

22.1
A-31

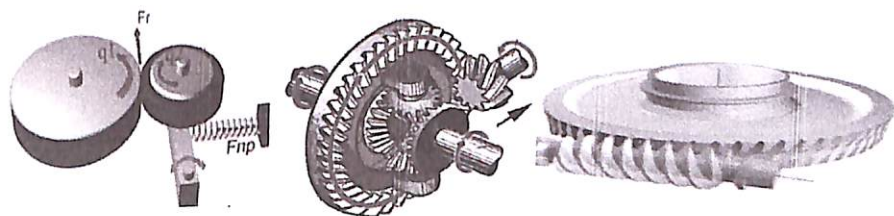
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

B.K. Muxamedsaidov, Sh. Alimuxamedov, R.B. Daminova,
M. Eshpo'latova

TEXNIK MEXANIKA

2 - QISM. MATERIALLAR QARSHILIGI

Darslik



Toshkent

“Innovatsiya-Ziyo”

2022

ARMIZ AGROTEXNOLOGIYALAR VA
INNOVATSIY RIVOJLANISH INSTITUTI
KUTUBXONA

INV. № 19379

“29” 04 2022 yil

UDK : 517.2
BBK: 22.161
A 31

B.K.Muxamedsaidov

Texnik mexanika. 2-qism. MATERIALLAR QARSHILIGI
/Sh.Alimuxamedov, R.B.Daminova, M.Eshpo'latova/. Darslik . -
Toshkent: "Innovatsiya-Ziyo", 2022, 70 b.

Mazkur darslikda nazariy ma'lumotlar, mavzuga oid masala yechim namunalari, chizmalari, talabalar bilim darajasini sinash uchun test savollari, asosiy atamalarining qisqacha ma'nosi (Glossariy) keltirilgan. Darslik pedagogika universiteti "Kasb ta'limi" fakulteti 5112100 - Mehnat ta'limi yo'nalishi va o'quv rejasiga mos kelgan barcha yo'nalishdagi talabalar uchun mo'ljallangan.

В книге изложены теоретические предпосылки, решение задач для темы, чертежи, тестовые вопросы для проверки знаний, а также основные понятия (Глоссарий). Учебник предназначен для студентов «Профессиональное образование» педагогического университета и всех направлений соответствующим учебным планом.

In the book theoretical preconditions, the decision of problems for a theme, drawings, test questions for checking knowledge, and also the basic concepts (Glossary) are stated. The book is considered for the students of Professional education of the Pedagogical university as the manual.

Taqrizchilar:

A.D.Gapirov

Toshkent davlat Transport universiteti dosenti

S.A.Boltaboyev

Toshkent davlat pedagogika universiteti dosenti

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining
2021-yil 18-avgustdagi 356-sonli buyrug'iga asosan nashrga ruxsat
etilgan.

ISBN 978-9943-7816-9-6

© B.K.Muxamedsaidov va boshq., 2022.

© "Innovatsiya-Ziyo", 2022.

I BOB. KIRISH. MATERIALLAR QARSHILIGI

1. Materiallar qarshiligi fanining mazmuni va maqsadi. Asosiy tushunchalar va ta'riflar

Hozirgi zamon mashinasozlik sanoati juda boy tajribalarga ega bo'lib, u murakkab harakat qiluvchi, katta quvvatli, tezyurar hamda yuqori sifatli, engil konstruksiyali mashina va mexannizmlarni yaratmoqda.

Har qanday mashina yoki inshoot qurilmasini, konstruktor yoki quruvchi oldida ular qismlarining mustahkamligini, ortiqcha deformatsiyalanmasligini va ustivorligini ta'minlash masalasi turadi. Buning uchun mashina yoki inshoot qismlari ma'lum materiallardan tayyorlangan bo'lishi, tashqi kuchlarga etarli darajada qarshilik ko'rsata oladigan kesim o'lchamlariga va shakllariga ega bo'lishi kerak.

Har qanday mashina yoki inshootni loyihalashda, odatda, uchta asosiy talabga rioya qilinadi. Bular *mustahkamlik*, *deformatsiya* va *ustivorlik*dir.

Mustahkamlik — konstruksiya qismlarining tashqi kuch ta'siridan emirilishga (sinishga, uzilishga, qisqarishga) qarshilik ko'rsatish xususiyatidir.

Deformatsiya — jismlarning taqshi kuch ta'sirida o'z o'lchamlari va shakllarini o'zgartirishidir. Agar jismda tashqi kuch ta'sirida hosil bo'lgan deformatsiya jismdan kuch olingach yo'qolib ketsa, bunday deformatsiya *elastik deformatsiya* va, aksincha, jismdan tashqi kuch olinganda deformatsiya yo'qolmasa, bunday deformatsiya *qoldik* yoki *plastik deformatsiya* deb ataladi.

Deformatsiya mashina va inshoot qismlari ishlaganida sodir bo'ladi. Deformatsiya juda kichik miqdorda bo'lganligi sababli uni maxsus o'lchash asboblari (tenzometrlar yoki tenzodatchiklar) yordamidagina aniqlash mumkin.

Deformatsiyani o'rganish mashinasozlikda eng zarur bo'lgan masalani, ya'ni mashina qismlarining emirilish sharoitini va aksincha, qanday sharoitda uzoq muddat ishlashi mumkinligini aniqlashga imkon beradi.

Ustivorlik — tashqi kuch ta'sirida deformatsiyalangan konstruksiya qismlarining ozgina bo'lsa ham muvozanatining

buzilishiga (egilishiga) qarshilik ko'rsatish xususiyatidir. Bunga yupqa plastinkadan tayyorlangan, pastki uchi bilan mahkamlangan brusning o'q bo'ylab yo'nalgan siquvchi kuch ta'siridan deformatsiyalanishini misol kilib keltirish mumkin.

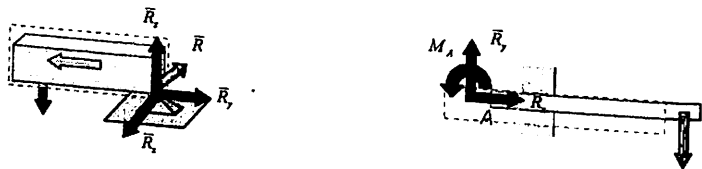
Brus kuchning ma'lum miqdorigacha qisqaradi (deformatsiyalanadi). Kuch kritik o'zining vertikal holatini saqlaydi, lekin qiymatga etganda vertikal holat buziladi, ya'ni brus qiyshayadi.

Yuqorida aytilganlarga asoslanib, materiallar qarshiligi fanini quyidagicha ta'riflash mumkin: *materiallar qarshiligi mashina va inshoot qismlarining mustahkam, birk va ustivor bo'lishini hisoblashda zarur bo'lgan zo'riqish va deformatsiyalarni: aniqlash metodlarini o'rganuvchi fandır.* Bu fanning negizi fizika va nazariy mexanikaning qonunlariga asoslanadi.

Ko'ndalang kesim o'lchamlari uzunlik o'lchamlariga nisbatan juda kichik bo'lgan jismlar *brus* deb ataladi. O'z o'qi bo'ylab cho'ziluvchi va ingichka, *to'g'ri brusga* siqiluvchi *sterjen* deb aytiladi. Agar sterjen yoki brusning geometrik o'qi egri bo'lsa, bunday jism egri *sterjen* yoki *brus* deb ataladi. Ikki tayanchda yotgan brus yoki geometrik o'qiga tik kuch ta'sir etganda egilishga ishlaydigan brus *balka* deyiladi. Qalinligiga nisbatan qolgan ikki o'lchami katta bo'lgan yassi qattiq jism *plastinka* deyiladi. Egri plastinka *qobiq* deyiladi. Mashina va inshoot qismlarini ko'tarib turish uchun xizmat qiladigan yostiqchalar tayanch deyiladi.

Tayanch uch xil bo'ladi: (1-rasm)

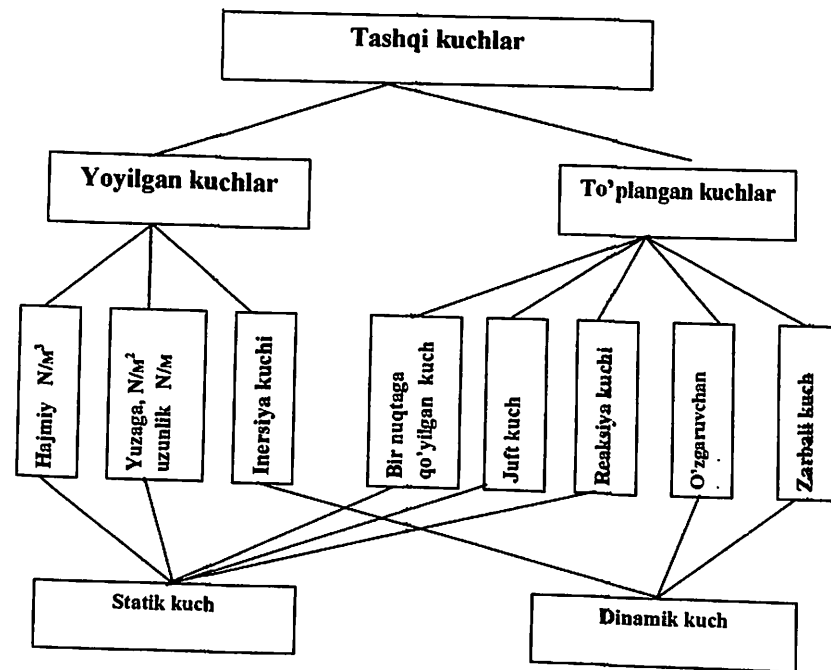
1. Sharnirli qo'zg'almas tayanch; 2. Sharnirli qo'zg'aluvchi tayanch; 3. Qistirib tiralgan tayanch.



1-rasm.

Tashqi kuchlar va ularning klassifikatsiyasi

Konstruksiya qismiga ta'sir qiluvchi nagruzka kuch yoki juft kuch tarzda yoyilgan yoki bir nuqtaga qo'yilgan bo'lib, tashqi kuch deb ataladi.



Jismning o'lchamlariga nisbatan juda kichik sirtga ta'sir qilgan kuchlar *to'plangan kuchlar* deyiladi. Jism sirtidagi yuzaning yoki chiziqlarning biror qismiga ta'sir qilgan kuchlar *yoyilgan kuchlar* deyiladi. Ikki jismning bir-biriga tegishidan hosil bo'lgan bog'lanish kuchiga *reaksiya kuchi* deyiladi. Jismning o'z og'irlik kuchi hajmiy kuch bo'lib, u jism ichki nuqtalarining vaziyatiga qarab ko'p yoki kam ta'sir etadi.

Agar tezlik o'zgarishini hisobga olmaslik mumkin bo'lsa, jismga ta'sir qiluvchi nagruzkaning kichik vaqt oralig'idagi o'zgarishi, yo'nalishi yoki qiymati *statik kuch* ta'sirida bo'ladi. Katta tezlikda

o'zgaradigan yoki o'zgaruvchan tezlikda harakatlanadigan nagruzkaga *dinamik nagruzkaga* deyiladi.

2. Deformatsiya va ularni turlari.

Brusning ko'ndalang kesimlarida hosil bo'lgan ichki kuchlar (zo'riqishlar) uning deformatsiyasini to'liq xarakterlaydi. Bizga ma'lum umumiy holda brusning ko'ndalang kesimida bir vaqtning o'zida oltita ichki kuchlar hosil bo'ladi. Xususiyl holda brusning ko'ndalang kesimida faqat bitta ichki kuch hosil bo'ladi, qolgan ichki kuchlar nolga teng bo'ladi. Bunday deformatsiyani *oddiy deformatsiya* deyiladi.

Oddiy deformatsiyalar quyidagi turlarga bo'linadi:

Cho'zilish yoki siqilish – Brusning ko'ndalang kesimida faqat bitta ichki bo'ylama kuch (N) hosil bo'ladi. Brusning markaziy o'qi bo'ylab modullari teng qarama – qarshi yo'nalgan ikkita kuch ta'sir ettirsa cho'zilish yoki siqilish deformatsiyasi sodir bo'ladi.

Siljish (qir qilish, ezilish) – konstruktsiya elementining ko'ndalang kesimida (Ox yoki Oy) ko'ndalang kuch hosil bo'ladi. Bunday deformatsiya payvand choklari, parchin mixlar va rezbali birikmalarda hosil bo'ladi.

Egilish – balkaning ko'ndalang kesimlarida ichki eguvchi moment hosil bo'ladi. Ko'pincha eguvchi moment bilan bir vaqtda ko'ndalang kuch ham hosil bo'ladi.

Buralish – brusning ko'ndalang kesimida buralish momenti hosil bo'ladi. Buralishga ishlaydigan konstruktsiya elementlaridan misol qilib mashinaning vallari va ko'pgina qurilish konstruktsiya materiallari bo'lishi mumkin.

Murakkab deformatsiya (Murakkab qarshilik) – Brusning ko'ndalang kesimida bir vaqtda bir nechta ichki kuchlar hosil bo'ladi. Masalan egilish bilan buralishni bargalikdagi ta'siri, bo'ylama egilish.

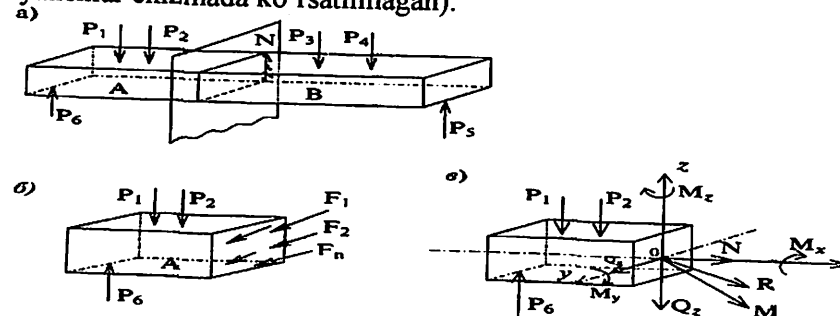
3. Ichki kuchlar va ularni aniqlash metodi

Tashqi kuch ta'sirida sterjen kesim yuzasida hosil bo'lgan kuchlarga *ichki kuch* deyiladi. Ichki kuch tashqi kuch ta'siridan jismning deformatsiyalanishida, zarrachalarning bir-biridai qochishiga yoki yaqinlashishiga qarshilik ko'rsatuvchi, zarrachalar muvozanatini

saqlovchi kuchlardir. Deformatsiyalanayotgan jism teng bo'lgan tashqi va ichki kuch ta'sirida muvozanatda bo'ladi. Jismning parchalanishi ichki kuchni tashqi kuchdan ortib ketishi tufayli ro'y beradi. Demak, sterjenning xavfsizligini ta'minlash uchun ichki kuchni topish va tashqi kuch bilan bog'lanish qonuni o'rganish talab etiladi.

Sterjen kesimlarida hosil bo'ladigan zo'riqish kuchlarining *teng ta'sir etuvchisini topish uchun kesish usulidan* foydalaniladi.

Sterjenga qo'yilgan (2- rasm) P_1, P_2, P_3, P_4 kuchlar sistemasi ta'siridan uning tayanchlarida P_5, P_6 reaksiya kuchlari hosil bo'ladi (tayanchlar chizmada ko'rsatilmagan).



2-rasm.

Bursning biror kesimidagi ichki kuchlarni aniqlash uchun quyidagi to'rtta ish ketma-ket bajarilishi lozim:

1. Sterjenning biror nuqtasidagi zo'riqish kuchini aniqlash uchun, sterjen shu nuqtadan o'tuvchi tekislik bilan fikran kesilib, ikkita A va B qismlarga ajraladi;

2) Ajratilgan qismlarning biri, masalan, o'ng tomoni tashlab yuborilib, chap tomoni qoldiriladi. Bunda qolgan qismlarning muvozanati buziladi;

3) Tashlangan qismning qolgan qismiga ilgari ko'rsatgan ta'siri $F_1, F_2 \dots$ kuchlar bilan almashtiriladi, bu kuchlar kesim yuzi bo'yicha taqsimlanadi, ya'ni ular kesimning har bir nuqtasiga qo'yilgan bo'lishi kerak;

4) Qoldirilgan chap qismining muvozanat sharti yoziladi.

Sterjenga tekis kuchlar sistemasi ta'sir qilayotgan bo'lsa, quyidagi muvozanat tenglamalaridan foydalaniladi:

$$\sum x = 0, \quad \sum u = 0, \quad \sum z = 0$$

Agar ta'sir qilayotgan kuchlar bir tekislikda yotmasa, fazoviy sistema uchun berilgan oltita muvozanat tenglamalaridan foydalaniladi.

$$\begin{aligned} \sum x = 0, \quad \sum u = 0, \quad \sum z = 0 \\ \sum M_x = 0, \quad \sum M_y = 0, \quad \sum M_z = 0 \end{aligned}$$

5. Kuchlanishlar. Normal va urinma kuchlanish

Kuchlanish ham ichki kuch singari vektorli qiymat bo'lib, ichki kuch yo'nalashida bo'ladi. Demak, ichki kuch va kuchlanishlarning yo'nalishi tashqi kuchga bog'liq bo'ladi.

Agar ichki kuch Q ni ikkita tuzuvchilarga bo'lsak, tekislikka tik N - (normal) va tekislik bo'lib yo'nalgan T (urinma) ichki kuchlarni va shularga o'xshash kuchlarni olamiz. (σ -sigma, τ -tau)

$$\sigma = \frac{N}{F} \text{ -normal kuchlanish}$$

$$\tau = \frac{T}{F} \text{ -urinma kuchlanish}$$

Nazorat savollari:

1. Materiallar qarshiligi fani nimani o'rganadi?
2. Materiallar qarshiligi fanining asosiy tushunchalariga qaysi tushunchalar kiradi?
3. Tashqi kuchlar va ularning klassifikatsiyasi ta'riflang.
4. Deformatsiya turlarini sanab bering.
5. Ichki kuch deb nimaga aytiladi?
6. Kuchlanish deb nimaga aytiladi?

II BOB. CHO'ZILISH VA SIQILISH DEFOMATSIYASI

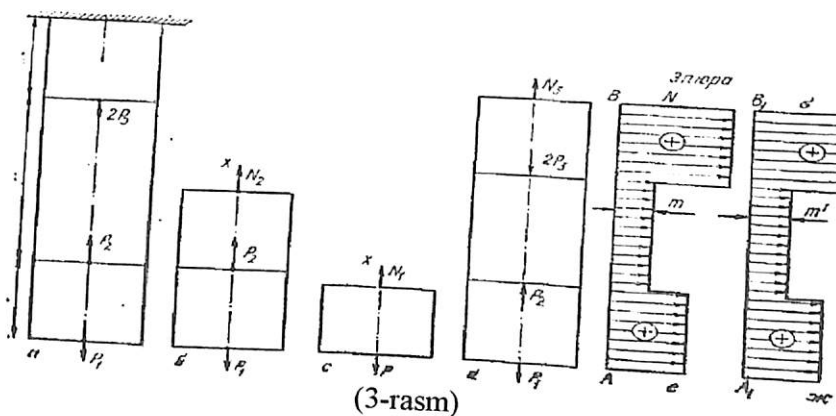
1. Cho'zuvchi va siquvchi kuchlar ta'siridan hosil bo'lgan ichki kuch va kuchlanishlar

Agar sterjen faqat o'q bo'ylab yo'nalgan tashqi kuchlar ta'sirida bo'lsa, uning kesim yuzasida yuzaga tik yo'nalgan ichki kuchlar hosil bo'ladi va sterjen o'q bo'ylab cho'ziladi yoki siqiladi. Bunda boshqa yo'nalishdagi ichki kuchlar — ko'ndalang yo'nalishdagi kuchlar, eguvchi va burovchi momentlar nolga teng deb olinadi.

Cho'zilishga ishlayotgan sterjen bilan siqilishga ishlayotgan sterjen bir xilda hisoblanadi. Sterjenning cho'zilishga yoki siqilishga ishlayotganing aniqlash uchun kuchlarni quyidagicha belgilaymiz.

Deformatsiya cho'zuvchi kuchlar ta'sirida hosil bo'lsa, musbat, siquvchi kuchlar ta'sirida hosil bo'lsa, manfiy ishorada olinadi.

Sterjen kesim yuzasida hosil bo'ladigan ichki kuchni topish uchun kesish. metodidan foydalanamiz. Masalan, yuqori uchi bilan tik birlashtirilgan sterjen P_1, P_2, P_3 kuchlar ta'sirida bo'lsin va ichki kuchni topish talab etilsin (3-rasm, a)



(3-rasm)

Ichki N kuch yo'nalishini koordinata sistemasining x o'qi bo'lab yo'nalgan deb olamiz va kuchlar oraligini belgilab, uchastkalarga bo'lib chiqamiz. Har bir uchastka yuqorida bayon etilgan uslubda qirkiladi. So'ngra uchastka uchun statikaning muvozanat tenglamasini

aloqida yozamiz. Ikkinchi uchastka uchun statikaning muvozanat tenglamasini yozib, N_2 ni topamiz:

$$\sum x_2 = R_1 - R_2 - N_2 = 0 \text{ bundan } N_2 = R_1 - P_2$$

Shu tartibda birinchi va uchinchi uchastkalar uchun statikaning muvozanat tenglamalarini yozib, N_1 va N_3 larni topish mumkin (3-rasm, c, d):

$$\begin{aligned} \sum x_2 = N_1 - R_1 &= 0, & N_1 &= R_1, \\ \sum x_2 = R_2 - R_1 - 2P_3 + N_3 &= 0, & N_3 &= R_1 + 2P_3 - P_2 = 0 \end{aligned}$$

Topilgan N_1 , N_2 , va N_3 , — qiymatlarni grafik ravishda tasvirlasak, eng katta kuch to'g'ri kelgan kesimni topish qiyin bo'lmaydi. Sterjenning uzunligi bo'yicha ichki kuch o'zgarishini ko'rsatadigan grafik *ichki kuch epyurasi* yoki *bo'ylama kuch epyurasi* deyiladi. Ichki kuch epyurasini qurish uchun sterjen yonidan sterjen o'qiga parallel AV to'g'ri chiziq o'tkaziladi. So'ngra sterjenning uchastka belgilaridan gorizontaal chiziklar o'tkaziladi. Ichki kuchning o'iyimati musbat bo'lsa, AV chizig'ining o'ng tomoniga, manfiy bo'lsa, chap tomoniga uchastkalarni ajratuvchi gorizontaal chiziq bo'ylab ma'lum masshtabda qo'yiladi (3-rasm, e). Ichki kuch qiymatining kuch masshtabi K_P , quyidagicha topiladi:

$$K_P = \frac{N_2}{m}$$

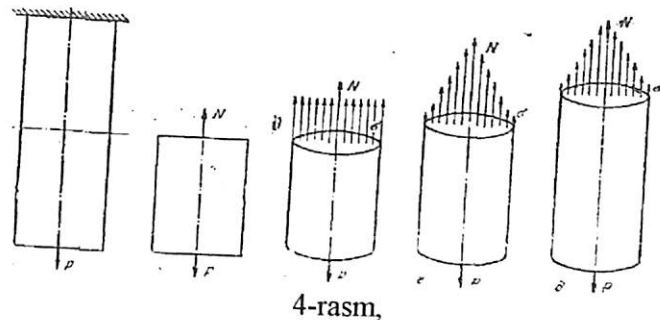
bunda N — II uchastkadagi ichki kuchning miqdori; t — shu kuchni epyuraga ko'yilgan kesmasi, [mm].

Ichki kuch epyurasi orqali maksimal kuch to'g'ri kelgan uchastka va kesim aniqlanadi. O'zgarmas kesim yuzali sterjenning maksimal ichki kuch to'g'ri kelgan kesimida maksimal kuchlanish hosil bo'ladi.

2. Ko'ndalang kesimdagi kuchlanish.

N ichki kuchni kesim yuzasi bo'ylab tarqalgan ichki kuchlariing teng ta'sir etuvchisi deb qarash mumkin. U vaqtda ichki kuch N kesim

yuzasi bo'ylab tarkalgan kuchlanish bilan quyidagicha bog'lanishda bo'ladi (4-rasm, a, b, v):



$$N = \int_F \sigma \cdot dF \quad (1)$$

(1) formuladan kuchlanishni topish uchun kuchlanishiing kesim yuza bo'ylab taksimlanish qonuni berilgan bo'lishi kerak. Agar kuchlanish ko'ndalang kesim yuza bo'ylab tekis taqsimlangan deb qarash mumkin bo'lsa (4-rasm, v), kuchlanish integral ostidan o'zgarmas qiymat singari chikariladi, ya'ni:

$$N = \sigma \int_F dF = \sigma F$$

$$\text{Bundan: } \sigma = \frac{N}{F} = \pm \frac{N}{F}$$

Bunda (+) ishora sterjenning cho'zilishga ishlashini ko'rsatsa, (—) ishora siqilishga ishlashini ko'rsatadi. Demak, kuchlanishning o'zgarishi kesim yuza o'zgarmas bo'lganda, ichki kuch singari bo'lar ekan. Uning epyurasi ham ichki kuch epyurasi singari quriladi, ya'ni ichki kuch epyurasi yonida sterjen o'qiga parallel AV to'g'ri chiziq olinadi va kuchlanishning har bir uchastkaga tegishli qiymati o'z qarshisiga ma'lum masshtabda quyiladi (3-rasm, j). Kuchlanish masshtabi quyidagicha topiladi:

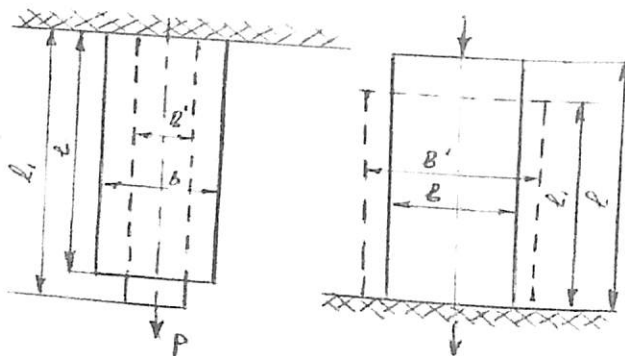
$$K_\sigma = \frac{\sigma_2}{m'}$$

bunda $\sigma_2 = N_2/F$ — II uchastkaga to'g'ri kelgan kuchlanish; l' — kuchlanishning epyuraga quyiladigan vektor qiymati. Maksimal kuchlanish to'g'ri kelgan kesimga *xavfli kesim* deyiladi.

3. Bo'ylama deformatsiya. Guk qonuni.

Sterjenning o'q bo'ylab yo'nalgan cho'zuvchi va siquvchi kuchlar ta'sirida cho'zilishi yoki siqilishi *bo'ylama deformatsiya* deyiladi.

Agar sterjenning chuzilishdan oldingi uzunligini l va cho'zilgandan keyingi uzunligini l_1 deyak, sterjenning uzayishi Δl ga teng bo'ladi (5-rasm) Δl *absolyut cho'zilish* deyiladi va u quyidagicha ifodalaiadi:



5-rasm

$$\Delta l = l_1 - l$$

Absolyut cho'zilish mm , sm , yoki m larda o'lchanadi. Absolyut cho'zilish sterjenning uzunligiga bog'liq bo'lib, cho'zilish deformatsiyasini xarakterlay olmaydi. SHu sababli sterjenlarning cho'zilish xarakteristikasi nisbiy bo'ylama deformatsiya orqali belgilanadi. Absolyut cho'zilishning sterjenning dastlabki uzunligiga bo'lgan nisbatiga *nisbiy bo'ylama deformatsiya* deyiladi va u ε harfi bilan belgilanadi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{l_1 - l}{l}$$

Nisbiy bo'ylama deformatsiya o'lchamsiz miqdordir. Materiallar qarshiligini yaxshi o'rganish uchun nisbiy bo'ylama deformatsiya bilan materialga ta'sir qiluvchi kuch orasidagn bog'lanishni bilish talab qilinadi.

Har xil materiallar bilan o'tkazilgan tajribalardan ko'rinadiki, materiallarni ng elastik deformatsiyasi chegarasida absolyut bo'ylama deformatsiya sterjenga ta'sir qilayotgan kuchga va unin g uzunligiga to'g'ri proporsioial, uning kesim yuzasiga teskari proporsional bog'langan bo'ladi. Bu bog'lanish quyidagichadir:

$$\Delta l = \frac{Nl}{EF}$$

bunda E — proporsionallik koeffitsienta yoki elastiklik moduli. U *Yung moduli* ham deyiladi. Yung moduli nisbiy deformatsiya birga teng bo'lgandagi, ya'ni cho'zilayotgan namunaning uzunligini ikki marta orttirish uchun zarur bo'lgan normal kuchlanish bilan o'lchanadi. Yung modulining son qiymati elastik deformatsiya chegarasida o'tkazilgan tajribalardan aniqlanadi va hisoblashlarda jadvaldan olinadi. Elastiklik moduli ma teriallarning cho'zilishga yoki siqilishga qarshilik ko'rsata olish xususiyatini bildiradi. EF ko'paytma sterjen *kesim yuzasining biktirligi* deyiladi.

Yukoridagi formuladan ko'rinadiki, EF biktirlik qancha katta bo'lsa, absolyut bo'ylama deformatsiya shuncha kichik, sterjenning uzunligi va unga ta'sir qilayotgan kuch qancha katta bo'lsa, absolyut bo'ylama deformatsiya Δl shuncha katta bo'ladi. Agar formulaning chap va o'ng tomonlarini l ga bo'lsak va $\frac{N}{F}$ ekanligini e'tiborga olsak, quyidagi natijani olamiz:

$$\sigma = E\varepsilon$$

Bu formuladan ko'rinib turibdiki, normal kuchlanish nisbiy bo'ylama deformatsiyaga to'g'ri proporsional ekan. Bunda E kattalik bu turdagi deformatsiya uchun elastiklik modulini ifodalaydi. Absolyut va nisbiy bo'ylama deformatsiya formulalarini ingliz olimi

Robert Guk isbotlagan.¹ Shu sababli proporsionallik qonuni *Guk qonuni* deb nomlanadi.

4. Ko'ndalang deformatsiya. Puasson koeffitsienti

Har qanday sterjen bo'yiga cho'zilsa, eniga torandi, yoki aksincha, bo'yiga qiskarsa, eniga kengayadi (5-rasm). Sterjen ko'ndalang kesim o'lchamlarining o'zgarishi *ko'ndalang deformatsiya* deyiladi. Agar geometrik o'q buylab cho'zilayotgan prizmatik sterjenning deformatsiyadan oldingi enini v va deformatsiyadan keyingi o'lchamini v_1 deb olsak, ko'ndalang deformatsiya (nisbiy ko'ndalang deformatsiya) quyidagicha topiladi:

$$\varepsilon' = \frac{b-b_1}{b} = \frac{\Delta b}{b}$$

Tajribalar ko'rsatadiki, agar sterjen materiallarning elastiklik chegarasida kuchlanish holatida bo'lsa, nisbiy ko'ndalang deformatsiya (ε') nisbiy bo'ylama deformatsiyaga to'g'ri proporsional bo'lib, faqat teskari ishoraga ega bo'ladi.

$$\varepsilon' = -\mu\varepsilon$$

Bunda μ — proporsionallik koeffitsienti yoki ko'ndalang deformatsiya koeffitsientidir. Ko'ndalang deformatsiya koeffitsienti materialning elastiklik xarakteristikalaridan biri bo'lib, uni fransuz matematigi Puasson (1781 -1840) topganligi uchun u *Puasson koeffitsient* deb nom olgan. Uning qiymati nisbiy ko'ndalang va bo'ylama deformatsiyalarining absolyut qiymatlari nisbatiga teng:

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right|$$

Puasson koeffitsientining qiymati har xil materiallar uchun 0- 0.5 oralig'ida o'zgaradi.

¹ Strength of materials. Doc. Ing. Miroslav Sochor. CSc. 2011 19-bet

Nazorat savollar:

1. Bo'ylama deformatsiya deb nimaga aytiladi?
2. Nisbiy bo'ylama deformatsiya tushunchasiga ta'rif bering.
3. $\Delta l = \frac{Nl}{EF}$ formulaga izoh bering.
4. Ko'ndalang deformatsiya deb nimaga aytiladi?
5. Puasson koeffitsienti tushunchasiga ta'rif bering

5. Materiallarning xossalari va ularning klassifikatsiyasi

Mashina va inshoot qismlari uchun ishlatiladigan materiallar asosan ikki guruhga bo'linadi:

1. *Plastik materiallar* - deformatsiyalanish davrida sezilarli darajada o'lchamlarini o'zgartirib, uzilganida esa ma'lum darajada qoldiq deformatsiya qoldiradi (po'lat, mis, alyuminiy, duralyuminiy va boshqa qotishmalar).

2. *Mo'rt materiallar* - deformatsiyalanish davrining sezilmasligi va to'satdan uzilishi yoki singanda qoldoq (sezilarli darajada emas) deformatsiya bo'lmasligi bilan xarakterlanadi (cho'yan, beton, g'isht, tosh va boshqalar).

Ba'zi materiallar tashqi muhitning (bosim, temperatura va boshqalar) ta'siriga qarab *plastik* hamda *mo'rt* bo'lishi mumkin.

Mashinasozlikda materiallarni t anlashda metallarning *mexanik, fizik, texnologik* va *ximiyaviy* xossalari katta ahamiyat beriladi.

Materiallarning *mexanik xossalari*ga ularning mustahkamligi, elastikligi, plastikligi, qattiqligi va qovushoqligi kiradi.

*Fizik xossalari*ga esa issiqlikdagi kengayuvchanligi, zichligi, magnit xossalari, rangi va elektr o'tkazuvchanligi kiradi. Ximiyaviy xossalari issikbardoshligi, korroziyabardoshligi va boshkal ar kiradi.

*Texnologik xossalari*ga esa bolg'alanuvchanligi, payvandlanuvchanligi, kesib ishlash darajasi, toblanish chuqurligi va boshqalar kiradi.

Metallarning mustahkamligiga baho berishda ularning solishtirma mustahkamligi hisobga olinadi. Mustahkamlik chegarasining zichlikka bo'lgan nisbati *solishtirma mustahkamlik* deyiladi.

Qattiqlik jismlarning bir-biriga botish darajasi bilan aniqlanadigan qiymat bo'lib, bir jismning ikkinchi jismni botishiga qarshilik ko'rsatish xususiyatidir.

Qovushoqlik jismini tashqi zarbiy (dinamik) kuchlarga qarshilik ko'rsatish xususiyatidir.

Elektr o'tkazuvchi anlik metallarning elektr oqimiga qarshilik

ko'rsatish darajasi bo'lib, elektr qarshiligi kam bo'lgan me tallar (mis, alyuminiy) elektr mashinasozligida, elektr qarshiligi yuqori bo'lgan qotishmalar (konstantin, nixrom) deformatsiya natijasida qarshiliklarning o'zgarishiga asoslangan o'lchov asboblari (datchiklarda) foydalaniladi.

Emirilish mashina qismlarining bir-biriga doimiy tegib ishlashi davomida vujudga kelib, u yoki bu detallarning o'lchamlari kichiklashib yoki dumaloq kesim yuza ellips shakliga kelib qolishi mumkin. Bu ko'p jihatdan tegib turuvchi yuzalarning moylanib turishini va ifloslanmasliklarini talab etadi. Emirilishning oldini olishning yana bir yo'li emirilishga yaxshi chidaydigan materiallar: bronza, plastmassa va shu kabilarni qo'llashdir. Emirilish asosan kontakt kuchlanishga chidamsiz materiallarda sodir bo'ladi. Mustahkamligi katta bo'lgan materiallarni qo'llash yuli bilan emirilishni kamaytirish yoki yo'qotish mumkin. Emirilish mashinalarning ish rejimini buzadi va mahsuldorligini, tezligini kamaytiradi. Masalan, paxta terish mashinasi shiindelining ostki tayanchlarining emirilishi paxta terish sifatini kamaytiradi, paxtaning to'kilib ketishiga olib keladi. Ichki yonuv dvigatellarida gaz taqsimlash vallarining kulachoklarining emirilishi mashina dvigatelining ish rejimini buzadi, katta shovqin chiqishiga sabab bo'ladi, yuk tortish va tezligining kamayishiga olib keladi.

Materiallar qarshiligi fanida asosan materiallarning mustahkamlik, plastiklik va elastiklik (elastiklik moduli va Puasson koeffitsient) xarakteristikalarini o'rganiladi. Bularni aniqlash, mexanik xarakteristikasini aniqlash talab etilgan materialdan namuna tayyorlab, uni cho'zishga yoki siqishga tekshirish yo'li bilan olib boriladi. Cho'zish va siqilishga tekshirish o'zining soddaligi bilan boshqa xildagi tekshirishlarga qaraganda keng tarkalgan.

6. Cho'zishni eksperimental tekshirish.

Silindrik yoki prizmatik shaklda namuna tayyorlanadi va uning uzunligi diametr bilan quyidagicha bog'lanishda bo'lishi kerak:

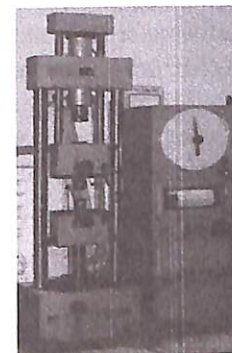
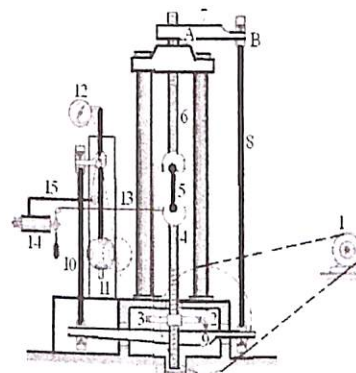
$l = 10d$ yoki $l = 5d \cdot l = 100 \div 200 \text{ mm}$ ($d = 10 \div 20 \text{ mm}$) oraligida olinadi.

Yassi namuna. Yassi namuna o'lchamlari silindrik namuna o'lchamlariga fikran keltirib olinadi. Tekis namunaning ko'ndalang kesim yuzi F bo'lsa, shu yuzaga teng yuzali doiraviy namuna ko'ndalang kesimining diametri quyidagicha aniqlanadi:

$$F = \frac{\pi d^2}{4}, \quad d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}$$

Bu turdagi namunaning ish uzunligi bilan kesim o'lchamlari orasidagi bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$l = 10d = 10 \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = 11,3\sqrt{F}$$



Materiallarning cho'zishini eksperimental tekshirish universal uzuvchi mashinalarda bajariladi. Hozirgi zamon konstruktorlari bunday sinash ishlarini olib borish uchun kam quvvatli mashinalardan richagli va gidravlik mashinalarga ega. Richagli mashina (cho'zishda uzuvchi kuchi 5000 Kn.gacha bo'lgan) ko'rsatilgan.²

Mashina elektrodvigatel - 1 yordamida harakatga keltiriladi. Bunda Kirmak - 2 va shesternya - 3 yordamida namuna - 5 ni ushlab turgan sterjen - 4 ni tortadi. Yuqori sterjen - 6 yint asosida A

² Materiallar qarshiligini o'qitish metodikasi, H.C. Бибутов 2010-35 б.б.



nuqtada mashinaning staninasiga tayanib tyaga – 8 bilan V nuqtada sharnirli bog‘lanishdagi richag – 7 bilan bog‘langan. Tyaga – 8 mashinaning pastki qismida o‘rnatilgan richag – 9 bilan sharnirli bog‘lanishda. Richag – 9 mayatnik -11 bilan sharnirli bog‘lanishdagi tyaga – 10 ga sharnirli biriktirilgan. Vint – 4 pastga harakatlansa, namunani cho‘zilishida sterjen 6 ham pastga tushadi va 7– 8 – 9– 10 sharnirli – sterjenli sistemani harakatlantiradi, mayatnik – 11 esa vertikal vaziyatiga nisbatan ma’lum burchakka og‘ishadi va sistemani muvozanatlaydi.

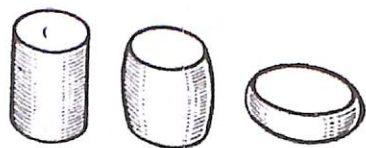
7. Siqilishni eksperimental tekshirish.

Materiallarning siqilishda gi mexanik xarakteristikalarini aniqlash uchun ularning sof siqilishini ta’minlaydigan o‘lchamlarda silindrik, prizmatik va kub shaklida namunalar tayyorlanadiBunda namunaning uzunligi diametriga nisbatan $h = (1,5 \div 4) d$ qilib olinadi. Agar namuna ortiqcha uzunlikka ega bo‘lsa, unda siqilish deformatsiyasidan tashqari bo‘ylama egilish deformatsiyasi sodir bo‘lib, aniq natijani bermaydi.

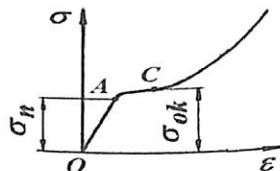
Namunaning o‘lchamlari (h, d) asosan sinash mashinasining quvvatiga qarab tanlanadi. Namunalarni siqilishga tekshirish ham yuqorida ko‘rib o‘tilgan uzuvchi mashinalarda olib boriladi. Buning uchun mashina namunani siqilishga tekshirish uchun mo‘ljallangan moslamalar bilan jihozlanadi. Shuning uchun ham sinash mashinalari universal sinash mashinalari deyiladi.

Namunani siqilishga tekshirganda, cho‘zilishga tekshirgandagi kabi, siquvchi kuch bilan siqilish deformatsiyasini ko‘rsatuvchi absolyut qisqarish grafik tarzda yozib olinadi.

Plastik materiallarning siqilish xarakteri va diagrammasi (6-rasm) berilgan.



6-rasm



Plastik material statik kuch ta’sirida sekin-asta qisqarib, oldin bochka shaklga, so’ngra yanada pachoqlashib yassi shaklga keladi. Bu vaqtda uning ko‘ndalang kesim yuzasi kengayib, yuk ko‘tarish qobiliyati borgan sari ortadi. (6-rasm)dan siqilish diagrammasi cho‘zilish diagrammasi singari proporsionallik va oqish chegaralariga ega ekanligini ko‘ramiz. Chunki plastik material elastiklik deformatsiyasi chegarasida cho‘zilishga ham, siqilishga ham bir xil ishlaydi. Diagramma S nuqtadan so‘ng, (oqish chegarasi tugagandan so‘ng) yuqoriga qarab kuch o‘qiga (R) parallel bo‘lishga intiladi. Mustahkamlik chegarasi (D nuqta) cheksizlikka intiladi. D nuqtaning cheksizlikda bo‘lishi pachoklangan namunaning yana yuk ko‘tarishi mumkinligini ko‘rsatadi. Plastik materiallarning mustahkamlik, plastiklik va elastiklik xarakteristikalari bir xildir.

Mo‘rt materiallarning siqilish xarakteristikasi va diagrammasi ko‘rinishicha, siquvchi kuchning boshlang‘ich qiymatlarida mo‘rt material plastik deformatsiyalanadi, bilinar-bilinmas bochka shakliga keladi. Siquvchi kuch ma’lum bir qiymatga etganidan so‘ng sterjen o‘qiga taxminan 45° burchakli tekislikda birdaniga sinadi. Mo‘rt materiallarning siqilish diagrammasidan siqilish deformatsiyasi bilan kuch oraligida proporsional bog‘lanish yo‘qligi ko‘rinadi. Namunaning uzilish nuqtasi D da eng katta kuchlanish hosil bo‘lib, unga siqilishdagi mustahkamlik chegarasi deyiladi:

$$\sigma_v = \frac{R_n}{F}$$

Bu diagrammani mo‘rt materiallarning cho‘zilish diagrammasi bilan solishtirib ko‘rilsa, mo‘rt materiallarning cho‘zilishga nisbatan siqilishga yaxshi chidamliligini ko‘rish qiyin bo‘lmaydi.

Bundan kelib chiqadiki, mo‘rt materiallar asosan siqilish deformatsiyasi sodir bo‘ladigan qismlarda, mashinalarning ramalarida, tayanch, ustun va boshqalarda ishlatiladi.

8. Ta’sir etuvchi va ruxsat etilgan kuchlanish. Mustahkamlikni ta’minlash koeffitsienti

Konstruksiya elementlarining kesim yuzasida hosil bo‘lgan va uning xavfsiz ishlashini (mustahkamligini) ta’minlash uchun olingan

eng katt a kuchlanish *ruxsat etilgan kuchlanish* deyiladi. U kvadrat qavs ichida $[\sigma]$ xarfi bilan belgilanadi. Ruxsat etilgan kuchlanish materialni mexanik tekuzirishda aniqlangan xavfli chegaradagi kuchlanishdan bir necha marta kichik qilib olinadi. Kamaytiruvchi son ehtiyotlik koefitsienta (mustahkamlikni ta'minlash koefitsienti) deyiladi. U $[p]$ harfi bilan belgilanadi.

Demak, mo'rt materiallar uchun ruxsat etilgan kuchlanish quyidagicha ifodalanadi:

$$[\sigma]_v = \frac{\sigma_{v(cho'zilish)}}{[n]}, \quad [\sigma]_s = \frac{\sigma_{v(siqilish)}}{[n]}$$

Bunda konstruksiyaning cho'zilishga yoki siqilishga ishlashiga qarab σ_v ning qiymati o'zgaradi.

Demak, ruxsat etilgan kuchlanish cho'zilishga alohida, siqilishga alohida aniqlanadi.

Mo'rt material singanda yoki uzilganda kam qoldiq deformatsiya qoldirib uziladi. Konstruksiyaning mustahkamligini t a'minlash uchun ehtiyotlik koefitsienti katta qilib olinadi, ya'ni $[n] = 2,5 \div 5$.

Plastik materiallar uchun ruxsat etilgan kuchlanishni aniqlashda mustahkamlik-ning oqish chegarasidagi kuchlanish asos qilib olinadi. Chunki plastik material oqish chegarasiga kelganda qoldiq qoldirib deformatsiyalanadi. Plastik materiallarning oqish chegarasi siqilishda ham, cho'zilishda ham bir xil bo'lganligi sababli, ruxsat etilgan kuchlanish quyidagicha olinadi::

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

bunda $[n] = 1, 4 \div 2$ - plastik materiallar uchun ehtiyotlik koefitsienta.

Ehtiyotlik koefitsienta $[p]$ konstruksiya materiallariniig xossasiga, aniq ishlanishiga, vazifasiga, unga ta'sir qiluvchi kuchga, kuchlanishga va boshqa omillarga bog'lik. Ko'p ishlatiladigan turli xil materiallar uchun ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]$ ning qiymati ilovada beriladi. Pl astik material uchun olingan ehtiyotlik koefitsienti mo'rt material uchun olingan ehtiyotlik koefitsientidan katta bo'ladi.

Chunki plastik material plastik deformatsiyalar paydo bo'lgandan keyin ham emirilmaydi. Ehtiyotlik koefitsienti mazkur material (namuna) uchun kuchlanishlarga σ_{oq} va σ_v tajriba orqali topiladigan qiymatlarining har xilligini, ta'sir etuvchi nagruzkani aniq o'lchash mumkin emasligini qabul qilingan hisoblash usullarining noaniqligini (gipotezalar);

detalni tayyorlashda yul quyilgan xatoliklarni va boshqalarni hisobga oladi.

Ruxsat etilgan kuchlanishlar $[\sigma]$ Davlat standartlarida belgilanadi hamda loyihalarning texnik shartlari va normalarida keltiriladi. Texnik shartlar va normalarga amal qilish barcha injener-texnik xodimlar uchun majburiydir.

Ehtiyotlik koefitsientini tanlashda a , ya'ni ruxsat etilgan kuchlanishni belgi-lashda yuqorida aytib o'tilganlardan t ashq ari quyidagi omillarni ham e'tiborga olish zarur.

1. Materialning sifati va bir jinsliligi.
2. Mashinaning ishlash sharoiti va uning sancha muddat ishlashi.
3. Texnikaning rivojlanganlik darajasi (materialning tayyorlanish sifati, detallarg a ishlov berish aniqligi va hisoblash aniqligi).

Ehtiyotlik koefitsientining kamayishi ruxsat etilgan kuchlanishlar qiymatini oshirishi mumkin. Natijad a mustahkamligi ta'minlangan holda namuna engil, arzon, kam kuvvat sarflanadigan hamda vazifasiga ko'ra tezyurar bo'lishi mumkin.

III BOB. SILJISH DEFORMATSIYASI

1. Siljish. Sof siljishdagi kuchlanish. Siljish uchun Guk qonuni

Sterjenlarni cho'zilish va siqilishga tekshirganda ma'lum burchak ostida o'tkazilgan tekislik bilan kesilgan qiya kesim yuzada normal va urinma kuchlanishlarning hosil bo'ladi.

Mashina qismlari ish davrida, ba'zida faqat urinma kuchlanish ta'sirida bo'lib, uning ta'siridan kesimlar siljishi, kesilishi yoki yorilishi mumkin. Siljish deformatsiyasi prizma tik brusga ko'ndalang yo'nalishda juda yaqin masofada ikkita qarama-qarshi kuch ta'sir etganda hosil bo'ladi (7-rasm, a, b). Ko'ndalang R va R_1 kuchlar ta'sirida ab kesim cd kesimga nisbatan siljiganini ko'rish qiyin emas. Bu prizmatik sterjen kuchni orttirish natijasida ab va cd tekisliklar oralig'ida kesiladi.

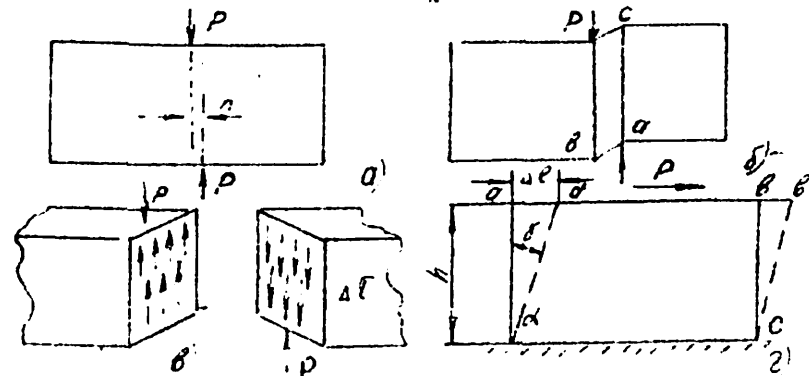
Bolt yoki parchin mixlarning kesilishga ishlashi bunga misol bo'la oladi. Mo'rt materiallarni oddiy siqilishga tekshirishda namuna o'qi bilan 45° burchak hosil qilgan kesim bo'yicha ta'sir etuvchi urinma kuchlanishi ta'sirida yorilishi ham bunga misol bo'la oladi.

Qiya tekislikda hosil bo'lgan normal va urinma kuchlanishlarni e'tiborga olib murakkab kuchlanish holatidagi brusdan romb shaklidagi elementni ajratsak, uning qirralarida normal va urinma kuchlanishlar teng bo'lib, romb kirasida cho'zuvchi normal kuchdan faqat urinma kuchlanish qolganligini ko'ramiz (8-rasm). Shunday qilib $avsd$ elementning yuzasida faqat urinma kuchlanishlar qoladi. Urinma kuchlanish holatidagi $avsd$ element-ning shakl o'zgarishi *sof siljish* deyiladi. Faqat urinma kuchlanish ta'sir qilayotgan yuzaga *sof siljish yuzasi* deyiladi. Sof siljishga ishlayotgan qirra kuch ta'sirida o'z shaklini o'zgartiradi.

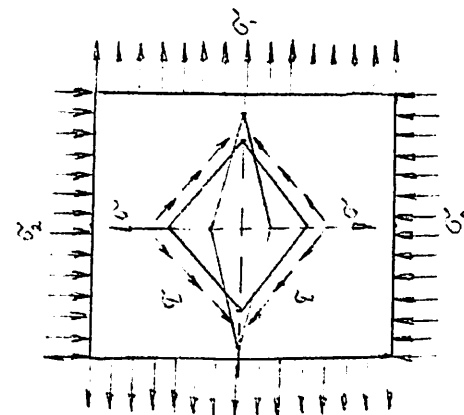
Urinma kuchlanish holatidagi $avsd$ element-ning shakl o'zgarishi *sof siljish* deyiladi. Faqat urinma kuchlanish ta'sir qilayotgan yuzaga *sof siljish yuzasi* deyiladi. Sof siljishga ishlayotgan qirra kuch ta'sirida o'z shaklini o'zgartiradi. Masalan, prizmatik shaklni bir tomonini erga mahkamlab, ikkinchi qarama-qarshi tomoniga kuch ta'sir ettirsak (7-rasm, g) a nuqtaning a' nuqtaga siljiganini ko'ramiz. aa' absolyut siljish deyiladi.

$aa' = \Delta l$ absolyut siljishning balandlik h ga bo'lgan nisbati siljish natijasida hosil qilingan γ burchakning tangensini beradi:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\Delta l}{h}$$



7-rasm



8-rasm

Burchak γ juda kichik bo'lganligi uchun burchak tangensini hisobga olmasa ham bo'ladi, u holda yuqoridagi formula quyidagicha yoziladi:

$$\gamma = \frac{\Delta l}{h}$$

Siljish burchagi γ ga nisbiy siljish deyiladi.

Siljishga o'tkazilgan tajribalar ko'rsatadiki, absolyut siljish materiallarning elastiklik chegarasidagi deformatsiyada siljitish kuchi R bilan oralik h ga to'g'ri proporsional bo'lib, kesim yuzasiga teskari proporsionaldir:

$$\Delta l = \frac{Ph}{GF} \quad (1)$$

bunda $1/G$ - proporsionallik koeffitsienta; G - siljishdagi elastiklik moduli; GF - yuza birligi.

Siljishdagi elastiklik moduli G materialning ko'ndalang siljishga qarshilik ko'rsatish qobiliyatini xarakterlaydi va u kuchlanish o'lchov birligida o'lchanadi.

$\gamma = \frac{\Delta l}{h}$ va $\tau = \frac{P}{F}$ ekanligini e'tiborga olsak, yuqoridagi (1) formula kuyidagi ko'rinishni oladi:

$$\tau = G\gamma \quad (2)$$

Demak, urinma kuchlanish nisbiy siljishga to'g'ri proporsional bog'lanishda bo'ladi.

(1) va (2) formulalar siljish uchun Guk formulasi, ularning proporsionallik qonuni Guk qonuni deyiladi.

Izotrop materiallarning elastikligini xarakterlaydigan, cho'zilish va siqilishdagi E , siljishdagi G elastiklik moduli va ko'ndalang deformatsiya koeffitsienta (Puasson koeffitsienti) μ kiymat bilan quyidagicha bog'lanishda bo'ladi.

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

Agar po'lat uchun $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ va $\mu = 0,3$ ekanini e'tiborga olsak siljishdagi elastiklik moduli

$$G = \frac{2,1 \cdot 10^5}{2(1+0,3)} \approx 0,8 \cdot 10^5 = 8 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$$

yoki $G = 0,4 E$ ekanini kelib chiqadi

2. Siljishda ruxsat etilgan kuchlanish

Konstruksiya qismlarini siljish, kesilish va yorilishga hisoblashda ularni shu xildagi emirilishdan saqlash yoki uning oldini olish masalasi turadi. Konstruksiya qismlarining mustahkamligi quyidagi tengsizlikni qanoatlantirganda qoniqarli deb hisoblanadi:

$$\tau_{max} = \frac{P}{F} \leq [\tau]$$

Bunda $[\tau]$ - kesilishdagi ruxsat etilgan kuchlanish. Kesilishdagi ruxsat etilgan kuchlanish ham cho'zilish va siqilishdagi singari tajriba yo'li bilan aniqlanishi mumkin. Lekin siljish, kesilish deformatsiyalarining sof holda uchramasligi bu imkoniyatlarni bermaydi. Ko'pincha siljish boshqa xil deformatsiyalar (egilish va boshqa) bilan birga uchraydi. Demak, siljish deformatsiyasidagi qismlar tekis murakkab kuchlanish holatida bo'ladi. Siljish deformatsiyasining tekis murakkab kuchlanish holatida bo'lishini e'tiborga olib, ruxsat etilgan kuchlanishni mustahkamlik nazariyalariga asoslanib cho'zilish va siqilish deformatsiyasidagi ruxsat etilgan kuchlanish orqali topiladi:

1. Birinchi mustahkamlik nazariyasiga asosan:

$$\sigma_1 = \tau \leq [\sigma] \quad \text{yoki} \quad [\tau] \leq [\sigma]$$

ya'ni siljishdagi ruxsat etilgan kuchlanish cho'zilishdagi ruxsat etilgan kuchlanishdan katta bo'lmasligi kerak.

2. Ikkinchi mustahkamlik nazariyasiga asosan:

$$\sigma_1 - \mu\sigma_3 = (\tau + \mu\tau) \leq [\sigma]$$

Po'lat uchun $\mu = 0,3$ ekanini e'tiborga olsak, urinma ruxsat etilgan kuchlanish

$$1,3\tau \leq [\sigma] \quad \text{yoki} \quad [\tau] \leq 0,77[\sigma] \quad \text{ekani kelib chiqadi.}$$

3. Uchinchi mustahkamlik nazariyasiga asosan:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \tau - (-\tau) = 2\tau \leq [\sigma] \quad \text{yoki} \quad [\tau] \leq 0,5[\sigma]$$

Yuqoridagilarni hisobga olib umumiy holda urinma ruxsat etilgan kuchlanish quyidagicha qabul qilinadi.

Mo'rt materiallar uchun:

$$[\tau] = (0,8 \div 1) \cdot [\sigma]$$

Plastik materiallar uchun:

$$[\tau] = (0,5 \div 0,6) \cdot [\sigma]$$

bunda $[\sigma]$ -cho'zilish va siqilishdagi ruxsag etilgan kuchlanish.

3. Ezilish

Ezilish deformatsiyasi siqilish deformatsiyasining bir ko'rinishi bo'lib, u siljish deformatsiyasi bilan birga uchraydi. Kesimlarning siljishi kuchlarning kichik bir yuzaga konsentratsiyalanishiga olib keladi. Natijada ezilish sodir bo'ladi. Ezilishni hisobga olmaslik mashina qismlari ish rejimining buzilishiga olib keladi.

Mashina qismlarining ezilishga mustahkamligi yumshoq material uchun quyidagicha aniklanadi:

$$\sigma_{ez} = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_{ez}$$

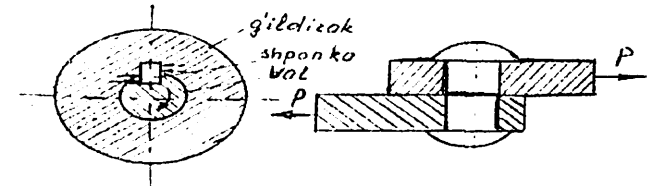
bunda $[\sigma]_{ez}$ - materiallarning ezilishga ruxsat etilgan kuchlanishi. Ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]_{ez}$ siqilishdagi ruxsat etilgan kuchlanish orqali quyidagicha bog'langan:

$$[\sigma]_{ez} = (2 \div 2,5) \cdot [\sigma]$$

(2 ÷ 2,5) - koefitsient ezilishning siqilishga nisbatan hajmiy ekanini ko'rsatadi.

4. Parchin mixli birikmalarni hisoblash.

Siljish deformatsiyasi kesilish, yorilish va ezilish deformatsiyalari bilan birga keladi. Masalan, val aylanma xarakatni shkivga, tishli g'ildirakka va muftaga uzatishda val bilan g'ildirak teshigi oralig'idagi ariqchaga (pazga) kiydirilgan shponka butun uzunligi bo'yicha ezilishi, kesilishi yoki yorilishi mumkin (9-rasm)



9-rasm

Shu jumladan ikki detalii biriktiruvchi bolt, parchin mix, shtiftlarga geometrik o'qlari bo'yicha tik yo'nalishda kuch ta'sir etganda ular ezilishga va kesilishga ishlaydi (9-rasm,b). Ustma-ust ulangan payvand birikmalarda payvand chok ham siljish va kesilishga ishlaydi.

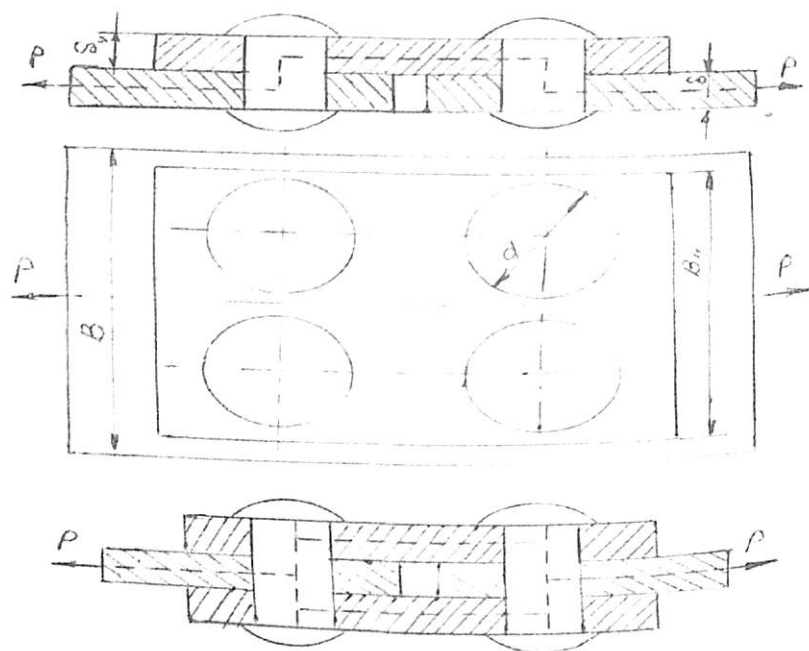
Parchin mixlar odatda, birikma chokining vazifasi va parchinlanayotgan mix materialiga qarab, yumshoq po'latdan, misdan, alyuminiydan va boshqa kotishmalar dan yasaladi.

Parchin mixli birikmalar ikki xil bo'ladi:

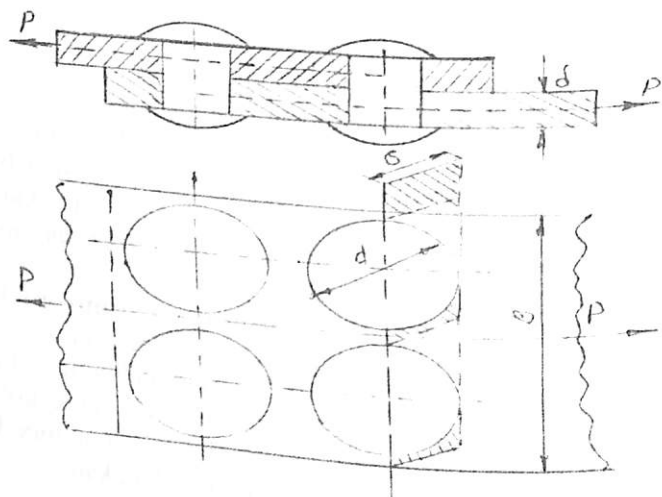
1. Uchma-uch ulangan birikmalar (10-rasm)
2. Ustma-ust ulangan birikmalar (11-rasm).

Agar listlar bir tekislikka qo'yilib, ustqo'yma orqali biriktirilsa, bunday birikma *uchma-uch birikma* deyiladi. Agar ikki list bir-birining ustiga qo'yilib biriktirilsa, bunday birikma *ustma-ust birikma* deyiladi.

Bir ustqo'ymali uchma-uch birikmada va ustma-ust birikmada parchin mix o'qiga tik yo'nalishda, birikmaga cho'zuvchi yoki sikuvchi kuchlar ta'sir etishi mumkin. Bu kuchlarning bir listdan ikkinchi listga o'tish sxemasi punktirli chiziklar bilan ko'rsatilgan. Kuch ta'sir chiziklaridan ko'rinib turibdiki, parchin mix bir-biriga juda yaqin qarama - qarshi kuchlar ta'sirida bo'lar ekan.



10-rasm



11-rasm

Bu kuchlar ta'sirida parchin mix listlar oralig'ida kesilib, list teshigining tegishgan devorida eziladi. Parchin mixning kesilishga hisobi uning mustahkamlik shartidan topiladi.

$$\tau_q = \frac{P}{F} \leq [\tau]_q$$

bunda $F = n F_q$ — umumiy kesilish yuzasi.

$F_q = n d^2 / 4$ — bitta parchin mixning ko'ndalang kesim yuzasi.

Bularni o'rniga kuysak

$$\tau_q = \frac{P}{n \frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau]_q$$

Parchin mixlar soni:

$$n = \frac{4P}{[\tau]_q \cdot \pi d^2}$$

Parchin mixning diametri:

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot n \cdot [\tau]_q}}$$

Yuqorida ko'rilgan misolda parchin mix bir tekislikda kesiladi, u bir kesimli parchin mixli birikma deyiladi (10-rasm, a, 11-rasm, 9-rasm, a, b)

Ikki ustqo'ymali uchma-uch birikmada parchin mix ikki tekislikda kesiladi. (10-rasm, b, 12-rasm, v, g).

Bunday holda umumiy kesilish yuzasi

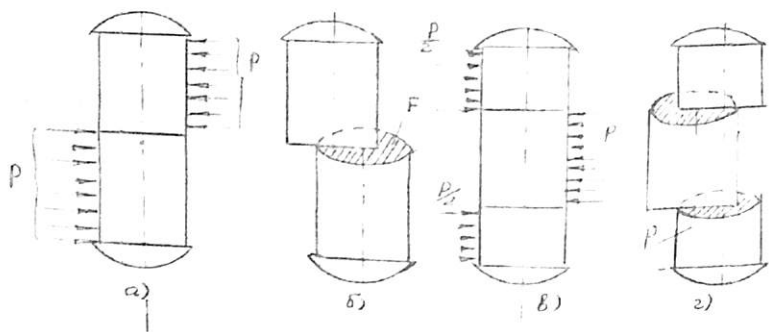
$$F = 2 n \quad F = 2 n F_q = 2 n \frac{\pi d^2}{4}$$

Bu qiymatni mustahkamlik sharti formulasiga qo'ysak:

$$\tau_q = \frac{P}{2 n \frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau]_q$$

Parchin mixlar soni $n = \frac{2P}{[\tau]_q \cdot \pi d^2}$

Parchin mix diametri : $d = \sqrt{\frac{2P}{\pi \cdot n \cdot [\tau]_q}}$



12-rasm

Parchin mixning diametri list teshigining diametriga qaraganda kichik bo'ladi. Shuning uchun birikma kuch ta'sirida bo'lganida parchin mixning sterjen qismi teshik devorlarining kuch yunalishiga qarama - qarshi tomoniga tegib ezila boshlaydi (10-rasm). Ezilish yuzasini topish uchun parchin mix kesimining list teshigi ichida bir tomonga surilib qolishini, yarim yoy byyicha listga to'lik tega olmasligini va tegish nuqtasining s chuqurligida kuchlanish maksimal bo'lib, "a" va "b" nuqtalarda esa ezilish kuchlanishi nolga teng bo'lishini e'tiborga olsak, ezilish yuzasini kuchlanishning o'rtacha qiymatiga to'g'ri keladigan, taxminan teshik diametridan o'tuvchi tekislik yuzasida qabul qilish mumkin, ya'ni $F_{ez} = d\delta$

Parchin mixning diametri yoki mixlar soni kamlik formulasidan foydalanib topiladi:

$$\sigma_{ez} = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_{ez}$$

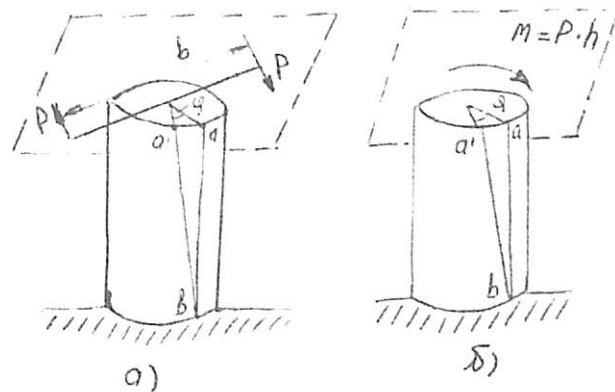
bunda $F = nF_{ez} = nd\delta$ - umumiy ezilish yuzasi; $F_{ez} = d\delta$ - bitta parchin mixning ezilish yuzasi qalinligi kichik bo'lgan list uchun hisoblanadi, p - parchin mixlar soni. Demak, $\frac{P}{nd\delta_{min}} \leq [\sigma]_{ez}$ bundan

$$n = \frac{P}{d\delta_{min} \cdot [\sigma]_{ez}}$$

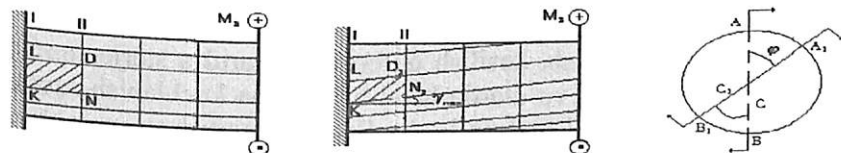
IV BOB. BURALISH DEFORMATSIYASI

1. Buralish deformatsiyasi haqida tushuncha

Agar bir uchi bilan qistirilgan silindrik sterjenning ikkinchi erkin uchiga sterjenning geometrik o'qiga tik tekislikda yotuvchi juft kuch ta'sir ettirilsa, sterjenning erkin uchi qistirilgan uchiga nisbatan buraladi. Demak, *buralish deformatsiyasi* sodir bo'ladi (13-rasm, a, b). Sterjen sirtida olingan sterjen o'qiga parallel a va b chizik buralish natijasida $a'b$ vaziyatni olib erkin uchining ϕ burchakk a buralganini ko'rsatadi. ϕ burchak *buralish burchagi* deyiladi.

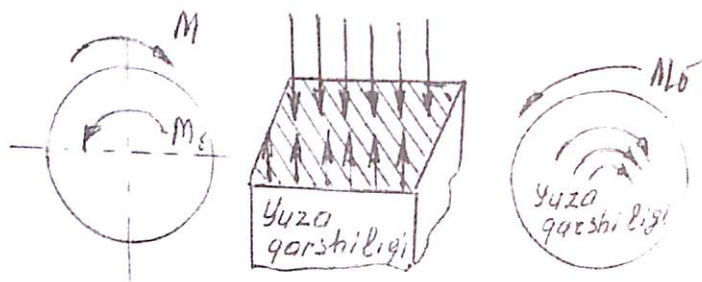


13-rasm



Buralish deformatsiyasida ham, siqilish va cho'zilish deformatsiyasidagi singari ichki kuchning kuchlanishi va deformatsiya qiymatlari kesish metodi va Guk qonuni asosida aniqlanadi. Sterjenning deformatsiyasi materiallarning elastiklik chegarasida

tekshiriladi. Buralish deformatsiyasiga ishlaydigan silindrik sterjenga *val* deyiladi. Buralishd an hosil bo'lgan ichki burovchi moment kesim tekisligida yotib, tashqi moment yo'nalishiga teskari yo'nalishda aylanma harakatda bo'ladi (14-rasm a). Tashqi va ichki momentlarni bir-biridan farq qilish uchun tashqi momentni M harfi bilan, ichki momentni (ichki burovchi moment) bilan belgilaymiz.



14-rasm (a,b,v)

Burovchi moment yo'nalishidagi doira yuza qarshiligi uchun qo'llasak yuza nuqtalari doira markaziga nisbatan aylanma harakatda bo'lishini ko'ramiz (14-rasm a,v). Bu aylanma harakatdagi qarshilik ko'rsatuvchi yuzaga *buralishdagi qarshilik momenti* deyiladi. Demak, bu xildagi yuzalarni bilmasdan turib, buralish deformatsiyasini o'rganish qiyin.

2. Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalar

Cho'zilish va siqilish, kesilish deformatsiyalarid a sterjenlarning mustahkamligi, bikrligi va ularda hosil bo'ladigan kuchlanish asosan ko'ndalang kesim yuza F ga bog'liqdir. Buralish, egilish va murakkab qarshilik deformatsiyalariga ishlayotgan sterjenlarda mustahkamlik va boshqalarni yuzaning boshqa murakkab xarakteristikalariga bog'likligi ko'rinadi. Ular shu xarakteristikalarini o'rganishni taqozo etadi. Bu xarakteristikalar tekis yuzaning *statik momenta*, *inersiya momenta* va *qarshilik momentlaridir*.

Kesim yuzaning statik moment

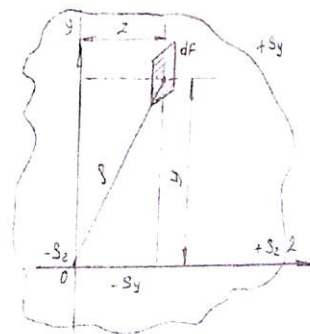
Kesim yuzaning ixtiyoriy o'qqa nisbatan *statik moment* deb, kesimdan ajratilgan elementar dF yuzachaning yuzacha markazidan o'qqacha bo'lgan masofaga ko'paytmasining butun kesim yuza bo'yicha olingan integraliga aytiladi. Statik moment S harfi bilan belgilanadi va indeksiga uning nomi qo'yiladi (15-rasm):

$$S_z = \int_F dF \cdot y \quad S_u = \int_F dF \cdot z$$

n ta bo'lakchadan tashkil topgan murakkab shakl uchun statik moment quyidagicha yoziladi:

$$S_z = \sum_{i=1}^n S_z^i \quad S_y = \sum_{i=1}^n S_y^i$$

bunda S_z^i va S_y^i — i qismning z va y o'qlariga nisbatan statik momentlari, S_z va S_y — o'qlarga nisbatan olingan statik momentlarning yig'indisi.



15-rasm

Kesimning og'irlik markazini S harfi bilan, uning koordinata o'qlarigacha bo'lgan masofalarini z_s va y_s bilan belgilasak, og'irlik markazining koordinatalarini topish formulasi kelib chiqadi.

$$Y_C = \frac{S_{z_1}}{F} \quad Z_C = \frac{S_{y_1}}{F}$$

Murakkab shakl uchun:

$$Y_C = \frac{\sum S_z^i}{\sum F_i} = \frac{F_1 Y_1 + F_2 Y_2}{F_1 + F_2} \quad Z_C = \frac{\sum S_y^i}{\sum F_i} = \frac{F_1 Z_1 + F_2 Z_2}{F_1 + F_2}$$

Agar kesim yuzaning og'irlik markazi ma'lum bo'lsa, uning o'qlariga nisbatan statik momenti formulaga asosan quyidagicha topiladi:

$$S'_Z = Y_C \cdot F, \quad S'_{Y_1} = Z_C \cdot F$$

Kesim yuzaning inersiya momentlari

1. Biror o'qqa nisbatan kesim yuzaning inersiya momenti deb, shu kgsimdan ajratilgan elementar yuzachaning o'qqacha bo'lgan masofaning kvadratiga ko'patmasining butun kesim yuza bo'yicha olingan integraliga aytiladi (15-rasm). U J harfi bilan belgilanadi:

$$I_y = \int_F dF \cdot z^2, \quad I_z = \int_F dF \cdot y^2$$

2. Kesim yuzaning qutb inersi momenti deb, shu yuzadan ajratilgan elementar yuzachaning koordinatalor boshigacha bo'lgan oraliq

kvadratiga ko'paytmasining butun yuza bo'yicha olingan integraliga aytiladi (15-rasm):

$$I_p = \int_F dF \cdot \rho^2$$

3. Kesim yuzaning markazdan qochirma inersiya momenti deb, kesim yuzadan ajratilgan elementar yuzachaning yuzacha markazidan bir-biriga perpendikulyar ikki o'qqacha bo'lgan masofaga ko'paytmasining butun yuza bo'yicha olingan integraliga aytiladi. U J_{zy} bilan belgilanadi:

$$I_{zy} = \int_F z \cdot y \cdot dF$$

J_z, J_y, J_{zy} lar tekis kesim yuzalarning markaziy o'qlariga nisbatan olingan inersiya elementlari bo'lib, ularga parallel bo'lgan o'qlapra nisbatan olingan inersiya momentlari quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$J_{y_1} = J_y + b^2 F, \quad J_{z_1} = J_z + a^2 F, \quad J_{z_1 y_1} = J_{yz} + abF$$

Demak, tekis kesim yuzaning markaziy o'qlariga parallel yo'nalgan o'qlarga nisbatan inersiya momentlari, shu yuzadan markaziy o'qlarga nisbatan olingan inersiya momentlari bilan o'qlar oralig'i kvadratining kesim yuzasiga ko'paytmasining yig'indisiga teng.

3. Burovchi moment. Burovchi moment epyuralari

Texnologik jarayonlarni bajaruvchi stanoklar qanday foydali ish (metallarni kesish, randalash, to'qish, tikish, muqovalash va. h. k.) bajarishlaridan qat'iy nazar, aylanma harakatni to'g'ri chiziqli harakatga aylantirish bilan ma'lum operatsiyani bajarishga asoslangan bo'ladi. Aylanma harakat esa elektr dvigatel orqali mashina yoki stanoklarning asosiy valariga beriladi. Demak, val mashina va stanoklarni harakatga keltiruvchi asosiy elementdir.

Mashina va stanoklarni harakatga keltiruvchi vallarning kuchi asosan quvvatlarda N (ot kuchi yoki kilovatlarda), bir minutdagi aylanishlar sonida (n , ayl/min) beriladi.

Aylanma kuchning quvvat bilan bog'lanish formulasi nazariy mexanikadan ma'lum.

$$N = M\omega [Vt]$$

bunda N - (vatt)

quvvat $M = \frac{N}{\omega} [N \cdot m]$

$\omega = \frac{\pi n}{30}$ - aylanayotgan shkiv burchak tezligi.

Agar moment tenglamasiga aylanma kuch va tezlik ifodasini qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$M = \frac{30N}{\pi n} \approx 9,55 \frac{N}{n} [H \cdot m]$$

$$\text{Bundan } N = \frac{M \cdot n}{9,55} [\text{vatt}]$$

Agar valning quvvati kilovatda berilgan bo'lsa,

$$(N = \text{kvt}).$$

$$M = 9,55 \cdot \frac{N \cdot 10^3}{n} [N \cdot m] \text{ bo'ladi.}$$

Bunda n -valning aylanish soni (ayl/min).

Shunday qilib, valning aylanma harakati qanday kuch, quvvat ifodasida berilmasin, uni burovchi moment qiymatiga aylantirib olishimiz mumkin.

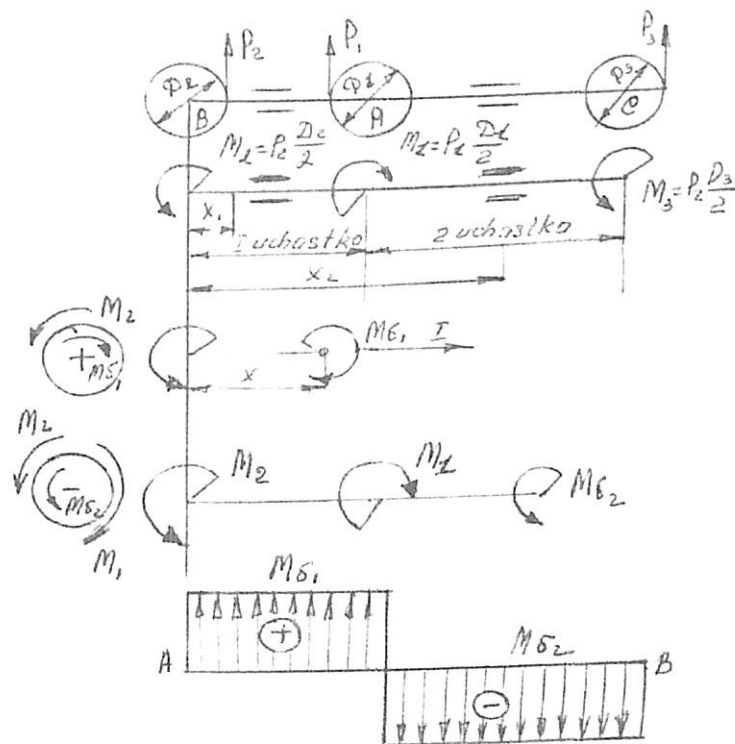
Valning ko'ndalang kesimidagi ichki kuchni (burovchi momentni) topish uchun fikran kesish usulidan foydalanamiz. Buning uchun val uzunligini uchastkalarga bo'lib va har bir uchastkani alohida-alohida kesamiz.

Burovchi momentlarning ishoralari valning mustahkamlik hisobiga ta'sir etmaydi. Lekin momentlarning ishoralarini hisobga olish maksimal momentni topish va ularning grafigini qurishda katta ahamiyatga ega. Shuning uchun momentlarning aylanish yo'nalishlari quyidagicha ifodalanadi. Agar muvozanat holati tekshirilayotgan val kesilgan bo'lagining kesimiga tik qaraganimizda ichki burovchi moment soat strelkasi aylanish yo'nalishida ta'sir etsa, musbat ishorada, aksincha, manfiy ishorada olinadi (16-rasm, v, g).

4. Burrovchi moment epyurasi

Val uchastkalarining kesimlarida topilgan burovchi momentlar orqali valning butun uzunligi bo'yicha moment o'zgarishini ifodalaydigan grafik *burovchi moment epyurasi* deyiladi. Bu grafikni qurish uchun tekshirilayotgan val o'kiga parallel AV chiziqni olamiz. So'ngra burovchi momentning qiymatini chiziqning ustiga (agar ishorasi musbat bo'lsa) yoki tagiga (agar ishorasi manfiy bo'lsa) ma'lum masshtabda chiziqqa tik ravishda o'lchab qo'yamiz va

uchlarini tutashtirib yopiq ko'pburchak holdagi grafikni hosil qilamiz (16-rasm, d).



16-rasm

Qurilgan epyuradan ko'rinadiki, momentlarning qiymati har bir uchastka uchun o'zgarmas bo'lib, tashqi moment qo'yilgan kesimda pog'onali o'zgaradi.

O'zgarmas kesim yuzali valning xavfli kesimi maksimal burovchi moment to'g'ri kelgan uchastkada bo'ladi. Valga ta'sir qiluvchi burovchi momentlarning o'rnini almashtirish yo'li bilan hamma kesimlarning mustahkamligini ta'minlash mumkin. Buning uchun burovchi momentlarning qiymatlari uchun qurilgan epyuralarni analiz qilib, harakatga keltiruvchi manbani (etakchi) val o'rtasiga keltirib,

uning ikki tomoniga foydali ish bajarish uchun sarf bo'ladigan momentlar qo'yiladi. Faqat shu yo'l bilangina valning mustahkamligini ta'minlash va materiallarni tejash mumkin.

5. Doiraviy kesim yuzali to'g'ri valni buralishdagi kuchlanish va deformatsiya

Buralishga ishlayotgan sterjenlarning hisobi tajriba yo'li bilan olingan quyidagi gipotezalarga asoslanadi:

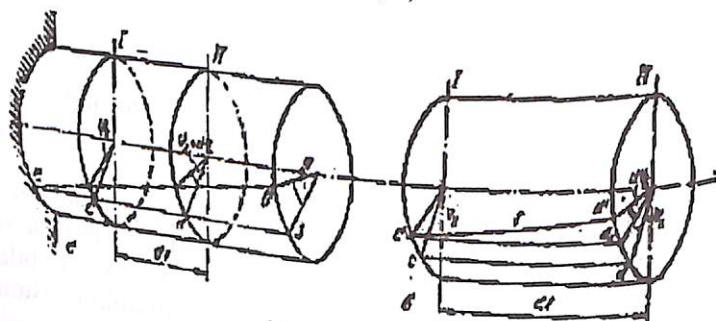
1. Sterjenning deformatsiyagacha bo'lgan tekis dumaloq ko'ndalang kesim yuzasi deformatsiyadan keyin ham tekis va dumaloqli gicha qoladi.

2. Radius chizig'i deformatsiyadan keyin ham to'g'ri chiziqligicha qoladi, ya'ni qiyshaymaydi, sinmaydi, faqat oldingi holatdan ma'lum burchakka buraladi.

3. Ikki qo'shni kesim yuza orasidagi masofa deformatsiyadan keyin ham o'zgarmaydi. Biroq o'z o'qi atrofida bir-biriga nisbatan ma'lum burchakka buriladi. Bu burchak *buralish burchagi* deyiladi.

4. Buralish burchagi burovchi momentga va ko'ndalang kesimlar oraliqiga proporsionaldir.

5. Sterjen sirtida olingan barcha yasovchi chiziqlar bir-biriga parallel ravishda bir xil burchakka og'adi. Masalan, bir uchi bilan qistirilgan ster-jen M moment (juft kuch) ta'sirida soat strelkasi harakati yo'nalishida buralsin. Sterjen sirtida olingan ab to'g'ri chiziq buralish natijasida ab' holati oladi (17-rasm, a).



17-rasm

Agar sterjenning qistirilgan uchidan x va $x + dx$ masofalarda 2 ta I va II kesimlarni olsak va ularning buralishini ko'rib chiqsak, tegishli φ_x va $\varphi_x + d\varphi_x$ burchaklarga buralganini ko'ramiz. Bunda $d\varphi_x$ burchak II kesimning I kesimga nisbatan og'ish burchagi, ya'ni dx oraliqdagi

elementning buralish burchagidir. Sterjen sirtida hosil bo'lgan bu xildagi deformatsiya kesimning ichki qismlarida ham xuddi shu xilda bo'ladi. Buralish burchagini topish va uni oraliqqa proporsional ekanini isbot qilish uchun I va II kesimlar bilan ajratilgan elementar bo'lakchani deformatsiyalanish holatini tekshiramiz (17-rasm, b), s'nuqtadan $c'd_1//cd$ chiziq o'tkazsak, II kesimning I kesimga nisbatan buralishi $d\varphi_x$ ekanini o'z-o'zidan ko'rinadi. Bunda $\overline{dd_1}$ yoy qarshisida yotgan φ_x markaziy burchak $\overline{cc'}$ yoyi qarshisida yotgan φ_x burchakka tengdir. II kesimdagi $\overline{d_1d'}$ burchak yoy ikkinchi kesimning I kesimga nisbatan skljiganini ko'rsatadi.³ Shakldan yoy:

$$\overline{d_1d'} = r \cdot d\varphi_x$$

$c'd'$ to'g'ri chiziq $c'd_1$ gorizontall chizik bilan hosil qilgan γ burchak II kesimning I kesimga nisbatan nisbiy siljishini beradi. $\overline{d_1d'}$ yoyini nisbiy siljish γ burchagi orqali ham topish mumkin:

$$\overline{d_1d'} = \gamma dx$$

Tenglamalarning chap tomonlari teng, shushshg uchun ularni birga yozsak:

$$\gamma dx = r \cdot d\varphi_x$$

$$\text{Bundan: } \gamma = r \frac{d\varphi_x}{dx}$$

Bunda $d\varphi_x/dx$ — o'zgarmas qiymatli burovchi moment ta'sirida buralgan doiraviy kesimli sterjen uchun nisbiy o'zgarmas miqdor bo'lib, sterjenning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan buralish burchagidir. Nisbiy buralish burchagi θ harfi bilan belgilanadi:

$$\frac{d\varphi_x}{dx} = \theta$$

³ Strength of materials. Doc. Ing. Miroslav Sochor. CSc. 2011 116-bet

Ko'ndalang kesim o'lchovi o'zgarmas val uchun:

$$\theta = \frac{\varphi}{l}; \quad \varphi = \theta \cdot l$$

formula nisbiy buralish burchagi orqali quyidagicha yoziladi:

$$\gamma = r \cdot \theta$$

formuladan ko'rinadiki, silindrik sterjenning buralishidan hosil bo'ladigan nisbiy siljish shu sterjen kesim yuzasining radiusiga proporsionaldir. Formulain kesim yuzaning ρ radiusiga joylashgan elementar yuzachaning nisbiy siljishi uchun yozamiz:

$$\gamma_\rho = \rho \cdot \theta$$

Sterjen buralganda uning qo'shni kesimlari bir-biriga nisbatan siljiganligidan uning kesimlarida τ urinma kuchlanishlar hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan kuchlanishni topish uchun siljishdagi Guk qonunidan foydalanamiz:

$$\tau = G \cdot \gamma$$

Formulani kesim yuza markazidan ρ masofada ajratilgan elementar yuzacha uchun yozsak quyidagi ifodani olamiz:

$$\tau_\rho = G\gamma_\rho = G \cdot \rho \cdot \theta$$

formuladan ko'rinadiki, urinma kuchlanish nisbiy siljish singari radius ρ ga proporsional va u markazdan o'tuvchi to'g'ri chiziq bilan tasvirlanadi.

Dumaloq kesim yuzali sterjen buralganda silindrning yasovchi chiziqlari bir-biri-ga parallel holatda qolganligi uchun butun aylana bo'yicha bir xilda kuchlanish hosil bo'ladi. Bu buralish juft kuch ta'sirida sodir bo'ladi. Bularni hisobga olib, kuchlanish o'zgarishini markazdan qarama-qarshi tomonga o'tuvchi to'g'ri chiziq bilan ko'rsata-miz. Kuchlanishning kesim yuza bo'yicha o'zgarishini ko'rsatuvchi grafik buralishda-gi kuchlanish epyurasi deyiladi.

Elementar yuzaga to'g'ri kelgan (r masofadagi) zo'riqish kuchi $\tau_\rho = \frac{dT}{dF}$ bundan $dT = \tau_\rho \cdot dF$

dT kuch kesim radiusiga tik yo'nalgan, chunki juft kuch va kuchlanishlar ham tik yo'nalgan. Siljish ham shu yo'nalishda sodir bo'ladi. Tekshirilayotgan qism elementar kuch va tashqi kuchlar (moment) ta'sirida muvozanatda bo'ladi. Muvozanat tenglamasi (sterjen o'qiga nisbatan olingan moment) quyidagicha yoziladi:

$$\sum M_x = \int_F dT \cdot \rho - M = 0$$

Bunda $\int_F dT \cdot \rho$ ichki burovchi moment va

$$\sum M_x = \int_F dM_\sigma = \int_F dT \cdot \rho = \int_F \tau_\rho \cdot dF \cdot \rho = \int_F G\rho^2 \cdot dF$$

Tekshirilayotgan sterjen buralgan holda edi. Bunday holdagi sterjenning muvozanati ichki momentlarning yig'indisi tashqi momentga teng bo'lishi, yuqorida ko'rib o'tilgan.

Demak,

$$M = \int_F dM_\sigma = \int_F G\theta\rho^2 dF \quad \text{yoki} \quad M_\sigma = G\theta \int_F \rho^2 dF$$

bunda $\int_F \rho^2 dF = J_p$ - kesim yuzaning qutb inersiya momenti. Demak, formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$M_\sigma = G\theta J_p$$

Bundan nisbiy buralish burchagi:

$$\theta = \frac{M_\sigma}{G J_p}$$

bunda $G J_p$ - buralgan sterjenning bikrligi bo'lsa, val materialining fizik xossasi va ko'ndalang kesim o'lchamlari buralishga qarshilik ko'rsatishini xarakterlaydi. Valning buralish burchagini, ya'ni buralish deformatsiyasini topamiz:

$$\varphi = \theta l = \frac{M_{\sigma} \cdot l}{G J_P}$$

Urinma kuchlanishni topish uchun

$$\tau_{\rho} = G \theta \rho = G \rho \frac{M_{\sigma}}{G J_P} = \frac{M_{\sigma} \cdot \rho}{J_P}$$

Bundan kuchlanishning (τ_{ρ}) radius (ρ) ga bog'liqligi ko'rinadi. ρ ning maksimal qiymatida kuchlanish ham o'zining maksimal qiymatiga erishadi, ya'ni val sirtida olingan ($\rho_{max} = r$) nuqtalarda kuchlanish maksimal bo'lar ekan.

Qutb inersiya momentining eng katta radiusga nisbati dumaloq kesim yuzaning qarshilik momentini beradi.

Buni e'tiborga olsak

$$\tau_{\rho} = \frac{M_{\sigma} \cdot \rho_{max}}{J_P} \quad \text{yoki} \quad \frac{M_{\sigma}}{\rho_{max}} = W_R \quad \text{bo'lib} \quad \tau_{max} = \frac{M_{\sigma}}{W_R}$$

ekani kelib chiqadi.

Sterjenning buralishga mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi:

$$\tau_{max} = \frac{M_{\sigma}}{W_P} \leq [\tau]$$

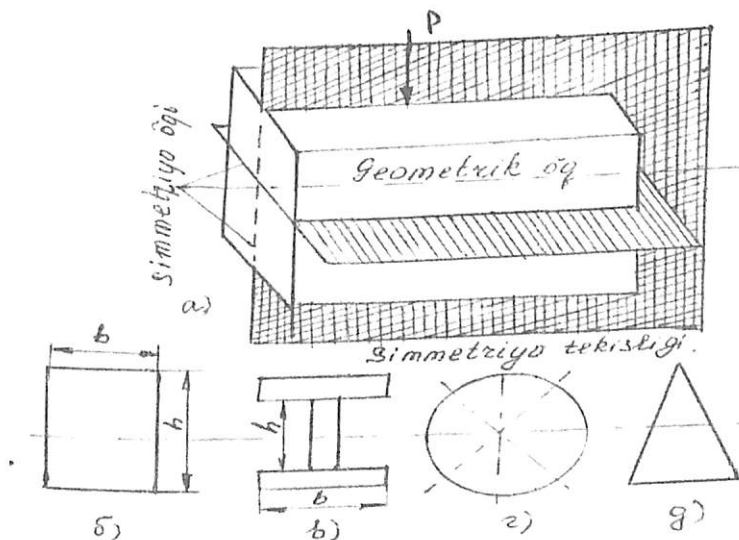
V. EGILISH DEFORMATSIYASI

1. Egilish deformatsiyasi to'g'risida umumiy tushuncha

Egilishga ishlaydigan sterjenlar *balka* deyiladi. Egilish deformatsiyasi balkaning geometrik o'qiga tik kuchlar ta'sir qilganda sodir bo'ladi.

Agar qo'yiladigan yuklar balkaning simmetriya tekisligida yotsa, egilish ham simmetriya gekisligida sodir bo'ladi. Bunday egilish *tekis egilish* deyiladi. (18-rasm, a). Kesimning simmetriya o'qidan o'tgan tekislik *simmetriya tekisligi* deyiladi.

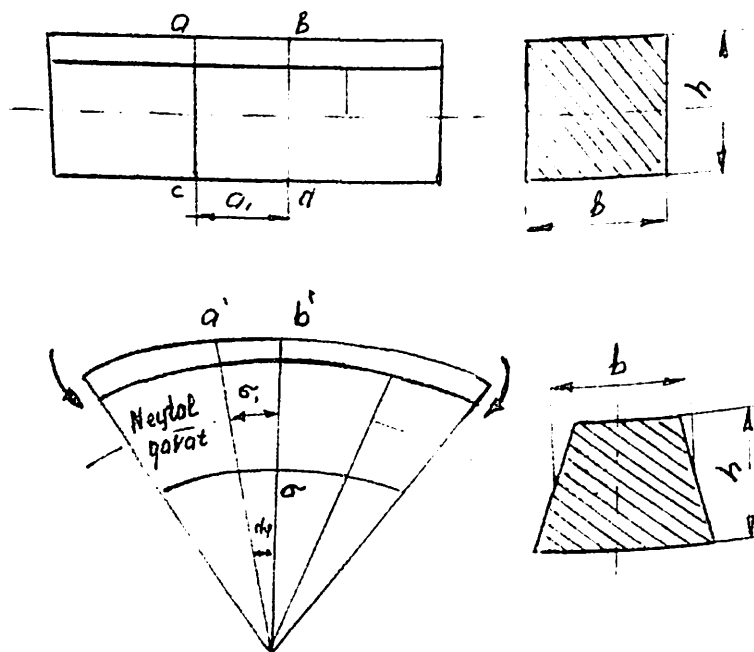
Agar ta'sir qilayotgan kuchlar simmetriya tekisligida yotmasa, *qiyshik egilish* yoki *egilish va buralish deformatsiyalari* sodir bo'ladi. Amalda ishlatiladigan balkalarning ko'ndalang kesimida kamida bitta bo'lsa ham simmetriya o'qi bo'lganligi uchun tekis egilish eng ko'p uchraydigan holdir. (18-rasm, b, v, g, d).



18-rasm

Agar balka simmetriya tekisligida yotgan qarama-qarshi yo'nalishdagi momentlar ta'sirida bo'lsa, u *sof egilishga* ishlaydi. Bu holda balka

utun uzunlgi bo'yicha bir xil egilishda bo'lib, uning kesim uzalarida hosil bo'lgan ichki kuchlar ham o'zgaras miqdorga ega bo'ladi (19-rasm, a).



19-rasm

Sof egilish deformatsiyasi ta'sirida bo'lgan balkani hisoblash quyidagi gipotezalarga asoslanadi:

1. Balkaning tekis ko'ndalang kesim yuzasi deformatsiya davrida ham tekisligicha qoladi.
2. Balkaning ko'ndalang kesim yuzasi deformatsiya davrida qo'shni kesimga nisbatan ma'lum burchakka og'adi.
3. Balka sirtida, balka o'qiga ma'lum masofada parallel olingan to'g'ri chiziqlar deformatsiya davrida ham oralik masofalarini o'zgartirmaydi, faqat og'adi.
4. Egilish davrida balkaning yuqori qavat tolalari cho'zilib, pastki qavat tolalari qisqaradi (19-rasm, b).

5. To'g'ri to'rtburchak shaklidagi kesim yuza deformatsiya davrida trapetsiya shakliga keladi (eni cho'zilib lqavati tomon torayib, siqilish qavati tomon kengayadi) (19-rasm, v).

6. Eguvchi moment yotgan simmetriya tekisligiga tik simmetriya o'qidan o'tgan tekislikda yotgan qavat tolalari deformatsiya davrida cho'zilmaydi ham, qisqarmaydi ham, faqat egrilanadi.

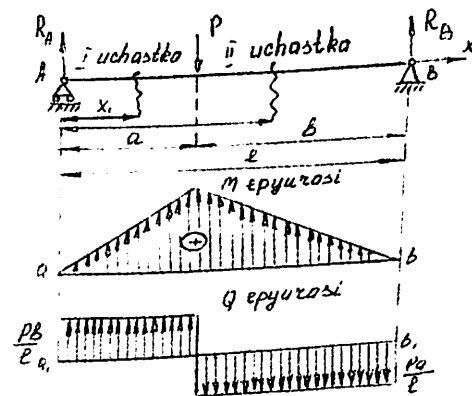
Cho'zilib va siqilish deformatsiyasidan holi bo'lgan qavatga *neytral* qavat deyiladi. Neytral qatlam kesimning og'irlik markazidan o'tadi.

Balka qarama - qarshi yo'nalishdagi ikki eguvchi moment ta'sirida yoki bir uchi qistirilgan holda bitta moment ta'sirida ham sof egilishi mumkin. Egilayotgan balkadan ikkita takislik bilan ajratilgan dx uzunlikdagi elementar bo'lakchani deformatsiyalanishini ko'rib chiqaylik. (20-rasm, b).

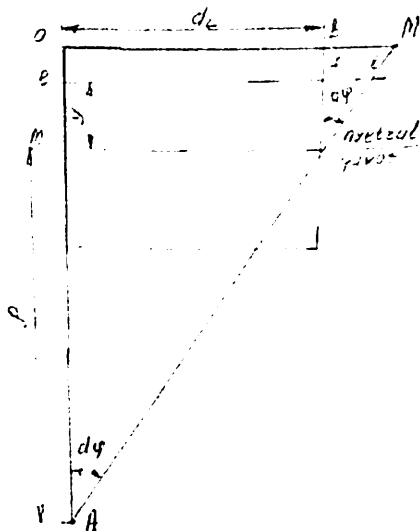
Deformatsiyalanish natijasida gipotezada ko'rsatilgani singari as va bd kesmalar bir-biriga nisbatan ma'lum burchakka og'adn.

Og'ish burchagi va balkaning shu burchak ta'sirida deformatsiyalanishini yaqqol ko'rish uchun as kesmani qo'zg'almas

deb qarab, bd kesmani esa d φ burchakka og'diramiz. Natijada bd kesma b'd' holatni oladi (21-rasm) as va b'd' kesmalarni ko'rsatuvchi chiziqlarni davom ettirsak, nuqta A da kesishib, balka neytral qavat tolalarining egrilik markazini beradi.



20-rasm



21-rasm

Neytral qavat pt dan egrilik markazi (A) gacha bo'lgan masofani ρ bilan belgilaymiz. Bu masofa *egrilik radiusi* deyiladi. Neytral qavatdan u masofada olingan qavatda ef tolaning deformatsiyalanishi natijasida uning ef' ga cho'zilganini ko'ramiz (21-rasm). Bu qavat. tolasining absolyut cho'zilishi ff' ga, nisbiy bo'ylama cho'zilish esa $\varepsilon = ff'/ef$ ga teng bo'ladi.

Tekshirilayotgan elementar bo'lakchanning deformatsiyalanish chizmasidan (21-rasm) uchburchak Apt va burchak nff' larning o'xshashligi quyidagi bog'lanish-larni beradi:

$$\frac{ff'}{y} = \frac{mn}{\rho} \quad \text{yoki} \quad \frac{ff'}{mn} = \frac{y}{\rho}$$

Bundan

$$ff' = \frac{y}{\rho} mn$$

Nisbiy deformatsiya:

$$\varepsilon = \frac{ff'}{ef} = \frac{y mn}{\rho ef} = \frac{y}{\rho}$$

bunda $ef = pt$ - olingan qavatdagi tolaning deformatsiyalanishidan oldingi uzunligi.

$$\text{Demak: } \varepsilon = \frac{y}{\rho}$$

Guk qonuniga binoan cho'zilish yoki siqilish deformatsiyasi natijasida hosil bo'lgan nisbiy bo'ylama deformatsiya, materiallarning elastiklik chegarasida normal kuchlanish bilan quyidagicha bog'lanishga ega bo'ladi:

$$\sigma = E\varepsilon$$

yoki yuqoridagi formulaga asosan

$$\sigma = \frac{Eu}{\rho}$$

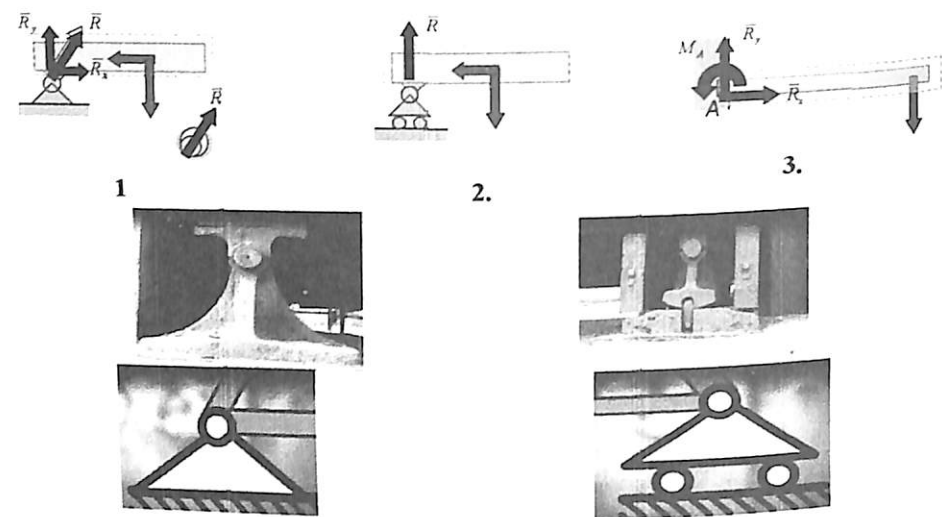
Bu formuladan ko'rinadiki, balkaning bo'ylama tolalarida hosil bo'lgan

normal kuchlanish neytral qavatga nisbatan joylashishiga bog'lik bo'lup ekan, ya'ni oraliq u ga to'g'ri proporsional. Neytral qavatdan pastda joylashgan qavat tolalarida esa siqilish kuchlanishi hosil bo'ladi.

2. Tayanchlarning xillari va reaksiya kuchlari

Balka muvozanatda bo'lishi uchun uning ikki uchi tayanchga tiraladi. *Tayanch* deb, balkani muvozanat holatida ushlab turish uchun xizmat qiladigan *yostiqchalarga* aytiladi. Tayanchlar uch xil bo'ladi (22-rasm):

1. Silindrik sharnirli qo'zg'almas tayanch (1);
2. Silindrik sharnirli qo'zg'aluvchan tayanch (2);
3. Qistirib tiralgan tayanch (konsol) (3):



22-rasm

Agar balkaning tiralgan uch kesimi deformatsiya natijasida aylanish imkoniyatiga ega bo'lib, lekin gorizontaal va vertikal yo'nalishdagi ko'chishlarga ega bo'lmasa, bunday tayanch *sharnirli qo'zg'almas tayanch* deyiladi. Unda vertikal U_A va gorizontaal X_A yo'nalishdagi reaksiya kuchlari hosil bo'ladi, ya'ni tayanchning ko'rsatgan qarshiligi bog'lanish (reaksiya) kuchi bilan almashtiriladi. (1). Bundan tashkari, gorizontaal reaksiya kuchlarining mavjud bo'lishi balkada qo'shimcha cho'zilish yoki siqilish kuchlanishlarini hosil qiladi. Qo'shimcha kuchlanish esa o'z navbatida balkaning to'g'ri chiziqli holatini buzadi. Bu qo'shimcha kuchlanishlarni yo'qotish maqsadida hamda masalani statik aniq qilish uchun sharnirli qo'zg'almas tayanchlarning bittasini qo'zg'aluvchan kilib olamiz. U holla tayanch to'g'ridan-to'g'ri asosga emas, balki g'altakka yoki g'ildirakka o'rnatiladi (2). Natijada balkaning bir uchiga gorizontaal yo'nalish bo'ylab ko'chish imkoniyati beriladi va tayanchdagi X_V reaksiya kuchi nolga tenglashadi. Bunday ko'rinishdagi balkalar uchun 3 ta reaksiya kuchini topish kifoya. Demak, sharnirli qo'zg'aluvchan tayanch faqat bitta vertikal yo'nalishdagi reaksiya kuchini berar ekan (2).

Balkani muvozanatda tutish uchun uni 2 ta tayanchga tiramasdan faqat bitta tayanchga qistirib tirasa ham bo'ladi. U holda balkaning

qistirilgan uch kesimi aylanish va gorizontaal hamda vertikal yo'nalishda ko'chish imkoniyatiga ega bo'lmaydi (3). Bu xildagi birikmada reaksiya kuchlarishig soni 3 ta: U_A , X_A , M_A bo'ladi. Bunda M ga *reaktiv moment* deyiladi.

Bir uchi bilan qistirilib tiralgan va boshqa uchi erkin bo'lgan balka va ikki tayanchli balkaning tayanchidan chiqib turgan qismi *konsol* deyiladi.

3. Balkalarda hosil bo'ladigan kuchlanishlar xarakteri. Eguvchi moment va kesib o'tuvchi kuch

Ikki uchi bilan sharnirli tayanchlarga tiralgan balka R_1 va R_2 yuklar va reaksiya kuchlari ta'sirida muvozanatda turadi. Balkaning turli kesimlarida hosil bo'ladigan ichki kuchlarni balkani fikran kesish usulidan foydalanib topamiz. Buning uchun masalan, balkaning chap tayanchidan x masofada $m - n$ tekislik bilan kesilgan kesimni olamiz va o'ng qismini tashlab yuboramiz. Bunda balkaning muvozanati buziladi. Muvozanatni tiklash uchun cho'zilish va siqilish deformatsiyasidagi singari tashlab yuborilgan qismini ta'sir kuchi bilan almashtiramiz.

Ko'ndalang kesimning har bir nuqtasiga, umumiy holda normal (σ) va urinma (τ) kuchlanishlar ta'sir kiladi. Kesim bo'yicha yoyilgan bu kuchlanishlar balkaning tekshirilayotgan qismiga qo'yilgan tashqi kuchlar R_A va P_1 bilan muvozanatlashadi. Demak, tashqi R_A va P_1 kuchlar bilan kesim bo'yicha yoyilgan kuchlanishlar o'zaro muvozanatlashgan fazoziy kuchlar sistemasini tashkil qiladi.

Balkaning har qanday ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan σ va τ kuchlanishlarni aniqlaydigan umumiy formulalarni keltirib chiqarish kerak. Biz tekshirayotgan balka uchun ta'sir kilayotgan kuchlar bir tekislikda yotganligini hisobga olib, har biridan shu tekislikda yotuvchn bir juft kuch bilan vertikal yo'nalishdagi bir kuchni olamiz. Buning uchun R_A va R_1 kuchlarini ko'ndalang kesimning markaziga ko'chirib keltiramiz. U holda R_A va R_1 larga teng bo'lgan qarama-qarshi yo'nalishdagi kuchlarni olamiz, ya'ni

$$R'_A R''_A \approx 0 \text{ va } R'_1 R''_1 \approx 0 \\ R_A = |R'_A| = |R''_A| \quad P_1 = |P'_1| = |P''_1|$$

Bunda R_A va R'_A , R_1 va R'_1 juft kuchlar;

$$Mx_1 = R_A x, \quad Mx_2 = R(x-a);$$

R''_A va P_1 bosh vektorlardir.

Juft kuchlar momentlarining yig'indisini Mx desak:

$$M_x = R_A x - P_1(x-a)$$

Bosh vektorlarning ynrindisini Q_x deb olsak:

$$Q_x = R_A - P_1 = R_A - P_1$$

Shunday kilib, balkaning kesilgan kesimidan chap qismiga qo'yilgan R_A va R kuchlarning o'rniga, kesilgan kesimning markaziga qo'yilgan Q_x kuch bilan, momentga teng bo'lgan juft kuchni oldik. Mana shu kesimda olingan M_x moment *eguvchi moment* va Q_x - *ko'ndalang kuch* yoki *kesib o'tuvchi kuch* deyiladi. Eguvchi moment tekshirilayotgan kesimning bir tomonidagi kuchlarning kesim markaziga nisbatan olingan momentlarining algebraik yig'indisiga teng bo'ladi. Kesib o'tuvchi kuch Q_x esa tekshirilayotgan kesimni bir tomonidagi kuchlarning algebraik yig'indisiga tengdir. Mx va Qx balkaning turli kesimlarida turli qiymatlarga ega bo'lganliklari uchun ular x ning funksiyalaridir, ya'ni $M = M(x)$ $Q = Q(x)$

Biz yuqorida balkaning faqat chap kesiminigina tekshirdik. Ba'zan balkadagi uchastkalar soni ikkitadan ortganda yoki chap uchi qistirilgan konsol balkalarda o'ng kesimni tekshirishga to'g'ri keladi. Shuning uchun ularning orasidagi farqni yaxshi bilib olish kerak. Bu farq Mx va Qx larning yo'nalish ishoralaridir, ya'ni balkaning chap tomon uchun eguvchi Mx moment soat strelkasi harakati yo'nalishi bo'yicha aylanib, kesib o'tuvchi Q kuch esa yuqoriga qarab yo'nalsa, balkaning o'ng qismi uchun Mx moment soat strelkasi harakat yo'nalishiga teskari aylanib, kesib o'tuvchi Q kuch pastga qarab yo'nalgan bo'lsa, M moment va Q kuchlar musbat hisoblanadi. Aksincha manfiy ishorada olinadi. Ishoralar shu tarzda tanlansa, balkaning o'ng yoki chap qismini tekshirishdan qat'i nazar M_x va Q_x lar bir xil qiymatlarini olamiz.

Mx va Qx lar x ning funksiyasi bo'lganligi sababli balkaning o'qi bo'ylab ularning qiymati o'zgaruvchan bo'ladi. Shu o'zgarish qonunini tasvirlovchi grafikka tegishli eguvchi moment va kesib o'tuvchi kuch *epyruralari* deyiladi. M_x va Q_x epyuralarni chizish uchun, balkaning o'qiga parallel qilib, balka tagidan abssissa o'qi o'tkaziladi. Ordinata o'qi bo'ylab ma'lum masshtabda har qaysi kesimdagi M_x va Q_x ning qiymatlari mazkur kesim tagiga qo'yiladi.

Mx va Qx qancha katta bo'lsa, σ va τ kuchlanishlar ham shuncha katta bo'ladi. Balkaning mustahkamligini tekshirish uchun bu kuchlanishlarning eng katta qiymatlarini aniqlashimiz lozim. M_x va Q_x lar maksimal qiymatlarga erishgan kesim *xavfli kesim* deyiladi. Xavfli kesimlarni izlashda balkaning o'qi bo'ylab M_x va Q_x larning o'zgarishini tasvirlovchi epyura katta yordam beradi.

4. Egilishdagi urinma kuchlanish.

Normal kuchlanish eguvchi moment ta'sirida hosil bo'ladi. Ko'ndalang kuch

ta'siridan esa balka kesim yuzasida urinma kuchlanish hosil bo'ladi. Bu urinma kuchlanishlar ko'ndalang kesim yuzada hamda kuchlanishlarning juftlik koidasiga ko'ra balkaning uzunligi bo'ylab neytral qavatga parallel bo'lgan kesimlarda sodir bo'lishidan foydalanib topiladi.

Urinma kuchlanishning ko'ndalang kesim yuza bo'yicha taqsimlanish qonuni va miqdorini topish uchun ko'ndalang egilishga ishlayotgan to'g'ri to'rtburchak kesim yuzali balkani quyidagi ikkita gipotezaga asoslanib tekshiramiz:

1. Ko'ndalang kesimda hosil bo'ladigan urinma kuchlanishlar kesuvchi Q kuchga parallel yo'nalishda bo'ladi.

2. Ko'ndalang kesimning neytral o'qdan teng masofada turgan barcha nuqtalarining urinma kuchlanishla teng, ya'ni ular ko'ndalang kesim eni bo'yicha tekis taqsimlanadi. (Juravskiy gipotezasi).

$$\tau = \frac{S_y d M_x}{b J_y dx}$$

Bu formuladagi dM_x balkaning dx uzunligidagi eguvchi momentlarining orttirishi bo'lib, u shu elementdagi ko'ndalang kesuvchi kuchni beradi, ya'ni:

$$\frac{dM_x}{dx} = Q_x \quad \tau = \frac{Q_x S_y}{b J_y}$$

Bunda τ - ko'ndalang kesimning ixtiyoriy nuqtasidagi urinma kuchlanish;

Q_x - tekshirilayotgan ko'ndalang kesimdagi kesuvchi kuch;

S_y - ko'ndalang kesimning neytral o'qqa nisbatan statik momenti;

b - urinma kuchlanish topiladigan qatlamdagi kesimning eni;

J_u - ko'ndalang kesimning u o'qiga nisbatan inersiya momenti.

Urinma kuchlanishni topish formulasini birinchi bo'lib rus olimi D. I. Juravskiy yaratgan. Shuni uchun bu formula uning nomi bilan yuritiladi.

5. Balkalarning mustahkamligini normal va urinma kuchlanishlar bo'yicha tekshirish

Biz yuqorida balkalarning kesim yuzalarida hosil bo'ladigan normal va urinma kuchlanishlarga etarli qarshilik ko'rsatishi uchun uning kesim yuzasida hosil bo'ladigan maksimal normal va urinma kuchlanishlar balka materiali uchun ruxsat etilgan normal va urinma kuchlanishlardan ortib ketmasligi to'g'risida ran yuritgan edi. Bu shart egilishga va kesilishga mustahkamlik sharti deb, nomlanadi va quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leq |\sigma|; \quad \tau_{max} = \frac{Q_{max} S_y}{b J_y} \leq |\tau|$$

Bunda M_{max} - balka kesim yuzasidagi eng katta eguvchi moment (momentlar epyurasidan olinadi), W - egilishning neytral o'qqa nisbatan qarshilik momenti,

Q_{max} - balka kesim yuzasidagi eng katta ko'ndalang kuch (ko'ndalang kuchlar epyurasidai olinadi), S_u - balka kesim yuzasining neytral o'qqa nisbatan o'qdan yuqoridagi yuzaning statik momenti,

J_u — balka kesimning neytral o'qqa nisbatan inersiya momenti,

b - balka kesim yuzasining eni.

Mustahkamlik sharti formulasidan balkaning mustahkamligini ta'minlovchi kesim yuza o'lchovlari topiladi. To'g'ri to'rtburchak kesim yuzaning maksimal urinma kuchlanishi bizga ma'lum bo'lib, uning mustahkamlik ifodasi quyidagicha:

$$\tau_{max} = \frac{3Q}{2F} \leq |\tau|$$

bunda $F = bh$ kesim yuza bo'lib, uni topish uchun kesim o'lchovlarining nisbati berilgan bo'lishi kerak, ya'ni: $h/b = S$ va $F = cb^2$ bo'lib,

$$\frac{3Q_{max}}{2cb^2} \leq |\tau|, \text{ bunda } b = \sqrt{\frac{3Q_{max}}{2c|\tau|}}$$

MATERIALLAR QARSHIDOLIGIAN TEST SAVOLLARI

1. Nisbiy buylama deformatsiyani ta'riflang?

1. Sterjen absolyut deformatsiyasini, oldingi uzunligiga nisbatiga nisbiy buylama deformatsiya deyiladi
2. Sterjen uzunligining kundalang kesimiga nisbatiga nisbiy buylama deformatsiya deyiladi
3. Sterjen kundalang kesimi ulchamlarining uzunligiga nisbatiga
4. Sterjenning barcha kundalang kesimlarining bir xilda deformatsiyalanishiga nisbiy buylama deformatsiya deyiladi

2. Guk qonuni ifodasi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

1. $\sigma = E\varepsilon$
2. $\sigma = N\varepsilon$
3. $\sigma = F\varepsilon$
4. $\sigma = A\varepsilon$

3. Guk qonuni qaysi javobda to'g'ri berilgan?

1. $\Delta l = (N \cdot l) / (E \cdot A)$
2. $\Delta l = (A \cdot l) / (E \cdot A)$
3. $\Delta l = (\sigma \cdot l) / (E \cdot A)$
4. $\Delta l = l_1 / l_2$

4. Puasson koeffitsientining ifodasi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

1. $\nu = \varepsilon' / \varepsilon$
2. $\nu = F' / F$
3. $\nu = N' / N$
4. $\nu = \sigma' / \sigma$

5. Sterjenning chuzilish eki sikilishdagi mustahkamlik sharti?

1. $\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma]$
2. $[\sigma] = N_{\max} \cdot A$
3. $\sigma_{\max} = [\sigma] \cdot A$
4. $\sigma_{\max} = \frac{A}{[\sigma]}$

6. Deformatsiya nima?

1. Jismlarning tashki kuch ta'siridan, geometrik ulchamlarini uzgartirishi
2. Jismlarning tashki kuch ta'sirida ustivor bulishi
3. Jismlarning ichki zarrachalarining muvozanati
4. Jismlarning tashki kuch ta'siridan emirilishi

7. Bo'ylama kuch uchun qaysi ifoda to'g'ri?

1. $N = \int_A \sigma \cdot dA$
2. $N = \int_A F \cdot dA$
3. $N = \int_A A \cdot dA$
4. $N = \int_A dA$

8. Absolyut bo'ylama deformatsiya deb nimaga aytiladi?

1. Bo'ylama uzayish yoki qisqarishga
2. Ko'ndalang qisqarishga
3. Bo'ylama uzayishga
4. Bo'ylama qisqarishga

9. Absolyut ko'ndalang deformatsiya deb nimaga aytiladi?

1. Ko'ndalang qisqarish yoki kengayishga
2. Ko'ndalang qisqarishga
3. Bo'ylama uzayish yoki qisqarishga
4. Bo'ylama uzayishga

10. Bo'ylama absolyut deformatsiya uchun qaysi ifoda to'g'ri?

1. $\Delta l = l_1 - l$
2. $\Delta \sigma = \sigma_1 - \sigma$
3. $\Delta N = N_1 - N$
4. $\Delta F = F_1 - F$

11. Ko'ndalang absolyut deformatsiya uchun qaysi ifoda to'g'ri?

$$1. \Delta b = b - b_1$$

$$2. \Delta \sigma = \sigma_1 - \sigma$$

$$3. \Delta N = N_1 - N$$

$$4. \Delta = e_1 - e$$

12. Nisbiy bo'ylama deformatsiya ifodasi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

$$1. \varepsilon = \Delta l / l$$

$$2. \varepsilon = \Delta A / A$$

$$3. \varepsilon = \Delta b - b_1$$

$$4. \varepsilon = \Delta N / N$$

13. Birklik sharti qaysi javobda to'g'ri berilgan?

$$1. \delta = \frac{N \cdot l}{E \cdot A} \leq \delta_{adm}$$

$$2. \delta = \frac{N \cdot l^2}{E \cdot A} \leq \delta_{adm}$$

$$3. \delta = \frac{N^2 \cdot l}{E \cdot A} \leq \delta_{adm}$$

$$4. \delta = \frac{N \cdot l}{E \cdot A^2} \leq \delta_{adm}$$

14. Xususiy og'irlikni hisobga olganda tashqi kuch ta'siridagi cho'zuvchi kuchlanish qaysi formula yordamida aniqlanadi?

$$1. \sigma_{max} = F / A + \gamma$$

$$2. \sigma_{max} = F / A$$

$$3. \sigma_{max} = N / A$$

$$4. \sigma_{max} = A / F$$

15. Xususiy og'irlikni hisobga olganda tashqi kuch ta'sirida cho'zilish uchun qaysi ifoda mustahkamlik shartini to'g'ri ifodalaydi?

$$1. \sigma_{max} = F / A + \gamma \leq \delta_{adm}$$

$$2. \sigma_{max} = N / A \leq \delta_{adm}$$

$$3. \sigma_{max} = A / N \leq \delta_{adm}$$

$$4. \sigma_{max} = M / A \leq \delta_{adm}$$

16. Tashqi va xususiy og'irlikdan uzayish qaysi formula yordamida aniqlash to'g'ri?

$$1. \Delta l = \frac{F \cdot l}{EA} + \frac{Gl}{2EA}$$

$$2. \Delta l = \frac{F \cdot l}{EA}$$

$$3. \Delta l = \frac{M \cdot l}{EA} + \frac{Gl}{2EA}$$

$$4. \Delta l = \frac{T \cdot l}{EA} + \frac{Gl}{2EA}$$

17. Qanday kuch kritik kuch deb ataladi?

1. To'g'ri hamda egri chiziqli muvozanat xolatlari ustivor bo'lgan vaqtga to'g'ri kelgan siquvchi kuch

2. Egri chiziqli muvozanat xolat ustivor bo'lgan vaqtga to'g'ri kelgan siquvchi kuch

3. To'g'ri chiziqli muvozanat xolat ustivor bo'lgan vaqtga to'g'ri kelgan siquvchi kuch

4. Qo'yilgan siquvchi yukning maksimal qiymatiga

18. Kritik kuchlanish nima?

$$1. \sigma_{kp} = \frac{P_{kp}}{F}$$

$$2. \sigma_{kp} = \frac{P}{F}$$

$$3. \sigma_{kp} = \frac{P_{max}}{F}$$

$$4. \sigma_{kp} = \frac{P_{min}}{F}$$

19. Eyler formulasi qanday ko'rinishga ega?

$$1. P_{kp} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{(\mu l)^2}$$

$$2. P_{kp} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{(l)^2}$$

$$3. P_{kp} = \frac{\pi^2 EI_{max}}{(\mu l)^2}$$

$$4. P_{kp} = \frac{\pi E I_{\min}}{(\mu l)^2}$$

20. Uzunlikni keltirish koeffitsienti (μ)

1. Sterjen uchlarini bog'lanish turiga bog'liq bo'lgan koeffitsient
2. Sterjen uchiga qo'yilgan kuchiga bog'liq bo'lgan koeffitsient
3. Sterjen ko'ndalang kesim shakliga bog'liq bo'lgan koeffitsient
4. Sterjen ko'ndalang kesimining bikrligiga bog'liq koeffitsient

21. Ikki uchi sharnirli tayanchga tiralgan sterjenning uzunlikni keltirish koeffitsienti (μ) nimaga teng?

1. $\mu = 1$
2. $\mu = 0,7$
3. $\mu = 2,0$
4. $\mu = 0,5$

22. Bir uchi qistirib maxkamlangan, ikkinchi uchi esa sharnirli tayanchga tiralgan sterjenning uzunlikni keltirish koeffitsienti (μ) nimaga teng?

1. $\mu = 0,7$
2. $\mu = 0,5$
3. $\mu = 2,0$
4. $\mu = 1$

23. Ikki uchi ham qistirib maxkamlangan sterjenning uzunlikni keltirish koeffitsienti (μ) nimaga teng?

1. $\mu = 0,5$
2. $\mu = 0,7$
3. $\mu = 2,0$
4. $\mu = 1$

24. Siqilgan sterjenlarning ustivorlik sharti qanday yoziladi?

1. $\sigma = \frac{P}{F_{brutto}} \leq \varphi[\sigma]$
2. $\sigma = \frac{P}{F_{netto}} \geq \varphi[\sigma]$

$$3. \sigma = \frac{P}{F_{netto}} \leq \varphi[\sigma]$$

$$4. \sigma = \frac{P}{F_{netto}} \geq \varphi[\sigma]$$

25. φ koeffitsienti nima?

1. φ - mustahkamlik uchun berilgan asosiy ruxsat etilgan kuchlanishni kamaytirish koeffitsienti
2. φ - mustahkamlik uchun berilgan asosiy ruxsat etilgan kuchlanishni oshirish koeffitsienti
3. φ - ustivorlikni bildiruvchi koeffitsienti
4. φ - ustivorlikka hisoblashda ko'ndalang kesimdagi ichki kuchlarni aniqlash uchun ishlatiladigan koeffitsient

26. φ koeffitsienti qanday aniqlanadi?

1. $\varphi = \frac{[\sigma_y]}{[\sigma]}$
2. $\varphi = \frac{[\sigma]}{[\sigma_y]}$
3. $\varphi = \frac{\sigma_{kp}}{[\sigma_y]}$
4. $\varphi = \frac{[\sigma]}{\sigma_{kp}}$

27. Siqilgan sterjenning egiluvchanligi λ qanday formula asosida aniqlanadi?

1. $\lambda = \frac{\mu l}{r_{\min}}$
2. $\lambda = \frac{P_{kp}}{F}$
3. $\lambda = \frac{P_{kp}}{F}$
4. $\lambda = \frac{\ell}{r_{\min}}$

28. Eylerning kritik kuch formulasi sterjenning qaysi deformatsiyasiga eng yaqin?

1. Egilish deformatsiyasiga
2. Siljish deformatsiyasiga
3. Buralish deformatsiyasiga
4. Siqilish(cho'zilish) deformatsiyasiga

29. Siqilgan sterjen ustivorligi masalasida $\lambda = \frac{\mu \ell}{r_{min}}$ formuladagi

r_{min} nimaga bog'liq?

1. Sterjen kesimining geometrik xarakteristikalariga
2. Sterjenga qo'yilgan kuchga
3. Sterjen egiluvchanligiga
4. Sterjenning uzunligi

30. Siqilgan sterjenning ustivorligi masalasida Eyler formulasidan qo'llanish chegarasi po'lat material uchun qaysi chegarada belgilangan?

1. $\lambda \geq 100$
2. $40 \leq \lambda < 60$
3. $\lambda > 40$
4. $\lambda < 40$

31. Qanday kuch kritik kuch deb ataladi?

1. To'g'ri hamda egri chiziqli muvozanat holatlari ustivor bo'lgan vaqtga to'g'ri kelgan siquvchi kuch
2. Egri chiziqli muvozanat holat ustivor bo'lgan vaqtga to'g'ri kelgan siquvchi kuch
3. To'g'ri chiziqli muvozanat holat ustivor bo'lgan vaqtga to'g'ri kelgan siquvchi kuch
4. Qo'yilgan siquvchi yukning maksimal qiymatiga

32. Faqatgina sterjenning uzunligini 3 marta oshirsak, kritik kuchning qiymati qanday o'zgaradi?

1. 9 marta kamayadi
2. 9 marta oshadi
3. 3 marta oshadi
4. 3 marta kamayadi

33. Sterjenning elastiklik moduli 2 marta oshsa, kritik kuch qanday o'zgaradi?

1. 2 marta oshadi;
2. o'zgarmaydi;
3. 2 marta kamayadi;
4. 4 marta oshadi.

34. Balka deb nimaga aytiladi

1. Buralishga ishlaydigan sterjnlr
2. Egilishga ishlaydigan sterjnlr
3. Buralishga va egilishga ishlaydigan sterjnlr

35. Tayanch reaksiyalari nimalarga bog'liq

1. Balkalarning uzunligiga
2. Balkaga ta'sir etuvchi kuchlarga
3. Tayanchlarni tuzilishiga
4. Balkaning og'irligiga

36. Balkalarga qo'yiladigan kuchlarni ko'rsating

1. To'plangan kuchlar
2. Yoyilgan kuchlar
3. Yoyilgan kuchlar va to'plangan kuchlar
4. Juft kuchlar

37. Tutash balka deb qanday balkaga aytiladi?

1. Bir-biri bilan bikir va sharnirli birikma orqali bog'langan elementlardan tuzilgan inshoot
2. Bir-biriga bikir qilib biriktirilgan sterjenlardan tashkil topgan inshoot
3. Sterjen birikmasidan tashkil topgan inshootlar
4. Bir necha oraliqdan tashkil topgan uzluksiz balka

38. Materiallarning mexanik hossalari nimalar kiradi?

1. Mustahkamligi, elastikligi, plastikligi, korroziabardoshligi
2. Elastikligi va plastikligi
3. Issiqbardoshligi, qattiqligi, elastikligi, plastikligi, korroziabardoshligi

4. Mustahkamligi, elastikligi, plastikligi, qattiqligi va qovushqoqligi

39. Materialning plastik xarakteristikalarini nimalar iborat?

1. Nisbiy uzayish, nisbiy ingichkalanish.
2. Nisbiy uzayish, nisbiy ingichkalanish, mustahkamlik.
3. Nisbiy uzayish, nisbiy ingichkalanish, qattiqlik.
4. Nisbiy uzayish, nisbiy ingichkalanish, qovushqoqlik.

40. Mo'rt materiallar uchun ruxsat etilgan kuchlanish formulasini ko'rsating.

1. $[\tau] = \frac{\tau_H}{\epsilon}$
2. $[\sigma] = \frac{\sigma_H}{\epsilon}$
3. $[\sigma] = \frac{\sigma_d}{\epsilon}$
4. $[\tau] = \frac{\tau_d}{\epsilon}$

41. Plastik materiallar uchun ruxsat etilgan kuchlanish formulasini ko'rsating.

1. $[\tau] = \frac{\tau_H}{\epsilon}$
2. $[\sigma] = \frac{\sigma_H}{\epsilon}$
3. $[\sigma] = \frac{\sigma_d}{\epsilon}$
4. $[\tau] = \frac{\tau_d}{\epsilon}$

42. Plastik materiallar uchun siljishda urinma ruxsat etilgan kuchlanish qanday tanlanadi?

1. $[\tau] = (0,8 \div 1) \cdot [\sigma]$
2. $[\tau] = (0,5 \div 0,6) \cdot [\sigma]$
3. $[\tau] = (0,7 \div 0,9) \cdot [\sigma]$
4. $[\tau] = (0,8 \div 0,9) \cdot [\sigma]$

43. Eng katta urinma kuchlanishlar bosh yuzalar bilan qanday burchak hosil qilgan yuzalarda hosil bo'ladi.

1. 450 va 1350 burchak
2. 300 va 1500 burchak
3. 500 va 1300 burchak
4. 250 va 1550 burchak

44. Siljishdagi ro'xsat etilgan kuchlanish qaysi mustahkamlik nazariyasi bo'yicha aniqlaniladi.

1. 2 mustahkamlik nazariyasi
2. 3 mustahkamlik nazariyasi
3. 4 mustahkamlik nazariyasi
4. 2,3,4 mustahkamlik nazariyalari

45. Tekis kesim yuzalarining geometrik tavsiflari nima uchun kerak?

1. Kesim yuzani aniqlash uchun
2. Oddiy va murakkab deformatsiyalarda mustahkamlikga va birlikka hisoblash uchun;
3. Kuch momentini aniqlash uchun
4. Kesimning o'lchamini tanlash uchun

46. Kesimni X o'qiga nisbatan statik momenti formulasini ko'rsating?

1. $S_x = \int_0^A y dA$
2. $S_x = F \cdot A;$
3. $S_x = F \cdot l;$
4. $S_x = \int_0^A y^2 dA$

47. Murakkab kesim yuzalarining og'irlik markazi qaysi formula bilan aniqlanadi?

1. $X_c = \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2 + x_3 A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}; \quad Y_c = \frac{y_1 A_1 + y_2 A_2 + y_3 A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$
2. Kesimning diagonallarini kesishtirish usuli bilan;
3. $X_c = \frac{S_x}{A}; \quad Y_c = \frac{S_y}{A}$

$$4. \sum S_x = y_0 \cdot \sum A, \quad \sum S_y = x_0 \cdot \sum A$$

48. Kesimni inersiya momenti deb nimaga aytiladi?

1. Elementar yuza bilan tegishli o'q orasidagi masofa kvadratiga ko'paytmasining integraliga aytiladi.
2. Elementar yuza bilan tegishli o'q orasidagi masofa kvadratiga b'linmasining integraliga aytiladi.
3. Elementar yuza bilan qutb nuqtasi orasidagi masofa ko'paytmasining integraliga aytiladi.
4. Elementar yuzani elkaga ko'paytmasiga aytiladi.

ASOSIY ATAMALARNING QISQACHA MANOSI (GLOSSARIY)

Terminlar	Rus tilida	Ingliz tilida	Izohi
Mustahkamlik	Прочность	durability	qismning tashqi kuch ta'siridan emirilishiga qarshilik ko'rsatish qobiliyati
Deformatsiya	Деформация	deformation	jismlarning tashqi kuch ta'siridan o'z razmer va shakllarini o'zgartirishiga
Ustivorlik	Упругость	priority	kuch ta'sirida deformatsiyalangan qismlarni o'zgina bo'lsa ham muvozanatining buuzilishiga qarshilik ko'rsatish qobiliyati
Sterjen	Стержень	cored	prizmatik yoki silindrik shakldagi jismlarning ko'ndalang kesim o'lchamlariga qaraganda bir necha marta kichik bo'lishi
Ruxsat etilgan kuchlanish	Допускаемая напряжения	Constant voltage	konstruksiyaning emirikmay uzoq vaqt xavfsiz ishlashini ta'minlaydigan eng katta kuchlanish
Buralish deformatsiyasi	Деформация кручения	obstructing deformatsiyasi	agar bir uchi bilan qistirilgan silindrik sterjenning ikkinchi erkin uxgiga, sterjen geometrik o'qiga tik tekislikda yotuvchi juft kuch ta'sir ettirilsa, sterjenning erkin qistirilgan uchiga nisbatan burilishi
Buralishdagi qarshilik momenti	Полярным момент сопротивления	Moments when volvulus	aylanma harakatda qarshilik ko'rsatuvchi yuzaga
Balka	Балка	beam	egilishga qarshilik ko'rsatuvchi sterjenlarni
Murakkab qarshilik deformatsiyasi	Сложная деформация	Sophisticated resistance deformatsiyasi	bir vaqtda sterjen kesim yuzasida ikki va undan ortiq yo'nalishda deformatsiya sodir bo'lsa
Siljish deformatsiyasi	Деформация сдвига	progress deformatsiy	agar brusning kesim yuzasiga urinma kuch yoki urinma holda

		asi	bir tekislikda yotmagan qarama-qarshi yo'nalishdagi ikkita kuch ta'sir etsa
Brus	брус	Brus	ko'ndalang kesim o'lchamlari uzunlik o'lchamlariga nisbatan juda kichik bo'lishi
Tayanch	опора	base	balkani muvozanat holatida ushlab turish uchun xizmat qiladi
Cho'zilish yoki siqilish deformatsiya	растяжение и сжатие	stretching and compression	brusning markaziy o'qi bo'ylab mo-dullari teng qarama - qarshi yo'nal-gan ikkita kuch ta'sir ettirilganda.
Siljish(qirqilish)	сдвиг (срез)	shearing	konstruksiya elementinig ko'ndalang kesimida (Q_x yoki Q_y) ko'ndalang kuch hosil bo'ladi.
Egilish	изгиб	bend	geometrik o'qiga tik kuchlar ta'sir qilganda sodir bo'ladi.
Kuchlanishlar	напряжения	stresses	ichki kuchning yuzaganisbati bilan aniqlanadi
Ko'ndalang deformatsiya	поперечной деформация	tearsverse deformation	Sterjen ko'ndalang kesim o'lcham-lariningo'zgarishi
Ichki kuchlar	внутренние силы	internal forces	mexanik sistimani tashkil etuvchi nuqtalarning o'zaro tasir kuqlari.
Elastik deformatsiya	Эластические деформации	elastic deformation	agar jism tashqi kuch ta'siridan ozod etilganida o'zining oldingi holatiga tamomila qaytishi.
Plastik deformatsiya	Пластические деформации	plastic deformation	agar jism tashqi kuch ta'siridan ozod etilganida o'zining oldingi holatiga tamomila qaytmasligi.
Plastik materiallar	пластичные материалы	plastic materials	Deformatsiyalanish davrida sezi-larli o'lchamlarini o'zgartirib, uzilganda esa ma'lum darajada deformatsiya qoldiradi
Mo'rt materiallar	хрупкие материалы	brittle materials	Deformatsiyalanish davrining sezilmasligi va to'satdan uzilishi yoki singanda qoldiq

			deformatsiya bo'lmasligi
Guk qonuni	закон Гука	Hooke's Law	sterjenning har qanday Δl elas-tik deformatsiyasi bu deformat-siyani vujudga keltirgan kuch P ga va sterjen uzunligi L ga to'g'ri proporsional bo'lib, sterjenning ko'ndalang kesim yuzi F ga, materialning mate-rialning xossasiga bog'liq bo'lgan o'zgarma miqdor E ga teskari proporsionaldir.
Proporsionallik chegarasi	граница пропорциональности	boundary of proportion ali-ty	maksimal zo'riqishlarni aniq-laydi, zo'riqish bu chegaradan ortsa, uzayish va kuch orasida-gi to'g'ri proporsioallik buzi-ladi.
Oquvchanlik chegarasi	граница упругости	elastic limit	shunday zo'riqishga aytiladiki, zo'riqish shu chegaraga etganda materialning oqish hodisasi ro'y beradi.
Mustahkamlik chegarasi	граница упрочнения	border of consolidatio n	shunday zo'riqishga aytiladiki, bunda material emiriladi.
Statik kuchlar	статические силы	static forces	hamma vaqt o'z miqdor va yo'nalishini saqlaydi. Statik kuchga inshoot qismlarining o'z og'irligi kiradi.
Dinamik kuchlar	динамические силы	dynamic forces	esa miqdori va yo'nalishi o'zgaradigan bo'ladi.
Normal kuchlanish	нормальная напряжения	normal voltage	Tekislikka tik yo'nalgan kuch-lar ta'sirida vujudga keladigan kuchlanish $\sigma = \frac{N}{F}$
Urinma kuchlanish	касательная напряжения	shearing stress	Tekislik bo'ylab yo'nalgan kuchlar ta'sirida vujudga kela-digan kuchlanish $\tau = \frac{T}{F}$
Neytral qavat	нейтральный слой	neutral layer	Normal kuchlanishlar nolga teng bo'lgan nuqtalarning geometric o'midir
To'plangan	сосредоточен	focused	jismning bitta nuqtasiga qo'yilgan

kuch	ная сила	strength	deb faraz qilinadi. Amalda esa kuch biron sath yordamida uzatiladi, biroq bu sathlarning o'lchami juda kichik bo'lgani uchun, kuchlar nuqtaga qo'yilgan deb hisolanadi.
Yoyilgan kuch	распределённая сила	distributed force	inshoat qismining ma'lum yuzasi yoki uzunligi buyicha qo'yilgan kuch uzluksiz ravishda ta'sir ko'rsatadigan kuch.
Hajmiy kuch	объёмная сила	volumetric force	kuch jism hajmining barcha nuqta-lariga qo'yilgan bo'ldi
Ichki kuch <i>epyrasi</i>	эпюра внутренних сил	internal force diagram	sterjenning uzunligi bo'yicha ichki kuch o'zgarishini ko'rsatadigan grafik
Xavfli kesim	опасное сечение	hazardone section	maksimal kuchlanish to'g'ri kelgan kesimiga
Mustahkamlikni tekshirish	проверка на прочность	test of strength	sterjen kesim yuzasidagi eng katta kuchlanish aniqlanadi va ruxsat etilgan kuchlanishga solishtiriladi, ya'ni : $\sigma_{max} \leq [\sigma]$
Statik balkalar aniq	статические определённая балка	static defined beam	agar balkaning tayanch reaksiyalari faqat statika tenglamalari yordamida aniqlansa
Statik balkalar noaniq	статические не определённая балка	static now defined beam	agar noma'lum reaksiyalar soni, shu balka uchun tuzilgan statika tenglamalari sonidan ortiq bo'lishi
Nisbiy surilish	относительный сдвиг	relative shift	absolyut surilishning tegishli yon tomoniga nisbati.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Mirziyoyev Sh.M. "Tanqidiy tahlil, qat'iy tartib - intizom va shahsiy javobgarlik - har bir rahbar faoliyatining kundalik qoidasi bo'lishi shart" T.: 2017
2. Theoretical mechanics. PROF.DR. ING VASILE SZOLGA. Press, 2010
3. Theoretical mechanics. LECTURE NOTES AND SAMPLE PROBLEMS PART TWO PROF.DR. ING VASILE SZOLGA. Press, 2010
4. Strength of materials. Doc. Ing. Miroslav Sochor. CSc. 2011
5. A.Shobidov "Nazariy mexanika asoslari"//T. "Yangi avlod"2008
6. I.Bibutov "Amaliy mexanika"//T."yangi yo'l poligrafiya servizi"2008
7. R.Axmedjanov "Nazariy mexanika"//T."Yangi avlod"2008
8. T.R.Rashidov "Nazariy mexanika asoslari"//T."O'qituvchi" 1990
9. Y.Yoqubov "Nazariy mexanika"//T."O'qituvchi" 1997
10. R.B.Daminova va boshqalar "Nazariy mexanika"elektron darslik 2006 DGU 01120
11. S.A.Yuldashbekov "Materiallar qarshiligi" T."O'qituvchi"1995
12. A.Nabiyev "Materiallar qarshiligi" T."O'qituvchi"2008
13. Mansurov "Materiallar qarshiligi" T."O'qituvchi"1993
14. N.S.Bibutov "Materiallar qarshiligi asoslari" T."Minhoj"2003
15. B.K.Muxamedsaidov va boshqalar "Materiallar qarshiligi"elektron darslik 2007 DGU 01329
16. A.Jo'rayev va boshqalar "Mexanizm va mashinalar nazariyasi" T."O'qituvchi" 2004
17. S.A.Yuldashbekov "Mexanizm va mashinalar nazariyasi" T."O'qituvchi" 2001
18. B.K.Muxamedsaidov, S.A.Yuldashbekov "Mexanizm va mashinalar nazariyasi" T."Voriz" 2006
19. G.SH.Zokirov "Mexanizm va mashinalar nazariyasi" T."O'qituvchi" 2002
20. I.Sulaymonov "Mashina detallari" T."O'qituvchi" 1981
21. R.Tojiboyev, A.Jo'rayev, R.Maqsudov "Mashina detallari" T."O'qituvchi" 2010
22. A.V.Pyatayev, B.K.Muxamedjanov "Mashina detallari" T."Moliya iqtisodiyot" 2007
23. B.K.Muxamedsaidov va boshqalar "Mashina detallari"elektron darslik 2005
24. B.K.Muxamedsaidov va boshqalar "Mashina detallari mustahkamlikka hisoblash uchun misollar" T. TDPU 2007

MUNDARIJA

2- QISM. MATERIALLAR QARSHILIGI

I bob. Kirish. Materiallar qarshiligi.	3
II bob. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasi.	9
III bob. Siljish deformatsiyasi.	22
IV bob. Buralish deformatsiyasi.....	31
V bob. Egilish deformatsiyasi.	43
Materiallar qarshiligidan test savollari.....	54
Asosiy atamalarning qisqacha ma'nosi (Glossariy).....	65
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.....	69

**B.K.Muxamedcaidov, Sh.Alimuxamedov, R.B.Daminova,
M.Eshpo'latova**

TEXNIK MEXANIKA

Darslik

Toshkent - "Innovatsiya-Ziyo" - 2022

Muharrir: Xolsaidov F. B.

*Nashriyot litsenziyasi AI №023, 27.10.2018.
Bosishga 14.02.2022. da ruxsat etildi. Bichimi 60x90.
"Times New Roman" garniturasl. Ofset bosma usulida bosildi.*

*Shartli bosma tabog'i 5. Nashr bosma tabog'i 9,5.
Adadi 100 nusxa.*

*"Innovatsiya-Ziyo" MCHJ matbaa bo'limida chop etildi.
Manzil: Toshkent shahri, Farhod ko'chasi, 6-a uy.*



+99893 552-11-21

Muallif va nashriyot roziligisiz chop etish ta'qiqlanadi.

ISBN978-9943-7816-9-6

