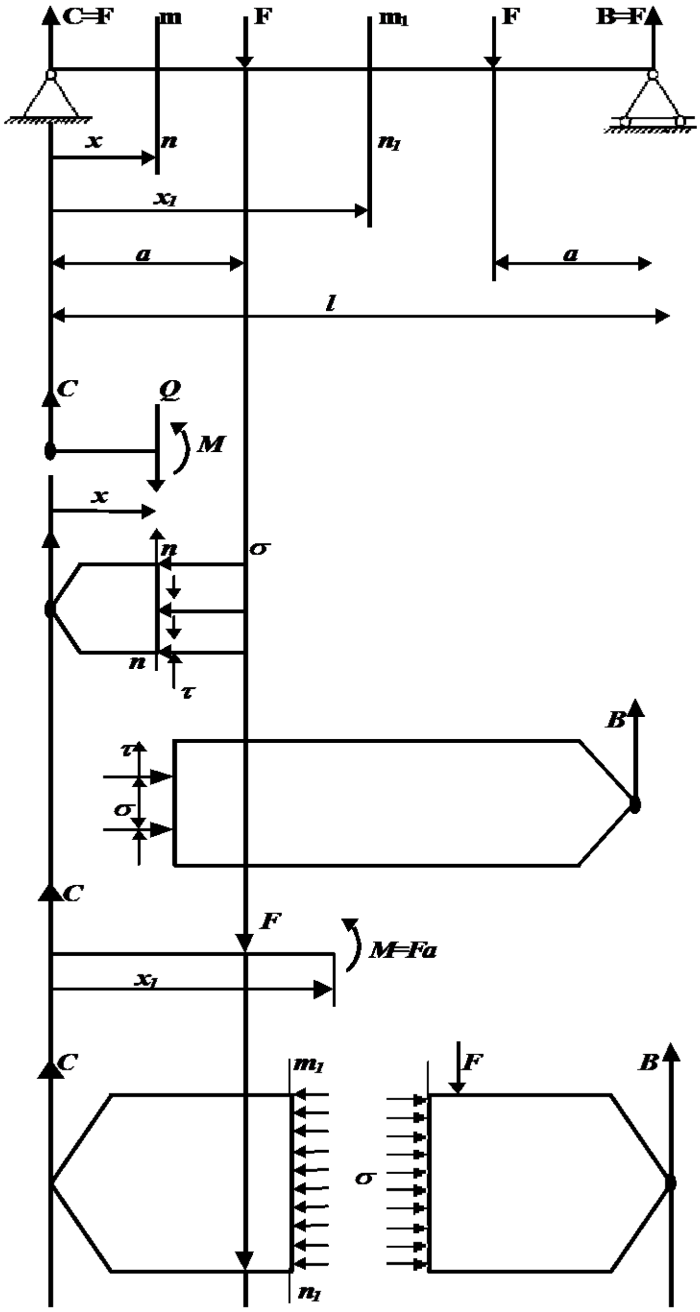
YOyilgan kuch intensivligi ta'sir qilgan oraliqda ko'ndalang kuch tug'ri chiziqning qonuni bilan o'zgaradi. Q – ni epyurasi abtsissa o'qini kesib o'tadi, ya'ni abtsissaga og'ishish burchak bilan joylashadi. (6.4) differentsial bog'lanishga asosan, agar balkani biror kesimida eguvchi moment o'zgarmas bo'lsa, ya'ni $M=const$ shu kesimdagi ko'ndalang kuch nol'ga teng bo'lar ekan. eguvchi moment balka uzunligining biror qismiga to'g'ri chiziqli kesim bilan o'zgarsa ya'ni M grafikasi to'g'ri chiziq bo'lib hosil bo'lgan biror burchak bilan joylashsa, shu kesimdagi ko'ndalang kuch o'zgarmas ish Q ni epyurasi abtsissaga parallel' chiziq bo'lar ekan.

Balkaga yoyilgan kuch intensivligi – q ta'sir qilgan oraliqda M epyurasi egri chiziq bilan chegaralanadi.

EGILISHDA NORMAL KUCHLANISHLARNI ANIQLASH

Egilishda brusning ko’ndalang kesim yuzasida eguvchi moment va ko’ndalang kuch hosil bo’ladi. O’zaro teng F kuchlar bilan yuklangan balkani m-n kesimida, pastga yo’nalgan ichki kuch Q ta’sir qiladi.

Ko’ndalang kuch Q balkani kesilgan yuzasiga, m-n tekislikka urinma bo’lib yo’nalgan. SHuning uchun bu yuzada urinma kuchlanish r hosil bo’ladi (72 – rasm).



72-rasm.

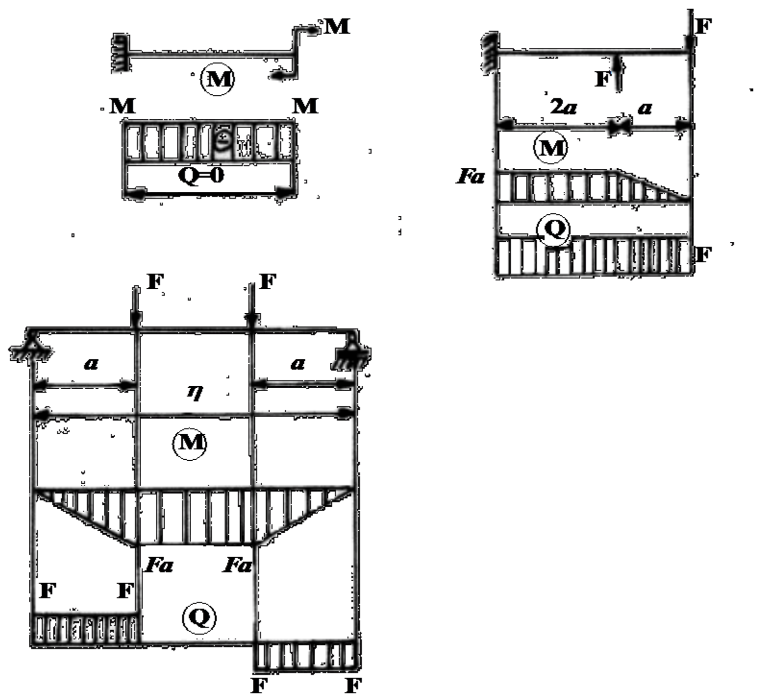
Vertikal tekislikda joylashgan S va Q kuchlari balkani x oraliqdagi *M=Fd* juft kuch momentini hosil qiladi. Juft kuch momenti M balkani m-n tekisligidagi kesim yuzasida normal kuchlanishlar G-ni keltirib chiqaradi.

Demak, balkani S tayanchidan x masofada joylashgan kesim yuzasida T va G kuchlanishlari hosil bo'lib, bu kuchlanishlar balkani bir kesimidan ikkinchi kesimiga uzatiladi. Berilgan balkani m-n kesimidan normal' kuchlanish G – ni topish uchun, shu kesimdagi urinma kuchlanishni qiymatini, uni kesim yuzadagi tarqalish xarakterini bilishimiz kerak. Kesim yuzasidagi T no'malum bo'lganligi uchun, normal kuchlanishli balkani bu kesimdagi kuchlanganlik holatidan foydalanib topib olmaymiz, chunki G va T o'zaro bog'lanishda. Demak ikkita kuchlanishdan bittasini topish uchun yoki bittasi berilgan bo'lishi kerak, yoki nol'ga teng bo'lishi kerak. Balkani x oraliqidagi m-n kesimida Q=C-F-0 yoki Tt-0 bo'lganligi uchun bu kesimda faqat M=Fd eguvchi moment yoki normal kuchlanishlar σ ta'sir qiladi. egilishdagi kuchlanish holatini ko'ndalang kuch nol'ga teng bo'lgan xususiy holi, sof egilish deyiladi.

Sof egilish uchastkasidagi eguvchi moment o'z qiymatini o'zgartirmaydi. (M=const) ko'ndalang kuch esa nol'ga teng (Q=0).

Demak urinma kuchlanish nol'ga teng bo'lib, faqat normal kuchlanishlar ta'siridagi balkani deformatsiyasi sof egilish ekan.

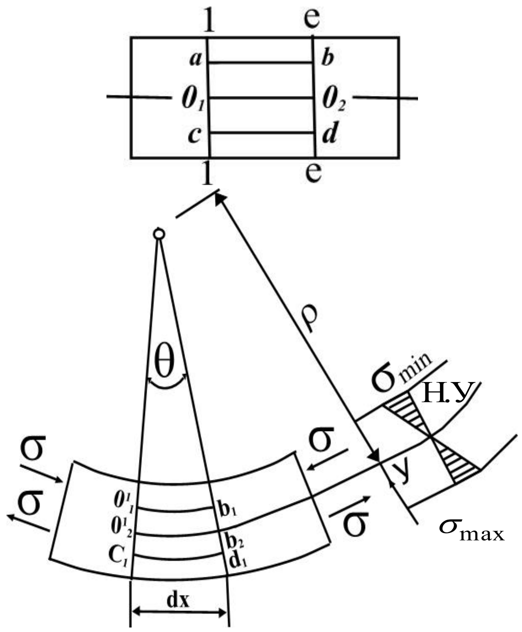
Quyidagi balkalar sof egilishlar bo'ladi (73-rasm).



73-rasm.

Normal kuchlanishni sof egilish holatidan foydalanib topamiz. Buning uchun quyidagi gipotezalardan foydalanamiz: balkaning deformatsiyasigacha tekis bo'lgan ko'ndalang kesim yuzasi deformatsiyadan keyin ham tekisligicha qoladi va bir-biriga nisbatan 0 burchakka buraladi

(74-rasm). O’zaro parallel’ bo’lgan chiziqlar egrilanadi va parallelligicha qoladi.



74-rasm.

YUqoridagi bo’ylama chiziqlar siqiladi, pastdagilari esa cho’ziladi. (Teskari holat ham mavjud); balkani materiali Guk qonuniga bo’ysunadi: cho’ziladigan va siqiladigan tolalar uchun E=const deb qabul qilinadi: tolalar bir-biriga bosim ko’rsatmaydi.

Demak, 74-rasmdagi *av* tola siqiladi, *cd* tola esa cho’ziladi. Siqiladigan va cho’zilgan tolalar orasidagi 0_1 0_2 tola cho’zishmaydi ham, siqilmaydi. SHuning 0_1 0_2 tolani uzunligi o’zgarmaydi, ya’ni 0_1 $0_2=0_1^1 0_2^2=dx$ (deformatsiyadan keyin). Balkani deformatsiyalanishida o’z uzunligini o’zgartirmaydigan tola neytral’ tola deyiladi. Neytral’ tola bilan ko’ndalang kesim kesishishidan hosil bo’lgan chiziq neytral’ o’q deyiladi.

74 - rasmdan cd tolani nisbiy uzatishini topamiz:

$$E = \frac{\Delta cd}{cd} = \frac{c_1 d_1 - dc}{cd} = \frac{c_1 d_1 - dx}{dx}$$

sxemadan $c_1 d_1=\theta(\rho+y)$; $dx=\theta\cdot\rho$

Unda $\xi = \frac{y}{\rho}$ ifodani $\sigma = E\cdot\xi$ Guk qonuniga keltirib qo’yilsa $\sigma = \frac{y}{\rho}\xi$ (6.5)

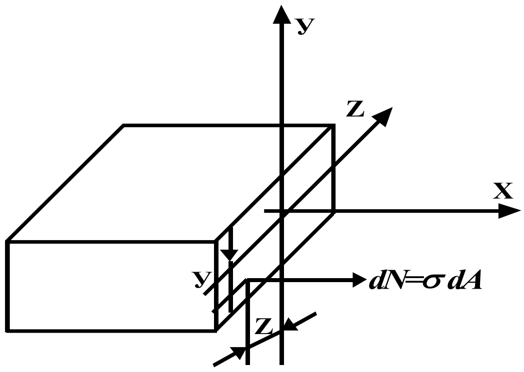
hosil bo’ladi. Bu formula yordamida normal kuchlanishni kesim yuzasining balandligi bo’ylab o’zgarish qonuniyatini aniqlash mumkin.

$$y = 0 \quad bo'lsa \quad \sigma = 0$$

$$y = y_{max} \quad bo'lsa \quad \sigma = \sigma_{max}$$

Demak, normal kuchlanish kesimini markazida, ya’ni neytral’ o’qda nol’ga teng va kesimni sirtida, ya’ni kesimni neytral o’qdan eng uzoqda joylashgan nuqtasida katta qiymatiga erishar ekan. Normal kuchlanishni bunaqa o’zgarish grafikasi to’g’ri chiziqdir (75-rasm).

(6.5) formuladan G-ni topish uchun, uni tashqi kuch yoki eguvchi moment bilan bog’lashimiz kerak. Buning uchun, balkadan ajratib olingan *dx* uzunlikdagi qismni tashqi kuch momenti M va ichki bo’ylama kuch *dN* ta’siridagi muvozanatni statikani tenglamalari yordamida tekshiramiz.



75-rasm.

Sof egilishdagi kesim yuzasidagi elementar dN bo’ylama kuchlarining ta’sir eguvchisi nolga teng bo’ladi.

$$\sum x = N = \int_o^A G dA = 0 \quad \text{yoki} \quad \int_o^A \frac{E}{\rho} y dA = 0$$

Integral ostidagi E/ρ - qiymat o’zgarmas miqdor va nolga teng bo’lmaganligi uchun, uni integral ishorasi oldiga chiqaramiz, va butun tenglikni shu qiymatga qisqartiramiz. Unda integral $\int^A yd = 0$ kesim yuzasining neytral o’q OZ – ga nisbatan statik momenti bo’lib, nolga tengdir. SHuning uchun OZ o’q kesim yuzasining og’irlik markazidan o’tadi.

Ichki bo’ylama kuch va moment M kesim yuzasi Y va Z o’qlariga proektsiya bermaydi. SHuning uchun $\sum Z = 0$ va Σy=0 tenglamalaridan foydalanamiz.

SHuningdek, dN va M-ni kesim yuzasini Ox va Ou o’qlariga nisbatan momentlari ham ayniyatga aylanganligi uchun $\Sigma M_x=0$ va $\Sigma M_y=0$ tenglamalaridan foydalanamiz.

Unda $\sum M_z = 0$ tenglamani tuzamiz:

$$M_z = \int^A dN \cdot y = \int^A G dA \cdot y = \int^A \frac{E}{\rho} y^2 dA = \frac{E}{\rho} \int^A y^2 dA$$

Bu ifodadagi integral balka kesim yuzasining OZ – o’qga nisbatan inertsiya momentini bildaradi:

$$\int^{A} y^2 dA = J_Z \quad \text{shunig uchun} \quad M_Z = \frac{E}{\rho} \cdot J_Z$$

yoki $\frac{1}{\rho} = \frac{Mz}{E \cdot Jz}$ - neytral qatlam egriligini (6.5)formulaga qo'yib $G = \frac{Mz \cdot J}{Jz}$ (6.6)

formulani hosil qilamiz.

(6.6) formula bilan ko'ndalang kesim yuzasida neytral o'qdan – masofadagi gorinzontal chiziqda yotuvchi istagan nuqtadagi kuchlanishni topish uchun ishlatiladi.

Agar, $y=y_{max}$ va $M_z=M_{max}$ bo'lsa

$$G_{max} = \frac{M_{max \cdot x} \cdot J_{max}}{Jz} \quad \text{yoki} \quad G_{max} = \frac{M_{max}}{\frac{J_Z}{y_{max}}} = \frac{M_{max}}{W_Z}$$

bu erda W_Z – kesimni OZ o'qiga nisbatan qarshilik momenti. egilishda normal kuchlanish bo'yicha mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$G_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leq [G] \qquad (6.7)$$

(6.7) formula asosida, materiallar qarshiligidagi uch xil masala echilishi mumkin.

1) Konstruktsiyaga qo'yilishi mumkin bo'lgan yukni qiymati topiladi:

$$M_{max} \leq [G]$$

2) Konstruktsiyani kesimi topiladi:

$$W \leq M_{max} \int [G]$$

3) Konstruktsiyani mustahkamlik sharti.

$$G_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leq [G]$$

Agar, balkani materialni cho'zilish va siqilishga har xil qarshilik ko'rsatsa, ya'ni $\lfloor G \rfloor_4 \neq [G]_c$ bo'lsa, unda

$$G_{max \cdot 4} = \frac{M_{max}}{W_1} \leq [G]_4$$

$$G_{max \cdot c} = \frac{M_{max}}{W_2} \leq [G]_c .$$

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Necha xil tayanch turlari mavjud.
2. Egilishda ichki kuch faktori deganda nimani tushunasiz.
3. Eguvchi moment, ko'ndalang kuch va yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differentsial bog'lanishini ko'rsating.

4. M - eguvchi moment, Q - ko'ndalang kuch ishoralarini ko'rsating.
5. Q va M - brusni o'qi bo'ylab o'zgarishi grafigini chizing.
6. Balkaga yoyilgan kuch intensivligi - q ta'sir qilgan oraliqda M - epyurani ko'rsating.
7. Egilish deganda nimani tushunasiz?
8. Sof egilish nima?
9. Neytral tola nima?
10. Egilishda normal kuchlanish formulasini yozing.
11. Egilishda normal kuchlanish bo'yicha mustahkamlik sharti nimaga teng?

TAYANCH IBORALAR

Tayanch, statik tenglama, moment, kundalang kuch, ichki kuch, eguvchi moment, ishora, differentsial bog'lanish, normal kuchlanish, mustahkamlik sharti, sof egilish, intensivlik tola.

MA'RUZA №11
EGILISHDA URINMA KUCHLANISHNI ANIQLASH

REJA:

1. Urinma kuchlanish to'g'risida tushunchalar.
2. Ko'ndalang kuch Q barcha ichki urinma kuchlanishlarni teng ta'sir qiluvchisi.
3. Kesimni neytral' o'qidan bir xil masofada joylashgan yuzalardagi urinma kuchlanishlar o'zaro tengligi.
4. Urinma kuchlanishlarni juftlik alomatiga ko'ra balkani ko'ndalang kesimiga perpendikulyar bo'lgan bo'ylama kesimida urinma kuchlanish hosil bo'lishi.
5. Tekis ko'ndalang egilish gipotezasiga asosan deformatsiyaga tekis bo'lgan ko'ndalang kesim yuzalari deformatsiyadan keyin qisman egrilanishi.
6. Ajratib olingan to'g'ri burchakli elementni gorizontal yuzadagi kuchlanishlari.
7. Normal kuchlanish teng ta'sir etuvchisi.
8. Ajratib olingan elementning muvozanat sharti.
9. Egilishda urinma kuchlanish formulasi.
10. Juravskiy formulasini turli kesimlarga tadbiq etish.

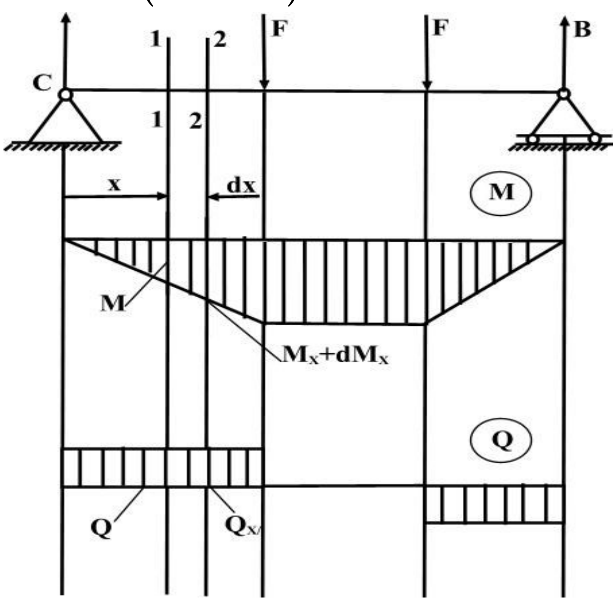
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335

2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo’yicha sirtdan o’qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko’rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

SHakli to’g’ri burchakli kesimning bo’ylama o’qiga perpendikulyar bo’lgan ko’ndalang yuzadagi urinma kuchlanishni topamiz (76-rasm). Sof egilishdan farqli bu yuzada ham normal *G* ham urinma kuchlanish *z* hosil bo’ladi, chunki balkani shu oraliqni eguvchi moment ham, ko’ndalang kuch ham nolga teng emas. Urinma kuchlanish to’g’risida quyidagi fikrlarni yuritamiz:

I) ko’ndalang kuch Q barcha ichki urinma kuchlanishlarni teng ta’sir qiluvchisi. Urinma kuchlanishlarini yo’nalishini ko’ndalang kuch Q yo’nalishi bilan mos tushadi (76-rasm).

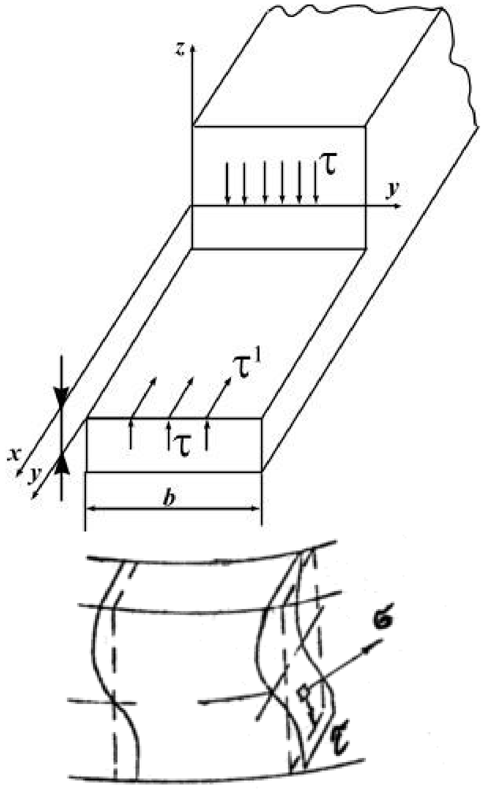


76-rasm.

II) Kesimni neytral’ o’qidan bir xil masofada, joylashgan yuzalardagi urinma kuchlanishlar o’zaro tengdir (77-rasm).

Urinma kuchlanishlarini juftlik alomatiga ko’ra, balkani ko’ndalang kesimga perpendikulyar bo’lgan bo’ylama kesimida urinma kuchlanishlar hosil bo’ladi (77rasm).

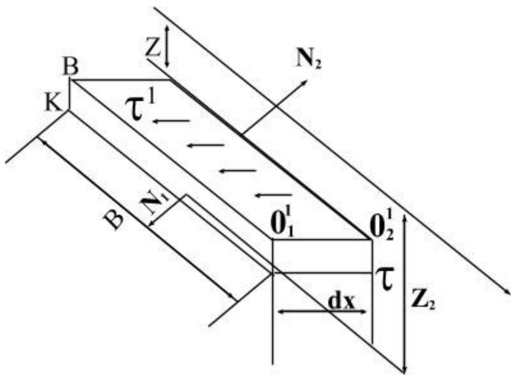
YA’ni:



77-rasm.

Demak, balkani bo'ylama o'qi yo'nalishda ham urinma kuchlanishlari hosil bo'lar ekan, balki tolalarni bir-biriga nisbatan siljitadi.

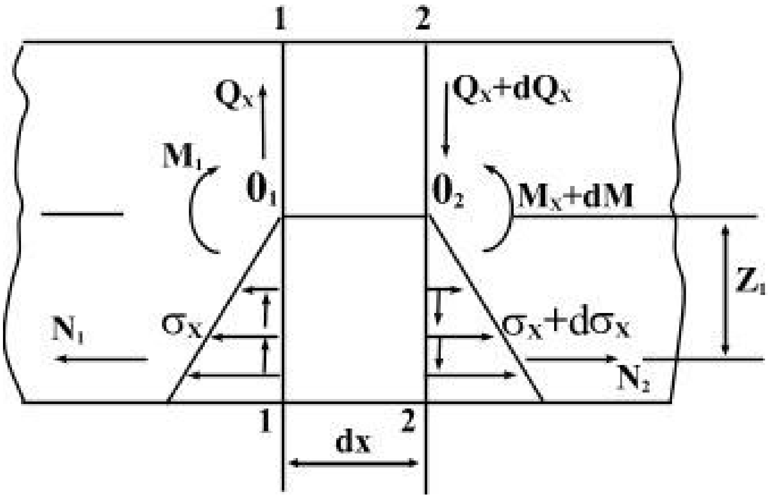
III) Tekis ko'ndalang egilish gipotezasiga asosan deformatsiyaga tekis bo'lgan ko'ndalang kesim yuzalar deformatsiyadan keyin qisman egrilanadi (78-rasm).



78 – rasm

Ko'ndalang kesimning bunday qisman egrilanishi normal kuchlanishning tarqalish qonuniyatiga ta'sir qilmaydi, chunki shuning uchun egilishda urinma kuchlanishini topishda tolalarni siljishi gipotezasi hisobga olinmaydi.

Egilishda urinma kuchlanish formulasini keltirib chiqarish uchun, balkani tayanch nuqtasidan x va kesimni neytral qatlamidan z masofadagi joylashgan dx elementar uzunlikda qismini ajratib olamiz (79-rasm).



79-rasm.

Ajratib olingan to'g'ri burchakli elementar gorizontal *BB1 V1 O2* yuzasi *r1* urinma kuchlanishlari: vertikal $BKO_1^1 1$ yuzasiN_1 va paralel yuzada N_2 kuchlari teng ta'sirda bo'ladi. $dt=r^1\, vdx$ balkani bo'ylama o'qiga paralel yo'naladi. *VS1* qirraga ta'sir qilayotgan N_1 buylama kuch VKO,1 quyidagi G_x kuchlanishlarining tong ta'sir qiluvchisi ya'ni

$$N_1 = \int GdA = \frac{M_X}{J_Y}\int_O^A E,dA$$

bu erda integral $\int^A Z_1 dA$ balkani integral qatlamidan z masofada ajratib olingan $BKO_1^1 1$ yuzani integral o'q *J* – ga nisbatan statik momenti, ya'ni

$$S_Y^0 = \int_0^A Z_1 dA$$

Unda $N_1 = \frac{N_X}{J_Y}\cdot S_Y^0$ hosil bo'ladi.

$B_1O_2^1$ qirraga ta'sir qilayotgan N_2 ichki bo'ylama kuch normal kuchlanishlarining teng ta'sir qiluvchisi, ya'ni

$$S_Y{}^o = \int^A z_1 dA$$

Unda $N_1 = \frac{Mx}{Jy}\cdot S_Y{}^o$ hosil bo'ladi.

V_1O_2 qirraga ta'sir qilayotgan N_2 ichki bo'ylama kuch $G_X + dG_X$ normal kuchlanishlarning teng ta'sir qiluvchisi, ya'ni

$$N_2 = \int_o^A (G_X + dG_X)dA = \frac{M_X + dM_X}{J_Y}\int^A Z_1 dA = \frac{M_X + dM_X}{J_Y} S_Y^o$$

Ajratib olingan elementni muvozanat shartiga yozamiz:

$$\sum X = N_1 + dt - N_2 = 0 \qquad \text{yoki}$$

$$\frac{M_X}{J_Y}\cdot S_Y{}^0+\tau^1 bdx\left(-\frac{M_X+dM_X}{J_Y}\right)\cdot S_Y=0$$

Ayrim soddalashtirishdan keyin

$$r=\frac{dM_X}{dx}\cdot\frac{S_Y^o}{Jy\cdot b}$$ hosil bo'ladi.

Agar $\frac{dMx}{dx}=Qx$ differentsial bog'lanishni hisobga olsak $\tau=\frac{Qx\cdot S_y^o}{Jy\cdot b}$ (6.8) egilishda urinma kuchlanish formulasi kelib chiqadi.

Buerda: - ajratib olingan elementi yuzasini ya'ni balkani neytral o'qidan masofadan pasda va balka kesimini chetki I nuqtasidan yuqorida qolgan BKO$_I$ I yuzasini balkani neytral o'qi -u- ga nisbatan statik momenti:

b – kuchlanishi tekshirilayotgan nuqtaning joylashgan kesim yuzasining eni.

Jy – balka kesim yuzasining neytral o'q -u- ga nisbatan inertsiya momenti.

(6.8) formula Juravskiy formula deyiladi.

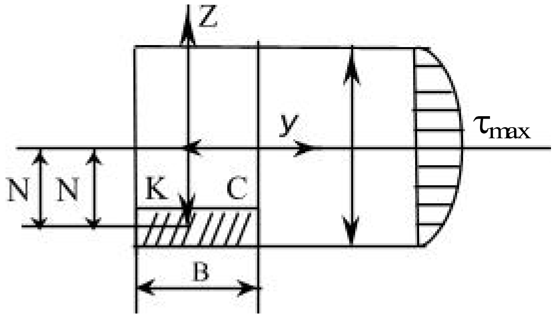
Demak, egilishda urinma kuchlanish $(Q_X=const\ \text{ва}\ \ Jy=const)$ kesimni balandligi bo'ylab kuchlanishi tekshirilayotgan nuqtaning o'rniga va shu nuqta joylashgan kesimning eni b – ga bog'liq ekan. Praktikada, hamma konstruktsiya qisimlarining kesimi ham balandligi bo'ylab o'zgarmas enli bo'lavermaydi. Demak, o'zgaruvchan enli kesimlarda τ, kesimni enini o'zgarishi nuqtasida ikki xil qiymatga ega bo'ladi.

(6.8) formulaga asosan, τ kesimni balandligi bo'ylab egri chiziqli qonuniyat bilan o'zgaradi.

76 – rasmdan ko'rinishicha Z masofa qanchalik kichik bo'lsa, VKS I yuza shuncha kattalashadi, unda, yuzani *u* o'qiga nisbatan momenti ham kattalashadi. Demak, kuchlanishi tekshirilayotgan nuqta neytral o'qga yaqinlashgan sayin undagi urinma kuchlanish τ ham kattalashar ekan. Agar kuchlanish tekshirilayotgan nuqta V yoki O nuqtalar neytral' o'qdan eng uzoqda joylashgan, ya'ni V nuqta A nuqta bilan ustma-ust tushsa, uning ajratilgan elementi yuzasi nol'ga teng bo'ladi, VKS o'qiga nisbatan statik momenti ham nolga teng bo'ladi. Demak, Z - Z_{max} nuqtasi, ya'ni kesimni chetki nuqtasida urinma kuchlanish nolga teng bo'lar ekan. YUqoridagi fikrlarga asosan, urinma kuchlanish kesimni neytral qatlamida eng katta qiymatga va kesimni chetki nuqtalarida nol' qiymatga erishar ekan.

JURAVSKIY FORMULASINI TURLI KESIMLARGA TADBIQ eTISH

I. To'g'rito'rtburchak



80-rasm.

To'g'ri burchakli kesimda urinma kuchlanishni tarqalish qonuniyatini aniqlash uchun Juravskiy formulasidan foydalanamiz:

$$\tau = \frac{Q \cdot S_Y^0}{S_Y^0}$$

bu erda S_Y^0 - tug'riburchakni kesim yuzasidan ajratilgan VKSD shtrixlangan yuzani *u* – o'qiga nisbatan statik momenti, ya'ni:

$$S_Y^0 = A_{BKCD} Z_1;$$

$A_{BKCD} = b(\frac{h}{2} - z)$; ajratilgan VKSD shtrixlangan yuza:

$z_1 = \frac{h}{2} - \frac{1}{2}(\frac{h}{2} - z)$ - ajratilgan VKSD yuzaning og'irlik markazidan *u* – o'qigacha bo'lgan masofa.

Unda $$S_Y^0 = b(\frac{h}{2} - z)\left[\frac{h}{2} - \frac{1}{2}(\frac{h}{2} - z)\right] = \frac{b}{2}(\frac{h^2}{4} - z^2)$$

$J_y = \frac{bh^2}{12}$ - to'g'rito'rtburchakni markazini o'qiga nisbatan inertsiya momenti.

Unda $$\tau = \frac{Q \cdot \frac{b}{2}\left[\frac{h^2}{4} - z^2\right]}{\frac{bh^3}{12}} = \frac{6Q(\frac{h^2}{4} - z^2)}{bh^2} \qquad (6.9)$$

Bu erda $0 \le z \le \frac{h}{2}$

Agar $z = 0$ bo'lsa $\tau = \tau_{\max} = \frac{3Q}{2bh}$ va $z = \frac{h}{2}$ bo'lsa $\tau = 0$

(6.9) formula z masofa ikkinchi darajada, shuning uchun τ to'g'rito'rtburchakni balandligi bo'ylab parabola qonuniyat bilan o'zgaradi, to'g'rito'rtburchakni chetki nuqtalarida τ nol' qiymatga va neytral' qatlamida eng katta qiymatga erishadi.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Urinma kuchlanish to'g'risida tushuncha bering.

2. Ko'ndalang kuch barcha ichki urinma kuchlanishlari teng ta'sir qiluvchisini ko'rsating.
3. Kesimni neytral' o'qidan bir xil masofada joylashgan yuzalardagi urinma kuchlanishlar o'zaro tengligini ko'rsating.
4. Urinma kuchlanishlarni juftlik alomatiga ko'ra balkani ko'ndalang kesimiga perpendikulyar bo'lgan bo'ylama kesimida urinma kuchlanish hosil bo'lishi mumkinmi.
5. Tekis ko'ndalang egilish gipotezasiga asosan deformatsiyasiga tekis bo'lgan ko'ndalang kesim yuzalar deformatsiyadan keyin qisman egrilanishini ko'rsating.
6. Ajratib olingan to'g'ri burchakli elementni gorizontal yuzadagi kuchlanishlari nimaga teng bo'ladi.
7. Normal kuchlanishni teng ta'sir etuvchisini ko'rsating.
8. Ajratib olingan element uchun muvozanat shartini yozing.
9. Egilishda urinma kuchlanish formulasi nimaga teng.
10. Juravskiy formulasini turli kesimlarga tadbiq eting.

TAYANCH IBORALAR

Urinma kuchlanish, statik moment, bo'ylama kuch, muvozanat sharti, differentsial bog'lanish, kesim, inertsiya momenti, kesim yuza, mustahkamlik sharti.

MA'RUZA №12
EGILISHDA BALKALARNI KO'CHISHINI ANIQLASH

REJA:

1. Salqilik va kesimni aylanish burchagi haqida tushuncha.
2. Θ - orasidagi matematik bog'lanish.
3. Balka egilgan o'qining differentsial tenglamasi.
4. Boshlang'ich parametrlar usuli Universal formula.
5. Balkani deformatsiyasiga ta'sir qilmagan holda uni sxemasini o'zgartirishda elastik egilgan o'qning differentsial tenglamasini integrallashdagi cheklanishlar.
6. Balkani har bir uchastkalari uchun egilgan differentsial tenglamani tuzish va integrallash.
7. Egilishda ko'chishni topishni grafo analitik usuli.

8. Balka egilgan o'qining taqribiy differentsial tenglamasi.
9. Soxta balkani tanlash shartlari.
10. Soxta balkaning haqiqiy balkadan farqi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Balkani biror inertsiya o'qi tekisligida tashqi kuch bilan yuklansa, uni o'qi shu inertsiya o'qi tekisligida egri bo'ladi, ya'ni tekis egilish sodir bo'ladi. Unda V nuqta V_1 holatga ko'chadi (81-rasm). Bu ko'chish R kuch yo'nalishida sodir bo'lib, balkani salqilligi deyiladi. salqillik – u – harfi bilan belgilanadi. Balka egri o'qining tenglamasi $y = f(x)$. egilishgacha tekis bo'lgan balkaning kesimi deformatsiyadan keyin ham tekisligicha qolib, o'zining boshlang'ich holatiga nisbatan θ burchakga aylanadi. SHuning uchun burchak θ – balka kesimini aylanish burchagi deyiladi. U va 0 abtsissaning funktsiyasidir. Balkani har bir kesimi uchun U bilan θ orasida matematik bog'lanish bor:

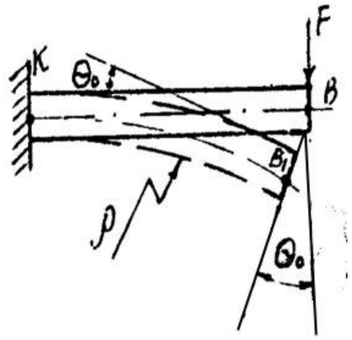
$$td\theta = \frac{dy}{dx}$$

Burchak θ – ni juda kichik miqdor ekanligini hisobga olsak $td\theta = 0$ yoki $\theta = \frac{dy}{dx}$

Demak, balkani xar bir kesimini aylanish burchagi θ shu kesimdagi salkilik *U* dan abtsissa bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng ekan. SHuning uchun, balkani deformatsiyasini o'rganish uni egilgan o'qining tenglamasini tuzish va hosil bo'lgan tenglamani differentsiallash usuli bilan balkani xoxlagan kesimini aylanish burchagini topish mumkin ekan.

BALKANI eGILGAN O'QINING DIFFERENTSIAL TENGLAMASI

Salqilik U – ni abtsissasini funktsiyasi ko'rinishida hosil qilish uchun, balkani deformatsiyasini tashqi kuch balan bog'lash kerak.



81-rasm.

SHunaqa bog'lanish birinchidan balkani egirilik radiusi bilan eguvchi moment, balka materialinig elastiklik moduli va balka kesimini inertsiya momenti orasidagi bog'lanish va ikkinchidan egrilik radiusi ρ bilan uni X va U koordinatalari orasidagi bog'lanishlar; ya'ni

$$\frac{1}{\rho}=\frac{M}{EJ} \text{ va } \frac{1}{\rho}=\pm\frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\sqrt{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^3}} \text{ unda } \frac{M}{EJ}=\pm\frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\sqrt{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^3}} \quad (6.11)$$

(6.11) formulada balka egilgan o'qining dafferentsial tenglamasi. Praktkadagi burchak $\theta=dy/dx$ kichik miqdordir. SHunig uchun uni kvadrati yani ham kichik bo'ladi. Demak, (6.11) formuladagi $\left(dy/dx\right)^2$ ifodani birga nisbatan hisobga olmasak ham bo'ladi.

$$\text{Unda } \frac{d^2y}{dx^2}=\pm\frac{M}{EJ} \quad (6.12)$$

Bu formula balka egilgan o'qning taqribiy dafferentsial tenglamasi deyiladi.

(6.12) tenglamani ishorasi M – eguvchi momentni ishorasiga bogliq balka egilgan o'qning dafferentsial tnglamasidan salkilik tenglamasi $y=f(x)$ ni hosil qilish uchun, (6.12) tenglamani integrallash kerak. (6.12) tenglamani birinchi integrali.

$$EJ\frac{dy}{dx}=\int mdx+c \text{ va ikkinchi tartibli integrali}$$

$$EJ\cdot y=\int dx\int Mdx+cx+D \text{ ko'rinishda bo'ladi.}$$

SHunday qilib, kesimni aylanish burchagi

$$\theta=\frac{1}{EJ}\left[\int Mdx+c\right] \quad (6.13)$$

va salqilik
$$Y=\frac{1}{EJ}\left[\int dx\int Mdx+cx+D\right] \quad (6.14)$$

tenglamani hosil qilamiz.

Buerda S va D – integrallash doimiyliklari, balka uchlarini tiralish shartlaridan foydalanib topadi.
Masalan: Agar, M=FX bo’lsa aylanish burchagi va salkilik tenglamalari quyidagicha ko’rinishga keladi:

$$\theta = \frac{1}{EJ}\left[-F\frac{X^2}{2} + c\right] \quad \text{(a)} \quad \text{va} \quad Y = \frac{1}{EJ}\left[-F\frac{X^3}{6} + cx + D\right] \quad \text{(b)}$$

Integrallash doimiyliklari S va D – ni topish uchun balka uchlarining tralish shartlaridan foydalanamiz:
Agar, x=0 bo’lsa, (a) tenglamadan

$$\theta = \theta_B = \theta_O = \frac{C}{\mathrm{EJ}} \text{ yoki } C = \theta_6 EJ \text{ (v)}$$

Demak, integrallash doimiyligi S balka boshlangich kesimning aylanish burchagi θo – ni balkani bikirligi EJ – ga ko’paytmasiga teng ekan. (v) tenglamadan θo burchak noma’lum bo’lganligi uchun S ham noma’lumligicha qoladi.
(b) tenglamadan

$$y = y_B = y_O = \frac{D}{EJ} \qquad \text{yoki} \qquad D = y_O EJ \quad \text{(g)}$$

Demak, integrallash doimiyligi D balka boshlangich nuqtasining salkiligi Yo – ni balkani bikirligi EJ – ga ko’paytmasiga teng ekan.

Agar, $X \pm \ell$ bo’lsa, (a) tenglamadan $\theta = \theta_K = o$ va (b) tenglamadan $y = y_K = o$ hosil bo’ladi.

Unda $c = \frac{F\ell^2}{2}$ ifodani hisobga olsak $D = \frac{F\ell^3}{6} - \frac{F\ell^2}{2}, \ell = -\frac{F\ell^3}{3}$

S va D integrallash doimiyliklarini (a) va (b) tenglamalarga keltirib qo’ysak

$$\theta = \frac{1}{EJ}\left[-F\frac{X^2}{2} + \frac{F\ell^2}{2}\right] \quad \text{va} \quad y = \frac{1}{EJ}\left[-F\frac{X^3}{6} + F\frac{\ell^2}{2}X - F\frac{\ell^3}{3}\right] \text{ hosil bo’ladi.}$$

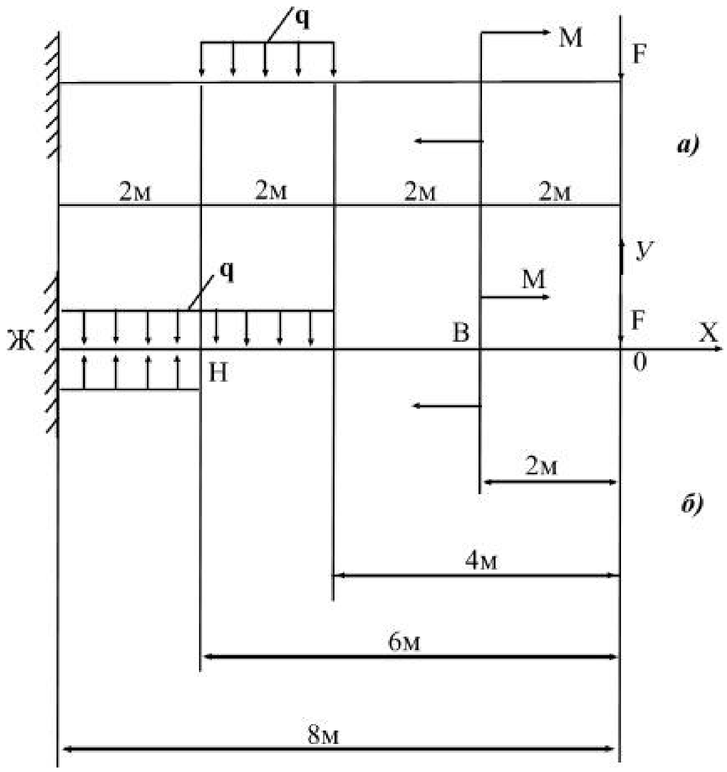
Bu tenglamalardan X – ni turli qiymatlarida balkani uzunligi bo’ylab θ va U-lar topiladi.

BOSHLANG’ICH PARAMETRLAR USULI. UNIVERSAL FORMULA

Uzunligi bo’ylab bir necha uchastkalardan iborat bo’lgan har qanday balka uchun ham θ va ularni aniqlashda taqribiy differentsial tenglamani tadbiq etish foydali bo’lavermaydi. CHunki, n-ta uchastkadan iborat balkani deformatsiyasini aniqlash uchun n-ta taqribiy dafferentsial tenglama tuzish kerak. Bu tenglamalarni integrallash natijasida 2n-ta integrallash doimiyliklari hosil bo’ladi, va masalani echish murakkablashadi. SHuning uchun, uzunligi bo'ylab ikkita va undan ko'proq uchastkalardan iborat balkalarda elastik egilgan o'qning differentsial tenglamasini tadbiq etish va undagi doimiyliklarni aniqlash ancha murakkab noqulaydir. Agar, balkani deformatsiyasiga ta'sir qilmagan holda uni sxemasini o'zgartirishda va elastik egilgan o'qning differentsial tenglamasini integrallashda ayrim cheklanishlarni qabul qilsak, differentsial tenglamalardagi 2n-ta noxmalum 2-taga qadar kamaytirish mumkin. Buning uchun quyidagi cheklanishlarni qabul qilamiz:

1) balkani xOu koordinata sistemasiga joylashtiramiz va balkani boshlang'ich nuqtasini holatini aniqlaymiz;
2) balkani oraliq masofalarini, koordinata boshidan ma'lum tartibda jylashtiramiz (82-rasm b);
3) balkani biror uchaskasidagi yoyilgan kuch intensivligini ta'siri, balkani oxirigacha davom etmasa, balkani shu orliqlarini o'zaro teng va qrama-qarshi yo'nalgan yoyilgan intensivligi bilan to'ldiramiz. (82-rasmda-chiziq);
4) juft kuch momenti mx^{o} ko'rinishida yozamiz;
5) differentsial tenglamani integrallashda – qavslarni ochmaymiz. Integrallashni quyidagicha bajaramiz;

$$\int (x-a)^{\Pi} dx = \frac{(x-a)^{n+1}}{n+1}$$



82-rasm. a) berilgan balka b) o'zgartirilgan balka

Balkani har bir uchastkalari uchun egilgan differentsial tenglamasini tuzamiz va integrallaymiz:

$$EJ\cdot y_4^1=-F\frac{x_4^2}{2}-M(x_4-2)^1-q\frac{(x_4-4)^3}{6}+q\frac{(x_4-6)^3}{6}+C_4$$

$$EJ\cdot y=-F\frac{x_4^3}{6}-M\frac{(x_4-2)^2}{2}-q\frac{(x_4-4)^4}{24}+q\frac{(x_4-6)^4}{24}+C_4x_4+D_4$$

Barcha integrallash doimiyliklari tengligidan foydalanib balkani oxirgi uchastkasi uchun differentsial tenglamani quyidagicha yozamiz:

$$0=0_0+\left[-F\frac{x^2}{2}-M(x-2)^1-q\frac{(x-4)^3}{6}+q\frac{(x-6)^3}{6}\right]$$

va $y=y_0+0_0x+\frac{1}{EJ}\left[-F\frac{x^3}{6}-M\frac{(x-2)^2}{2}-q\frac{(x-4)^4}{24}+q\frac{(x-6)^4}{24}\right]$

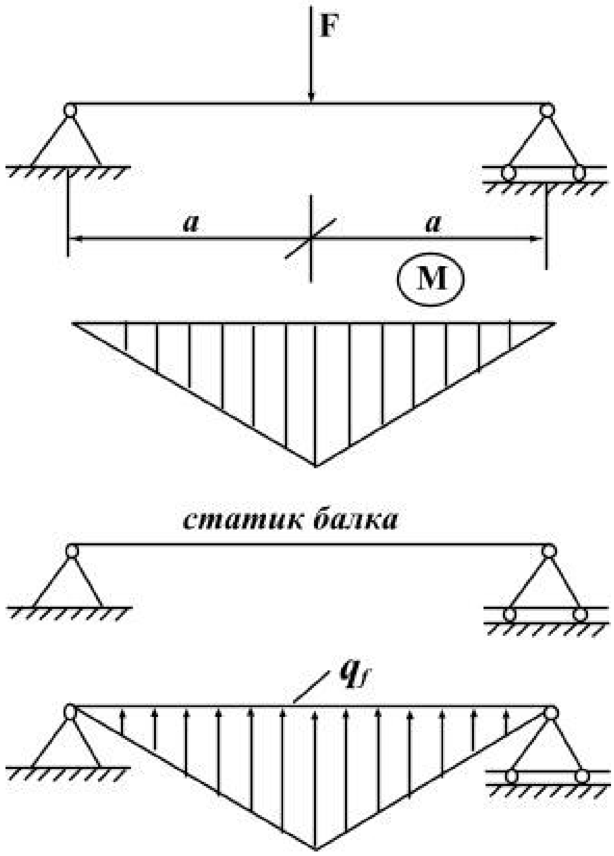
Hosil bo'lgan tenglama universal formula deyiladi. Formulani universalligi, uni balkani uzunligi bo'ylab hamma uchastkalarini hisobga olishadi. Balkani qaysi uchastkasining deformatsiyasini o'rganish kerak bo'lsa, universal formulada – shu uchastkadagi kuchlar qoldiriladi: boshqa kuchlar esa tashlab yuboriladi. Balkani barcha uchastkalari uchun – Q_0 va y_0 – lar umumiydir.

EGILISHDA KO'CHISHNI TOPISHNI GRAFOANALITIK USULI

Grafoanalitik usul bilan balkani tanlangan kesimini salqilligi va aylanish burchagini aniqlash. Bu usulni analitik tomoni balka egilgan o'qining taqribiy differentsial teng asoslangan, ya'ni

$$\frac{d^2(EJ\cdot y)}{dx^2}=EJ\frac{d^2y}{dx^2}=M \qquad (6.15)$$

bu erda M – berilgan balkani eguvchi momenti (83-rasm).



83-rasm.

Masalani grafik tomonini yoritish uchun soxta balka va soxta kuch tushunchalarini kiritamiz. Soxta balka haqiqiy balkadan farq va *u* soxta kuch intensivligi – qt, ya'ni haqiqiy balkani eguvchi momentining epyurasi bilan yuklaymiz. Demak, soxta kuch miqdor jihatdan eguvchi momentga teng ekan, ya'ni $M = qt$. Soxta kuch intensivligi qt, haqiqiy balkani eguvchi moment orasidagi diffrentsial bog'lanishni haqiqiy balkadagi "M" va "q" orasidagi bog'lanish asosida yozamiz:

$$\frac{d^2 Mt}{dx^2} = qt \qquad (6.16)$$

$qt = M$ tenglikni hisobga olsak, (6.15) va (6.16) tenglamalarni solishtirib quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$\frac{d^2 (EJ \cdot y)}{dx^2} = \frac{d^2 Mt}{dx^2} \qquad (6.17)$$

(6.17) formulani integrallab, ixtiyoriy o'zgarmas chap va o'ng tomon integrallash homiylarini o'zaro tenglashtirsak, quyidagi formulalarni hosil qilamiz:

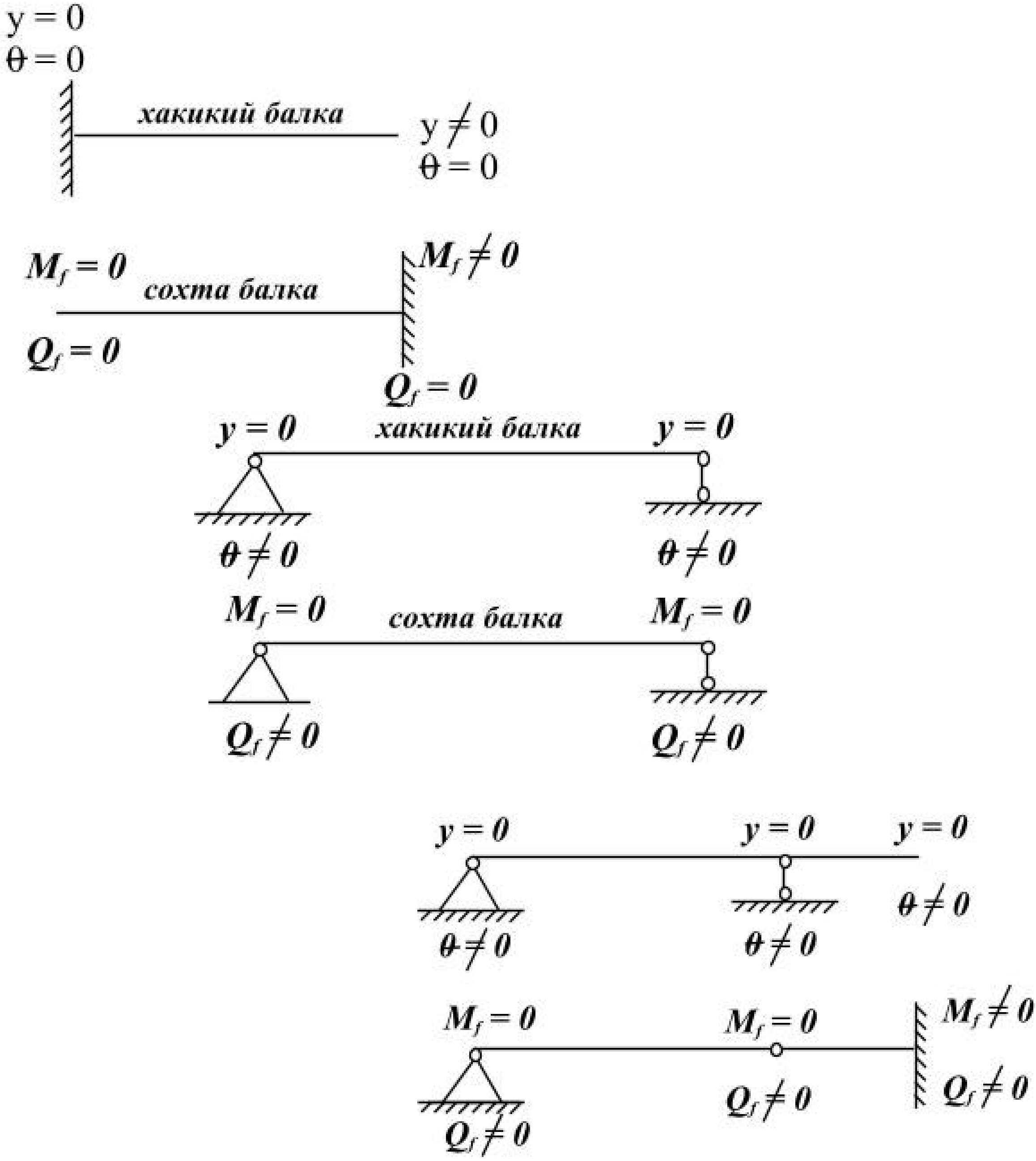
$$\frac{d(EJ \cdot y)}{dx} = EJ \cdot 0 = \frac{dMt}{dx}$$

va $EJ \cdot y = Mt$

Berilgan tashqi kuch ta'siridan haqiqiy balkani ixtiyoriy kesimni aylanish burchagi 0 - soxta balkani shu kesimdagi ko'ndalang kuchni haqiqiy balkani bikrligiga bo'linmasiga teng:

$$y = \frac{Mt}{EJ} \qquad (6.19)$$

Haqiqiy balkani tanlangan kesimmni aylanish burchagini va salqilligini aniqlash uchun soxta balkani shu kesimidagi soxta ko'ndalang kuch va soxta eguvchi momentini aniqlash kerak ekan. Soxta balkani tanlash shartlari:



1-Masala. (Sxema –a) *Mx va Qx e*pyuralari qurilsin.

84-rasm.

Echish:

Konsol′ balkani x_1 uzunligida yuqoriga yo′nalgan tuplanma kuch F va pastga yo′nalgan teng tarqalgan yoyilgan kuch q ta′sir qiladi.

Ichki kuch faktorlari:

$Mx_1 = Fx_1 - q\frac{x_1^2}{2}$ va $Qx_1 = -F + qx_1$

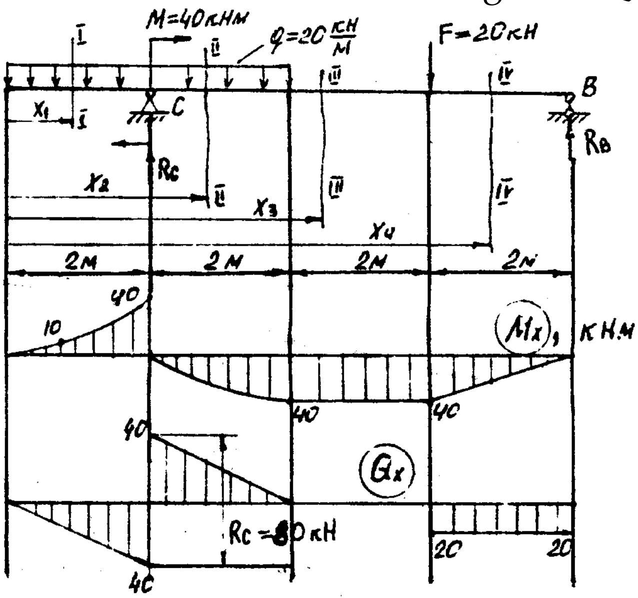
$x_1 = 0$ da $Mx_1 = 0$ va $Qx_1 = -5kH$

$x_1 = 1м$ da $Mx_1 = 2{,}5kH$ va $Qx_1 = 0$

$x_1 = 2м$ da $Mx_1 = 0$ va $Qx_1 = 5kH$

$x_1 = 3м$ da $Mx_1 = 7{,}5kHм$ va $Qx_1 = 10kH$

Masla 2. eguvchi moment M_x va ko′ndalang kuch Q epyuralari qurilsin.



85-rasm.

Echish:

Po'latdan tayyorlangan balka S va V nuqtalarida tayanchga tiralib turgan Rs va Rv reaktsiya kuchlarini topish uchun sistemani muvozanat holatini kanoatlantiruvchi statikani moment tengalamasidan foydalanamiz.

$\Sigma M_C = M + F_1 4 + q\frac{4}{2} - q\frac{4}{2} - R_B \cdot 6 = 0$ bu erdan $R_B = 20kH$

$\Sigma M_B = R_C \cdot C + M - F \cdot 2 - q \cdot 4(\frac{4}{2} + 4) = 0$ bu erdan $R_C = 80KH$

Tekshirish: $\Sigma У = R_C + R_B - F - 4q = 0$ yoki $80 + 20 - 20 - 4 \cdot 20 = 0$

Endi balkani oraliq uchastkalarga bo'lib eguvchi moment va ko'ndalang kuch o'zgarish grafikasini (epyurasini) quramiz. I-I va II-II uchastka oraliqlarda M_x yoyilgan kuch intevsivligi bilan ikkinchi darajali bog'lanishda. SHuning uchun M_x – ni uchta qiymatini topamiz.

I-I uchastka $0 \le x_1 \le 2м$

Eguvchi moment $Mx_1 = -q\frac{x_1^2}{2}$ va ko'ndalang kuch $Q_x = -qx_1$ tenglamalarini tuzamiz:

agar $x_1 = 0$ bo'lsa $Mx_1 = 0$ va $Qx_1 = 0$

agar $x_1 = 1м$; $Mx_1 = -10кНм$; $Qx_1 = -20кН$ va

$x_1 = 2м$ bo'lsa $Mx_1 = -40кНм$; $Qx_1 = -40кН$ bo'ladi.

II-II uchastka $2 \le x_1 \le 4м$

$$Mx_2 = -q\frac{x_2^2}{2} + Rc(x_2 - 2) + M; \qquad Qx_2 = Rc - qx_2$$

Eguvchi moment tenglamasidan juft kuch M qatnashganligi uchun Mx_2 epyurasida x_2=2x kesimda M=40 kNm kiymatga teng sakrash bo'ladi.

$$x_2 = 2м; \quad Mx_2 = 0; \quad Qx_2 = 40кН$$
$$x_2 = 4м; \quad Mx_2 = 40кНм; \quad Qx_2 = 0$$

III-III uchastka $4 \le x_3 \le 6м$

$$Mx_3 = Rc(x_3 - 2) - 4q(x_3 - 2) + M \quad \text{va}$$

$$Qx_3 = Rc - 4q = 80 - 4 \cdot 20 = 0,$$

ya'ni ko'ndalang kuch III-III uchastka oralig'ida nolga teng ekan. Demak, Mx ni kiymati $4 \le x_3 \le 6м$ oraliqda o'zgarmas va abtsissaga parallel' joylashadi.

$x_3 = 4м$ da $Mx_3 = 40кНм$

va $x_3 = 6м$ da $Mx_3 = 40кНм$

IV-IV uchastka $6 \le x_4 \le 8м$

Eguvchi moment tenglamasini tuzamiz.

$$Mx_4 = Rc(x_4 - 2) - 4q(x_4 - 2) - F(x_4 - 6)$$

Ko'ndalang kuch tenglamasini tuzamiz.

$$Qx_4 = Rc - 4q - F = 80 - 4\cdot 20 - 20 = -20кН$$

$x_4 = 6м$ da $Mx_4 = 40кНм$ va $Qx_4 = -20кНм$

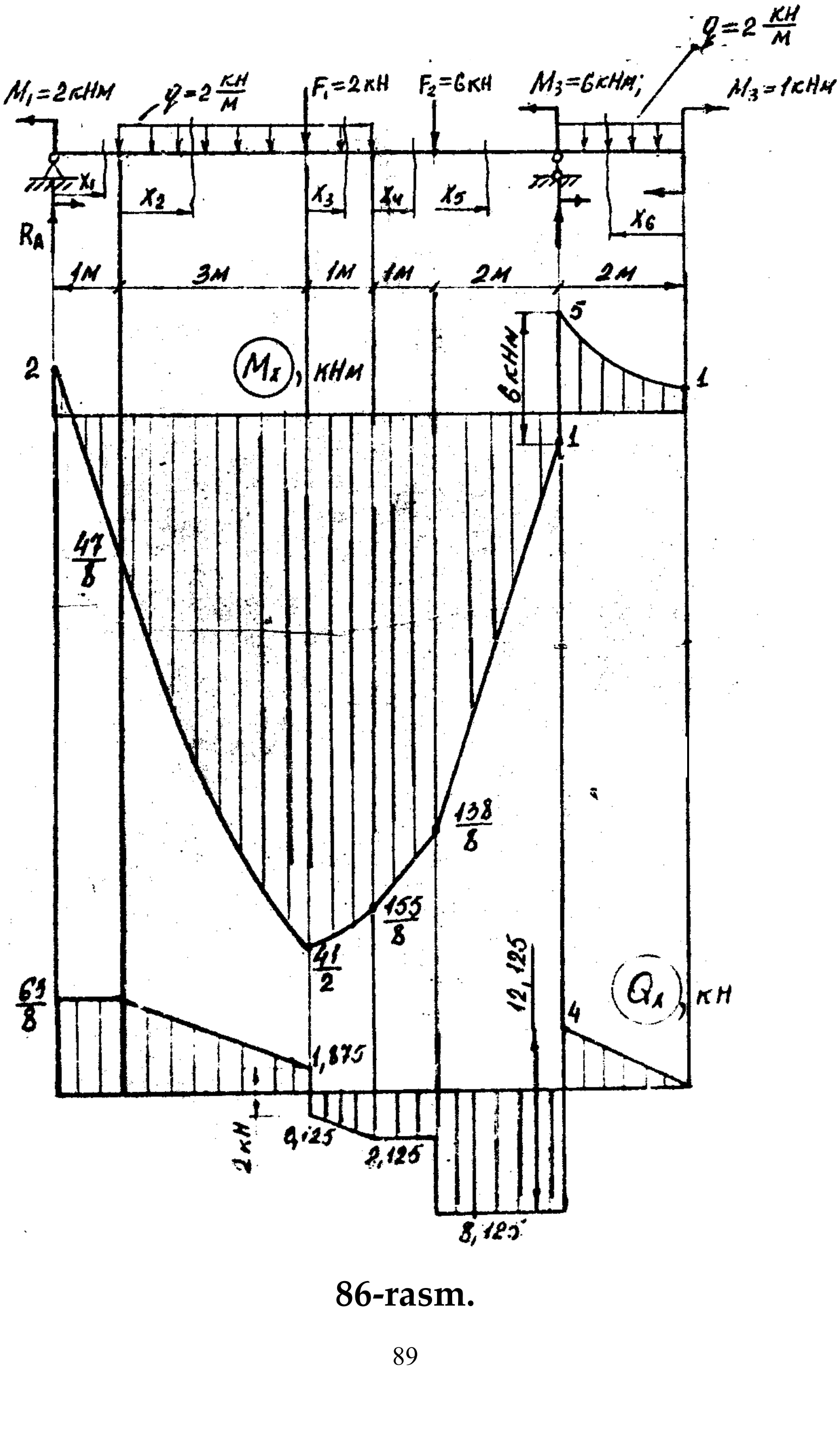
$x_4 = 8м$ da $Mx_4 = 0$ va $Qx_4 = -20кНм$

Eng katta eguvchi moment $Mx_4 = 40кНм$. egilishda normal kuchlanish bo'yicha mustahkamlik shartiga asosan qo'shtavrli kesim tanlaymiz:

$$Wx = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{40\cdot 10^3}{160\cdot 10^6} = 0{,}25\cdot 10^{-3}\,м^3$$

Tablitsa №1 (2. 418 bet)ga asosan $W_T = 0{,}254\cdot 10^{-3} м^3$ (qo'shtavr №22)qabul qilamiz.

3-Masala. 86–rasmdagi berilganlarga ko'ra "M" va "Q" epyuralari qurilsin.



86-rasm.

Echish.

Reaktsiya kuchlarini balkani muvozanat shartlaridan foydalanib topamiz:

$$\Sigma M_A = -M_1 + 4q(\frac{4}{2}+1) + F_1 4 - M_2 + 2q(\frac{2}{2}+8) + M_3 - R_B \cdot 8 = 0 \quad \text{va} \quad R_B = 12{,}125 кн$$

$$\Sigma M_B = -M_1 - 4q(\frac{4}{2}+3) - F_1 4 - F_2 2 - M_2 + q\frac{4}{2} + M_3 + R_A \cdot 8 = 0 \quad \text{va} \quad R_A = \frac{63}{8} кн$$

Balkani oraliq uchastkalarga bo'lib eguvchi moment M va ko'ndalang kuch tenglamalarini tuzamiz (86-rasm):

I-I uchastka $\quad 0 \le x_1 \le 1м$

$$Mx = R_A x_1 - M_1 \quad \text{va} \quad Q_1 = R_a = \frac{63}{8}, кн$$

$x_1 = 0$; bo'lsa $Mx_1 = -2кНм$ va

$x_1 = 1м$, $Mx_1 = 47/8, кНм$;

II-II uchastka $\quad 0 \le x_1 = 3м$

$$Mx_2 = R_A(1+x_2) - M_1 - qx_2^2/2 \quad \text{va} \quad Q_2 = R_A - qx_2$$

$x_2 = 0$ bo'lsa $Mx_2 = \frac{47}{8}, кНм$ va $Q_2 = \frac{63}{8}, кн$

$x_2 = 3м$; $\quad Mx_2 = \frac{41}{82}, кНм$; $\quad Q_2 = 1{,}875, кн$

III-III uchastka $\quad 0 \le x_3 \le 61$

$$Mx_3 = R_A(4+x_3) - M_1 - 3q(\frac{3}{2} - x_3) - q\frac{x_3^2}{2} - F_1 x_3$$

$$Qx_3 = R_A - 3q - qx_3 - F_1$$

$x_3 = 0;$ $\quad Mx_3 = \frac{41}{2} кНм$; $\quad Q_3 = -0{,}125 кН$

$x_3 = 1м$; $\quad Mx_3 = \frac{155}{8} кНм$; $\quad Q_3 = -2{,}125 кН$.

IV-IV uchastka $\quad 0 \le x_4 \le 4м$

$$M_4 = R_A(5+x_4) - M_1 - 4q(2+x_4) - F_1(1+x_4)$$

$$Q_4 = R_A - 4q - F_1 = \frac{63}{8} - 2\cdot 4 - 2 = -2{,}125 кН$$

$x_4 = 0$; $\quad Mx_4 = \frac{155}{8}, кНм$

$x_4 = 1м$; $\quad Mx_4 = \frac{138}{8}, кНм$.

V-V uchastka $\quad 0 \le x_5 \le 2м$

$$M_5 = R_A(6+x_5) - M_1 - 4q(3+x_5) - F_1(2+x_5) - F_2 x_5$$

$$Q_5 = R_A - 4q - F_1 - F_2 = \frac{63}{8} - 2\cdot 4 - 2 - 6 = -8{,}125 кН$$

$x_5 = 0$; $\quad Mx_5 = \frac{138}{8} кНм$; $\quad x_5 = 2м$; $\quad Mx_5 = 1 кНм$.

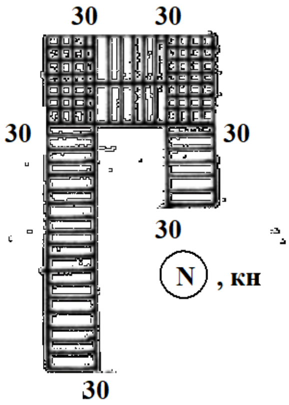
VI-VI uchastka $0 \le x_6 \le 2м$

$$M_6 = -M_3 - q\frac{x_6^2}{2}; \qquad Q_6 = q \cdot x_6$$

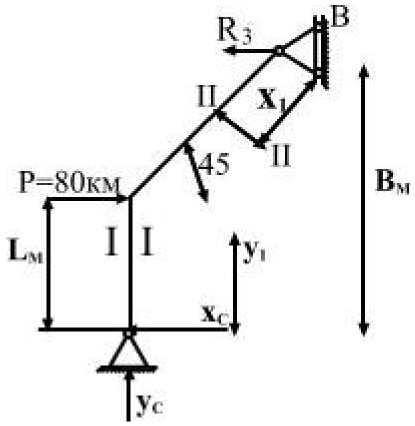
$$x_6 = 0; \qquad M_6 = -1кНм; \qquad Q_6 = 0$$

$$x_6 = 2м; \qquad M_6 = -5кНм; \qquad Q_6 = 4кН$$

Balkani oraliq uchastkalarida ko'nadalang kuch bo'lsa, eguvchi moment M_x o'suvchi, agar Q<0 bo'lsa, M_x kamayuvchi bo'ladi. YOyilgan kuch intensivligi Q ta'sir qilgan uchastkalarda eguvchi moment egri chiziq (parabola) qonuni bilan o'zgaradi. Q kuch musbat ishoradan manfiy ishoraga o'tish nuqtasida eguvchi moment *max*. qiymatga erishadi. Juft kuch M ta'sir qilish nuqtasida eguvchchi moment epyurasida, shu juft kuch miqdoriga teng sakrash bo'ladi. Tashqi kuch F qo'yilgan nuqtada Q kuch epyurasida F kuchga teng sakrash bo'ladi. YUqorida aytilgan mulohazalarni hisobga olib M_x va Q_x – larni epyurasini quramiz (86 – rasm).



4 -Masala.

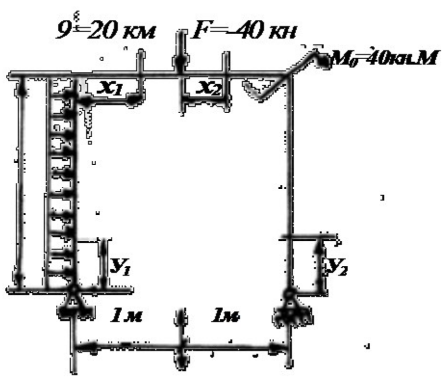


Berilgan siniq chiziqli balka uchun eguvchi moment, ko'ndalang kuch va bo'ylama kuch epyuralari qurilsin.

Echish.

Siniq chiziqli balkani reaktsiya kuchlarini topamiz.

5 - Masala.



Ramani sterjenlari uchun Mx, Q va N epyuralari qurilsin.

Echish: Ramani tayanch nuktalaridagi reaktsiya uchlarini topamiz.

$$\sum x = q \cdot 2 - x_c = 0 \text{ bu erdan } x_c - 40кн$$

$$\sum Mc = м_0 - R_в \cdot 2 + F \cdot 1 + qe \cdot \frac{e}{г} = 0; R_в = 60кн$$

$$\sum м_в - Ус \cdot 2 + qc \cdot \frac{e}{г} + M_0 - F \cdot 1 = 0;\ Ус = 20кн$$

Tekshirish:

$$\sum y = F + Rв - Ус; \text{ yoki } 2 \cdot 4 + 6 = 0$$

O'suvchi moment, ko'ndalang va bo'ylama kuch tenglamalarini tuzamiz:

I-I uchastok $0 \le y_1 - 2м$

$$Mx = Xc \cdot У_1 - qУ_1 \cdot \frac{У_1}{г}$$

$$Q_1 = Xc - q \cdot У_1$$

$$N_1 = Ус = 20кн$$

$У_1 = 0$, bo'lsa $Mx = 0$ va $Q_1 = Xc = 40кн$

$У_1 = 1m$ bo'lsa $Mx = 40кнм$ va $Q_1 = 0$

II-II-uchastok $0 < x_1 \le 1м$

$$Mx_2 = Ус \cdot x_1 + x_c \cdot г - y \cdot 2\frac{2}{2} = Усx + 40$$

$$Q_2 = Ус = -20кн;$$

$$N_2 - Xc \cdot q \cdot u = -40 + 20 \cdot 2 = 0$$

$X_1 = 0$ bo'lsa $Mx_2 = 40кнм$

$X_1 = 1м$ bo'lsa $Mx_2 = 30кнм$

III-III uchastok $Q \le x_2 \le 1м$

$$Mx_3 = Ус(1 + x_2) + x_c \cdot 2 - q - q\frac{4}{2} - F \cdot x_2$$

$$Q_3 = -Ус \cdot F = -20 - 40 = -60кн$$

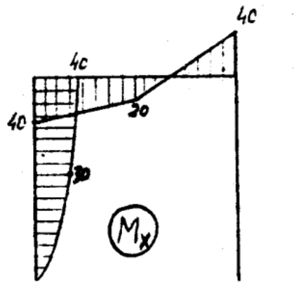
$$N_3 = 0$$

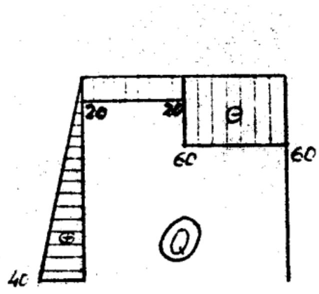
$X_2 = 0$ bo'lsa $Mx_3 = 20кнм$

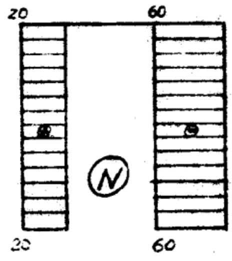
$X_2 = 1м$ bo'lsa $Mx_3 = -40кнм$

IV-IV uchastok $0 \le y_2 \le 2м$

$$Mx_4 = 0; \quad Q_4 = 0; \quad N_4 = Rв = -60кн$$

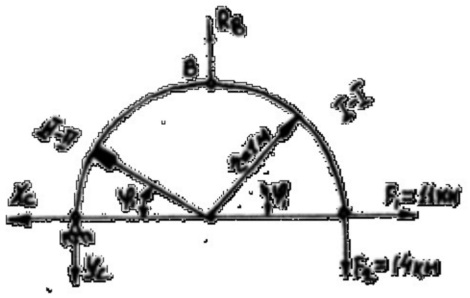






4-Masala.

Berilgan egri eterjen' uchun eguvchi moment, ko'ndalang kuch va bo'ylama kuch epyuralari qurilsin.



Tashqi kuch ta'sirida egri sterjenni kesimida eguvchi moment Mx, ko'ndalang kuch Q va bo'ylama kuch N hosil bo'ladi. Mx, Q va N ni topish uchun kesish metodidan foydalanamiz. Agar, tashqi kuch sterjenni egriligini kattalashtirsa eguvchi momentni ishorasi musbat, kichiklashtirilsa manfiy. egri sterjenni ajratilgan qismini kesim markaziga nisbatan tashqi kuchni yo'nalishi soat strelkasining yo'nalishi bilan mos bo'lsa, ko'ndalaneg kuchni ishorasi musbat, teskari yo'nalishda manfiy. Musbat ishorala eguvchi moment yo'nalishidan tashqi kuchni soat strelkasi yo'nalishi bo'ylab 90^0 ga aylantirganda –hosil bo'lgan ko'ndalang kuch Q – musbat, teskari yo'nalishda – manfiy. Bo'ylama N – cho'zuvchi bo'lsa – musbat, siquvchi kuch bo'lsa – manfiy. N, Q va N epyuralari egri sterjenda quyidagicha quriladi. Musbat ishorali N, Q va N qiymatlarini ma'lum masshtabda sterjenni kesim markazining bo'ylama o'qiga perpendikulyar teksilikda egrilik markazidan tashqariga joylashtiriladi; manfiy ishorali qiymatlar esa egrilik markazi tomonga joylashtiriladi.

Echish: Reaktsiya kuchlarini topamiz.

$$\sum x = -xc + F_1 = 0; \quad Xc = 11кн$$

$$\sum Mc = -Rв \cdot r + F_2 \cdot 2г = 0; \quad Rв = 28кн$$

$$\sum Mв = Xc \cdot 2 - Уc \cdot 2 + F_2 \cdot г - F_1 \cdot 2 = 0$$

Bu erdan $Уc = F_2 = 14кн$

Tekshirish: $\sum y = -Уc + Rв - F_2 = 0$

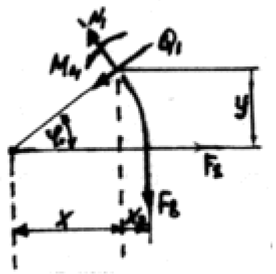
$$-14 + 28 - 14 = 0$$

Ichki kuch faktorlarini topish uchun egri sterjenni φ burchak orqali uchatkalarga bo'lamiz.

I – I uchastka $0 < \varphi_1 \leq 90^0$

Eguvchi moment tenglamasini quyidagicha tuzamiz.

$$Mx_2 = F_2 \cdot X_0 - F_1 У$$



CHizmadan

$$X_0 = 2 - x = z - z \cdot \cos\varphi$$

$$X_0 = \varepsilon(1 - \cos\varphi)$$

$$У = z \cdot \sin\varphi$$

Unda $Mx_1 = F_2 r ?(1 - \cos\varphi) - F_1 r \cdot \sin\varphi_1$

Ko'ndalang kuch Q_1 va bo'ylama kuch N_1 – teng lamalarini tuzish uchun, F_2 va F_1 tashqi kuchlarni egri sterjenni kesilgan ko'ndalang kesim yuzasiga urinma va perpendikulyar joylashgan tekisliklarga proektsiyalaymiz.

$$Q_1 = F_2 \cdot \sin\varphi - F_1 \cos\varphi;$$

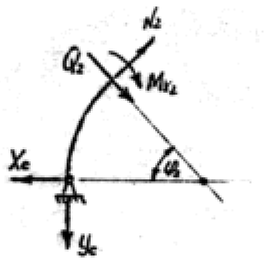
$$N_1 = F_2 \cos\varphi_1 + F_1 \sin\varphi;$$

Hisoblashni quyidagi jadvalda bajarish qulaydir.

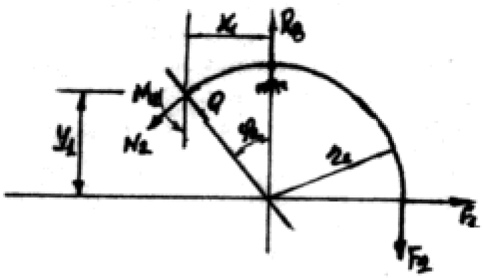
Burchak φ1, grad	Eguvchi moment, knM	Ko'nadalang kuch, kn	Bo'ylama kuch, kn
0	0	-11,0	14,0
45	-3,75	2,12	17,675
90	3,0	14,0	11,0

II-II uchastka

$$0 \le \varphi_2 \le 90^0$$
$$Mx_2 = Xc \cdot r \cdot \sin\varphi_2 + Yc \cdot z(1 - \cos\varphi_2$$
$$Q_2 = Xc \cdot \cos\varphi_2 - Yc\sin\varphi_2$$
$$N_2 = Yc \cdot cos\varphi_2 + Xc \cdot \sin\varphi_2$$



Agar II – II uchastka V tayanch tomondan qaralsa hisoblash sxemasi quyidagicha bo'ladi.

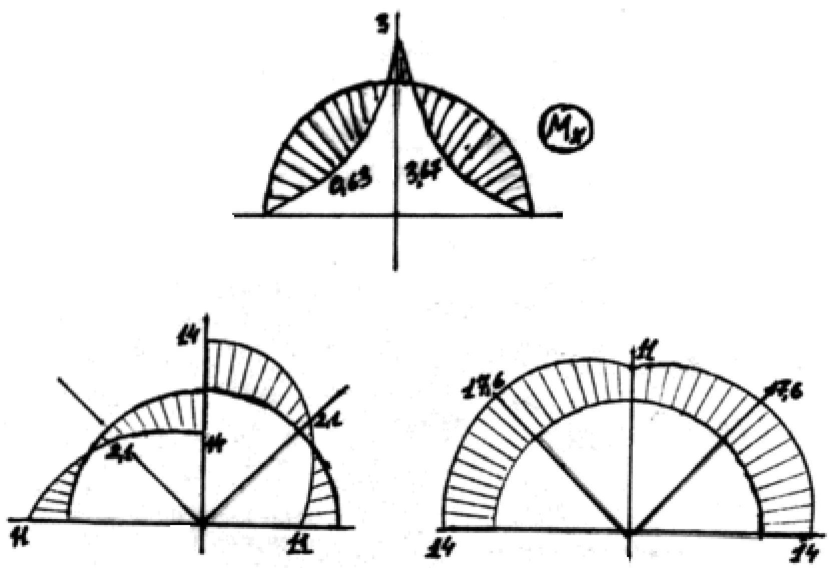


CHizmadan
$$X_1 = r \cdot \sin\varphi_2$$
$$Y_1 = r \cdot \cos\varphi_2$$
$$0 \le \varphi_2 \le 90^0$$

$$Mx_2 = F_2(r + x_1) - F_1 \cdot Y_1 - R\text{в} \cdot x_1 = F_2 z(1 + \sin\varphi_2) - F_1 r\cos\varphi_2 - R\text{в} \cdot r \cdot \sin\varphi_2$$
$$Q_2 = (F_2 - R\text{в}) \cdot \cos\varphi_2 + F\sin\varphi_2$$
$$N_2 = (R\text{в} - F_2)\sin\varphi_2 \_ F \cdot \cos\varphi_{21}$$

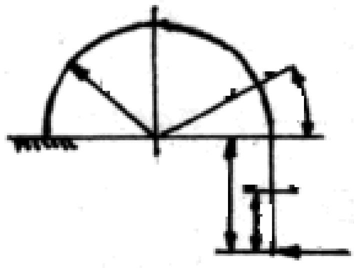
II – II uchastkani ikkala xisoblash sxemalari uchun Mx; Q va N kiymatlarini quyidagi jadvalda keltiramiz:

Burchak φ_2, grad.	Eguvchi moment, kNm	Kundalang kuch, Kn	Buylama kuch, kN
Birinchi xisoblash sxemasi			
0	0	11,0	14,0
45	-3,675	-2,121	17,675
90	3,6	11,0	11
Ikkinchi xisoblash sxemasi			
0	3	-14	11
45	-3,675	-2,121	17,675
90	0	11,0	14,0



3-masala

Egri sterjenni radiusi *η=1m* M_x*; Q va N* epyuralari kurilsin.



I-I uchastok $0 \le y_1 \le 1м$

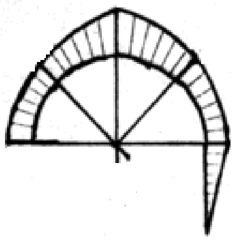
$$Mx_1 = F \cdot y_1 \qquad Q \le y_1 \le 1м; \quad N_1 = 0$$

$y_1 = 0$ bo'lsa $Mx_1 = 0$ va

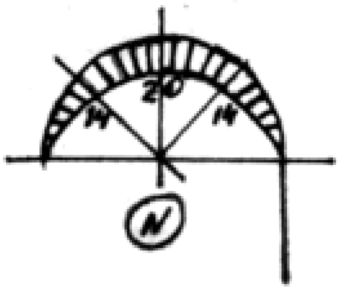
$y_{14} = 1м$ bo'lsa $Mx_1 = 20кнм$

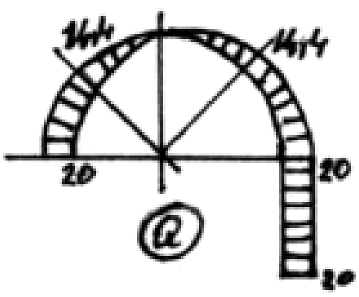
II-II uchastok $0 \le \varphi_1 \le 180^0$

$$Mx_2 = F(t + r \cdot \sin\varphi_1) \qquad Q_1 = F\cos\varphi_1$$



φ2	Mx2	Q2	N2
0	**20**	**20**	**0**
45	**34,14**	**14,14**	**-14,14**
90	**40**	**0**	**-20**
135	**34,14**	**-14,14**	**-14,14**
180	**20**	**-20**	**0**





TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Salqilik va kesimni aylanish burchagi deganda nimani tushunasiz?
2. Θ - orasidagi matematik bog'lanish formulasini yozing.

3. Balka egilgan o'qining differentsial tenglamasini yozing.
4. Egrilik radiusi- ρ bilan X va U koordinatalar orasidagi bog'lanishlarni ko'rsating.
5. Balkani defformatsiyasiga ta'sir qilmagan holda uni sxemasini o'zgartirishda elastik egilgan o'qning differentsial tenglamasini integrallashdagi cheklanishlarni tushuntiring.
6. Balkani har-bir uchastkalari uchun egilgan differentsial tenglamani tuzing va integrallang.
7. Egilishda ko'chishni topishni grafoanalitik usulini tushuntiring.
8. Balka egilgan o'qining taqribiy differentsial tenglamasini yozing.
9. Soxta balkani tanlash shartlarini ayting.
10. Soxta balkaning haqiqiy balkadan farqi nimada?
11. Universal formula deganda nimani tushunasiz?

TAYANCH IBORALAR

Salqilik, kesim aylanish burchagi, differentsial tenglama, egilgan o'q, eguvchi moment, integrallash, integrallash doimiyligi, balka, kuch intensivligi, grafoanalitik usul, universal formula, differentsial bog'lanish, soxta balka.

MA'RUZA №13
MUSTAHKAMLIK NAZARIYALARI

REJA:

1. Sterjen mustahkamligini turli yo'l bilan tekshirish.
2. Quyidagi keng tarqalgan nazariyalar haqida tushuncha.
3. Eng katta normal kuchlanishlar nazariyasi.
4. Mustahkamlik nazariyasiga ko'ra hisoblash formulasi.
5. Ikkinchi mustaxkamlik sharti. eng katta nisbiy deformatsiyalar nazariyasi.
6. Hajmiy kuchlanganlik holati uchun mustaxkamlik sharti.
7. Tekis kuchlanganlik holati uchun mustahkamlik sharti.
8. Mustahkamlik shartlari bo'yicha geometrik razmerlarni hisoblash
9. Uchinchi mustahkamlik nazariyasi. eng katta urinma kuchlanishlar nazariyasi.
10. Eng katta urinma kuchlanishlar nazariyasi bo'yicha mustahkamlik sharti.

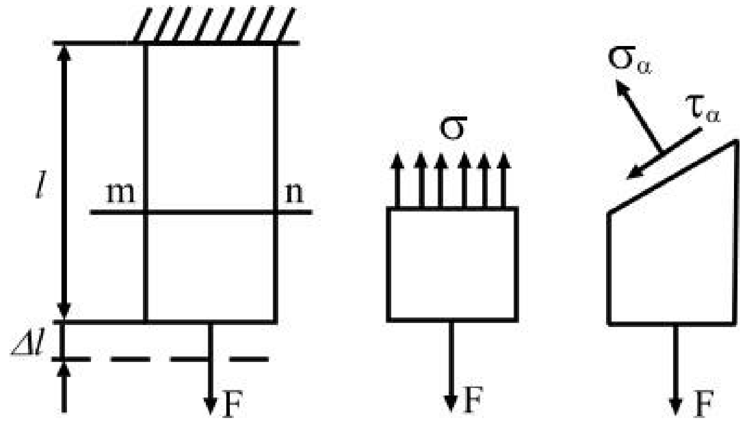
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Turli xildagi konstruktsiya elementlarini murakkab kuchlanish holatida hisoblashga to'g'ri keladi. Nuqta holati bitta, ikkita yoki uchta bosh kuchlanish bilan hisoblashga to'g'ri keldai, bu kuchlanishlarning qiymati esa ta'sir kuchining oshishi bilan oshadi. Bunday kuchlanishlar tajribalar orqali aniqlanadi va oddiy cho'zilish yoki siqilish holati uchun osonlik bilan bajarish mumkin, tekis yoki hajmiy kuchlanganlik holati uchun bu masala ancha murakkabdir.

Demak, konstruktsiyaning biror elementining mustahkamligini belgilash, asosan oddiyo cho'zilishdagi yoki siqilishdagi tajribaga asoslanadi, hisoblash natijasida kuchlanish holatini xavflik darajasini belgilashga imkon beradi.

Bu masala, mustahkamlik nazariyasi deb atalgan nazariya yordamida amalga oshiriladi; demak istalgan bir konstruktsiya elementining mustahkamligi, shu nazariya yordamida tekshiriladi.



87-rasm.

SHu berilgan sterjenning mustahkamligini turli yo'l bilan tekshirish mumkin:

- Eng katta normal' kuchlanishlar bo'yicha:

- Eng katta urinma kuchlanishlar bo'yicha:
- Eng katta potentsial energiya bo'yicha:
- Moor nazariyasi bo'yicha.

Hamma sharoitda ham yuqorida aytilgan parametrlar bosh kuchlanishlar bilan hiosblanadi. Bu hol yagona umumiy mustahkamlik nazariyasini yaratish imkonini bermadi, natijada har biri o'zining chegaraviy kuchlanishlar holatini paydo bo'lish sababi haqidagi gipotezasiga ega bo'lgan ko'p nazariyalar yuzaga keladi. Bunday gepotezaga asosan zarur hisoblash shartlari va o'rganilayotgan kuchlanish holatining (tekis yoki hajmiy) bosh kuchlanishlarini chiziqli kuchlanishdagi bosh kuchlanishlar bilan bog'lovchi formulalar tuziladi.

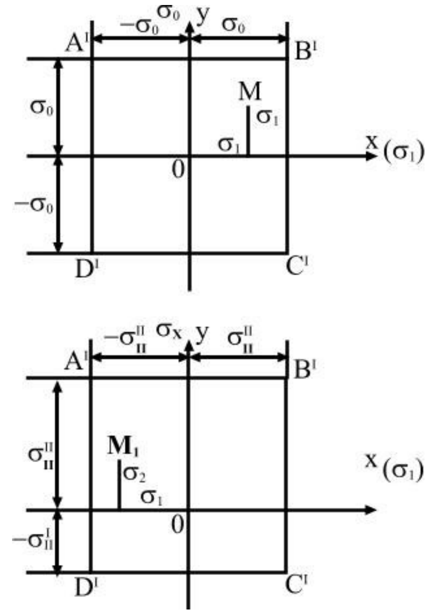
QUYIDAGI KENG TARQALGAN NAZARIYALAR HAQIDA TUSHUNCHA. eNG KATTA NORMAL KUCHLANISHLAR NAZARIYASI

Bu mustahkamlik nazariyasiga ko'ra, konstruktsiya elementining emirilishi eng katta normal kuchlanishlar hisobiga bo'ladi deb tushuntiriladi. SHu mustahkamlik nazariyasiga ko'ra mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$\begin{aligned} -\sigma_0 &\le \sigma_1 \le \sigma_0 \\ -\sigma_0 &\le \sigma_2 \le \sigma_0 \\ -\sigma_0 &\le \sigma_1 \le \sigma_0 \end{aligned} \qquad (7.1)$$

$$\begin{aligned} -\sigma_0 &< \sigma_1 < \sigma_0 \\ -\sigma_0 &< \sigma_2 < \sigma_0 \end{aligned} \qquad (7.2)$$

(7.1) tekis kuchlanganlik holati uchun (7.2) bilan belgilanadi. (7.2) mustahkamlik shartining geometrik mohiyatini quyidagicha ko'rsatiladi.



88-rasm.

Demak, cho'zilish va siqilish deformatsiyasiga mustahkamlik chegarasi bir xil bo'lsa va M(.) koordinatalari to'rt burchak AVSD ichida yotsa, birinchi mustahkamlik sharti bajarilgan hisoblanadi.

Agar absolyut qiymati jihatidan mustahkamlik chegarasi cho'zilishga (σ_0^{II}) va siqilishga (σ_0^{I}) har xil bo'lsa, mustahkam qarshilik ko'rsatuvchi oblast' A V S D dan iborat bo'ladi.

SHu mustahkamlik nazariyasiga ko'ra hisoblash formulasi quyidagicha bo'ladi.

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}[\sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}] \le \sigma_0$$

$$\sigma_3 = \frac{1}{2}[\sigma - \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}] \le \sigma_0 \qquad \textbf{(7.3)}$$

Bosh kuchlanish (7.3) formula bilan aniqlanib, mustahkamlik sharti (7.2) qo'yiladi va geometrik kattalik

$$d = \sqrt[3]{\frac{16м}{\pi\sigma_0}} \qquad \textbf{(7.4)}$$

formula bilan belgilanadi.

IKKINCHI MUSTAHKAMLIK SHARTI. eNG KATTA NISBIY DEFORMATSIYALAR NAZARIYASI

SHu mustahkamlik shartiga ko'ra, konstruktsiya elementining emirilishiga sabab, eng katta nisbiy deformatsiyalar sabab bo'ladi deb tushuntiriladi.

Hajmiy kuchlanganlik holati uchun shart quyidagicha yoziladi.

$$-\varepsilon_0 < \varepsilon_1 < \varepsilon_0$$
$$-\varepsilon_0 < \varepsilon_2 < \varepsilon_0 \qquad (7.5)$$
$$-\varepsilon_0 < \varepsilon_3 < \varepsilon_0$$

Bu formulada E1, E2, E3 bosh kuchlanishlar σ1, σ2, σ3 yo'nalishidagi nisbiy deformatsiyalarni beradi; Mustahkamlik sharti (7.5) tekis kuchlanganlik holati uchun quyidagicha yoziladi:

$$-\varepsilon_0 < \varepsilon_1 < \varepsilon_0$$
$$-\varepsilon_0 < \varepsilon_3 < \varepsilon_0 \qquad (7.6)$$
$$\pm\varepsilon_0 = \frac{\pm\delta_0}{E} \rightarrow \qquad (7.7)$$

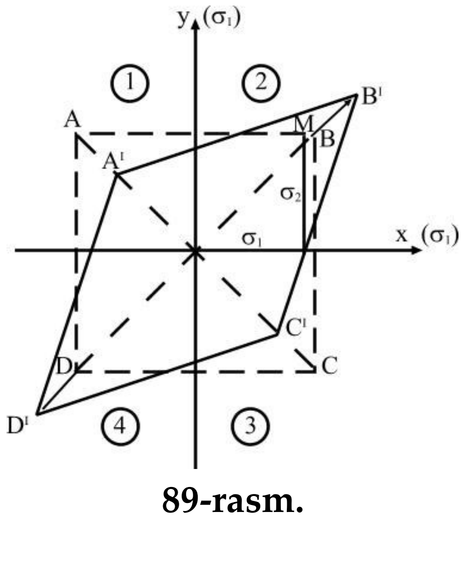
(7.7) formulasi bilan va nisbiy deformatsiya Gukning umumlashgan qonuni bilan aniqlansa

$$\varepsilon = \frac{1}{E}\left[\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)\right] \qquad (7.8)$$

Ikkinchi mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$-\varepsilon_0 < \sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3) < \varepsilon_0$$
$$-\varepsilon_0 < \sigma_2 - \mu(\sigma_1 + \sigma_3) < \varepsilon_0 \qquad (7.9)$$

(7.9) formulani geometrik mohiyati quyidagicha ko'rsatiladi.



89-rasm.

Ikkinchi mustahkamlik shartiga ko'ra M(⁰) koordinatalari teng qarshilik ko'rsatuvchi oblast' A V S D chegarasida yotishi shart. Deformatsiya hisobiga (1) va (3) chorakda kichrayish bo'ladi. (2) va (4) chorakda bir xil ishoradagi kuchlanishlar hisobiga siljish bo'ladi.

SHu mustahkamlik nazariyasiga ko'ra geometrik razmerlarni hisoblash formulasi quyidagicha bo'ladi.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16м(1+\mu)}{\pi\sigma_0}} = 2{,}78\sqrt[3]{\frac{M}{\pi\sigma_0}} \qquad (7.10)$$

UCHINCHI MUSTAHKAMLIK NAZARIYASI. eNG KATTA URINMA KUCHLANISHLAR NAZARIYASI

SHu nazariyaga ko'ra instruktsiya elementining emirilishi, eng katta urinma kuchlanishlar hisobiga bo'ladi deb tushuntiriladi, shu nazariyaga ko'ra mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi:

$$\tau_0 < \tau_1 < \tau_0$$
$$\tau_0 < \tau_2 < \tau_0 \qquad (7.11)$$
$$\tau_0 < \tau_3 < \tau_0$$

(7.11) SHart tekis kuchlanganlik holati uchun quyidagicha yoziladi:

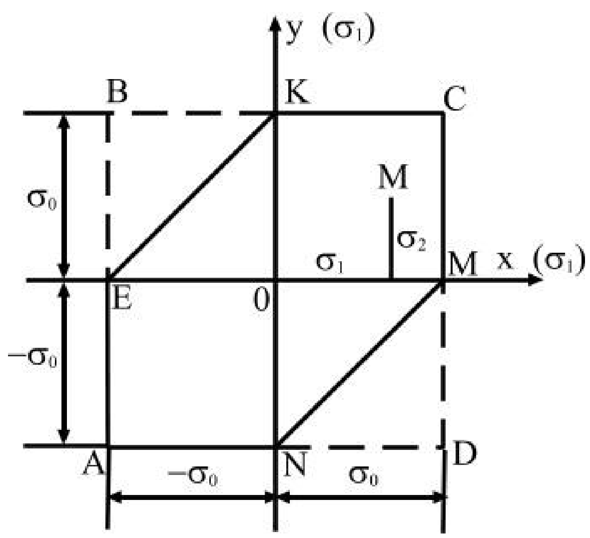
$$\tau_0 < \tau_1 < \tau_0$$
$$\tau_0 < \tau_3 < \tau_0 \qquad (7.12)$$

O'z navbatida $$\pm\tau_1 = \frac{\sigma_0}{2};$$

$$\tau_1 = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2}; \quad \tau_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}; \quad \tau_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}; \qquad (7.13)$$

(7.13) formulaga muvofiq o'rin almashtirishlarni (7.12) formulaga qo'yib tekis kuchlanganlik holati uchun quyidagi shartni yozamiz:

$$-\sigma_0 < \sigma_2 < \sigma_3 < \sigma_0$$
$$-\sigma_0 < \sigma_1 < \sigma_3 < \sigma_0 \qquad (7.14)$$
$$-\sigma_0 < \sigma_2 < \sigma_1 < \sigma_0$$



90-rasm.

(7.14) formulada ko'rsatilgan shart grafikada quyidagicha ko'rsatiladi. III musthkamlik nazariyasiga ko'ra M (^{0}) ko'p burchak AEKSMN ichida yotadi. SHu mustahkamlik nazariyasiga ko'ra hisoblash formulasi quyidagicha bo'ladi.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi\sigma_0} = 3{,}17\sqrt[3]{\frac{M}{\pi\sigma_0}}} \qquad (7.15)$$

SHunday qilib umumiy holda diametr klassik mustahkamlik nazariyalari bo'yicha $d \geq K\sqrt[3]{\frac{32M}{\pi\sigma_0}}$ (7.15.) formulasi bilan aniqlanadi, bunda formuladagi koeffitsient K=2,52; 2,78; 3,17 miqdorida birinchi, ikkinchi va uchinchi mustahkamlik nazariyalariga ko'ra o'zgaradi.

Mustahkamlik nazariyasi qanchalik mukammal bo'lsa, shunchalik ehtiyotlik koeffitsienti kichkina bo'ladi, demak ruxsat etilgan kuchlanish shunchalik katta bo'ladi. III mustahkamlik nazariyasi I va II mustahkamlik nazariyasiga ko'ra bir muncha avzalliklarga ega bo'ladi.

III mustahkamlik nazariyasini takomillashtirish natijasida Mor mustahkamlik nazariyasi olingan.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Sterjen mustahkamligini necha usul bilan tekshirish mumkin?
2. Eng katta normal kuchlanish nima?
3. Tekis kuchlanganlik holati uchun eng katta normal kuchlanish formulasini yozing.
4. Konstruktsiya elementining emirilishiga sabab nima?
5. Nisbiy deformatsiyani Gukning umumlashgan qonuni bilan aniqlang.
6. Ikkinchi mustahkamlik sharti formulasini yozing.
7. Ikkinchi mustahkamlik nazariyasining geometrik mohiyati nimadan iborat?
8. Uchinchi mustahkamlik nazariya mohiyati nimadan iborat?
9. SHu nazariyaga ko'ra mustahkamlik shartini yozing.
10. Uchinchi mustahkamlik nazariyasiga ko'ra geometrik o'lcham topilsin.

TAYANCH IBORALAR

Element konstruktsiyasi, murakkab kuchlanish, bosh kuchlanish, cho'zilish, siqilish, tekis, hajmiy, sterjen, mustahkamlik normal kuchlanish, urinma kuchlanish, potentsial energiya, Moor nazariyasi, mustahkamlik sharti, hajmiy kuchlanganlik, geometrik kattalik, urinma kuchlanish.

MA’RUZA №14
MOOR MUSTAHKAMLIK NAZARIYASI

REJA:

1. Moor nazariyasining kashf etilishi.
2. Hajmiy holatini Moor doirasi yordamida ko’rsatish.
3. Moor doirasiga ko’ra mustahkam qarshilik ko’rsatuvchi oblastni ko’rsatish.
4. Energetik mustahkamlik nazariyasi.
5. Hajmiy kuchlanganlik holatida to’la potentsial energiya.
6. Forma o’zgarishi uchun sarf bo’lgan energiya.
7. O’rtacha normal kuchlanishni aniqlash.
8. Forma o’zgartiradigan kuchlanishni topish.
9. Hajmiy kuchlanganlik holati uchun tekshirilayotgan element formasini o’zgarishidan hosil bo’lgan potentsial energiya.
10. Energetik mustahkamlik nazariyasiga ko’ra kuchlanishni hisoblash.

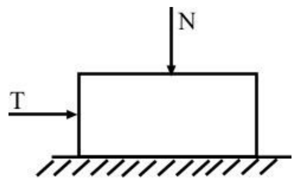
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to’plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo’yicha sirtdan o’qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko’rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Hamma materiallar ham cho’zilish va siqilish deformatsiyasiga bir xil qarshilik ko’rsatmasligni Moor nazariyasi hisobga oladi.

Bu nazariya 1882 yilda taklif etilib 1900 yilda rivojlantirilgan.

Ishqalanish kuchi.



91-rasm.

$$T = f \cdot N \qquad (7.16)$$

(7.16) formulada f - ishqalanish koeffitsienti

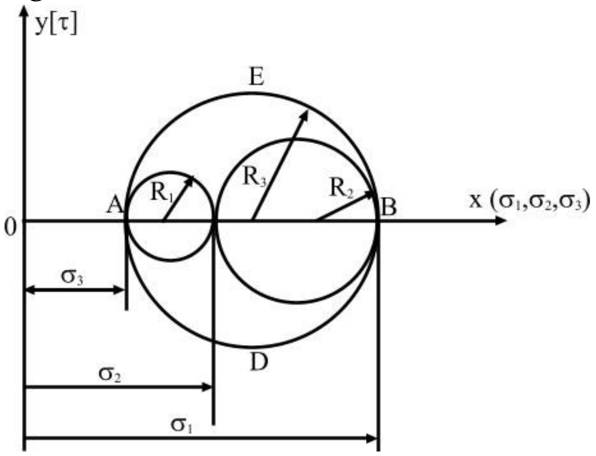
Ichki ishqalanish materialning elastiklik chegarasidan keyin siljish natijasida sodir bo'ladi. Demak, siljishga ko'rsatiladigan qarshilik faqatgina urinma kuchlanish kabi normal' kuchlanishdan ham bog'liq bo'ladi.

Demak urinma kuchlanishdan hosil bo'lgan qarshilik kuchi jismning siquvchi normal' kuchlanish mavjud bo'lgan nuqtalarida kattaroq bo'lib ho'zilish mavjud bo'lgan nuqtalarda ancha past bo'ladi.

YUqoridagi fikrlash Moor nazariyasining asosida yotadi va urinma kuchlanishlar birinchidan materialning o'zaro bog'lanish natijasida, ikkinchidan esa birinchi siljish bog'lanishdagi emirilish (razrusheniya) sababidan bog'liqdir.

YUqoridagilar asosida Moor nazariyasi quriladi.

Umuman hajmiy kuchlanganlik holatini Moor doirasi yordamida shunday ko'rsatish mumkin. $(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$ Hamma vaqt $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ tartibida bosh kuchlanishlar belgilanadi.

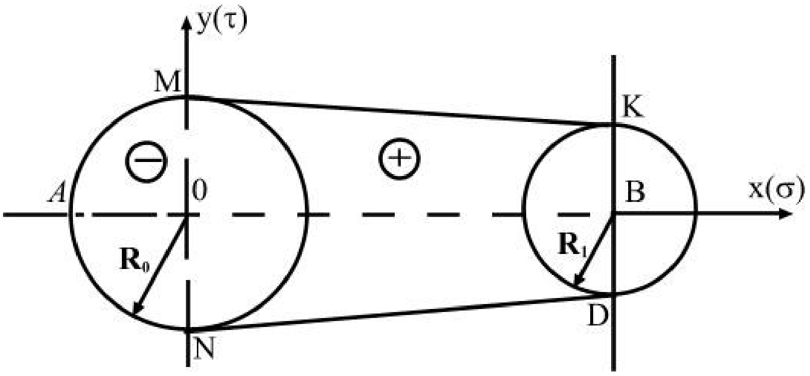


92-rasm.

Urinma kuchlanishlar esa shtrixlangan yuzaning birorta nuqtasida ifoda etiladi va eng kattasi AEVD aylanadi, urinma kuchlanishning o'rta qiymati hech qanay rol' o'ynamaydi, shuning uchun kuchlanganlik holatini $\sigma_3 - \sigma_1$ tarkib topgan aylana bilan ko'rsatamiz.

YAna shu narsa aniq-ki, materiallar siqilish deformatsiyasiga ko'rsatadigan qarshiligi, cho'zilishdagi qiymatidan kattaroq bo'ladi.

Moor doirasiga ko'ra mustahkam qarshilik ko'rsatuvchi oblast' quyidagicha bo'ladi.



93-rasm.

CHo'zilish deformatsiyasidan siqilishga o'tganda qarshilik ko'rsatuvchi oblast' kattalashadi. Demak, Moor nazariyasiga ko'ra mustahkam qarshilik ko'rsatuvchi oblastni belgilash uchun siqilish zonasida R_0 radiusi bilan, cho'zilish zonasida R_P radiusi bilan aylanalar o'tkazib ularni umumiy urinmalar bilan tutashtiramiz, natijada AMKGDNA mustahkam qarshilik ko'rsatuvchi oblastni olamiz.

Demak, Moor nazariyasi I, II, III mustahkamlik nazariyadaridagidek σ, ε, τ (bitta) faktordan bog'liq bo'lmasdan bir vaqtda normal' (σ) va urinma (τ) kuchlanishlar ta'sirini hisobga oladi.

Moor mustahkamlik nazariyasiga ko'ra shart quyidagicha bo'ladi.

$$\sigma_1 - V\sigma_3 = (1-V)\frac{\sigma}{2} + (1+V)\sqrt{\frac{\sigma^2}{4} + \tau^2} < \sigma_0^1$$

$$\sigma_3 - V\sigma_1 = (1-V)\frac{\sigma}{2} - (1+V)\sqrt{\frac{\sigma^2}{4} + \tau^2} < \sigma_0^1$$

$V = \dfrac{\sigma_0^I}{\sigma_0^{II}}$ bunda σ_0^I - cho'zilishdagi mustaxkamlik chegarasi, σ_0^{II} - siqilishdagi mustaxkamlik chegarasi.

ENERGETIK MUSTAHKAMLIK NAZARIYASI

Hozirgi zamonda yaratilgan mustaxkamlik shartlari klassik mustaxkamlik nazariyasi bilan birga qo'llanilmoqda. SHular jumlasiga energetik mustaxkamlik nazariyasi kiradi. Bu nazariyaning asosi Bal'trama tomonidan 1885 yilda berilgan bo'lib, shunga ko'ra materialni emirilishigacha olib keluvchi hajm biriligiga to'g'ri keladigan kuchlanganlik bog'liq bo’lmagan potentsial energiya asos qilib olinadi (chiziqli, tekis va hajmiy kuchlanganlik…).

Demak bu nazariyaga ko’ra material emirilishigacha to’la nisbiy potentsial energiya emirilish chegarasigacha etishi quyidagicha bo’ladi.

$$U < U_0 \qquad (7.17)$$

U - hajmiy kuchlanganlik holatida to’la potentsial energiya quyidagicha aniqlanadi.

$$U = \frac{1}{2E}\left[\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_2^2 - 2\mu\left(\sigma_1 \bullet \sigma_2 + \sigma_1 \cdot \sigma_3 + \sigma_2 \cdot \sigma_3\right)\right] \qquad (7.18)$$

U oddiy cho’zilishdagi potentsial energiyaning mustaxkamlik chegarasiga to’g’ri keladigan qiymati. Uning qiymati tajribalar yo’li bilan topiladi.

$$U_0 = \frac{\sigma_0^2}{2E} \qquad (7.19)$$

(7.18) va (7,19) formulalardan qiymatlarini 7.17 formulaga qo’ysak soddalashtirib quyidagi formulani olamiz.

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_2^3 - 2\mu\left(\sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_1 \cdot \sigma_3 + \sigma_2 \cdot \sigma_3\right)} < \sigma_0 \qquad (7.20)$$

Tajribada shu narsa tasdiq bo’lmadi. Lekin energetik nazariyani yangi holatigacha ko’ra forma o’zgarishi hisobiga olinsa hosil bo’lgan potentsial energiyaga ko’ra shu nazariyani tuzish mumkin.

$$U_f < U_{f0} \qquad (7.21)$$

U_f hisoblash yo’li bilan topilgan energiya. U_{f0} oddiy cho’zilishdagi tajriba yo’li bilan topilgan energiya.

$U=U_V+U_f$ umumiy nisbiy potentsial energiya element formasini va hajmini o’zgarishidan iborat bo’ladi,

yoki formani o’zgarishi uchun sarf bo’lgan energiya

$$U_f = U - U_V \qquad (7.22)$$

U_V hajmini o’zgarishi uchun sarf bo’lgan potentsial energiya.

Agar urtacha normal kuchlanish quyidagicha topilsa,

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \qquad (7.23)$$

Bu kuchlanish yordamida forma o’zgarmaydi. Hajm o’zgaradi deb qaraladi. Formani o’zgartiradigan kuchlanish esa quyidagicha aniqlanadi.

$$\sigma_1^1 = \sigma_1 - \sigma cp : \sigma_2^1 = \sigma_2 - \sigma_{cp} : \sigma_3^1 = \sigma_3 - \sigma_{cp} \qquad (7.24)$$

(7.18) formulalarga e’tibor qilinib o’z navbatida hajmning o’zgarishidan bog’liq potentsial energiya quyidagicha topiladi.

$$U_V = \frac{1-2\mu}{2E} 3\sigma_{cp} \qquad (7.25)$$

(7.25) formula qiymati 7,23 ga qo'ysak quyidagini olamiz.

$$U_V = \frac{1-2\mu}{6E} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2 \qquad (7.26)$$

Hajmiy kuchlanganlik holati uchun tekshirilayotgan element formasini o'zgarishidan hosil bo'lgan potentsial energiya quyidagicha aniqlanadi.

$$U_\Phi = \frac{1+\mu}{3E} \left[\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - (\sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_1 \cdot \sigma_3 + \sigma_2 \cdot \sigma_3)\right] \qquad (7.27)$$

(7.27) dagi ifodani boshkacharok yozsak

$$U_\Phi = \frac{1+\mu}{6E} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3) + (\sigma_2 - \sigma_3)^3\right] \qquad (7.28)$$

(12) formula yordamida hajmiy kuchlanganlik holatidagi forma o'zgarishdan hosil bo'lgan nisbiy potentsial energiya shu oddiy cho'zilish holati uchun quyidagicha bo'ladi.

$$U_\phi = \frac{1+M}{6E} 2\sigma_P^2 \qquad (7.29)$$

(7.28) va (7.29) formulalarning chap kismlarini takkoslab olsak

$$\left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_1)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2\right] < 2\sigma_0^2 \qquad (7.30)$$

(7.30) qiymatdan hisoblab topiladigan kuchlanish σ_{his}.

$$\sigma_{xuu} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2\right]} \leq R \qquad (7.31)$$

(7.31) formula faqatgina bosh kuchlanishlar mavjud bo'lganda ishlatiladi. Urinma kuchlanishlar bo'lganda esa

$$\sigma_{xuc} = \sigma_{xuc} \sqrt{\left[\left(\frac{\sigma_\chi + \sigma_\gamma}{2}\right)^2 + 3\left(\frac{6_\chi - 6_\gamma}{2}\right)^2 + 3\tau^2 \chi\gamma\right]} \leq R \qquad (7.32)$$

energetik mustaxkamlik nazariyasiga ko'ra hisoblash formulasi quyidagicha bo'ladi.

$$\sigma_{xuc} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq R \qquad (7.33)$$

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Moor nazariyasi nechanchi yilda kashf etilgan?
2. Moor nazariyasining mohiyatini tushuntiring?
3. Moor mustahkamlik nazariyasiga ko'ra shartni yozing.
4. Energetik mustahkamlik nazariyasi qachon kashf etilgan?

5. Material emirilishigacha to'la nisbiy potentsial energiya emirilish chegarasini tushuntiring.
6. Hajmiy kuchlanganlik holatiga to'la potentsial energiya formulasini yozing.
7. Forma o'zgarishidagi sarf bo'lgan potentsial energiya nimaga teng?
8. Hajmiy kuchlanganlik holati uchun tekshirilayotgan element formasini o'zgarishidan hosil bo'lgan potentsial energiyani aniqlang.
9. Forma o'zgarishidan hosil bo'lgan nisbiy potentsial energiya oddiy cho'zilish holati uchun yozing.
10. Energetik mustahkamlik nazariyasiga ko'ra hisoblash formulasini yozing.

TAYANCH IBORALAR

Moor nazariyasi, ishqalanish kuchi, bosh kuchlanishlar, Moor doirasi, urinma kuchlanish, siqilish, cho'zilish, chegara, oblast', mustahkamlik sharti, potentsial energiya, hajmiy kuchlanganlik, to'la potentsial energiya, normal kuchlanish, nisbiy potentsial energiya.

MA'RUZA №15
MURAKKAB QARSHILIKLAR

REJA:

1. Murakkab deformatsiya turlari.
2. Egilish bilan buralishni birgalikda ta'siri.
3. Val kesimini markaziga nisbatan momentlari.
4. Val mustahkamligini III va IV mustahkamlik nazariyalari bo'yicha tekshirish.
5. Qiyshiq egilish.
6. Qiyshiq egilishda normal kuchlanish formulasi.
7. Kesimni turli nuqtalari uchun topilgan kuchlanishlarni qiymatlari yordamida egilishdagi kuchlanish epyurasini qurish.
8. Tekis ko'ndalang egilishda normal kuchlanish neytral qatlam nolga tengligi.
9. Qiyshiq egilishda normal kuchlanishdagi qarshilik momenti.
10. Qiyshiq egilishdagi mustahkamlik sharti.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

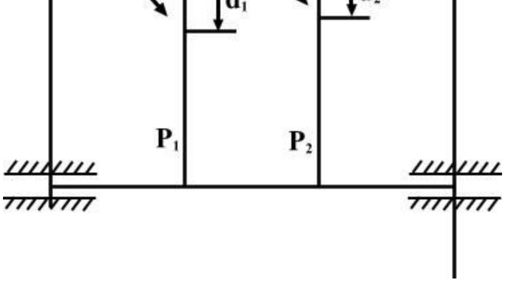
1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335

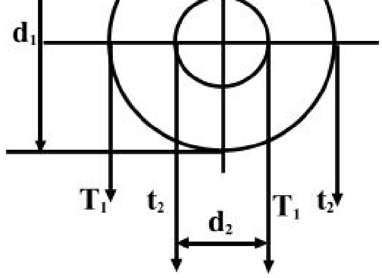
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Texnikada ishlaydigan hamma detallar ham oddiy deformatsiyalar ya'ni cho'zilish va siqilish, siljish buralish yoki egilish deformatsiyalari uchramasdan balki bir paytda shu oddiy deformatsiyalarning kamida ikkitasi ta'sirida bo'lishi mumkin. Bunday holda konstrukstiya qismi murakkab defomatsiyaga duch keladi. SHuning uchun mashina yoki inshoot qismlarning ko'ndalang kesimida bir vaqtda ikkkita va undan ortiq ichki kuch faktorlari hosil bo'ladi. Natijada kesim yuzasida shunday kuchlanganlik holati kelib chiqadi. Kuchlarni mustaqillik printsipiga asosan bu kuchlanganlik holati oddiy kuchlanganliklar yig'indisidan iborat deb qarash mumkin. Kuchlarni mustaqil printsipini murakkab deformatsiyaga tadbiq etish uchun elementni deformatsiyani kichik va uning materiali Guk qonuniga asosan bo'ysunishi kerak. Murakkab defomatsiyaga valni bir vaqtda buralish bilan egilish ta'sirida bo'lishi qiyshiq egilish markazdan tashqari siljish yoki cho'zilish va h. k. misol bo'ladi.

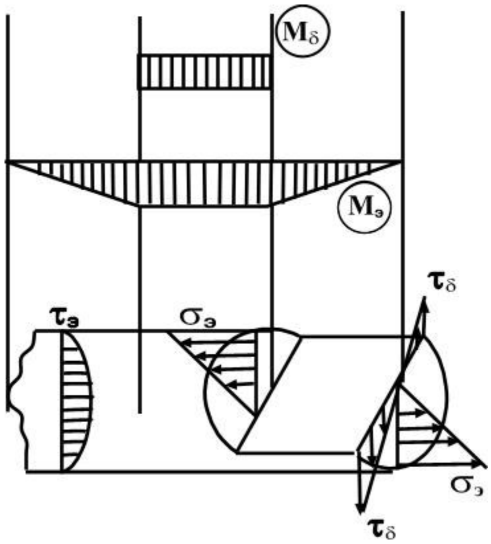
EGILISH BILAN BURALISHNI BIRGALIKDAGI TA'SIRI

Buralishga ishlaydigan sterjen val deyiladi. Val mashina stanok va mexanizmlarning harakatga keltiruvchi asosiy elementi bo'lib ko'pincha buralish bilan egilish deformatsiyalarning birga ta'siri natijasida ishlaydi. SHkivga o'rnatilgan remenlarning taranglik kuchlarini valga bosimi (R) ta'sirida egilish deformatsiyasi remenni etaklovchi va etaklanuvchi qismlarining taranglik kuchlarini val kesimini markaziga nisbatan momentlarini (M_1, M_2) ta'sirida buralish deformatsiyasi hosil bo'ladi.





94 - rasm



95-rasm.

$$M_1 = T_1R_1 - T_1R_1 = T_1R_1$$
$$M_2 = T_2R_2$$
$$P_1 = T_1 + t_1 = 3t$$
$$P_2 = 3t_2$$

Demak valni kesimida buralishdagi burovchi moment va ko'ndalang kuch faktorlari hosil bo'ladi. Burovchi moment ta'sirida valni ko'ndalang kesimida buralishdagi urinma kuchlanish hosil bo'ladi.

$$\tau_\delta = \frac{M\delta}{W_\rho}$$

Urinma kuchlanish va kesimini chetki nuqtalarida eng katta qiymatga erishadi. Kundalang kuch Q ta'siridagi urinma kuchlanish burovchi momentdan hosil bo'lgan urinma kuchlanishga nisbatan kichikdir.

Bu kuchlanish va kesimining markazida eng katta qiymatga erishadi. Lekin valni hisoblashda bu kuchlanishni ta'siri sezilarli emas.

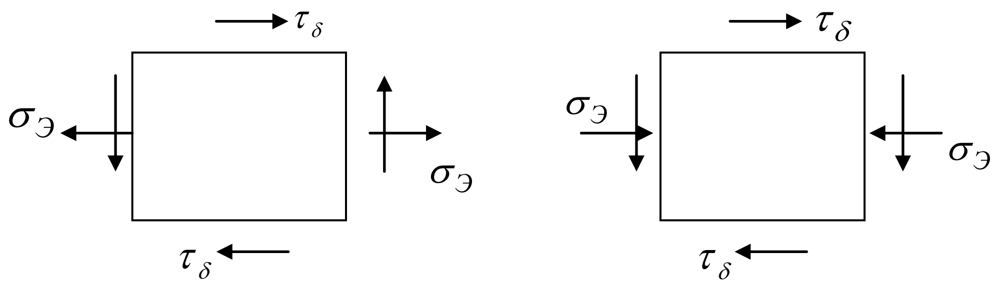
Eguvchi moment ta'sirida valni ko'ndalang kesimida egilishdagi normal kuchlanish hosil bo'ladi.

$$\sigma_э = \frac{M_э}{W} \qquad (8.2)$$

Normal kuchlanish val kesimini chetki nuqtalarida eng katta qiymatga erishadiva kesim markazida nolga teng.

Demak val kesimini chetki nuqtasida $\tau_\delta = \tau_{\max}$ va $\sigma_э = \sigma_{\max}$ bo'lib bu nuqta atrofida ajratilgan elementar yuza xavfli holatda va murakkab kuchlanganlik holatiga ekan.

Ajratilgan elementni old qismi unga parallel bo'lgan orqa tomoni har qanday kuchlanishlar ta'siridan ozod. SHuning uchun bu yuza bosh yuza ekan va bu yuzadagi bosh normal kuchlanish $\sigma_2 = 0$ uchta bosh kuchlanishlardan bittasi nolga teng bo'ladigan holatdagi elementni kuchlanganlik holati tekis kuchlanganlik holatidir. Tekis kuchlanganlik holatidagi elementni mustaxkamligi elementni boshqa yuzalaridagi bosh kuchlanishlarga bog'likdir.



96 – rasm.

Bu kuchlanishlar quyidagi formula bilan topiladi.

$$\sigma_{1,3} = \frac{1}{2}\left[\sigma_э \pm \sqrt{\sigma_э^2 + 4\tau_\delta^2}\right] \qquad (8.3)$$

Murakkab kuchlanganlik holatidagi valni mustaxkamlik nazariyalari asosida tekshiriladi. Po'latdan tayyorlanadigan valni mustaxkamligi nazariyalari bo'yicha tekshiriladi.

III – nazariyaga ko'ra

$$\sigma_1 - \sigma_3 \le [\sigma]$$

Agar formulani $\sigma_Э = \frac{M_Э}{W}$ va $\tau_\delta = \frac{M_\delta}{W\rho} = \frac{M_\delta}{2W}$ kuchlanishlarini hisobga olib III nazariyaga keltirib qo'ysak quyidagi ifoda hosil bo'ladi.

$$\frac{\sqrt{M_Э^2 + M_\delta^2}}{W} \le [\sigma] \qquad (8.4)$$

bu erda $\sqrt{M_э^2 + M_б^2} = M_{кел}$ keltirilgan moment deb qabul qilamiz.

Mustaxkamlik sharti $\frac{M_{кел}}{W} \le [\sigma]^{III}$

Valning kesim o'lchamlari quyidagicha topiladi.

$$W = \frac{M_{кел}}{[\sigma]^{III}} \text{ agar } W = \frac{\Pi d^3}{32} \text{ bo'lsa,}$$

$$d = \sqrt{\frac{32 M_{кел}}{\Pi[\sigma]}} \qquad (8.5)$$

IV nazariya

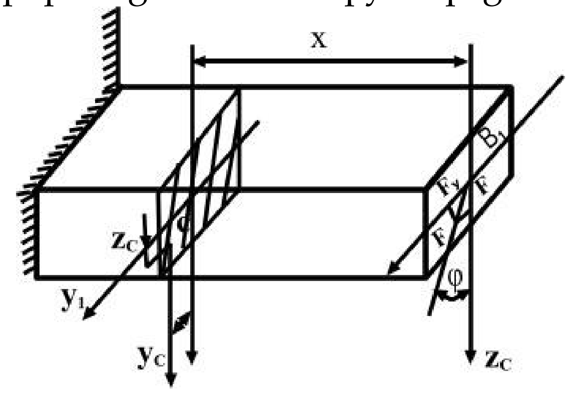
$$\sqrt{\sigma_3^2 + 3\tau_\delta^2} \leq [\sigma] \qquad (8.6)$$

σ_e - τ_δ - larni ifodalarini hisobga olsak:

$$\frac{\sqrt{M_Э^2 + 0{,}75M_\delta^2}}{W} = \frac{M_{кел}}{W} \leq [\sigma] \quad ва \quad W = \frac{M_{кел}}{[\sigma]} \qquad (8.7)$$

QIYSHIQ eGILISH

Amaliyotda shunday konstrukstiya qismlari uchraydiki bu holatda elemenga ta'sir qilayotgan tashqi kuchni ta'sir chizig'i elementni bo'ylama o'qiga perpendikulyar joylashib uni ko'ndalang kesimini birorta ham bosh inertsiya o'qlari tekisligidan o'tmaydi. Bunday sterjenni egilishi tashqi kuchni ta'sir qilish tekisligida yotmaydi. Qiyshiq egilish sodir bo'ladi. Masalan, bino tomidagi tunuka ostiga qoqiladigan taxtalar qiyshiq egilishga ishlaydi.



97-rasm

F kuch β Z bosh inertsiya o'qiga nisbatan φ burchak ostida joylashgan. F kuchini Z va U o'qlaridagi ajratuvchilarni topamiz.

$$F_z = Fsos\varphi \quad va \quad F_U = Fsin\varphi$$

Ixtiyoriy X masofada joylashgan bosh inertsiya o'qlari Z_1 va U_1 ga nisbatan F_z va F_y kuchlarini eguvchi momentlari quyidagicha yoziladi.

$$M_y = -F_я \cdot X = -F_x cos\varphi \quad ва$$
$$M_z = -F_y \cdot X = -F_x \cdot \sin\varphi \qquad (8.8)$$

agar $M = F_X$ deb qabul qilsak, $|M_y| = M \cdot cos\varphi$ $ва$ $|M_Z| = M \cdot \sin\varphi$ hosil bo'ladi.

Demak, sterjenni ko'ndalang kesimiga ikkita eguvchi moment paydo bo'lar ekan. *Mu* va *M* momentlari sterjenni ikkita bosh inertsiya tekislarida egadi.

Kuchlarini mustaxkamlik printsipiga asosan sterjenni koordinata o'qlarini musbat choragida joylashgan ixtiyoriy S nuqtasini kuchlanishining formulasini yozamiz.

$$\sigma_C = \frac{M_y Z_C}{J_y} - \frac{M_z \cdot y_C}{J_z} = -M\left(\frac{\cos\varphi \cdot Z_C}{J_y} + \frac{\sin\varphi \cdot y_C}{J_z}\right) \qquad (8.9)$$

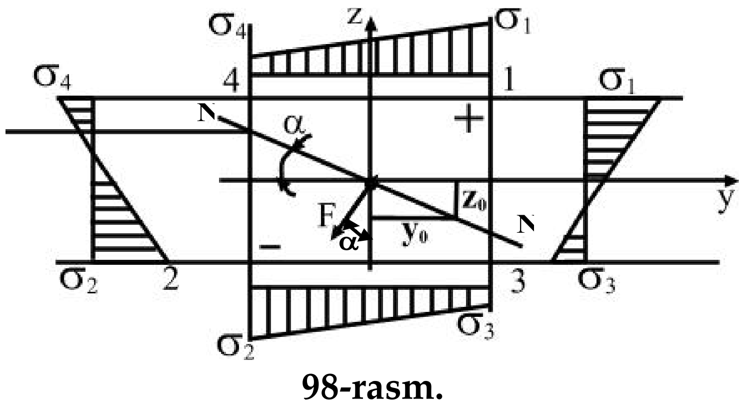
bu erda: Jy va Jz - sterjen kesimini *u, z* o'qlariga nisbatan inertsiya momenti. z_c va y_c - sterjen kesimida ajratilgan S nuqtaning koordinatalari.

S nuqta sterjenni siqiladigan tolalari tomonidan joylashganligi uchun σ_C normal kuchlanish manfiy. Agar S nuqtani koordinata o'qlarini manfiy tomoniga yoki sterjen materialini cho'ziladigan tolalariga o'tkazsak normal kuchlanish musbat bo'ladi. Tekis ko'ndalang egallanganidek qiyshiq egilishda ham normal kchlanishni qiymati asosan *Z* va *U* koordinatalariga bog'liq qiyshiq egilishida kesimni aylanishida netra o'qdan eng uzoqda joylashgan tolasi eng katta deformatsiyaga uchraydi. SHuning uchun qiyshiq egilishda xafli holatdagi nuqtani aniqlash uchun avvalo sterjen kesimini neytral o'qining holati va undan eng uzoqda joylashgan nuqta topiladi. Tekis ko'ndalang egilishdan ma'lumki, normal kuchlanish neytral qatlamda nolga teng, ya'ni

$$-M\left(\frac{\cos\varphi \cdot Z_0}{J_y} + \frac{\sin\varphi \cdot y_0}{J_z}\right) = 0 \qquad \text{yoki}$$

$$\frac{Z_0 \cdot \cos\varphi}{J_y} + \frac{y_0 \cdot \sin\varphi}{J_z} = 0 \qquad (8.10)$$

Bu erda *Z₀* va *U₀* normal kuchlanishi nolga teng bo'lgan holatga to'g'ri keluvchi nuqtaning kooordinatalari (formulaga asosan neytral o'q koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziq ekan. Neytral o'q *U* o'qiga α burchak ostida joylashgan.



98-rasm.

(8.10) fomuladan $\left|\frac{Z_0}{y_0}\right| = tg\varphi \cdot \frac{J_y}{J_z}$ (8.11) ni hosil qilamiz. 98-rasmdan ko'rinishicha $\frac{Z_0}{Y_0} = tg\alpha$ unda (8.11) formulani quyidagicha yozamiz.

$tg\alpha = tg\varphi \cdot \dfrac{J_y}{J_z}$ (8.12) yoki $tg\varphi = tg\alpha \cdot \dfrac{J_z}{J_y}$ (8.13) formuladan qiyshiq egilishda kesimni neytral o'qining holati tashqi kuchni qiymatiga emas balki kuchni Z o'qiga ogishgan burchagi φ ga va kesimni shakliga bog'liq ekan.

Masalan inertsiya momentlari ikkala o'qga nisbatan bir-biriga teng bo'lgan doiraviy kvadrat kesimlarda neytral o'q tashqi kuchni ta'sir chizig'iga perpendikulyar joylashadi. YA'ni $tg\alpha = tg\varphi$ qolgan barcha kesimlarda neytral o'q kuch chizig'iga perpendikulyar bo'lmaydi. Tomonlari h va b, bo'lgan to'g'ri to'rtburchak kesim uchun kuchni ta'sir chizig'i kesimni, dioganali bo'yicha joylashsa, neytral o'q kesimni ikkinchi dioganaldan o'tadi.

$$tg\alpha = \frac{bh^3 \cdot 12}{hb^3 \cdot 12} \cdot \frac{b}{h} = \frac{h}{b}$$

SHunday qilib qiyshiq egilishda normal kuchlanish quyidagi formuladan topiladi;

$$\sigma = \pm \mathrm{M}\left(\frac{\cos\varphi}{J_y} \cdot \mathrm{Z} + \frac{\sin\varphi}{J_Z}\right) \qquad (8.14)$$

Kesimni neytral o'qdan eng uzoqda joylashgan I va II nuqtalarida normal kuchlanish maksimal qiymatga va neytral o'q ustidagi barcha nuqtalarida normal kuchlanish nolga teng.

YA'ni Z=0 va U=0 bo'lsa $\sigma = 0$

$\mathrm{Z} = \mathrm{Z}_{\max}$ *ва* $У = У_{\max}$ *булса* $\sigma = \sigma_{\max}$.

Neytral o'qga yaqin joylashgan nuqtalarda (3 va 4) $\sigma = \sigma_{мин}$.

Kesimni turli nuqtalari uchun topilgan kuchlanishlari qiymati yordamida qiyshiq egilishdagi kuchlanish epyurasisini ko'rish mumkin.

(8.14) formulada ko'pincha

$\dfrac{J_Y}{Z_{\max}} = W_Y$ va $\dfrac{J_Y}{y_{\max}} = W_Z$ ifoda bilan almashtiriladi.

Unda
$$\sigma = \pm \mathrm{M}\left(\frac{\cos\varphi}{W_Y} + \frac{\sin\varphi}{W_Z}\right) \qquad (8.15)$$

formula hosil bo'ladi.

$$\sigma_{\max} = M_{\max} \cdot \left(\frac{\cos\varphi}{W_Y} + \frac{\sin\varphi}{W_Z}\right) \le [\sigma] \qquad (8.16)$$

qiyshiq egilishida mustaxkamlik sharti.

Mustaxkamlik shartidan kesimni tanlash talab kilinsa $\frac{W_Y}{W_Z}$ nisbat berilishi kerak.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Murakkab deformatsiya qaysi vaqtda sodir bo'ladi?

2. Qanday murakkab deformatsiya turlari mavjud?
3. Egilish bilan buralishni birgalikdagi ta'siriga misol keltiring.
4. Val kesimini markaziga nisbatan momentlari nimaga teng?
5. Val mustahkamligini III va IV mustahkamlik nazariyalari bo'yicha tekshiring.
6. Qiyshiq egilish qachon sodir bo'ladi?
7. Qiyshiq egilishda normal kuchlanish formulasini yozing.
8. Kesimni turli nuqtalari uchun topilgan kuchlanishlarni qiymatlari yordamida egilishdagi kuchlanish epyurasini quring.
9. Tekis ko'ndalang egilishda normal kuchlanish neytral qatlam nolga tengligini ko'rsating.
10. Qiyshiq egilishda normal kuchlanishdagi qarshilik momenti.

TAYANCH IBORALAR

Deformatsiya, qiyshiq egilish, buralish, siqilish, cho'zilish, normal kuchlanish, urinma kuchlanish, mustahkamldik sharti, moment, qarshilik momenti.

MA'RUZA №16
MARKAZIY BULMAGAN SIQILISH (CHO'ZILISH)

REJA:

1. Markaziy bo'lmagan siqilishga misollar.
2. Ixtiyoriy tanlangan V nuqtadagi kuchlanish.
3. Ko'ndalang egilishdan neytral o'qda normal kuchlanishning nolga tengligi.
4. Neytral o'qgacha bo'lgan masofa *Xo* va *Uo* larni topish.
5. Markaziy bo'lmagan cho'zilish va siqilishda normal kuchlanishni topish formulasi.
6. Kesim yadrosi.
7. Turli xil geometrik qirqimlar uchun kesim yadrosini tanlash.
8. Egilish bilan cho'zilishni yoki siqilishni birgalikdagi ta'siri.
9. Egilish bilan cho'zilish birgalikda kelganda to'la kuchlanishni aniqlash.
10. Balkani ko'ndalang kesim yuzasida teng tarqalgan siquvchi normal kuchlanish hosil bo'lishi.

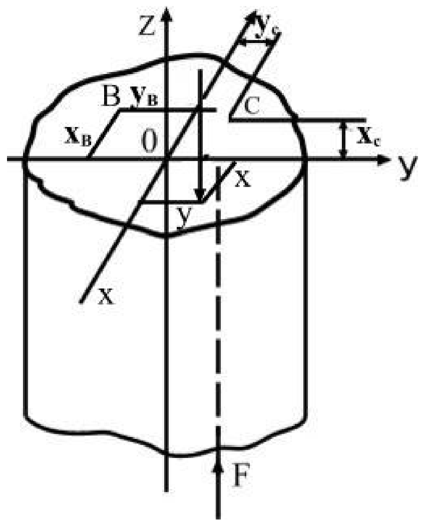
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335

2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Markaziy bo'lmagan siqilish ko'prik qurilishida, ko'prik tayanchlarini hisoblashda, hamda grajdan qurilishida bino ustunlarini hisoblashda ko'p uchraydi. X_0 va U_0 o'qlariga nisbatan X va U masofalarida joylashgan F kuch ta'siridagi brusni markaziy bo'lmagan siqilishini ko'rib chiqaylik (99-rasm).

F kuch ta'siri istalgan kesimida $N = -F$ siquvchi bo'ylama kuch va $M_x = -F \cdot y$ va $M_u = -F \cdot x$ *e*guvchi momentlari hosil bo'ladi.



99-rasm.

Brus M_u eguvchi momenti ta'sirida OU neytral o'qi atrofida ZOX tekisligida egiladi. Kesimdan ajratilgan ixtiyoriy nuqta S brusni siqiladagantlilarida joylashgnligi uchun bu nuqtadagi normal kuchlanish musbat ishorali bo'ladi. M_x=F.U momenti ta'siridan brus ZOU tekisligida OX neytral o'qi atrofida egiladi.

S nuqta brus cho'ziladigan tolalarida joylashgan. SHuning uchun normal kuchlanish - musbat.

Unda S nuqtadagi kuchlanish quyidagicha topiladi.

$$G = -\frac{F}{A} - \frac{F y_F y_C}{J_X} - \frac{F x_F x_C}{J_y} \qquad (8.17)$$

Agar $\frac{J_X}{A} = i_x^2$ va $\frac{I_y}{A} = i_y{}^a$ brus kesimni X va U o'qlariga nisbatan inarstiya radiuslarini hisobga olsak (8.17) ni quyidagicha yozamiz:

$$G_c = -\frac{F}{A}(1 + \frac{Y_F Y_c}{i_x^{\ k}} + \frac{X_F X_c}{i_y^{\ z}}) \qquad (8.18)$$

(8.18) formuladan ko'rinishicha sikilgan brusni istalgan nuqtani kuchlanishini topish mumkin. Buning uchun nuqtaning koordinatalari X va U ishoralarini hisobga olish kerak. Masalan: koordinatalari $-X_a$ va $-U_v$ bo'lgan kesimdan ixtiyoriy tanlangan V nuqtadagi kuchlanishni ishorasi musbatdir, chunki

$$G_B = -\frac{F}{A}(1 - \frac{Y_F Y_B}{i_x^{\ 2}} - \frac{X_F X_B}{i_y^{\ 2}} \qquad (8.19)$$

bu nuqta brusni cho'ziladigan tolalarida joylashgan. Demak, markazdan tashkari siqilishda ham oddiy kundalang yoki qiyshiq egilishda kabi normal kuchlanish nuqtasi kaysi chorakida yoki kaysi tolalarida joylashganligiga bog'liq ekan. Markaziy bo'lmagan siqilishda brusni xavfli holatdagi materiallarni aniqlash uchun avvalo brus kesimini neytral o'qining holati va undan eng uzoqda joylashgan nuqtani topamiz. Kungdalang egilishdan ma'lumki neytral o'qlar normal kuchlanish nolga teng, ya'ni

$$G = -\frac{F}{A}(1 + \frac{X_F X_O}{i_y^{\ 2}} + \frac{Y_F Y_C}{i_x^{\ 2}}) = 0$$

bu erda X_0 va U_0- neytral o'q ustida joylashgan nuqtaning koordinatalari.

$$\frac{F}{A} \neq 0$$ bo'lmaganligi uchun

$$1 + \frac{X_F X_O}{i_y^{\ 2}} + \frac{Y_F Y_O}{i_x^{\ 2}} \qquad (8.20)$$

hosil bo'ladi.

(8.20) tenglama neytral o'q tenglamasi. Neytral o'q koordinata boshidan neytral o'qgacha bo'lgan masofalar X_0 va U_0-larni topish mumkin.

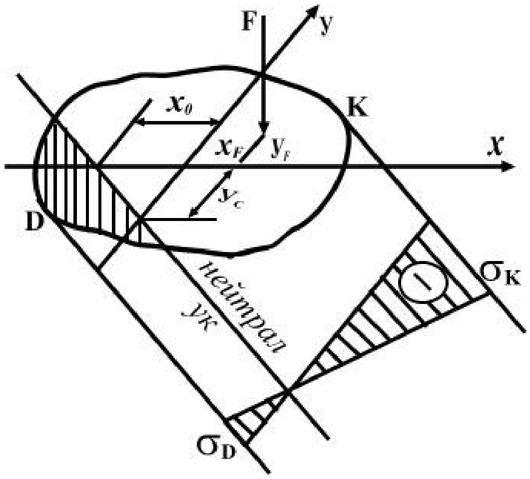
$U_0 = 0$ bo'lsa, (8.20) dan $1 + \frac{X_F X_a}{i_y^2} = 0$

Ifodani olamiz.

SHuningdek, $X_0 = 0$ bo'lsa $1 + \frac{Y_F Y_C}{i_x^2} = 0$ hosil bo'ladi.

Bu tenglamani echib $X_0 = -\frac{i_y^2}{X_r}$ va $Y_0 = -\frac{i_z^2}{Y_F}$ (8.21) neytral o'qni koordinata o'qlarini kesishdan hosil bo'lgan kesmalarni topamiz.

Demak, neytral o'q X va U o'qlarini X_0 va U_0 masofalardan kesib o'tar ekan (100-rasm). Neytral o'q kesim yuzasini ichki qismiga, chiziladigan va siqiladigan tolalarga ajratadi. Agar kesimni konturiga neytral o'qga paralel qilib urinmalar o'tkazsak, brus kesimini neytral o'qidan eng uzoqda joylashgan nuqtalarini (D,K) aniqlaymiz. Kesimdagi eng katta chuzuvchi va siquvchi normal kuchlanishlari D va K nuqtalarda hosil bo'ladi. D nuqtada brus cho'zilgan tolasida joylashganligi uchun normal kuchlanish musbat, K nuqtada esa manfiy.

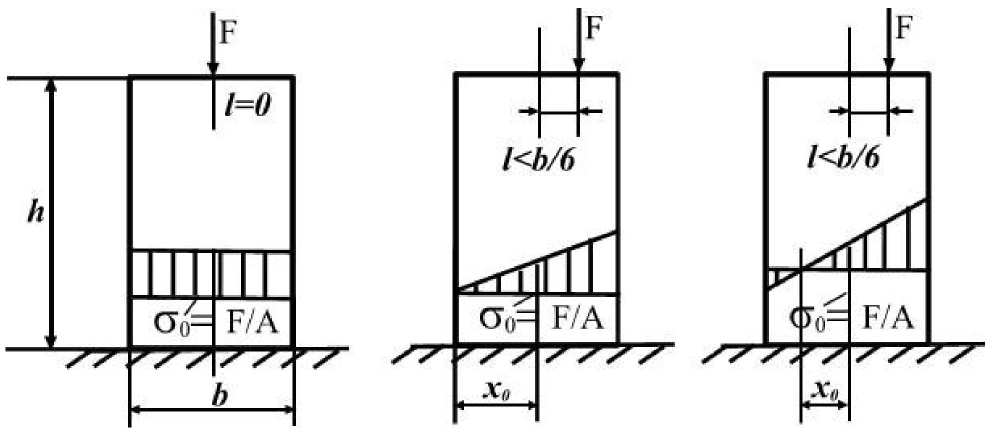


100-rasm.

$$\sigma_{D,K} = \pm\frac{F}{A}\left(1 \pm \frac{x_F x_{D,K}}{i_Y^2} + \frac{y_F y_{D,K}}{i_X^2}\right) \qquad (8.22)$$

Normal kuchlanish kesish yuzasidato'g'ri chiziqli qonuniyat asosida o'zgaradi va kesimni konturida eng katta qiymatga erishadi.

Kesim yuzasi to'g'ri to'rtburchakdan iborat bo'lgan brusni markaziy bo'lmagan siqilishda kesimni neytral o'qini turli hollarda o'zgartitrib ko'ramiz (101-rasm).



101-rasm.

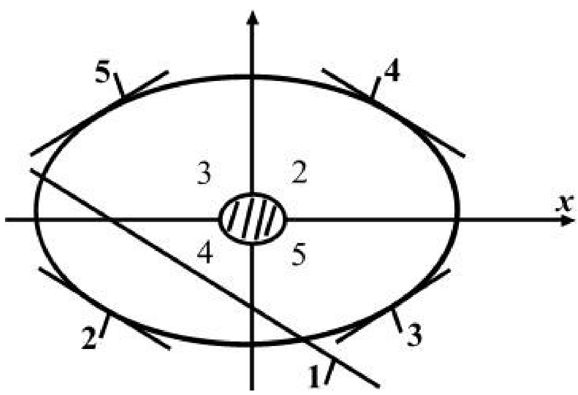
Kuch SU o'qi bo'ylab ($X_F = l;\ U_F = 0$) yunalgan. (8.22) formuladan quyidagini topamiz;

$$\sigma = -\frac{F}{A} \pm \frac{M_Y}{W_Y} = -\frac{F}{A} \pm \frac{Fl \cdot 6}{hb^2} = -\frac{F}{A}\left(1 + \frac{6l}{b}\right) \qquad (8.23)$$

Bu formuladan ko'rinib turibdiki, *l=0* bo'lganda kesimning barcha nuqtalarida bir xil kuchlanish paydo bo'ladi. Agar *l≤b/6* bo'lsa, kesim yuzida bir xil ishorali (siqilish) kuchlanish paydo bo'ladi. Brusni buylama o'qida joylashgan materialida $\sigma_0 = -F/A$ normal kuchlanishi ta'sir qiladi. Neytral o'q bo'ylama o'qida X_0 masofada joylashadi. Agar *l=b/6* bo'lsa formulaga asosan $X_0=b/2$ masofadan ya'ni brusni chap yon sirtidan neytral o'q o'tadi. SHuning uchun brusni bu nuqtasida kuchlanish nolga teng bo'ladi. *l=b/6* bo'lsa neytral o'q kesim ichida yotadi. U kesimni ikki qismga bo'ladi. Brusning kesim yuzasida chuzuvchi musbat va siquvchi manfiy ishorali kuchlanishlar hosil bo'ladi.

KESIM YADROSI

Texnikada va qurilishda uchraydigan ayrim materiallar (beton kirpich, yog'och, cho'yan, shisha) cho'zilish va siqilishiga bir xil qarshilik ko'rsata olmaydi. Bunday materiallarni kesim yuzasida ikki xil ishorali kuchlanish hosil bo'lishi noqelaydir. YA'ni maqsadga muvofiq emas. Masalan mo'rt materiallar siqilishga nisbatan cho'zilishda tez emiriladi. SHuning uchun mo'rt materiallar tayyorlangan brus markazdan tashqari siqilishga uchrashsa, ko'ndalang kesim yuzasida bir xil ishorali kuchlanish hosil bo'lgani ma'qul. Buning uchun kesimni neytral o'qi egallagan o'rnini o'zgartirish kerak. Masalan (8.25) formulaga asosan X_0 va U_0 masofalarni shunday tanlash mumkinki, bu holatda neytral o'q kesimni konturiga D nuqtada urinma bo'lib qoladi. Unda F kuch kesimni markaziga yaqinlashadi va 2 nuqtada joylashadi.



102-rasm.

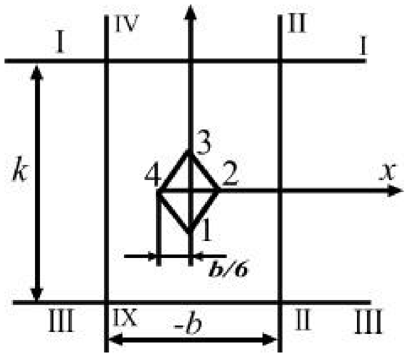
Xuddi shunday 3,4,5 nuqtalarni kesimni markazi atrofida joylashtirsak, bu nuqtalarga xos ravishda 3,4,5 chiziqlar ya'ni neytral o'qlarning holatlari to'g'ri keladi. Neytral o'qlar kesimni sirtiga urinma bo'lib joylashadi. Neytral o'qlarini bu holatlariga to'g'ri keladigan cheksiz nuqtalarni kesimni markazi atrofida aylantirishda hosil bo'lgan egri chiziqli chegara kesim yadrosi deb aytiladi. Kesim yadrosi ichiga kuyilgan xar kanday tashqi kuch kesim yuzasida bir xil ishorali kuchlanishni yuzaga keltiradi.

Masalan: tomonlari h va b bo'lgan to'g'ri turtburchakli kesim uchun kesim yadrosini topamiz. Buning uchun kesimni tomonlariga urinmalar o'tkazamiz. I-I urinmani X0 koordinata sistemasidagi koordinatalari

$$x_0 = \infty; \quad y_0 = \frac{h}{2}$$

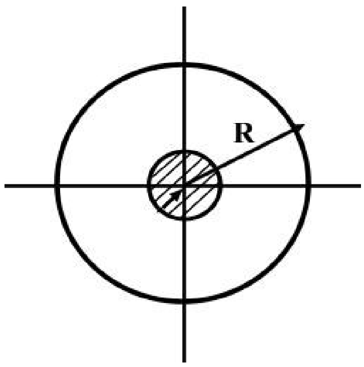
Fomuladan foydalanib kesim yadrosini koordinatalarini topamiz.

$$X_f = X_9 = -\frac{I_Y^2}{\infty} \text{ва} Y_0 = -\frac{I_x^2}{y}$$



103 – rasm.

SHunday kilib I-I urinmalarga to'g'ri keluvchi kesim yadrosini I nuqtasi 0u ukida 0x ukidan u= -h/6 masofada joylashadi. III-III urinmaga to'g'ri keladigan kesim yadrosini 3 nuqtasi ham 0u ukida 0x ukdan Y=-h/6masofada joylashadi. II-II urinmalar uchun U=0 va X=-$\frac{h}{6}$ hosil bo'ladi.

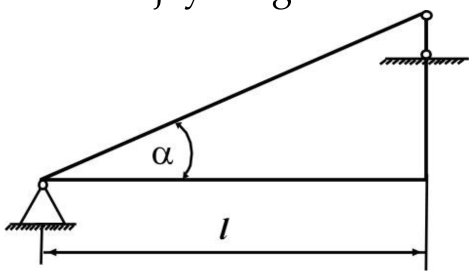


104-rasm.

Doiraviy kesim uchun kesim yadrosi doirani markazi atrofida joylashgan va radiusi r=$\frac{R}{4}$ bo'lgan doira bo'ladi. X=U=-$\frac{I}{R} = \frac{I}{A} = \frac{R}{4}$

EGILISH BILAN CHO'ZILISHNI YOKI SIQILISHNI BIRGALIKDAGI TA'SIRI.

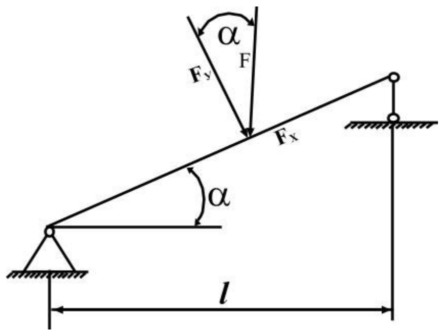
Tashqi F kuch bilan yuklangan balki zanjirli tayanchga tiralgan va gorizontga nisbatan α burchakda joylashgan.



105-rasm.

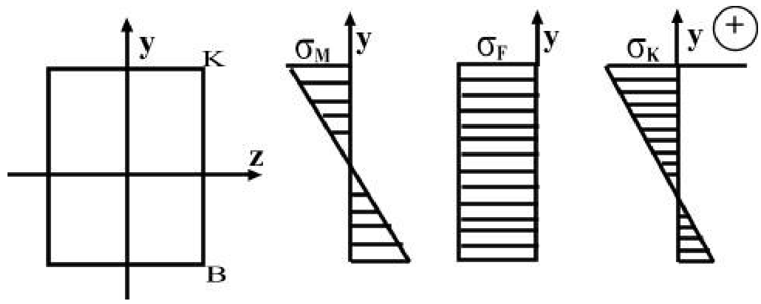
F kuchni balka o'qiga parallel' va normalga proektsiyalash mumkin.

$F_y = F \cdot \mathrm{sos}\alpha$ va $F_y = F \cdot \sin\alpha$



106-rasm.

F_y kuch ta'sirida balka oddiy kundalang egilishda bo'ladi. Natijani balkada kundalang kesimida egilishdagi ya'ni eguvchi moment ta'siridagi normal kuchlanish hosil bo'ladi.



107-rasm.

$$G = \frac{M \cdot Y}{Z} \, \ddot{e}\kappa u \, G = \frac{M}{W}$$

F kuch ta'sirida balka siqiladi. Natijada balkani ko'ndalang kesim yuzasida teng tarqalgan siquvchi normal kuchlanish hosil bo'ladi. $G=-\frac{F}{A}$

Balka kesimini chetki nuqtalaridagi tulik kuchlanish G va G_1 kuchlanishlarini yigindisiga teng bo'ladi.

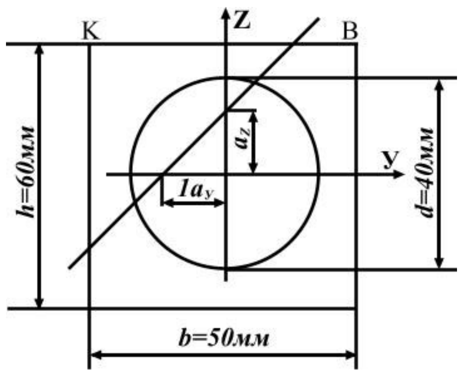
$$\sigma=\pm\frac{M}{W}\pm\frac{F}{A} \qquad \sigma_K=-\frac{M}{W}-\frac{F}{A} \quad ва \quad \sigma_B=\frac{M}{W}-\frac{F}{A}$$

Demak egilish va cho'zilishni yoki siqilishni birgalikdagi ta'sirini kesim yuzada ikkita kuchlanish hosil bo'ladi.

1 - masala

CHugundan tayyorlangan kalta sterjen S nuqtaga kuyilgan buylama F kuch bilan siqiladi. Sterjen kutarilishi mumkin bo'lgan kuchni ruxsat etilgan qiymati topilsin. Sterjen kesim yuzasini Y va Z nuqtalarida nisbatan inertsiya momentini topamiz.

$$I=\frac{bh}{12}-\frac{Пd}{64}=\frac{5\cdot 2K}{12}-\frac{3{,}14\cdot 256}{64}=77{,}44см$$



108-rasm.

Sterjenni kesim yuzini A=bh - $\frac{Пd}{4}=6\cdot 5-\frac{3.14\cdot 16}{4}=17.44$

Y va Z nuqtalarda nisbatan inertsiya radiusi

I=$\frac{I_Y}{A}=\frac{77{,}44}{17{,}44}=4{,}44см$ I=$\frac{49{,}94}{17{,}44}=2{,}86см^2$ sterjenni markazdan tashkari cho'zilish va siqilishidagi mustaxkamlik shartini yozamiz:

$[\sigma]_c=100МПА$ sterjenni markazdan tashkari siqilishiga ruxsat etilgan kuchlanish.

$[\sigma]4=30КПА$ sterjenni markazdan tashkari cho'zilishga ruxsat etilgan kuchlanishi.

Y_F va Z_F kuch qo'yilgan nuqtani koordinatasi.

Nol chiziqda normal kuchlanishga nolga tenglashishidan foydalanib neytral qatlam holatini aniqlaymiz.

$$\sigma = \frac{F}{A}\left(1 + \frac{y_f y}{i_z^2} + \frac{Z_f \cdot Z}{i_y^2}\right) = 0 \qquad \text{bu erdan}$$

demak $1 + \frac{Y_f \cdot Y}{i_z^2} + \frac{Z_f \cdot Z}{i_y^2} = 0$ chiziq teyglamasi.

Agar y=0 bo'lsa tengamadan $z=a_z$ va

$$a_z = -\frac{i_{y2}}{z_F} = \frac{-4,44}{-3} = 1,48 см$$

Agar Z=0 bo'lsa $U= a_y=-\frac{2,86}{2,5} = -1,15 см$

a_z va a_y qiymatlar nol chiziqni Y va Z o'qlaridagi koordinatalari. Demak nol chiziq U va Z nuqtalar koordinata boshlaridan a=1,48 sm va a_y=-1,15 sm masofalardan kesib utadi. Sterjen kesimini A V S nuqtalari siqilish zonalarida va K nuqtasi cho'zilish zonasida yashaydi. Sxemaga asosan K va S nuqtalar nol chiziqdan eng uzoqda joylashgan nuqtalar bo'lib shu nuqtalarda normal kuchlanish eng katta qiymatiga erishadi.

K nuqta koordinatalari Y_K=-2,5cm va Zk=3cm

S nuqta koordinatalari Ys=-2,5cm va Zs=3cm

$$\delta_K = -\frac{F}{A}\left(1 + \frac{y_F y_K}{I^2 к} + \frac{Z_F \cdot Z_k}{I^2 y}\right) \leq [\delta]_4$$

$$\delta_л = \frac{F_4}{17.44}\left[1 + \frac{2.5(-2.5)}{2.86} + \frac{-3)\cdot 3}{4.44}\right] = 3\frac{H}{sm^2}$$

yoki $$F_4 = \frac{3 \cdot 17.44}{3.18} = 16.453 KH$$

$$\delta_c = -\frac{F_c}{17.44}\left(1 + \frac{2.5 \cdot 2.5}{2.86} + \frac{(-3)(-3)}{4.4}\right) = 10\frac{KH}{sm^2}$$

va $$F_c = -\frac{10 \cdot 17.44}{5.18} = -33.67 KH$$

2 – masala

KVSD lardan tayyorlangan sterjen V nuqtaga kuyilgan tashki F kuch ta'sirida markazdan tashkari cho'zilish va sikishda sterjen kesimini K, V, S va D nuqtalaridagi kuchlanishlar topilsin va epyurasi qurilsin.

Berilgan: *F=15 kn,* shveller kesim yuzasi *A=8,98 sm²*

$$J_y = 89.4 см^2; \; J_z = 12.8 см^4; \; y_z = 1.31 см$$

Echish: F kuch joylashgan nuqta koordinitalarini topamiz:

$$Y_F = b - y_0 = 4 - 1.31 = 2.69 см$$

$$Z_F = \frac{h}{2} = \frac{8}{2} = 4 см$$

Markazdan tashqari siqilish va cho'zilishdagi normal kuchlanish formulasi

$$\sigma = \frac{F}{A}\left(1+\frac{Y_F \cdot Y}{I^2 y}\right)`$$

dan σ=0 bu holatni qondiruvchi nol chiziq tenglamasini

$$1+\frac{2.69 \cdot y}{i^2{}_z}+\frac{4 \cdot z}{i^2{}_y = 0}$$

hosil qilamiz.

Y va Z o'qlariga nisbatan inertsiya radiuslarini topamiz.

$$i_z{}^2 = \frac{12,8}{8,98} = 1,4254 см^2; \; i_y{}^2 = \frac{89,4}{8,98} = 9,955 см^2$$

Nol chiziqni Z va Y o'qlaridagi koordinatalarini quyidagicha topamiz.

Agar u=0 bo'lsa tenglamadan

$$a_z = z = -\frac{9,955}{4} = -2,49 см \quad \text{va}$$

$z = o$ bo'lsa, $a_y = y = -\frac{1.4254}{2.59} = -0,53 см$

Demak nol chiziq Y va Z o'qlarini manfiy tomonidan $Z = -2,49 см$ va $y = -0,53 см$ masofada kesib utadi.

SHvellarni K,V va S nuqtalari cho'zilish va D nuqtasi siqilish zonasida joylashgan.

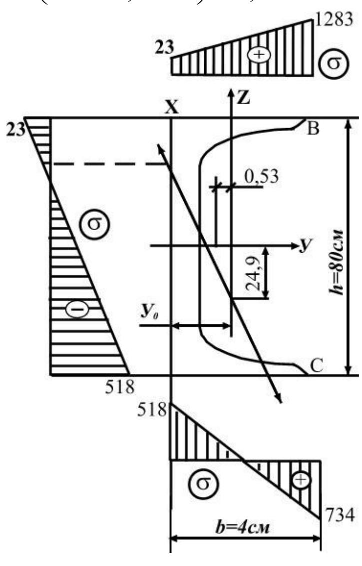
SHveller nuqtalarini koordinatalari

$$Y_k = -1,31 см; \; Z_c = 4 см; \; Y_z = 2,69 см; \; Z_B = 4 см$$

$$Y_c = 2,69 см \; Z_c = -4 см; \; Y_D = -1,31 см; \; Z_D = -4 см.$$

$$\sigma_к = \frac{1500}{8,98}\left(1+\frac{2.69(-1.31)}{1,42}+\frac{4 \cdot 4}{9,95}\right) = +23 кг/см^2$$

$$\sigma_в = 167,04\left(1+\frac{2,69 \cdot 2,69}{1,42}\right)+\frac{4 \cdot 4}{9,95}) = 1283 кг/см^2$$



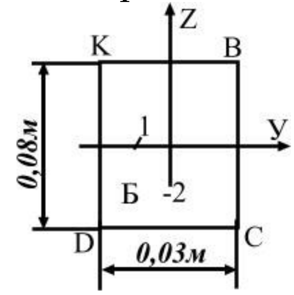
109-rasm.

$$\sigma_c = 167{,}04\left(1+\frac{2{,}69(-1.31)}{1{,}42}+\frac{4(-4)}{9{,}95}\right) = 734\,кг/см^2$$

$$\sigma_D = 167{,}04\left(1+\frac{2{,}69(-1.31)}{1{,}42}+\frac{4(-4)}{9.95}\right) = 734\,кг/см^2$$

3–Masala.

Uzunligi *l=1,5* m bo'lgan to'g'ri burchakli kesimli po'lat sterjen F=60kn kuch bilan cho'ziladi. F kuch kesimni B nuqtasiga qo'yilgan. Sterjen kesimini K,V,S,D nuqtalarini kuchlanishlari topilsin.



110-rasm.

Echish. Kesimni B nuqtasini koordinatalari va U_V=-1sm; Z_B=-2sm (U_B=U_F va Z_B=Z_F). Sterjen ko'ndalang kesim yuzasining geometrik xarakteristikasini topamiz.

Kesim yuzasi $A=3\cdot8=24sm^2=2{,}4\cdot10^{-3}sm^2$

Inertsiya radiuslari:

$$i_y = \frac{Уy}{A} = \frac{0.03(0.08)^3}{12\cdot2.4\cdot10^{-3}} = 0.0534\cdot10^{-3}\,M^2$$

$$i_z^2 = \frac{J_z}{A} = \frac{0{,}08(0{,}03)^3}{12\cdot2{,}4\cdot10^{-3}} = 0{,}075\cdot10^{-3}\,м^2$$

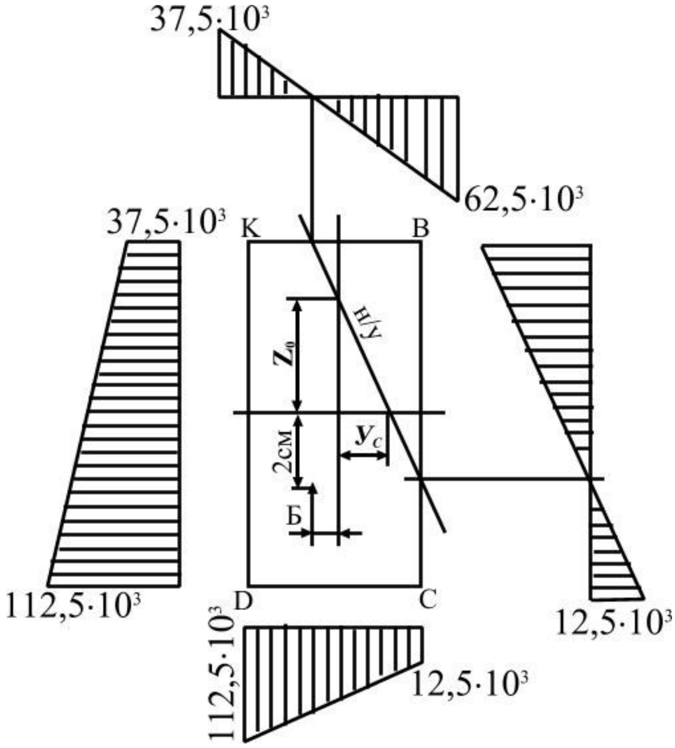
Kesimni neytral o'qini holatini quyidagi tenglamadan topamiz.

$$1+\frac{У_F У_0}{i_z^2}+\frac{Z_F Z_0}{i_y^2}=0$$

Bu erdan agar Z=0 bo'lsa, $y_0 = -\frac{i_я^2}{У_F} = \frac{0.075\cdot10^{-3}}{0.01} = 7.5\cdot10^{-3}M$

Agar Y_0=0, bo'lsa, $Z_0 = -\frac{i_y^2}{Z_F} = \frac{0.0534\cdot10^{-2}}{0.02} = 2.67\cdot10^{-2}M$

Demak neytral o'q kesimni Z0Y koordinata o'qlarini musbat choragidan $Y_0 = 7{,}5\cdot10^{-3}$ va $Z_0 = 2{,}07\cdot10^{-2}M$ masofadan kesib o'tar ekan.



111-rasm.

Kesimni K,V,S,D nuqtalaridagi normal kuchlanishi quyidagi formuladan topamiz.

$$\sigma = \frac{F}{A}\left(1 + \frac{Y_F Y}{i^2_z} + \frac{Z_F \cdot Z}{i^2_y}\right)$$

K nuqta kuchlanishi $(Z_k = 0.04m; Y_k = 0.015m;)$

$$\sigma_k = \frac{60}{2.4 \cdot 10^{-3}}\left[1 + \frac{(-0.01)(-0.015)}{0.075 \cdot 10^{-3}} + \frac{(-0.02) \cdot 0.04}{0.0534 \cdot 10^{-2}}\right] = 37.5 \cdot 10^3 \frac{km}{m^2} -$$

B nuqta kuchlanishi $(Z_b = 0.04m; Y_b = 0.015m;)$

$$\sigma_b = \frac{60}{2.4 \cdot 10^{-3}}\left[1 + \frac{(-0.01) \cdot 0.015}{0.075 \cdot 10^{-3}} + \frac{(-0.02) \cdot 0.04}{0.0534 \cdot 10^{-2}}\right] = 62.5 \cdot 10^3 \frac{km}{m^2} -$$

C nuqta kuchlanishi $(Z_c = 0.04m; Y_c = 0.015m)$

$$\sigma_c = \frac{60}{2.4 \cdot 10^{-3}}\left[1 + \frac{(-0.01) \cdot 0,015}{0.075 \cdot 10^{-3}} + \frac{(-0.02) \cdot (0,015)}{0.0534 \cdot 10^{-2}}\right] = 12.5 \cdot 10^3 \frac{km}{m^2} -$$

D nuqta kuchlanishi $(Z_d = -0.04m; Y_d - 0.015m)$

$$\sigma_c = \frac{60}{2.4 \cdot 10^{-3}}\left[1 + \frac{(-0.01) \cdot 0,015}{0.075 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,02 \cdot 0,04}{0.0534 \cdot 10^{-2}}\right] = 112.5 \cdot 10^3 \frac{km}{m^2}$$

Kesimni KB; BC; CD va DK tomonlarining kuchlanish epyurasi, 111-rasmda ko'rsatilgan.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Markaziy bo'lmagan siqilishga misol keltiring.
2. Ixtiyoriy tanlangan V nuqtadagi kuchlanish nimaga teng?

3. Ko'ndalang egilishdan neytral o'qdagi normal kuchlanishning nolga tengligini ko'rsating.
4. *Xo* va *Uo* - neytral o'qgacha bo'lgan masofalarni toping.
5. Markaziy bo'lmagan cho'zilish va siqilishda normal kuchlanishni topish formulasini yozing.
6. Kesim yadrosi deganda nimani tushunasiz?
7. Turli xil geometrik qirqimlar uchun kesim yadrosini tanlang.
8. Egilish bilan cho'zilishni yoki siqilishni birgalikdagi ta'sirini ko'rsating.
9. Egilish bilan cho'zilish birgalikda kelganda to'la kuchlanishni aniqlang.
10. Balkani ko'ndalang kesim yuzasida teng tarqalgan siquvchi normal kuchlanishni topish formulasini yozing.

TAYANCH IBORALAR

Eguvchi moment, kuchlanish, siqilish, cho'zilish, musbat, manfiy neyiral o'q, epyura, kesim yadrosi, yadro koordinatalari, mustahkamlik sharti.

MA'RUZA №17
SIQILGAN STERJENLARNI USTUVORLIKKA HISOBLASH USTUVORLIK HAQIDA TUSHUNCHA

REJA:

1. Ustuvorlik shartlari.
2. Sterjenni ustuvor muvozanat holati buzilishi.
3. Kritik kuchlanish.
4. Kritik kuchni aniqlash.
5. Eyler formulasi.
6. Sterjen uchlarini tiralish shartlari.
7. Sterjen bo'ylama egilishga oldidagi siquvchi kuchni minimal qiymati ga to'g'ri kelishi.
8. Elastik chegarasida ishlaydigan sterjen uchun kritik kuch sterjenning geometrik o'lchamlari va material elastikligiga bog'liqligi.
9. Sterjen uchlarini mahkamlanish shartini kritik qiymatiga ta'siri.
10. Barcha hollar uchun kritik kuch formulasini yozish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230

3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

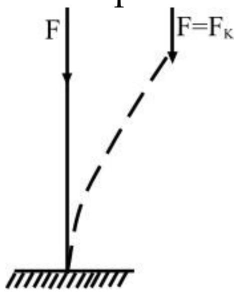
Ko'pgina injenerlik inshootlarini hisoblashda (loyihalashda), ularning mustahkamlik sharti bilan bir qatorda ustuvorlik sharti ham mavjud.

Botiq yoki qabiriq sirti ustida yotgan sharning muvozanat holati ustuvor yoki noustuvor muvozanatga misol bo'ladi (112-rasm).

112-rasm.

Botiq sirtda joylashgan shar istalgan holatga og'dirilganda ham o'zining dastlabki vaziyatiga qaytadi. SHuning uchun shar botiq sirtda muvozanat holatda. Qabariq sirtda joylashgan shar kichik miqdorda og'dirilganda pastga dumalab ketadi. SHuning uchun bu shar noustuvor holatda.

Sekin-asta o'suvchi kuch ta'sirida sterjin siqilsa, kuchni biror kritik qiymatida sterjen o'zining to'g'ri chiziqli holatini yo'qotadi. (113-rasm).



113-rasm.

Sterjenni ustuvor muvozanat holati buziladi. Agar kuchni shu qiymatida ushlab turilsa, sterjenda muvozanat holat yuzaga keladi va sterjenni yangi ustuvor muvozanati sodir bo'ladi. Agar siquvchi kuch kattalashtirilsa, sterjenni noustuvorligi oshadi va yana kuchni qiymati oshsa emirilishi mumkin. Demak, sterjenni to'g'ri chiziqli holatidan chetga chiqishi - noustuvordir. Noustuvor sterjen bo'ylama egilish holatida bo'ladi.

Bo'ylama egilish juda xavflidir, chunki siquvchi ozgina og'dirilganda sterjenni egilishi tez ortadi. Natijada egilish bo'ladigan kuchlanish ham tez ortadi, sterjen emirilishi mumkin.

Siquvchi kuchni kritik qiymatida sterjenni ko'ndalang kesimida kritik kuchlanish hosil bo'ldi.

$$\sigma_K = \frac{F_k}{A} \qquad (9.1)$$

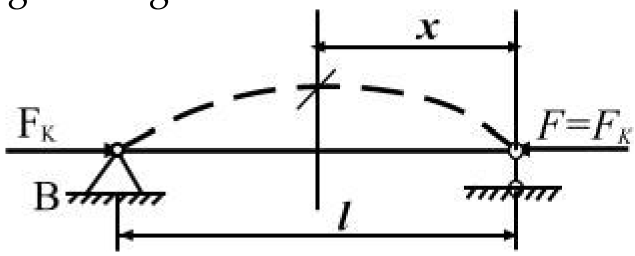
Ustuvorlikka noto'g'ri hisoblash oqibatida juda ko'p konstruktsiyalarni emirilishi sodir bo'lgan.

Masalan: 1907 yili AQSHda, shimoliy Levrentiya daryosida qurilgan, bosh proleti 549 m bo'lgan konsol sistemali katta ko'prik ag'darilib tushgan. 9000 tonnali konstruktsiya butunlay ishdan chiqqan; konstruktsiyani katta qismi suvga, 40m chuqurlikka cho'kib ketgan, 74 kishi halok bo'lgan. SHunday voqea Kvebek daryosidagi ko'prikda ham ikki marotoba sodir bo'lgan.

1891 yil may oyida SHveytsariyaning Menxenshteyn qishlog'idagi ko'prikda bo'lgan halokatli hodisa siqilgan sterjenlarni ustuvorlikka puxta hisoblash naqadar zarur va muhimligini ko'rsatuvchi saboqdir. Halokat ro'y bergan paytda ko'prikdan uzunligi 42 m bo'lgan va 12 vagondan iborat bo'lgan passajir poezdi o'tgan. Paravoz ko'prikdan utib bo'lgan, lekin daryoga qulagan 6 vagon uni ham tortib ketgan. Falokatda 74 kishi o'lgan va 200 kishi yarador bo'lgan. Falokat fermaning siqilgan tirgovichlaridan biri ustuvorligini yo'qotishi natijasida sodir bo'lgan.

KRITIK KUCHNI ANIQLASH. eYLER FORMULASI.

Ikki uchi sharnirli tayanchga tiralgan ℓ uzunlikdagi o'zgarmas kesimli siqilayotgan sterjendagi kritik kuchni topish uchun, sterjen egilgan o'qining diffirentsial tenglamasidan foydalanamiz (114-rasm). Siqilayotgan sterjenni ko'ndalang kesimida hosil bo'lgan kuchlanish sterjen materialining proportsionallik chegarasidagi kuchlanishidan katta bo'lmaydi.



114-rasm.

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{F \cdot Y}{EJ} \qquad \text{yoki} \qquad \frac{d^{2y}}{dx^2} + k^2 \cdot y = 0$$

bu erda $$k^2 = \frac{F}{EJ} \qquad (9.2)$$

(9.2) differentsial tenglamaning integrali quyidagicha yoziladi:

$$y = a \cdot \sin kx + b \cdot \cos kx \qquad (9.3)$$

bu erda a, b-integrallash doimiyliklari, sterjen uchlarini tiralish shartlaridan topiladi.

Masalan: I) Birinchi shart: $x = 0$ da $y = y_c = 0$ bo'lganda $b = 0$ bo'ladi. Unda sterjen egilgan o'qining tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$y = a \cdot \sin kx \qquad (9.4)$$

Bu tenglamadan aniqki, sterjenni egilgan o'qi sinusida bo'yicha egiladi.

II)Ikkinchi shart : $x = \ell$ da $y = y_b = c$ bo'lganda $a \cdot \sin k\ell = 0$ bo'ladi. Bu erda $a \neq c$, demak $\sin k\ell = 0$. Bu had uchun $k\ell = \pi,\ 2\pi ... \pi$ ekanligini topamiz.

Agar, $K = \frac{\pi n}{\ell}$ yoki $K^2 = \frac{n^2\pi^2}{\ell^2}$ ni hisobga olsak,

$$F_n = \frac{n^2\pi^2 E \cdot J_{\min}}{\ell^2} \qquad (9.5)$$

hosil bo'ladi.

n ixtiyoriy butun son.

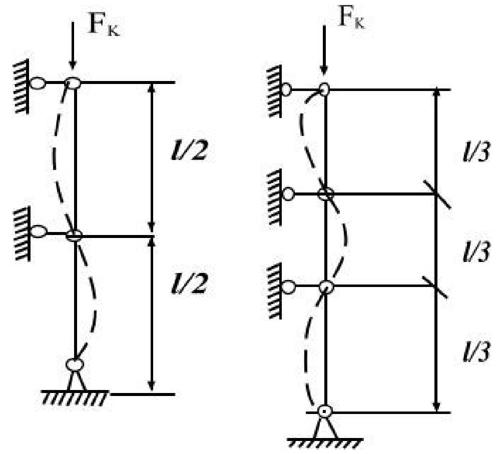
(9.5) formula eyler formulasi. SHunday kilib, engil egilgan sterjenni munozanatda ushlaydigan kuchni bir nechta qiymatga ega bo'lishi mumkin ekan. Sterjenni buylama egilishga oldidagini sikuvchi kuchni minimal (eng kichik) qiymati n to'g'ri keladi. Unda

$$F_K = \frac{\pi^2 EJ}{\ell^2} \qquad (9.6)$$

F_K kuchni bu qiymatiga sterjenni yarim tulkinli sinusoida egilish to'g'ri keladi:

$$y = a \cdot \sin\frac{\pi x}{\ell} \qquad (9.7)$$

Agar $\pi = 2$ va $\pi = 3$ bo'lsa, sterjen egilishi ikkita va uchta yarim to'lqinli sinusida chiziq bo'ladi:



115-rasm.

$$K = 2\pi / \ell; \qquad F_K = \frac{4\pi^2 E}{\ell^2}; \quad K = \frac{3\pi}{\ell}; \; F_K = \frac{9\pi^2 EJ}{\ell^2};$$

sterjenni bunday egilishlari noustuvordir. eyler formulasidan kurinishicha, RK sterjenni berkligiga to'g'ri proportsional, sterjen uzunligi kvadratiga teskari proportsionaldir.

Elastiklik chegarasida ishlaydigan sterjen uchun kritik kuch sterjenning geometrik o'lchamlari va materialining elastiklik moduliga bog'liq: sterjen tayyorlangan materialning mustaxkamlik xarakteriskalariga bog'liq emas.

Masalan: yumshoq va yuqori sifatli po'lotlarda E qiymati taxminan bir xil bo'lganligi uchun, ular kritik kuchda ustuvorligini yo'qotadi.

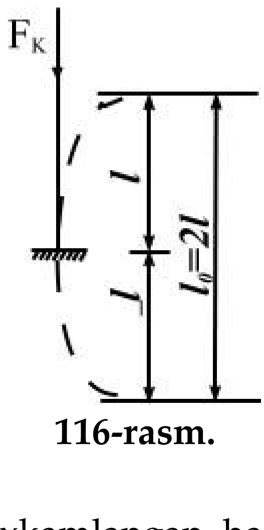
Ikkita sharnirli tayanchli sterjenni egilishdagi eng katta salqilligi $x = \ell.\backslash 2$ masofadagi nuqtada hosil bo'ladi:

$$y_{\max} = a \cdot \sin kx = u \cdot \sin\frac{\pi}{\ell} \cdot \frac{d}{2} = a$$

STERJEN UCHLARINI MAHKAMLANISH SHARTINI KRITIK QIYMATIGA TA'SIRI

Sterjen uchlari maxkamlanish shartini kritik kuch qiymatiga ta'sirini aniqlash uchun, har xil tayanchlarga tiralgan sterjenlarni buylama egilishdagi deformatsiyalarni ikkita sharikli tayanchga tiralgan sterjenni deformatsiyasi bilan taqqoslaymiz.

Masalan, bir uchi kesib maxkamlangan sterjenning deformatsiyasi ikkala uchi sharnirli maxkamlab kuyilgan sterjen deformatsiyasini yarmisiga teng (116-rasm).



$(\mu = 2)$

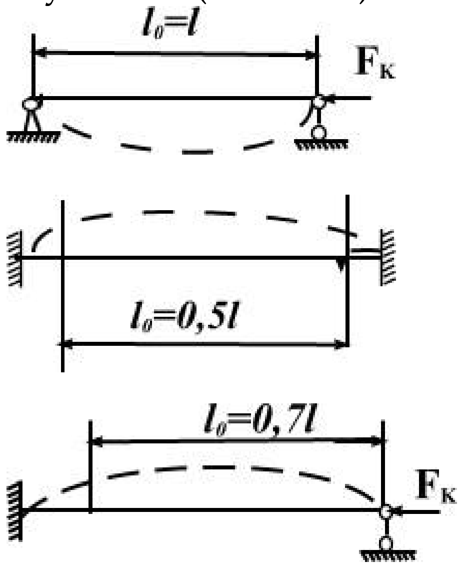
116-rasm.

Demak, bir uchi kisib maxkamlangan, har birini uzunligi *l* bo'lgan ikkita sterjenlar egilgan o'qlarining erkin uchlari orasida ulchangan yarim to'lqin (sinusida) uzunligi ikki uchi sharnirli maxkamlangan sterjen egilgan o'qining ikkita nuqtasi orasidagi yarim tulkin uzunligiga teng ekan, ya'ni $\ell_0 = 2\ell$.

Eyler formulasi: $$F_K = \frac{\pi^2 EJ}{\ell^2} \qquad (9.8)$$

yoki $$F_K = \frac{\pi^2 EJ}{(2\ell)^2} = \frac{\pi^2 EJ}{4\ell^2}$$

Sterjen uchlarini maxkamlanish shartlariga ko'ra kritik kuch formulalarini yozamiz (117-rasm).



$$F_K = \frac{\pi^2 EJ}{\ell_0^2} \qquad \mu = 1$$

$$F_K = \frac{4\pi^2 EJ}{\ell^2} \qquad (\mu = \frac{1}{2})$$

$$F_K = \frac{\pi^2 EJ}{(0,7\ell)^2} \qquad (\mu = 0.7)$$

117-rasm.

Barcha hollar uchun kritik kuch formulasini quyidagicha yozamiz:

$$F_K = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu\ell)^2} \qquad (9.9)$$

bu erda μ keltirilgan uzunlik koeffitsienti; $\ell_0 = \mu\pi$ keltirilgan uzunlik.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Ustivorlik shartlarini tushuntiring.
2. Sterjenni ustuvor muvozanat holat buzilishini tushuntiring.
3. Kritik kuchlanish deb nimaga aytiladi.
4. Kritik kuch formulasini yozing.
5. Eyler formulasini tushuntiring.
6. Sterjen uchlarining mustaxkamlanish shartlariga ko'ra kritik kuch formulasini yozing.
7. μ – koeffitsientni ta'riflang.
8. Keltirilgan uzunlik deb nimaga aytiladi.
9. Barcha hollar uchun kritik kuch formulasini yozing.
10. $\lambda o = 2\lambda$ Mohiyatini tushuntiring.

TAYANCH IBORALAR

Sterjen, uzunlik, muvozanat, siquvchi kuch, egilish, kritik kuchlanish, kesim yuza, kritik kuch, egiluvchanlik, kritik qiymat, keltirilgan uzunlik, mahkamlanish sharti, keltirilgan uzunlik koeffitsienti.

MA’RUZA №18
EYLER FORMULASINI ISHLATISH CHEGARASINI ANIQLASH

REJA:

1. Eyler formulasini ishlatish mumkin bo’lgan chegarani aniqlash.
2. Sterjen egiluvchanlik.
3. σ_k – sterjen egiluvchanligiga bog’liqligi.
4. $\lambda=\lambda_0$ bo’lsa, eyler formulasidan foydalanish.
5. $\lambda\geq100$ sterjenlar uchun eyler formulasini ishlatish mumkinligi.
6. Egiluvchanlik O dan 40-50 gacha bo’lganida sterjenlar mustahkamligi yo’qolishi.
7. 50…90 $50\leq\lambda\leq \lambda_0$ oraliqda ustuvorlik yo’qotishi.
8. YAsinkiy formulasi.
9. a,v,s, koeffitsientlar haqida tushuncha.
10. Siqilgan sterjenlarni ustuvorlikka amaliy hisoblash.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to’plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo’yicha sirtdan o’qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko’rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Kritik kuchni aniqlash uchun eyler formulasi sterjen materialining Guk konuni kuchga ega bo’lgan chegarasida keltirib chikarilgan edi. SHuning uchun eyler formulasi yordamida topilgan kritik kuchlanishni materialni proportsionallik chegarasidagi kuchlanishdan katta bo’lgan mumkin bo’lgan hollardan foydalanib bulmaydi. eyler formulasini ishlatish mumkin bo’lgan chegarani aniqlaymiz:

$$\sigma_k = \frac{F_K}{A} = \frac{\pi^2 EJ}{A\ell^2} = \frac{\pi^2 E}{(\mu t)^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

bu erda : 12 inertsiya radiusi: $i^2 = \frac{J}{A}$

$\lambda = \mu \frac{\ell}{i}$ - sterjenni egiluvchanligi.

(9.10) formuladan aniqki, σ_K sterjenni egiluvchanligiga bog’liq. Ingichka va uzun sterjenlarda kritik kuchlanish kichik bo’ladi. Mustaxkamlik chegarasi $\sigma_b = 400$ *MPa* bo’lgan St. 3 po’lat uchun: $E = 2{,}10^5 M\Pi a : A = 150$ bo’lsa

$$\sigma_K = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{(150)^2} = 87{,}7 M\Pi a < 160 M\Pi a$$

agar $\lambda = 50$ bo’lsa:

$$\sigma_K = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{(50)^2} = 800 M\Pi a > [6] = 180 M\Pi a$$

siqilayotgan sterjendagi kuchlanish kritik kuchlanishdan kichik kuchlanishda emirilish sodir bo’ladi.

Agar $\sigma_к = \sigma_n$ deb olinsa, (9.10) formuladan egiluvchanlidan chegaraviy qiymatini topamiz.

$$\gamma_0 = \sqrt{\pi^2 E \setminus \delta_n} \qquad (9.11)$$

Agar $\lambda = \lambda_0$ bo’lsa, eyler formulasidan foydalanish mumkin. Agar $\lambda = \lambda_0$ bo’lsa, eyler formulasidan foydalanib bo’lmaydi. St.3 po’lat uchun: $\delta_n = 200 M\Pi a$

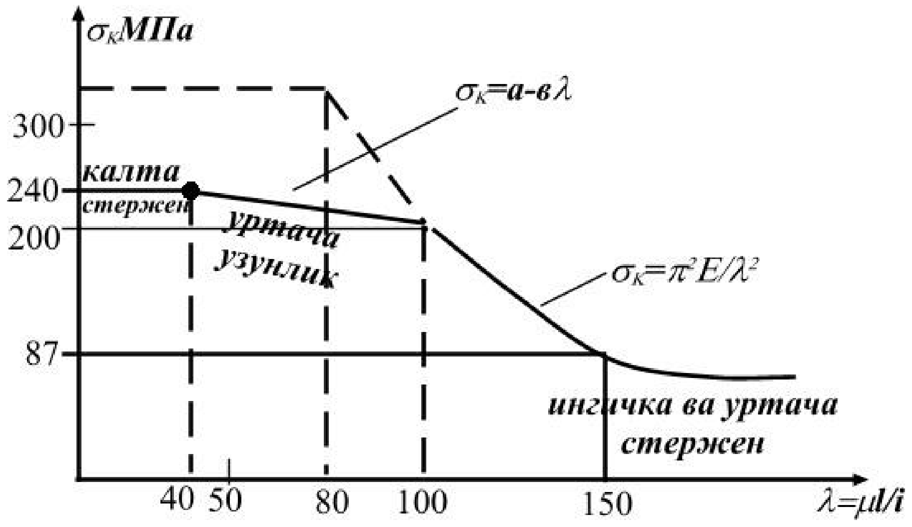
$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{200}} = 100$$

St. 5 po’lat uchun $\lambda = 90.$

SHunday qilib, egiluvchanligi $\lambda \geq 100$ sterjenlar uchun eyler formulasi ishlatilishi mumkin (-rasm).

Egiluvchanlik 0 dan 40-50 gacha bo’lganida sterjen juda qisqa bo’ladi. Bunday sterjenlar mustaxkamligi yo’qolishi bilan emiriladi. SHuning uchun, kritik kuchlanish oquvchanlik (plastik material) yoki mustaxkamlik chegarasidagi kuchlanish (mo’rt material)ga teng qilib olinadi (22-rasm).

Egiluvchanligi 50…90 $50 \leq \lambda \leq \lambda_0$ oraliqda bo’lgan sterjenlar elastik-plastik deformatsiyalanib, ustuvorligini yo’qotadi. Bunda kritik kuchlanish sterjen materialini proportsionallik yoki oquvchanlik chegaralaridagi kuchlanishga teng bo’ladi. Kritik kuchlanishi bunday o’zgarishi to’g’ri chiziq bo’lib, YAsinkiy formulasiga bo’ysunadi (118-rasm).



118-rasm.

YAsinskiy emprik formulasi quyidagicha yoziladi:

St. 3 po'lat uchun: $\sigma_K = 3110 - 11{,}4\lambda$

YOg'och uchun: $\sigma_K = 293 - 194\lambda$

CHo'yan uchun: $\sigma_K = a - в\lambda + c\lambda^2$

Bu erda a,v,s – emprik koeffitsientlar.

Ayrim materiallar uchun a,v,s koeffitsientlar:

Material	λ	a	V	s
St.2; St. 3	100	3100	11,4	-
St. 5	100	4640	32,6	-
Stal' 40	90	3210	11,6	-
Kremni s stal'	100	5890	38,2	-
Sosna	110	293	1,94	-
CHo'yan	80	7760	120	0,53

SIQILGAN STERJENLARNI USTUVORLIKKA AMALIY HISOBLASH

Siqilgan sterjenlarni mustaxkamlikka hisoblashda, - o'lchamlarini shunday tanlash kerakki, ularni ekspluatatsiya qilish jarayonida kuch ta'siridan ustuvorligi yo'qotilmasligi kerak. Buning uchun siqilgan sterjenni kesimidagi normal kuchlanish kritik kuchlanishdan kichik bo'lishi kerak:

$$\sigma = \frac{N}{A_\delta} < \frac{F_K}{A_\delta} = \sigma_K \qquad (9.12)$$

bu erda N – siquvchi kuch;

$A\delta$ - sterjenni zaiflashgan kesim yuzasi.

Kritik kuchlanish materialini oquvchanlik chegarasidan-plastik material uchun yoki mustaxkamlik chegarasidan mo'rt material uchun, xavfli bulishi mumkin. SHuning uchun sterjenni ustuvorlikka amaliy hisoblashda kritik kuchlanishni hosil bo'lishini cheklash kerak. YA'ni ustuvorlikka ehtiyotlik shartini ta'minlash kerak:

$$\sigma = \frac{F_K}{A_\delta} \le [\sigma]_y \qquad (9.13)$$

Ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanish.

$$[\sigma]_y = \varphi[\sigma]$$

Ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanish *$[\sigma]_y$* ustuvorlikka ehtiyotlik koeffitsienti (n_y) orqali topiladi:

$$[\sigma]_y = \frac{\sigma_K}{n_y}$$

Ustuvorlikka ehtiyotlik koeffitsienti n_y mustaxkamlikka ehtiyotlik koeffitsienti n – dan katta qabul qilinadi: YOg'och - n_y = 2,8 ...3,2 po'lat n_y =1,8…3,0 cho'yan n_y = 5…5,5.

[σ] – sterjenni mustaxkamlikka ruxsat etilgan kuchlanish;

φ - mustaxkamlikka ruxsat etilgan kuchlanishni kamaytirish koeffitsienti.

Koeffitsient - φ - materialni egiluvchanligiga bog'liq ravishda topiladi:

$$\lambda = \mu\frac{l}{i}$$

YOg'och uchun koeffitsient φ quyidagi formula topiladi:

$\lambda \le 75$ bo'lsa $\qquad \varphi = 1 - 0{,}8\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2$

$\lambda > 75$ bo'lsa $\qquad \varphi = \frac{3100}{\lambda}$

(9.13) ustuvorlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$\sigma = \frac{F_K}{A_\delta \cdot \varphi} \le [\sigma] \qquad (9.14)$$

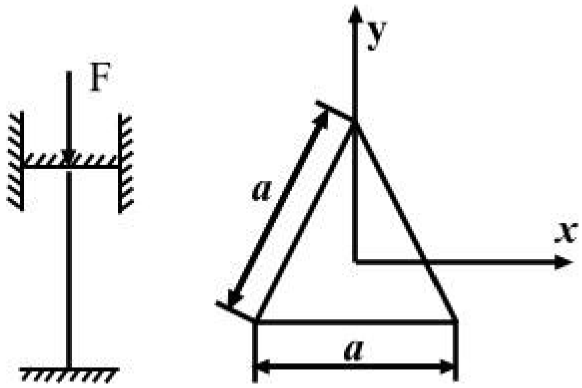
Bu shart orqali sterjenni ko'ndalang kesimi tanlanishi mumkin. Koeffitsienti φ sterjen kesimining ulchamlariga bog'liq bo'lganligi uchun uni qiymati oldindan berilgan bo'lmaydi. SHuning uchun kesimni o'lchamlari asta-sekin yaqinlashish usuli bilan topiladi. Birinchi marotaba $\varphi = 0{,}5$ deb olinadi. Keyingi yaqinlashishda λ ga bog'liq holda koeffitsient φ interpolyatsiya usuli bilan topiladi:

$$\varphi_1 = \varphi^1 - \frac{\varphi^1 - \varphi^{11}}{10} k$$

Topilgan φ yordamida kuchlanish aniqlanishi va uni kuchlanishni ruxsat etilgan qiymati bilan solishtiriladi. Ikkala kuchlanish oraslda farq bo'lishi mumkin. Agar $\sigma < [\sigma]$ bo'lsa, kesim o'lchamining qiymati kichiklashtirilishi kerak; agar $\sigma < [\sigma]$ bo'lsa kesim o'lchamlarini oshirish kerak. Hisoblangan kuchlanish σ bilan kuchlanishni ruxsat etilgan qiymati orasidagi farq 3-5% olib borilishi kerak.

1-Masala

Uzunligi $\ell = 4{,}0$ metr bo'lgan va ikkita tomoni bikr maxkamlangan pulatdan tayyorlangan sterjen $F = 10^5 \cdot 4$ kuch bilan siqiladi. Siqilishga ruxsat etilgan kuchlanishi $[\sigma] = 16 \cdot 10^7 \, МПа$ dan foydalanib sterjen kesimini o'lchamlari topilsin.



119-rasm.

Sterjenlar sikuvchi kuch ta'sirida uz shaklini, ya'ni ustuvor muvozanatini yo'qotishi natijasida emirilishi mumkin. Siqilayotgan sterjenni ustuvor holati sterjenni materialiga va egiluvchanligi katta bo'ladi, natijada elastiklik xossasi ortadi, kuchni ko'tarib bilish qobiliyati yaxshilanadi. SHuning uchun kesimining o'lchamlarini sterjen materialini egiluvchanligi bilan bog'liq ravishda topamiz.

1) Kesimni minimal inertsiya momentini topamiz.

$$J_{MIN} = \frac{a(0.866a)^3}{36} = 0.018a^4$$

2) Kesim yuzasi $A=0,5xa = 0{,}433a^2$ bu erdan

a=$\sqrt{\frac{A}{0.433}} = 1.5\sqrt{A}$ hosil bo'ladi (119-rasm)

3) Kesimni minimal inertsiya radiusini aniqlaymiz.

4) Sterjinni egiluvchanligini topamiz:

$$\lambda = \mu \frac{l}{i_{\min}} = 0.5 \frac{4}{0.375\sqrt{A}} = \frac{6.5}{\sqrt{A}} \qquad (\delta)$$

(δ) formula sterjenni egiluvchanligi λ - ni ko'ndalang kesimi teng tomonli uchburchakni o'lchamlari a bilan bog'laydi. a - qiymatini uzluksiz hisoblash usuli bilan topamiz.

I - HISOBLASH

Ustuvorlik shartidan sterjen kesimini topamiz.

$$A = \frac{F}{\varphi_1[\delta]} = \frac{10^5}{0.5 \cdot 16 \cdot 10^4} = 0.00125 м^2$$

φ_1 - siqilishga ruxsat etilgan kuchlanish $[\delta]$ ni kamaytirish koeffitsientni, birinchi hisoblashda $\varphi = 0{,}5$ qabul qilinadi.

(δ) formula yordamida sterjenni egiluvchanligini topamiz:

$$\lambda = \frac{6{,}5}{\sqrt{0{,}00125}} - 185{,}71$$

Tablitsadan foydalanib $\lambda = 185{,}71$ egiluvchanlikka to'g'ri keladigan φ koeffitsient qiymatini interpolyatsiya usuli bilan topamiz.

$\lambda = 180$ da $\varphi^1 = 0{,}23$

va $\lambda = 100$ da $\varphi^{11} = 0{,}21$

$$\varphi_2 = 0{,}23 - \frac{0{,}23 - 0{,}21}{10} \cdot 5{,}71 = 0{,}208$$

qabul qilingan φ bilan $\lambda = 185{,}71$ Egiluvchanlikka to'g'ri keluvchi $\varphi_2 = 0{,}208$ koeffitsienti orasidagi farq katta.

II-HISOBLASH

$$A = \frac{F}{\varphi_3[\delta]} = \frac{10^5}{0.354 \cdot 16 \cdot 10^7} = 0.001765 м^2$$

bu erda $$\varphi_3 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = \frac{0{,}5 + 0{,}208}{2} = 0{,}354$$

(δ) formula orkali egiluvchanlikni topamiz:

$$\lambda = \frac{6{,}5}{\sqrt{A}} = \frac{6{,}5}{\sqrt{0{,}001765}} = 151{,}16$$

jadvaldan

$$\lambda = 150; \qquad \varphi^{1} = 0.32$$

$$\lambda = 160; \ \ \varphi^{11} = 0.29 \ \ \text{va}$$

$$\varphi_4 = 0{,}32 - \frac{0{,}32 - 0{,}29}{10} \cdot 1{,}16 = 0{,}3165$$

Topilgan φ_3 va φ_4 orasidagi farq katta.

III-HISOBLASH

$$A = \frac{10^5}{0{,}316 \cdot 16 \cdot 10^7} = 1{,}971 \cdot 10^{-3} \, м^2$$

Egiluvchanlikni topamiz:

$$\lambda = \frac{6{,}5}{\sqrt{0{,}001971}} = 146{,}41$$

jadvaldan $\quad \lambda = 140; \qquad \varphi^{1} = 0.36$

$$\lambda = 150; \qquad \varphi^{11} = 0.32$$

$$\varphi_5 = 0.334$$

Ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanish.

$$[\delta]_и = \varphi[\delta] = 0{,}334 \cdot 16 \cdot 10^7 = 5{,}34 \cdot 10^7 \, Па$$

Haqiqiy kuchlanishni topamiz:

$$\delta_и = \frac{F}{A} = \frac{10^5}{1{,}97 \cdot 10^{-3}} = 5{,}076 \cdot 10^7 \, Па$$

Haqiqiy va ruxsat etilgan kuchlanishlar orasidagi farqni topamiz:

$$\delta = \frac{[\delta]_y - \delta_y}{[\delta]_y} \cdot 100\% = \frac{5.34 \cdot 10^7 - 5.076 \cdot 10^7}{5.34 \cdot 10^7} \cdot 100\% = 4.94 \prec 5\%$$

Farq $\delta \prec 5\%$. Demak hisobni davom ettiramiz. δ ni qiymatini yana ham kamaytirish mumkin.

IV - HISOBLASH

$$A = \frac{10^5}{0{,}334 \cdot 16 \cdot 10^7} = 1{,}87 \cdot 10^{-3} \, м^2$$

Egiluvchanlikni topamiz: $\quad \lambda = \frac{6{,}5}{\sqrt{1{,}87 \cdot 10^{-3}}} = 150{,}25$

jadvaldan: $\quad \varphi_6 = 0{,}32 - \frac{0{,}32 - 0{,}29}{10} \cdot 0{,}25 = 0{,}31925$

φ_5 va φ_6 orasidagi farq katta:

V - HISOBLASH

$$A = \frac{10^5}{0{,}311925 \cdot 16 \cdot 10^7} = 0{,}001957 \, м^2$$

Egiluvchanlik

$$\lambda = \frac{6,5}{0,001957} = 146,32; \qquad \varphi_7 = 0.332$$

Ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanish

$$[\delta]_и = 0,332 \cdot 16 \cdot 10^7 = 5,312 \cdot 10^7\, Па$$

Haqiqiy kuchlanish

$$\delta_y = \frac{10^5}{1.957 \cdot 10^{-3}} = 5.11 \cdot 10^7\, Па$$

$[\delta]_и$ va $\delta_и$ orasidagi farqni topamiz.

$\delta = \frac{(5.312 - 5.11)}{5.312} \cdot \frac{10^7}{10^7} \cdot 100\% = 3.8\%$ hisobni to'xtatamiz.

Kesimni o'lchami

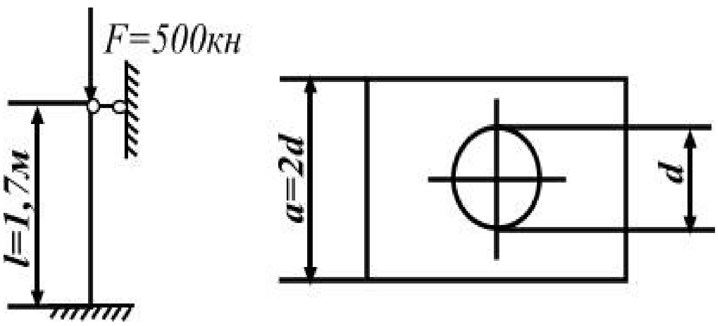
2-Masala.

Po'latdan tayyorlangan sterjen F kuch bilan siqilyapti:

$[\delta] = 160МПа$ kuchlanishdan foydalanib sterjen kondalang kesimini geometrik o'lchamlarini toping;

kritik kuch aniqlansin.

$$F = 500kH$$



120-rasm.

Echish. Sterjen kondalang kesimini geometrik xarakteristikasi:

$$A = 2d \cdot 2d - \frac{\pi d^2}{4} = 3.215d^2$$

$$J_{\min} = \frac{a^4}{12} - \frac{\pi d^4}{64} = \frac{(2d)^4}{12} - \frac{\pi d^4}{64} = 5.27d^4$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{5.27d^4}{3.215d^2}} = 1.28d$$

II - HISOBLASH $(\varphi = 0.5)$

$$A = \frac{F}{\varphi[\delta]} = \frac{500}{0.5 \cdot 160 \cdot 10^3} = 0.00625м^2$$

Unda

$$d = \sqrt{\frac{a}{3.215}} = \sqrt{\frac{0,00625}{3,215}} = 0,0441m$$

Sterjenni egiluvchanligi

$$\lambda = \breve{u}^{7} \frac{1,7}{0,0564} = 21,2$$

Tablitsadan po'lat materiali uchun:

$\lambda = 20$ da $\varphi_1 = 0,06$

$\lambda = 30$ da $\varphi^4 = 0,94$ topamiz.

Interpoltsiya usuli bilan $\lambda = 21,1$ egiluvchilik uchun φ ni qiymatini topamiz.

$$\varphi_1 = 0,96 - \frac{0,96 - 0,94}{10} \cdot 1,1 = 0,9578$$

φ-birinchi marotaba qabul qilingan $\varphi = 0,5$ dan farq qiladi.

II - HISOBLASH

$$\varphi \; 2\frac{\varphi + \varphi_2}{2} = \frac{0,5 + 0,9578}{2} = 0,7289$$

$$A = \frac{500}{0,7289 \cdot 160 \cdot 10^3} = 0,0042872 M^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0,0042872}{3,215}} = 0,036 M$$

$$\mathrm{Im}in = 1,28 \cdot 0,036 = 0,046 M$$

Sterjenni egiluvchanligi.

$$\lambda = 0,7 \frac{1,7}{0,046} = 15,87$$

Tablitsadan sterjenni materialiga va egiluvchanligiga qarab

$\lambda = 20$ da $\varphi' = 0,96$ va

$\lambda = 30$ da $\varphi'' = 0,94$ ni topamiz.

Topilgan A=0,0042872 m² kesim yuzasi va $\varphi_3 = 0,94826$qiymatda ustuvorlikni ta'minlash kerak bo'lgan ruxsat etilgan kuchlanishni topamiz.

$$\sigma_{и} = \frac{500}{0,948 \cdot 0,0043} = 122,6 \cdot 10^3 \frac{km}{M^2} < [\sigma]$$

Demak, sterjen tashqi siquvchi kuch bilan to'liq yuklanmagan. φ - ni yangi qiymatini topamiz:

III – HISOBLASH

Sterjen' o'lchami $d = 0.03M$ qabul qilamiz. Unda

$$A = 3.215 d^2 = 3.215 \cdot (0.03)^2 = 0.00289 M^2$$

Ko'ndalang kesimni inertsiya radiusini topamiz:

$$\mathrm{lim}in = 1.28 \cdot 0.03 = 0.0384 M$$

Sterjenni egiluvchanligi

$$\lambda = 0.7 \frac{1.7}{0.0384} = 30.98$$

Tablitsadan po'lat sterjen uchun.

$\lambda = 30$ da $\varphi^1 = 0.94$ va $A = 40$ da $\varphi^4 = 0.92$ ni qabul qilamiz.

Anterpolyatsiya usuli bilan $\varphi_4 = 0.938$ ni topamiz.

IV- HISOBLASH

$$\varphi_5 = \frac{0.9452 + 0.938}{2} = 0.943$$

Ustuvorlik shartidan sterjenni ko'ndalang kesim yuzasi

$$A = \frac{500}{0.943 \cdot 160 \cdot 10^3} = 0.00331 M^2$$

va o'lchami $$d = \sqrt{\frac{0.00331}{3.215}} = 0.032 M$$

ko'ndalang kesimni inertsiya radiusi $i = 1.28 \cdot 0.032 = 0.04096 M$

Sterjenni egiluvchanligi $\lambda = 0.7 \dfrac{1.7}{0.04096} = 29.05$ tablitsadan

$\lambda = 20$ da $\varphi^1 = 0.96$ va

$\lambda = 30$ da $\varphi^4 = 0.94$;

interpolyastiya usuli bilan $\varphi_6 = 0.942$ topamiz.

$\varphi_6 = 0.042$ qiymatda ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanish

$[\sigma]_y = 0.942 \cdot 160 \cdot 10^3 = 150.72 M\Pi a$ bo'lib

$$\sigma_y = \frac{500}{0.942 \cdot 0.00331} = 160.36 M\Pi a$$

tenglashadi. $\delta_y =$ni qiymati oddiy cho'zilish va siqilishga ruxsat etilgan kuchlanishidan 0,22% katta bo'lib, $[\delta]_y$ dan esa 9,638 MPa farq qiladi. SHuning uchun sterjenni o'lchamini $d = 0.033 M$ olib ko'ramiz.

V- HISOBLASH

$d = 0.033 M$ va $A = 3.033 = 0.04225 M$

Sterjen kesimini inertsiya radiusi.

$i_{\min} = 1{,}28 \cdot 0{,}033 = 0{,}04225$ m va

egiluvchanligi

$$\lambda = 0.7 \frac{1.7}{0.04225} = 28.16$$

qiymatida tablistadan

φ - ni yangi qiymatini topamiz:

$$\varphi_7 = 0.96 - \frac{0.96 - 0.94}{10} \cdot 8.16 = 0.9437$$

Ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanish

$[\sigma]y = 0.9437 \cdot 160 = 151 M\Pi\Pi$ va

$$\sigma_y - \frac{500}{0.9437 \cdot 0.0035} = 151.379 M\Pi a$$

Po'lat materiali uchun egiluvchanlik $(\lambda_0 = 100)$ 100 dan kichik bo'lsa, kritik kuchni topish uchun empimir formuladan foydalanamiz:

$$F_{кр} = A(a - b\lambda) = 0.0035(310 - 1.14 \cdot 28.16) \cdot 10^3 = 972.65кн$$

Ustuvorlikka extiyotlik koeffifstenti

$$Hy = \frac{Fkp}{F} = \frac{972.65}{500} = 1.95$$

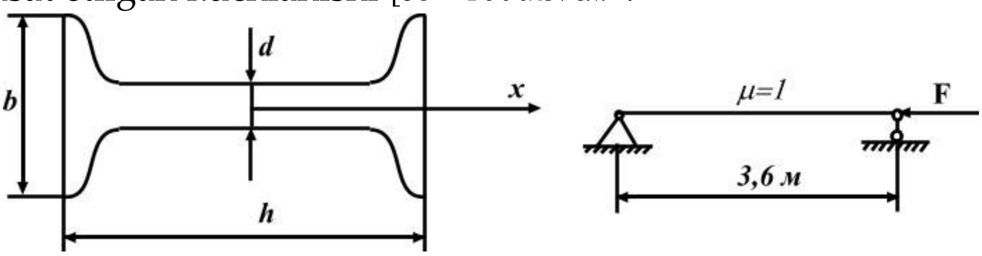
Sterjenga kuyilishi mumkin bo'lgan kuchni ruxsat etilgan qiymati

$$[F] = \varphi A[\delta] = 0.9437 \cdot 0.0035 \cdot 160 \cdot 10^3 = 528.472KH$$

3 - Masala

Po'latdan tayyorlangan sterjen' (qo'shtavrli profil) G*28t. bilan siqilayapti. Sterjenni ustuvorlik shartidan foydalanib kesimi tanlansin.

Ruxsat etilgan kuchlanishi $[\delta ъ = 1600кг/см^2$.



121-rasm.

Echish.

I-HISOBLASH

Sterjenni hisoblangan kesim yuzasini topamiz:

$$A = \frac{F}{\varphi \cdot [\delta]} = \frac{2800}{\varphi \cdot 1600} = \frac{17.5}{\varphi};$$

$\varphi = 0{,}5$ unda $A = 35см^2$.

Kesim yuzasi A=35sm² bo'lgan qo'shtavrli katalogdan tanlaymiz. Qo'shtavr 24; $A = 34.8см^2$; $Jy = 198см^4$.

Kesimni minimal inertsiya radiusini topamiz:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{198}{34.8}} = 2{,}385 \ см$$

Sterjenni egiluvchanligi: $\lambda = 1 \cdot \dfrac{360}{2.385} = 150.94$ Jadvaldan St.3. materiali uchun φ-ni qiymatini topamiz:

$$\lambda = 150 \qquad \varphi^1 = 0.32$$

$$\lambda = 160 \qquad \varphi^4 = 0.29$$

Interpolyatsiya usuli bilan

$$\varphi_1 = 0{,}32 - \frac{0.32 - 0.29}{10} \cdot 0.94 = 0{,}317$$ va

$$\varphi = \frac{0{,}5 + 0.317}{2} = 0{,}4085 -$$ ni topdik.

$\varphi > \varphi_2$ shuning uchun:

II - HISOBLASH

$A = \frac{17.5}{0.4085} = 42.84 sm^2$ kesim yuza № 27a qo'shtavrni kesim yuzasiga yaqin: $A = 43.2 sm^2$ $Jy = J\min = 337 sm^4$

Sterjenni egiluvchanligi

$$\lambda = \frac{360}{\sqrt{\frac{337}{43.2}}} = 128.89$$

jadvaldan $\lambda = 120;\ \varphi^1 = 0.45$
$\lambda = 130;\ \varphi^4 = 0.4$

Unda $\varphi_3 = 0{,}45 - \frac{0{,}45 - 0.4}{10} \cdot 8{,}89 = 0{,}406$

Haqiqiy kuchlanishni topamiz:

$$\sigma_x = \frac{28000}{43{,}2} = 648{,}15\ {}^{kg}/sm^2$$

Ruxsat etilgan kuchlanish: $[\sigma]y = 0.406 \cdot 1600 = 649.6$ kg/sm²; $\sigma_x < [\sigma]$ shuning uchun №27a qo'shtavrli kesimni tanlaymiz. Cterjenni egiluvchanligi $\lambda > 100$. Kritik kuchni eyler formulasi yordamida topamiz:

$$F_{kp} = \frac{\pi^2 EJ\min}{\ell^2} = \frac{(3{,}14)^2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 337}{(360)^2} \approx 52006 kg$$

Koeffitsient $K_y = \frac{F_k}{F} = \frac{52006}{28000} \approx 1{,}86$

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Eyler formulasini ishlatishi mumkin bo'lgan chegarani aniqlang.
2. Sterjen egiluvchanligi deganda nimani tushunasiz.
3. Kritik kuchlanishning egiluvchanlikka bog'liqligini tushuntirng.
4. $\lambda = \lambda_0$ tenglikni tushuntiring.
5. $\lambda \geq 100$ sterjenlar uchun eyler formulasi ishlatish mumkinligini tushuntiring.
6. Mustaxkamlik chegarasidagi kuchlanish murt materialga tengligini tushuntiring.
7. Egiluvchanlik qaysi chegarada ustuvorligini yo'qotadi.
8. YAsinskiy emprik formulasini yozing.
9. Ustuvorlikka ehtiyotlik shartini ta'minlang.
10. Ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanishni aniklang.

TAYANCH IBORALAR

Sterjen, mustaxkamlik, ustuvorlik, ehtiyotlik koeffitsienti, kritik kuch, kuchlanish, egiluvchanlik, emprik koeffitsient, ruxsat etilgan kuchlanish, ustuvorlik sharti, interpolyatsiya.

MA’RUZA №19
DINAMIK KUCHLAR. UMUMIY TUSHUNCHALAR
REJA:

1. Dinamik kuch ta’sirida element zarrachalarini harakat tezlanishi vaqt oralig’ida sezilishi.
2. Inertsiya kuchi haqida tushuncha.
3. Tekis tezlanishli harakatda kuchlanishni aniqlash.
4. Trosni ixtiyoriy tanlangan ko’ndalang kesimidagi dinamik kuchlanish.
5. Sistemani mustahkamlik sharti.
6. Zarb ta’sirida kuchlanish.
7. F_g – kuchni topish uchun energiyaning saqlanish qonuni.
8. Dinamik deformatsiya kuchlanish va kuch statik deformatsiyasiga bog’liqligi.
9. K_g– koeffitsientni aniqlash formulasi.
10. Zarbga sinash.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to’plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo’yicha sirtdan o’qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko’rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Materiallar qarshiligi fanini asosiy massasi-konstruktsiya qismlarini ko’ndalanng kesimini o’lchamlari yoki ularni materialini tanlashni, shu paytgacha faqat, statik yuk ta’sirida o’rgandik. Nol’dan o’zining oxirgi qiymatiga sekin-asta o’sadigan kuch, statik yukga misol bo’ladi. Statik yuk ta’sirida element deformatsiyasini tezligi vaqt oralig’ida sezilarli bo’lmaydi, chunki bunda inshoot qismlarida paydo bo’ladigan harakat tezlanishi juda kichik bo’ladi. O’zgarmas tezlik bilan ko’tarilayotgan yukni kanat (ip) ga ta’siri statik kuch; agar yuk ma’lum tezlanish bilan ko’tarilsa - dinamik (ta’sir) kuch bo’ladi. Dinamik kuch ta’siridagi element zarrachalarini harakat tezlanishi vaqt oralig’ida sezilarli bo’ladi. Dinamik yuk o’zining qiymati va holatini o’zgartirib turishi mumkin.

Dinamik yuk ta’siridagi element Dalamber printsipiga asosan xar daqiqa tashqi va inertsiya kuchlari ta’sirida muvozanatda deb qarash mumkin. Inertsiya kuchlari element materialining sifatida zarrachalarni harakatining tezlanishi asosida qo’shimcha kuch hosil bo’ladi va shu zarrachalarga qo’yilgan deb qabul qilinadi. elementni xususiy og’irligi kabi, inertsiya kuchi ham hajmiy kuch deb karalishi mumkin.

Har bir zarrachaga ta’sir qiluvchi elementar inertsiya kuchini qiymati dpi, zarrachani massasi dm- ni uni tezlanishi a ga kupaytmasiga tengdir va tezlanishga teskari tomonga yunaladi:

$$dP_i = dm \cdot a \qquad (10.1)$$

elementar zarracha massasi $dm = \frac{d6}{g}$ ni hisobga olsak

$dP_i = \frac{dG}{g} \cdot a = \frac{\lambda dv}{g} \cdot a$ hosil bo’ladi.

$dG = \lambda dv$ zarrachani xususiy og’irligi;

g- erkin tushish tezlanishi, 9,81 m/sek^2;

λ- materialni hajmiy og’irligi; kn/m^3;

dv- zarrachani elementar hajmi, m^3

Sterjenli sistemalarni hisoblashda hajmiy inersiy kuchlari, sterjinni o’qi bo’ylab tarqalgan inertsiya kuchlari bilan almashtiriladi. elementlar uzunlik dx bo’ylab tarqalgan unersiya kuchi

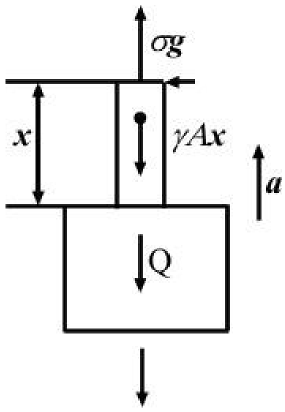
$$\mathrm{dP_i} = \frac{\gamma a dx}{g} \cdot a \qquad (10.2)$$

(10.2) formula bilan topiladi.

Ichki yozuv dvigatellarining kimlari, tebranma xarakatlarida qatnashuvchi kontruksiyalar, zarb tasirida ishlaydigan mexanizm dinamik yuklar ta’sirida bo’ladi.

TEKIS TEZLANISHLI HARAKATDA KUCHLANISHNI ANIQLASH (STATIK HISOBLASHGA KELTIRILADIGAN DINAMIK MASALALAR.)

1.Trosni hisoblash.



122-rasm.

a - taezlanish bilan yuqoriga harakat qilayotgan og'irligi K bo'lgan yuk po'latdan tayyorlangan trosga osilgan. Trosni ixtiyoriy x uzunlikdan kesib, pastki qismini muvozanat holatini o'rganamiz. Tros o'zini xususiy og'irligi γAX, K yuk va yukni yuqoriga a tezlanish bilan harakat qilishda hosil bo'lgan qo'shimcha inertsiya kuchi $\frac{Q+\gamma AX}{q}\cdot a$ ta'sirida bo'ladi. Trosni ixtiyoriy tanlangan ko'ndalang kesimidagi dinamik kuchlanishi quyidagicha topiladi:

$$\sigma g = \frac{Ng}{A} = \frac{1}{A}\left(Q+\gamma AX + \frac{Q+\gamma AX}{g}\cdot a\right) = \frac{Q+\gamma AX}{A}\left(1+\frac{a}{g}\right) \quad (10.3)$$

trosni harakatlanmayotgan, ya'ni yukni qo'zgalmas bo'lgan holatidagi kuchlanish - σ_{sm} (10.4)

demak uchlarini

$$\sigma_g = \sigma_{см}(1+\frac{q}{g}) = K_g \cdot \sigma_{см} \quad (10.4)$$

$K_g 1+\frac{a}{g}$ dinamik koeffitsent deyiladi.

SHunday qilib, yukni tekis tezlanishda harakatlantirsak dinamik kuchlanish statik mikdordan katta bo'lar ekan. Sistemani mustaxkamlik sharti.

$\sigma_{g.\max} = \sigma_{sm.\max} Kg \le [\sigma]$ - dan quyidagini hosil kilamiz

$$\sigma_{см.\max} = \frac{[\sigma]}{Kg} \quad (10.5)$$

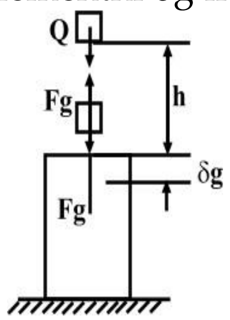
demak koeffitsientni nazariy usul bilan topish mumkin bo'lmasa, faqat tajribaviy *Kg* ishlatilsa, dinamik masalalar statik hisoblash bilan almashtiriladi.

ZARB TA'SIRIDA KUCHLANISH.

Konstruksiya qismini yoki bir bo'lagini juda kichik davr davrida, tezligini o'zgarishi hodisasi – zarb ta'sirida sodir bo'ladi. Zarb ta'sirida zarblanuvchi va zarb beruvchi qismlar orasida juda katta bosim hosil bo'ladi. Zarb ta'sirini tezligi qisqa vaqt oralig'ida o'zgaradi va xususiy holda nolga kadar yakinlashadi. CHunki zarblanuvchi elementda, zarb beruvchi elementni teskari yunalishga xarakatini o'zgartiruvchi reaksiya Fg hosil bo'ladi, ya'ni.

$$Fg = \frac{Q}{g}$$

Bu erda Q zarb beruvchi elementni og'irligi.



123-rasm.

Zarb davomida zarb beruvchi va zarblanuvchi elemetlaridagi Fg reaktsiyalar o'zaro teng. Agar Fg kuch ma'lum bo'lsa zarblanuvchi elementlardagi kuchlanishni topamiz. Lekin zarbni davom qilish vaqti noma'lum bo'lganligi uchun (Q yukni – zarb ta'sirida tezligini nolga qadar tushish davri) tezlanishi topib bo'lmaydi. SHuning uchun Fg kuchni qiymati ham noma'lum. Fg kuchni topish uchun energiyani saqlanish qonunidan foydalanamiz:

1) Zarbni kinetik energiyasi zarblanuvchi element deformatsiyasini potentsial energiyasi aylanadi, ya'ni

$$T = Ug \qquad (10.6)$$

2) kuchlanishni va deformatsiyani zarblanuvchi elementni hajmida teng tarkalgan deb qabul qilinadi.

Zarb ta'sirini oxirida Q yuk $h+\delta_g$ masofani bosib o'tadi. Unda Q yukni kinetik energiyasi bajarilgan ishga teng bo'ladi:

$$T = A_g = (h + \delta g) \cdot Q \qquad (10.7)$$

Zarblanuvchi element deformatsiyasini potentsial energiyasini topish uchun, statik deformatsiyani potentsial energiyasidan foydalanamiz:

$$u_c = \frac{1}{2} Q \cdot \delta c \qquad (10.8)$$

bu erda $\delta c = \frac{Q}{c}$ yoki $Q = c \cdot \delta c$

C – elementni bikirlik koeffitsienti; elementni shakli, o'lchamlari va materialiga, deformatsiya turiga bog'liq.

Unda $$Uc = \frac{1}{2} Q\delta c = \frac{c}{2} \cdot \delta c^2$$

Zarblanuvchi elementni deformatsiya elastik bo'lsa, dinamik kuchlanish σ_g materialni proportsionallik chegarasidan katta bo'lmaydi, Guk qonunidan foydalanish mumkin:

$$\delta_g = \frac{Fg}{c}$$

va $$Ug = \frac{Fg\delta g}{2} = \frac{c}{2} \cdot \delta_g^2 = \frac{Q}{2\delta c} \cdot \delta_g^2 \qquad (10.9)$$

bu erda $$c = \frac{Q}{\delta c}$$

Topilgan T va Ug – larni ifodalarini (10.6) formulaga keltirib qo'ysak

$$Q(h + \delta g) = \frac{Q}{2\delta c} \cdot \delta_g^2 \qquad (10.10)$$

yoki $$\delta_g^2 + 2\delta c\delta g - 2h\delta c = 0 \qquad (10.11)$$

hosil bo'ladi.

Bu erdan $\delta g = \delta c \pm \sqrt{\delta_c^2 + 2h\delta c}$

va $$\delta g = \delta c\left[1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta c}}\right] = Kg \cdot \delta c \qquad (10.12)$$

Guk qonuniga asosan kuchlanish va kuch deformatsiyaga proportsional, unda

$$\sigma_g = \sigma_c\left[1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta c}}\right] = Kg \cdot \sigma_{sm} \qquad (10.13)$$

va $$Fg = Q\left[1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta c}}\right] = Kg \cdot Q \qquad (10.14)$$

YUqoridagi formulalardan ko'rinishicha dinamik deformatsiya, kuchlanish va kuch statik deformatsiyaga bog'liq ekan.

Kg - dinamik koeffitsient.

Agar, Q yuk h=0 masofadan tushib zarb bersa $\delta g = 2\delta c; \sigma_g = 2\sigma c м$ va Fg=2Q hosil bo'ladi.

Agar, h masofa δc deformatsiyadan katta bo'lsa, $2h/\delta c$ qiymatga nisbatan ildiz octidagi birini hisobga olmasak ham bo'ladi, ya'ni

$$Kg = 1 + \sqrt{\frac{2h}{\delta c}} \qquad (10.15)$$

bu erda $\frac{2h}{\delta c} > 10$ bo'lsa, xatolik 5% katta bulmaydi.

Unda $\delta g = \delta c\left(1+\sqrt{\frac{2h}{\delta c}}\right)$ va $\sigma_g = \sigma_c\left(1+\sqrt{\frac{2h}{\delta c}}\right)$

Agar, $2h/\delta_{cm}$ qiymatni juda katta deb qabul kilsak, Kg-ni quyidagicha taqribiy formula bilan topamiz:

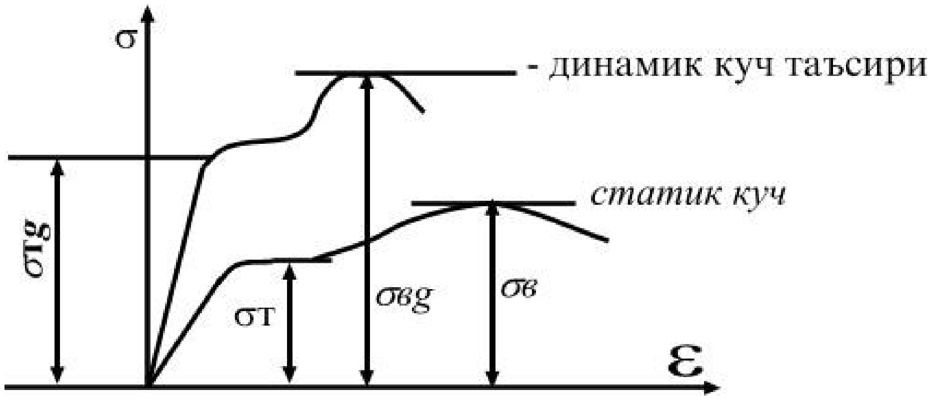
$$Kg = \sqrt{\frac{2h}{\delta c}} \qquad (10.16)$$

bu erda $\sigma_g = \sigma_{cm}\sqrt{\frac{2h}{\delta c}}$ kuchlanishni hisoblashda, (10.16) formulaga nisbatan kuyilgan xatolik 10% oshib ketmasligi uchun $\frac{2h}{\delta c} > 110$ bo'lishi kerak.

ZARBGA SINASH

Tajribalar natijasiga ko'ra, bir xil materialdan tayyorlangan namunalar statik va dinamik kuchlarga har xil qarshilik ko'rsatishi aniqlangan. MASALAN: namunalarni cho'zilishiga katta tezlikda sinashda olingan diagramma statik kuch ta'siridagi diagrammadan farq qiladi (124-rasm).

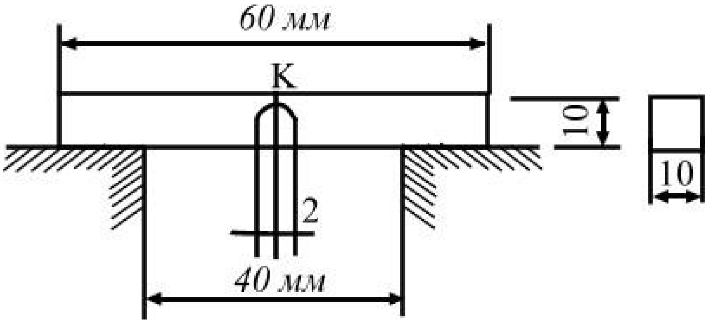
1) Dinamik kuch ta'sirida matrerialni oquvchanlik va mustaxkamlik chegaralari kattalashadi;



124-rasm.

2) emirilishdagi qoldiq deformatsiya kamayadi;
3) diagramma σ o'qi tomonga siljiydi;
4) oquvchanlik chegarasi kamayadi;
5) materialni elastiklik moduli kattalashadi.

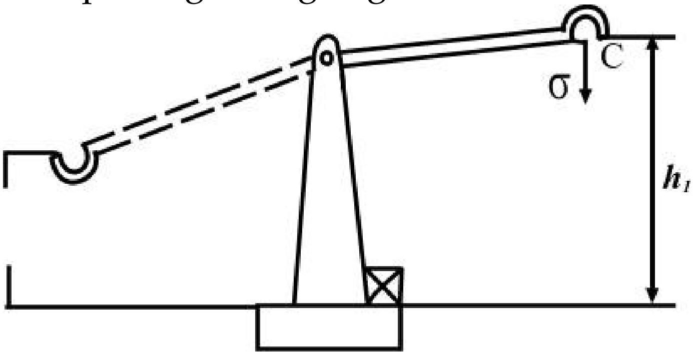
Zarb ta'siridan plastik materialda mo'rtlik namoyon bo'lishi mumkin, ya'ni plastik material mo'rt materialdek emiriladi. Davshenko N. N. tajribasiga asosan, zarb ta'siridan oquvchanlik chegarasi 20-70% ga; mustaxkamlik chegarasi 10-30%ga ortadi. Materialni zarbga sinash uchun maxsus namuna tayyorlanadi (125-rasm).



125-rasm.

Materialni og'irroq vaziyatda ishlatish uchun namunada o'lchamlari 2 mm bo'lgan kanal tayyorlanadi. Mayatnik tipidagi koperda namunaga K nuqtadan zarb beriladi (126-rasm).

C mayatnik h_1 balandlikdan tushib namunani emiradi va ortiqcha qolgan energiya hisobiga $h_2<h_1$ balandlikka ko'tariladi. Mayatnikni bajargan ishi $W=\sigma(h-h_2)$-ni bir qismi namunani emirishga sarflanadi. Ishni bir qismi – ishqalanishga, havoni qarshligini engishga sarflanadi.



126-rasm.

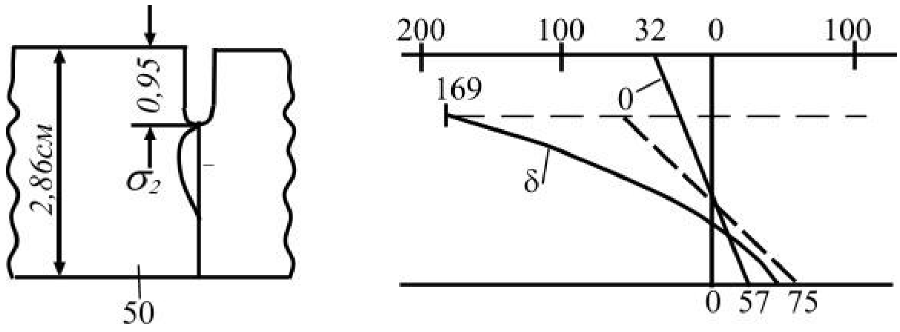
Materialni zarb ta'siriga qarshilik ko'rsatib bilish qobiliyatini – zarbga qovushqoqlik xarakteristikasi aniqlaydi:

$$a=\frac{W_1}{A}=\frac{W-\Delta W}{A} \qquad (10.17)$$

a xarakteristika qancha katta bo'lsa, materialni zarb ta'siriga qarshilik ko'rsatish qobiliyati shuncha yaxshi bo'ladi.

a-ni qiymati tajribani o'tkazish sharoitiga, namunani o'lchamlariga bog'liq bo'ladi.

Namunani zaiflashgan kesimini kuchlanishni tarqalish qonuniyati 127-rasmda ko'rsatilgan.



127- rasm.

(a) Diagramma namunada kanalcha bo'lmagan paytdagi kuchlanish epyurasi.

(b) Diagramma namunani zarb ta'siridan egilishdagi normal kuchlanish (σ_{13}) epyurasi. Punktlar chiziqlar epyura kanal yonida kuchlanishni mahalliy to'plami hosil bo'lmagan paytdagi kuchlanishni tarqalish qonuniyati. Diagrammadan ko'rinishicha, namunani balandligini 0,95 sm ga kamaytirganda kuchlanish mahalliy to'plami bilan 5,22 marotaba kattalashar ekan.

Kanalchaning asosida joylashgan materiallar hajmiy kuchlanganlik holatida bo'ladi. (2 kuchlanish namunani o'qiga parallel, σ_1 perpendikulyar joylashgan. Bu material oquvchanlik chegarasidan katta bo'lgan σ_1=1,25 σ_T plastik deformatsiya oladi, va mo'rt holatda bo'ladi.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLLAR

1. Dinamik kuch deganda nimani tushunasiz?
2. Dalamber printsipiga asosan inertsiya kuchini toping.
3. Trosni ixtiyoriy tanlangan ko'ndalang kesimidagi dinamik kuchlanish formulasini yozing.
4. Dinamik koeffitsient nimaga teng?
5. Zarb ta'sirida kuchlanish deganda nimani tushunasiz?
6. – kuchni topish uchun energiyaning saqlanish qonunini tushuntiring.
7. Dinamik deformatsiya kuchlanish va kuch statik deformatsiyaga bog'liqligi.
8. Bir xil materialdan tayyorlangan namunalarning statik va dinamik kuchlarga har xil qarshilik ko'rsatishi.
9. Qovushqoqlik deganda nimani tushunasiz?
10. Materialni zarbga sinash uchun maxsus namunani chizib ko'rsating.

TAYANCH IBORALAR

Dinamik kuch, kuchlanish, inertsiya kuchi, tezlanish, zarb, dinamik koeffitsient, zarb ta'sirida kuchlanish, zarb beruvchi element og'irligi, energiya saqlanish qonuni, dinamik deformatsiya.

MA'RUZA №20
O'ZGARUVCHAN KUCHLANISHLAR

REJA:

1. O'zgaruvchan kuchlanishlarni materialni mustahkamligiga ta'siri.
2. O'zgaruvchan yuklar ta'sirida material strukturasining o'zgarishi.
3. Darz asosida materiallar hajmi kuchlanganlik holati.
4. O'zgaruvchan yuklar ta'sirida emirilish.
5. Kuchlanishlar tsikllarining turlari.
6. Ishlash jarayonida kuchlanishlar tsikllari juda ko'p davom etishi mumkin va turlicha bo'lishi.
7. TSikl xarakteristikasi.
8. TSikl ko'rinishini amplitudasi.
9. Simmetrik tsiklda chidamlilik chegarasini aniqlash.
10. Nosimmetrik tsiklda chidamlilik chegarasini aniqlash.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500

Materiallarni, sistematik ravishda qiymatini yoki qiymati va ishorasini o'zgartirib turadigan yuklarga qarshiligi, ularni statik yoki zarb tasiriga qarshiligidan farq qiladi. SHuning uchun materialni o'zgaruvchan yuklar ta'siridagi mustahkamlikni o'rganish masalasi alohida ahamiyatga ega. Qiymatni jihatidan o'zgaruvchan va juda ko'p va takrorlanadigan yuklar ta'sirida mashinalarni qismlari, tasodifan va sezilarli darajada qoldiq deformatsiya hosil qilmay emirilishi, ancha oldindan aniq edi. Injenerlarni, sinovlarda uzayishini, qisqarishni ifodalovchi plastiklik xossalari bo'lgan materialdan tayorlangan mashina qismlarini mo'rt materiallarday emirilishi qiziqtirib qolgan edi. O'zgaruvchan yuklar ta'sirida materiallarni strukturasi o'zgaradi, shuning uchun materialda "toliqish"- charchash" hosil bo'lib emiriladi - degan fikr paydo bo'lar edi. XX asr boshlarida materiallarni strukturasi va mexanik xossalari o'zgaruvchan kuchlanishlar ta'sirida o'zgarmas ekanligi isbotlandi. Masalan: parovoy mashinani shtoki yoki poezd vagonining o'qi uzoq vaqtlar o'zgaruvchan kuchlanishlar ta'sirida ishlasa ham o'zining strukturasi va plastiklik xossalrini o'zgartirmaydi. Ko'plab o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, o'zgaruvchan yuklar mikro darz (yorilish) paydo bo'ladi. Mikrodarz, o'sib boshqa mikrodarzlar bilan qo'shiladi va detalni ichkari tomon rivojlanadi. O'zgaruvchan yuklar ta'sirida darz ketgan yuzalar o'zaro yaqinlashadi va bir-biriga bosimm ta'sirini o'tkazadi. Natijada darz yuzalari silliqlashadi. YAngi rivojlangan darz yuzasi esa qo'pol va donador bo'ladi. Bu holat mo'rt emirilishga yaqindir. O'zgaruvchan yuklar ta'siridagi emirilishni bunday mexanizmi darz rivojlanishi bilan detalni kesma va detalni mustaxkamligi kamayib borayotganini to'g'ri tushintiradi.

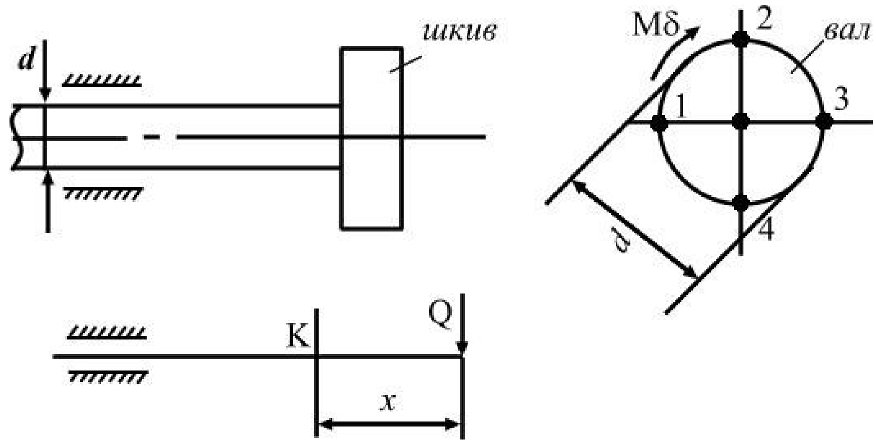
Darzni asosidagi materiallar hajmi kuchlanganlik holatida bo'ladi. Bunday emirilish va kuchlanganlik holati mahaliy xarakteriga ega chunki darz va kuchlanganlik holati materialni hamma qismida ham hosil bo'lmaydi.

Demak texnikani fanni rivojlanishining yangi etapida materiallarni o'zgaruvchan yuklar ta'sirida emirilishiga asosiy sabab, uning "toliqishi" - "charchashi" emas ekan, balki detalni sirtida hosil bo'lgan darz yuzasi ekan. SHuning uchun, toliqish terminida-materiallarni asta-sekin rivojlanadigan mikrodarz ta'siridan emirilishi tushuniladi.

KUCHLANISHLAR TSIKLLARINING TURLARI

Bir uchiga shkiv o'rnatilgan valni sirtidan ajratilgan K nuqtani valni aylanishlariga turli holatlariga to'g'ri keladigan kuchlanishni topaylik (128-rasm).

Agar val shkivni og'irligi Q ta'siridan egiladi deb qabul qilsak, valni ko'ndalang kesim yuzasidan egilishdagi normal kuchlanishlar hosil bo'ladi. Kesim yuzasidan I va 3 nuqtalar



128-rasm.

neytral o'q ustida joylashadi. SHuning uchun bu nuqtalarda egilishdagi normal kuchlanish nolga teng $(\delta = 0)$. 2 va 4 nuqtalar val materialini cho'ziladigan va siqiladigan tolalarda joylashgan. Bu nuqtalardagi normal kuchlanishlar o'zaro teng va qarama-qarshi ishoralidir.

Agar, valni aylanishini hisobga olsak, vaqt oralig'ida, ya'ni ma'lum bir davrda (T) bu nuqtalarni o'rni almashib turadi. Demak, K nuqtani holati 1,2,3 va 4 nuqtalar holati bilan mos tushishi mumkin ekan. Natijada, K nuqtani kuchlanishi vaqt oralig'ida qiymatini va ishorasini o'zgartiradi. Bir davr ichida kuchlanishni o'zgarishiga kuchlanish tsikli deyiladi.

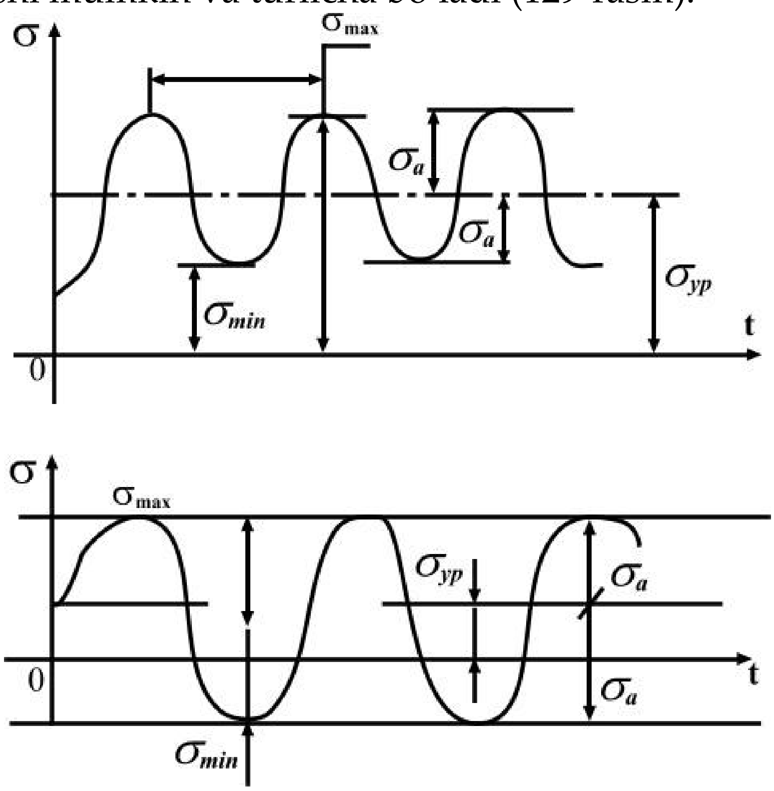
Konstruktsiya qismlarini ishlash jarayonida kuchlanishlar tsikllari juda ko'p davom etishi mumkin va turlicha bo'ladi (129-rasm).

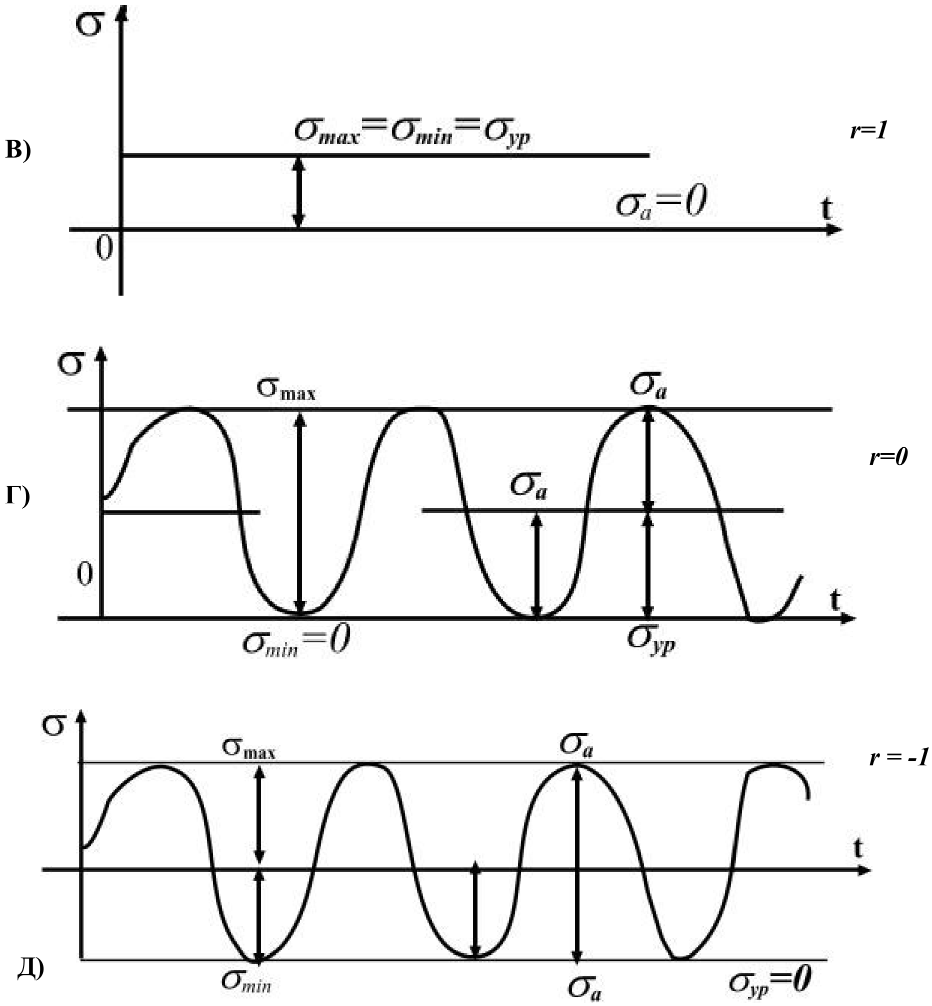
А)

$0 \le r \le 1$

Б)

$-1 < r < 0$





129- rasm.

MASALAN: 1) nosimmetrik o′zgaruvchan kuchlanishlar (129-rasm a,b,v,g); 2) simmetrik tsiklli o′zgaruvchan kuchlanish. Nosimmetrik o′zgaruvchan kuchlanishlar bir xil ishorali (129-rasm a); har xil ishorali (129-rasm b) va noldan boshlanadigan tsikl bo′ladi.

Agar kuchlanishlarni $(\sigma_{\max} = \sigma_{\min})$ maksimal va minimal qiymatlari teng va bir xil ishorali bo′lsa – o′zgarmas kuchlanishlar deyiladi. (129-rasm v). Simmetrik tsiklli o′zgaruvchan kuchlanishlarni maksimal va minimal qiymatlari bir-biriga teng va har xil ishoralidir.

Kuchlanishlarni ishorasini hisobga olganda, minimal kuchlanishni maksimal kuchlanishga nisbati tsikl xarakteristikasi deyiladi ya′ni

$$r = -\frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \text{ va } r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

TSiklni o′rtacha kuchlanishi quyidagicha topiladi:

$$\sigma_{yp} = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2};$$

TSikl kuchlanishini amplitudasi

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

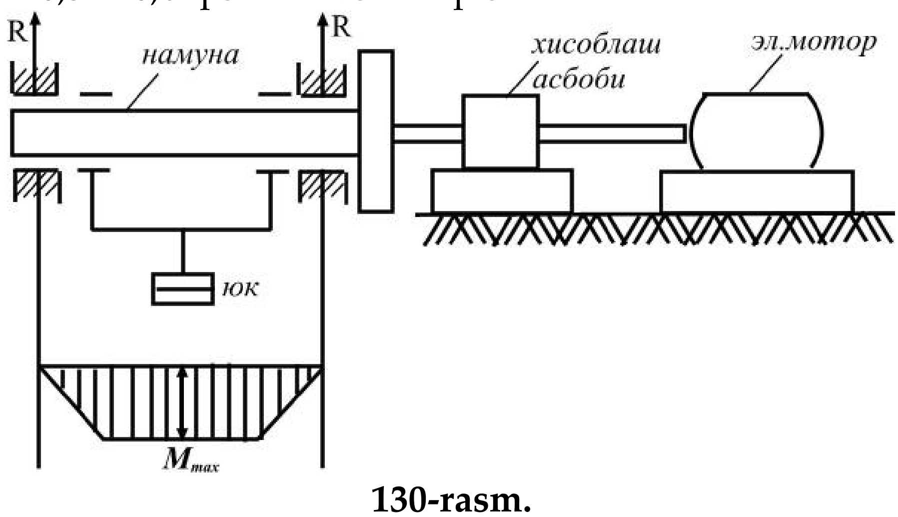
SIMMETRIK TSIKLDA CHIDAMLILIK CHEGARASINI ANIQLASH

Materialda darz paydo bo’lib emirilishi uchun faqat uni toliqishi kifoya qilmasdan, balki eng katta kuchlanish materialini chidamlilik chegarasidan oshib ketishi kerak.

CHidamlilik chegarasi deb tsikllar soni juda ko’p bo’lganda detallarni toliqib emirilishiga sabab bo’lmaydigan eng katta kuchlanishga aytiladi. Simmetrik tsikllarni chidamlilik chegarasi σ_{-1} oddiy cho’zilish va siqilishda σ_{+1} bilan belgilanadi.

Simmetrik tsikllarni chidamlilik chegarasi boshka tsikllardagi chidamlilik chegarasidan kichik va uni tajribada aniqlash mumkin. Buning uchun bir xil materialdan 6-10 ta namuna tayyorlab olinadi. Namuna doiraviy kesimli bo’lib shariko podshibnik orqali shunaqa yuklanadiki uni o’rta qismi sof egilishga ishlasin (bu holatda $\tau = 0$). Namuna =(2000…3000) ayl/min. tezlik bilan aylanadi (130 - rasm).

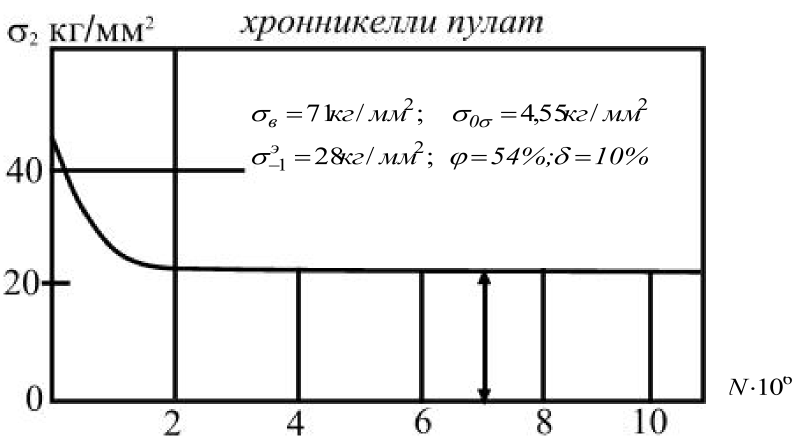
Namunada mahalliy kuchlanishlar to’plami hosil bo’lmasligi uchun - uni shaklli silliq etib tayyorlanadi. Birinchi namuna mashinaga o’rnatiladi va tashqi kuch bilan shunday yuklanadiki, uning ko’ndalang kesimidagi eng katta normal kuchlanish materialni mustaxkamlik chegarasidagi kuchlanishini 0,5… 0,6 qismini tashkil qilsin.



130-rasm.

Mashina ishlashi bilan namuna ham aylana boshlaydi va $+\sigma^1$ dan $-\sigma^1$ gacha o’zgaruvchi kuchlanishlar ta’sirida bo’ladi. Tajriba namuna emirilguncha davom ettiriladi. Namuna emirilishi bilan mashina to’xtatiladi. Moslamani hisoblash asbobi, namunani emirilishiga qadar aylangan tsikl N_1 sonini ko’rsatadi. Ikkinchi namuna σ^1 kuchlanishdan kichik σ^{II} kuchlanishi bilan yuklanadi va emirilish tsikli N_2 yozib olinadi. Uchinchi namunaga $\sigma^{III} < \sigma^{II}$ kuchlanishi beriladi va h. k.

Har bir tajribada tsikl soni yozib olinadi. Kuchlanish kamayib borishi bilan tsikl soni ortib boradi. YA'ni $\sigma^{I} > \sigma^{II} > \sigma^{III} > \sigma^{IV} > \ldots$kuchlanishlar uchun $N_1<N_2<N_3<$ tsikllar soni to'g'ri keladi. Kuchlanishlarni kamaytirilaverib, shunaka tsikl sonini topamiz-ki, bunda namuna emirilmaydi. Tajribalar shuni ko'rsatadi, agar po'lot materialidan tayyorangan namuna $N = 10 \cdot 10^6$ tsiklda emirilmasa, $N = 100 \cdot 10^6 - 200 \cdot 10^6$ tsiklda ham emirilmas ekan. Tajriba natijalarini grafikada ifodalash mumkin (131-rasm). Buning uchun, ordinataga har bir namunada hosil qilingan $\sigma^{I}; \sigma^{II}; \sigma^{III}; \ldots$ kuchlanishlari, abtsissada esa tsikl sonlari joylashtiriladi.



131- rasm.

Egri chiziqka o'tkazilgan gorizontal urinmani chidamlilik chegarasini aniqlaydi.

Po'lot materialini egilishdagi chidamlilik chegarasi oddiy cho'zilish va siqilishdagi mustaxkamlik chegarasi bilan bog'liq:

$$\sigma^{\text{э}}_{-1} = 0{,}4\sigma_{8}$$

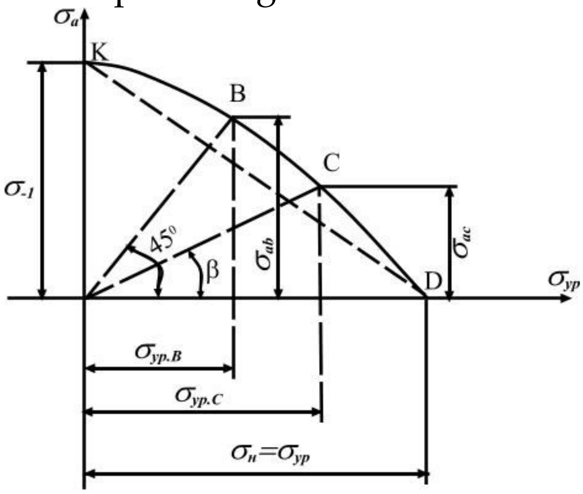
O'zgaruvchan cho'zuvchi yoki siquvchi kuch ta'siridagi po'lotni chidamlilik chegarasi $\sigma^{0}_{-1} = 0.7\sigma_{-1} = 0.28\sigma\text{в}$ chunki cho'zilish va siqilishda kesimni hamma nuqtasi bir xil kuchlanish ta'sirida bo'ladi. egilishda – eng katta kuchlanish, kesimni chetki tolalarida hosil bo'ladi, qolgan materialda kuchlanishni qiymati kichiklashadi. Bu holat darz emirilishni qiyinlashtiriladi.

Buralishda chidamlilik chegarasi $\tau^{\delta}_{-1} = 0.55\sigma^{\text{э}}_{-1} = 0.22\sigma\,\text{в}$ va rangli materiallar uchun $\sigma^{\text{э}}_{-1} = (0{,}24\ldots0.50)\sigma\text{в}$

NOSIMMETRIK TSIKLDA CHIDAMLILIK CHEGARASINI ANIQLASH

Nosimmetrik tsiklda materialni chidamlilik chegarasini aniqlash bir oz murakkab. CHunki namunani egilishi bilan bir qatorda uni cho'zuvchi va siquvchi kuch bilan ham yuklash kerak. Bu holat sinov mashinalarini murakkablashtirishga, qo'shimcha moslamalar tayyorlashga olib keladi. SHuning uchun, nosimmetrik tsikllarda materialni chidamlilik chegarasini aniqlash uchun, tajribalar asosida qurilgan diagrammadan foydalanamiz (132-rasm).

Diagrammani abstissasida urtacha kuchlanish va ordinatasida kuchlanishlar amplitudasi joylashtiriladi, har xil tsikllardagi kuchlanishlar yordamida KVSD egri chiziq o'tkazilgan.



132-rasm.

Birorta tsikl xarakteistikasi r- ni qiymati uchun chidamlilik chegarasini topish uchun, koordinatani 0 nuqtasidan abstissaga β burchak ostida OS chiziqni utkazamiz:

$$tg\beta = \frac{\sigma_a}{\sigma_{yp}} = \frac{1-r}{1+r}$$

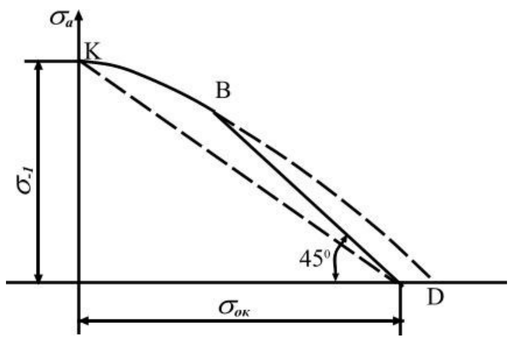
SS1 va OS1 masofalarni va tegishli σ_{ac} va $\sigma_{yp\cdot c}$ kuchlanishlarini yig'indisi, chidamlilik chegarasini qiymatini beradi, ya'ni

$$\sigma_{zc} = \sigma_{\max} = \sigma_{ac} + \sigma_{yp.c}$$

Abtsissasi $\sigma_{yp} = 0$ bo'lgan K nuqtani ordinatasi $CK = \sigma_a = \sigma_{-1}$ simmetrik tsiklda chidamlilik chegarasini; ordinatasi $\sigma_a = 0$ bo'lgan D nuqtani abtsissasi $OD = \sigma_{yp} = \sigma + 1 = \sigma_в$ o'zgarmas kuchlanishdagi chidamlilik chegarasini aniqlaydi. $\beta = 45^0$ burchak ostida joylashgan V nuqta noldan boshlanadigan tsiklni chidamlilik chegarasini aniqlaydi. Siquvchanlik chegarasi bo'lmagan materiallar uchun chidamlilik chegarasi, statik yuk ta'siridagi mustaxkamlik chegarasiga o'xshagan xavfli hisoblanadi. Agar material plastik bo'lsa, statik yuk ta'sirida oquvchanlik chegarasi va o'zgaruvchan kuchlanishlarda chidamlilik chegarasi xavfli hisoblanadi. Bunday materiallarda toliqish emirilishi bilan barcha plastik deformatsiyalar paydo bo’lishi ham xavflidir. Bunda tsiklning eng katta kuchlanishi

$$\sigma_{\max} = \sigma_a + \sigma_{yp} = \sigma_{o\kappa}$$

bo’ladi.



133-rasm.

β burchak bilan utkazilgan to’g’ri chiziq KV chiziqni kesib o’tsa, detal’ toliqish emirilishiga uchraydi (133-rasm); VD chiziqni kesib o’tsa, plastik deformatsiya paydo bo’lishi bilan ishdan chiqadi.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. O’zgaruvchan kuchlanishlar material mustahkamligiga ta’sir qiladimi?
2. Strukturaning o’zgarishi nimaga bog’liq?
3. Darz asosida materialning hajmiy kuchlanganlik holatini ko’rsating.
4. Mustahkamlikning kamayishi nimaga bog’liq?
5. Kuchlanishlar tsikllarining turlarini ko’rsating.
6. TSikl xarakteristikasi deganda nimani tushunasiz?
7. TSikl kuchlanishii amplitudasi formulasini ta’riflang.
8. Toliqish deganda nimani tushunasiz?
9. CHidamlilik chegarasi nima?
10. Nosimmetrik tsiklda chidamlilik chegarasini aniklang.

TAYANCH IBORALAR

O’zgaruvchan kuchlanish, darz, tsikl turlari, o’zgaruvchan yuk, tsikl xarakteristikasi, o’rtacha tsikl, amplituda, simmetrik tsikl, mustahkamlik chegarasi, chidamlilik chegarasi, tsikl xarakteristikasi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kachurin V. K. – Materiallar qarshilligidan masallar to'plami: Toshkent, 1993, s. 335
2. Vinokurov E. F., Petrovich A. G., SHevchuk L. I. – Soprotivlenie materialov. Raschetno-proektirovochnie raboti. Minsk, 1987, s. 230
3. Murodov M., Bibutov N. – «Materiallar qarshiligi» Oziq-ovqat va engil sanoati texnologiyasi mutaxassisligi bo'yicha sirtdan o'qiydigan talabalarga masallar echish uchun metodik ko'rsatma. Bux TIP i LP., «Muallif», 1990, s. 175
4. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1973, s. 500