

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

MEXANIKA – 3

o‘quv fanidan

ta‘lim yo‘nalishlari talabalari uchun laboratoriya ishlaridan

USLUBIY KO‘RSATMALAR

Toshkent 2018

Tuzuvchilar: prof. Xasanov S.M., Maxmudova N.X., Yakubov A.A., Nazarov F.X., Yusupov D.B. “Mexanika – 3” o‘quv fanidan ta’lim yo‘nalishlari talabalari uchun laboratoriya ishlaridan uslubiy ko‘rsatmalar – Toshkent, ToshDTU, 2017, 80 b.

Uslubiy ko‘rsatmalar “Mexanika – 3” fani bo‘yicha tasdiqlangan o‘quv dasturida ko‘zda tutilgan laboratoriya ishlari uchun tuzildi.

Laboratoriya uskunalari sifatida 2016 yil Germaniya davlatidan keltirilgan jihozlardan foydalanildi.

Uslubiy ko‘rsatmalar 5111000 - «Kasb ta’limi (tarmoqlar bo‘yicha)», 5311000 - «Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish (kimyo, neft - kimyo va oziq ovqat sanoati)», 5310400 - «Havo kemalaridan texnik foydalanish», 5310500 - «Avtomobilsozlik va traktorsozlik», 5310600 - «Yer usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi», 5320100 - «Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi», 5320200 - «Mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqarishini jihozlash va avtomatlashtirish», 5320300 - «Texnologik mashinalar va jihozlar (tarmoqlar bo‘yicha)», 5610600 - «Xizmat ko‘rsatishning texnika va texnologiyasi (xizmat ko‘rsatish tarmoqlari bo‘yicha)» ta’lim yo‘nalishlari “Mexanika – 3” o‘quv fani dasturiga muvofiq tuzilgan. Ishda 9 ta laboratoriya ishlari bo‘yicha uslubiy ko‘rsatmalar keltirilgan.

Ushbu uslubiy qo‘llanma TDTU ilmiy kengashida muhokama etilgan va tasdiqlangan.

Taqrizchilar: Odilov K. - TAYLQEI “Nazariy mexanika va materiallar qarshiligi” kafedrası dotsenti, t.f.n.;

Borotov N. - TDTU “Materiallar qarshiligi” kafedrası dotsenti, t.f.n.

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2018

1-Laboratoriya ishi

Mavzu: Bo‘ylama elastiklik moduli va Puasson koeffitsiyentini aniqlash

Ishning maqsadi:

Po‘lat namuna uchun Puasson koeffitsiyentini va bo‘ylama elastiklik modulini aniqlash bo‘yicha amaliy ko‘nikmani shakllantirish.

I. Nazariy qism

Guk qonuniga muvofiq absolyut bo‘ylama deformatsiya quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$\Delta L = \frac{N \cdot L}{E \cdot A} \quad (1.1)$$

Bu yerda: $N=F$ -bo‘ylama (normal) kuch

L_0 -sterjenning hisobiy uzunligi

E -bo‘ylama elastiklik moduli (cho‘zilish-siqilishdagi elastiklik moduli) A -sterjenning ko‘ndalang kesim yuzasi

(1.1) dan cho‘zilish va siqilishdagi materialning elastiklik modulini aniqlaymiz:

$$E = \frac{F}{\varepsilon \cdot A}; \quad \left(N = F; \varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \right); \quad (1.2)$$

Bu yerda: ε -nisbiy bo‘ylama deformatsiya

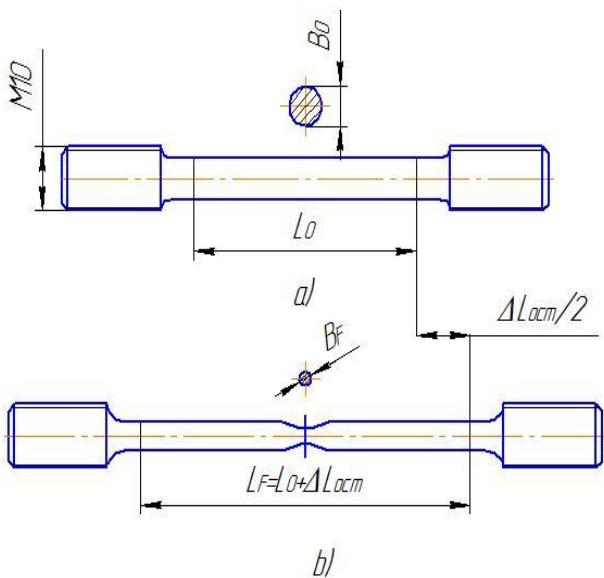
Tashqi kuchlar ta‘sirida sterjenning ham bo‘ylama ham ko‘ndalang o‘lchamlari o‘zgaradi.

Shuning uchun Puasson koeffitsiyenti μ nisbiy ko‘ndalang deformatsiyaning (ε') nisbiy bo‘ylama deformatsiyaga (ε) nisbatidir.

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right| \quad (1.3)$$

$$\varepsilon' = \frac{\Delta B}{B_0}; \quad \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (1.4)$$

Bu yerda - B_0 , L_0 brusning boshlang‘ich ko‘ndalang va bo‘ylama o‘lchamlari (1.1-rasm)



1.1-rasm. Namunaning tajribadan oldingi (a) va tajribadan keyingi (b) holatlari.

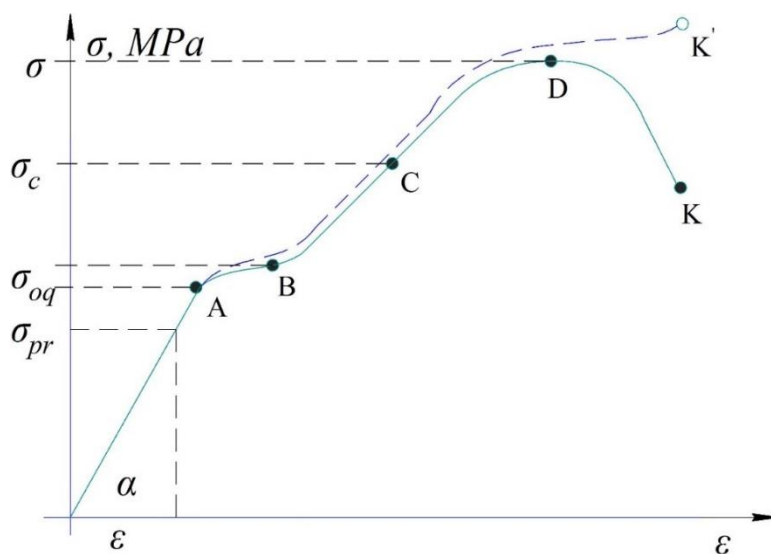
Puasson koeffitsiyentini berilgan bo'ylama kuch F yuklanish bo'yicha ΔB ko'ndalang va ΔL absolyut chiziqli deformatsiyalarni o'lchab hisoblash mumkin.

Elastiklik moduli E va Puasson koeffitsiyentini materialning elastik xususiyatlarini tavsiflaydigan va laboratoriya yo'li bilan aniqlanadi. Turli materiallar uchun Puasson koeffitsiyenti 0 dan (po'kak uchun) 0.5 ga yaqin bo'lgan (kauchuj uchun) kattalikgacha o'zgaradi. Po'lat uchun elastiklik moduli $E = (1.8-2.2) \cdot 10^5$ MPa oralig'ida va Puasson koeffitsiyenti $\mu = (0.25-0.33)$ oralig'idagi qiymatlarida bo'ladi.

Laboratoriyaning aniqligini oshirish uchun uni bosqichma bosqich amalga oshiriladi. Namunaga tushadigan eng katta kuchni proporsianallik yoki oquvchanlik chegarasi bo'yicha quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$F_{\max} = \sigma_{pr} \cdot A \approx 0,83\sigma_T \cdot A$$

$\sigma - \varepsilon$ kuchlanish diagrammasi



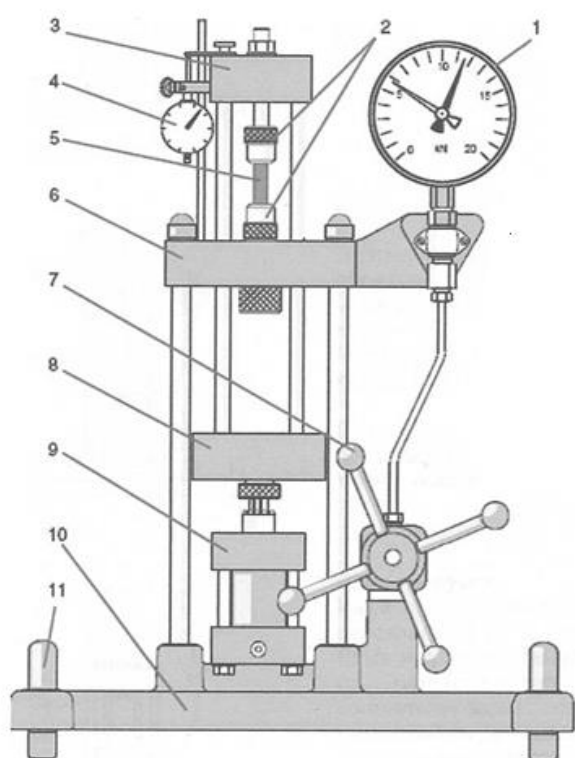
1.2-rasm. Cho'zilish diagrammasi

Cho‘zilish diagrammasining ko‘rinishi nafaqat materialning xususiyatlariga, balki namunaning o‘lchamlariga ham bog‘liq. 1.2-rasmdan ko‘rinib turibdiki:

$$tg\alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon} = E \quad (1.6)$$

Boshqacha qilib aytganda cho‘zilish va siqilishdagi elastiklik moduli E absissa o‘qiga nisbatan diagrammaning to‘g‘ri chizig‘i uchastkasining egilish burchagining tangensiga to‘g‘ri keladi.

Laboratoriya uskunasi tuzilmasi



1-dinamometr; 2-qamrovchi bosh qism; 3-yuqoriga suruvchi moslama; 4-doirasimon shkalali o‘lchovchi uskuna; 5-qotiruvchi moslama; 6-yo‘naltiruvchi rama; 7- bosh silindrl maxovik; 8-pastki siquvchi moslama; 9-bosh silindr; 10-uskunaning asosi; 11-uskunaning tayanchi.

Namunaning cho‘zilishga sinash WP 300 qurilmasida o‘tkaziladi (1.3-rasm).

Gidravlik tizim

Sinish yuklamasi gidravlik vositalar yordamida amalga oshiriladi. Maxovik va porshen gidrostatik bosim hosil qiladi.

1.3-rasm.
WP 300 laboratoriya uskunasi

Dinamometr va indikator

Kuch o‘lchagich manometer prinsipi bo‘yicha ishlaydi. U gidravlik tizimdagi gidrostatik bosimni o‘lchaydi. Katta display 160 mm diametrga ega bo‘lib, bu aniq ko‘rsatmani ta‘minlaydi.

Namunaning uzayishi soat tipidagi indikatorning ko‘rsatkichiga qarab olinadi. WP 300 uskuna elastiklik zonasida ishlagani uchun namunalarning uzayishi elastik deformatsiya hisobiga bo‘ladi. Demak, ularning cho‘ziluvchanligi elastik deformatsiya hisobigadir. Cho‘zilish va siqilishda cho‘ziluvchanlik koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$K_{ch} = \frac{\Delta L}{\Delta F} \left[\frac{mm}{kN} \right] \quad (1.7)$$

Bu koeffitsiyent laboratoriya yo‘li bilan aniqlangan absolyut bo‘ylama deformatsiyaning qiymatini katta aniqlikda hisoblashda qo‘llaniladi. Har bir o‘lchangan qiymat quyidagi formula yordamida korreksiya qilinishi kerak.

$$\Delta L_{kop} = \Delta L - F \cdot K_{ch} \quad [mm] \quad (1.8)$$

Bu yerda ΔL_{kop} – namunaning to‘g‘rilangan uzayishi; ΔL – namunaning uzayishi; F – cho‘zuvchi kuch; K_{ch} – cho‘ziluvchanlik koeffitsiyenti.

II. Kerakli materiallar va asboblari

1. Shtangensirkul
2. Dinamometr
3. Indikator
4. Namuna (latun, po‘lat, cho‘yan, bronza)
5. Siqilishga namuna (latun, po‘lat, cho‘yan, bronza).

III. Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya o‘tkazishdan oldin namunaning hisobiy uzunligini 1 mm aniqlikda va diametrini esa 0.02 mm aniqlikda o‘lchash zarur.
2. Maxovikni sekin asta aylantirish zarur. Har bir olingan absolyut bo‘ylama deformatsiya qiymati uchun (ΔL) indikator yordamida (4) L_F qiymatni va dinamometr yordamida esa (1) kuchning qiymati F ni namunaning o‘zgargan d_F qiymatini aniqlaymiz va o‘zgargan diametrini quyidagi formula yordamida topamiz $A_F = \frac{\pi \cdot d_F^2}{4}$. Olingan qiymatlarni 1.1 jadvalga qo‘yamiz.
3. Nisbiy va absolyut bo‘ylama deformatsiyalarni 1.2 formula yordamida aniqlab 1.1 jadvalga qo‘yamiz.
4. Haqiqiy nisbiy bo‘ylama deformatsiyani (ϵ') 1.4 yordamida aniqlaymiz va formula yordamida har bir qiymat uchun normal kuchlanishning qiymatini aniqlab 1.1 jadvalga qo‘yamiz.
5. Masshtab bo‘yicha ($\sigma; \epsilon$) diagrammasini qurish. 1.2 formula yordamida cho‘zilishdagi materialning elastiklik modulini aniqlab va olingan qiymatlarni 1.1 jadvalga qo‘yamiz.

6. Namunaning quyidagi $\sigma_{pr}, \sigma_{oq}, \sigma_m, \delta$ va Ψ mexanik xarakteristikalarini topamiz.

IV. Hisobot shakli

Hisobot keltirilgan shaklga muvofiq bajariladi. Hisobotda o'tkazilgan o'lchash ishlari tahlili beriladi.

Hisobot shakli

№ ____ laboratoriya ishi bo'yicha

HISOBOT

“Bo‘ylama elastiklik moduli va Puasson koeffitsiyentini aniqlash”

1. Sinalayotgan namuna material markasi.
2. Bo‘ylama elastiklik moduli va Puasson koeffitsiyentini aniqlash laboratoriya uskunasi sxemasi.
3. Cho‘zilish diagrammasi grafigi.
4. Laboratoriya ishidan olingan natijalar jadvali.

1.1- Jadval

№	Namunaning uzunligi		Δl Absolyut cho‘zilish	ε nisbiy cho‘zilish	Namunaning diametri		F dinamometr ko‘rsatkichi	σ kuchlanish	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ elastiklik moduli
	l_0 tajribagacha	l_1 Tajribadan keyin			d_0 tajribagacha	Tajribadan keyin d_1			
1.									
2.									
3.									

V. Xulosa

Nazorat savollari

1. Materialni cho‘zilishga bo‘lgan sinovi nima uchun amalga oshiriladi?
2. Cho‘zilishga bo‘lgan sinovda qanday namunalardan foydalaniladi?
3. Cho‘zilish diagrammasi deb nimaga aytiladi?
4. Guk qonunini tushuntirib bering?
5. Guk qonuni diagrammani qaysi qismi uchun o‘rinli?
6. Cho‘zilish diagrammasidan qanday mexanik tavsiflarni aniqlash mumkin?

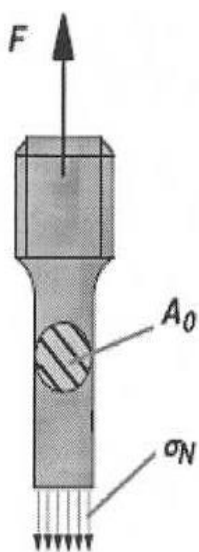
7. Proporsionallik chegarasi deb nimaga aytiladi va u qanday aniqlanadi?
8. Birinchi tur elastiklik moduli nima? Uning miqdori materialning qanday sifatini xarakterlaydi?
9. Puasson koeffitsiyentini tushuntirib bering.
10. Tajriba o'tkazilganda namunaga ta'sir qilayotgan nagruzka nima uchun oqish chegarasidan oshib ketmasligi kerak?

2-Laboratoriya ishi

Mavzu: Materiallarni cho'zilish va siqilishga sinash va ularning mexanik xarakteristikalarini aniqlash

Ishning maqsadi:

1. Materiallarni cho'zilish va siqilishga sinash usullari bilan tanishish.
2. Materiallarni (po'lat, mis va alyuminiy) yemirilishgacha bo'lgan holatini o'rganish.
3. Sinalayotgan namunaning ish diagrammasini ko'rish.
4. Sinalayotgan namunaning cho'zilish paytidagi mexanik tavsifini aniqlash ko'nikmasini shakllantirish.



2.1-rasm
Kuchlanishning
taqsimlanishi

I. Nazariy qism

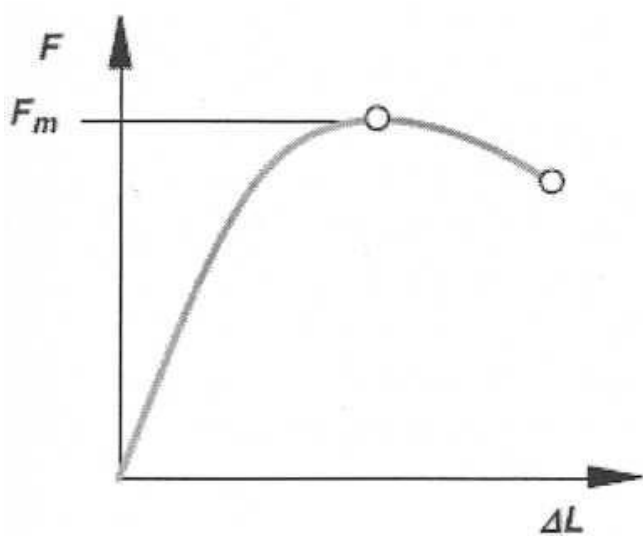
Konstruksiyani yoki qurilma elementlarini loyihalayotganda ularning mexanik tavsiflarini aniqlash katta ahamiyatga ega. Bu ma'lumotlar materialning mustahkamligi va egiluvchanliklarini baholashga imkon beradi. Bu miqdoriy tavsiflarni aniqlash uchun, ya'ni mexanik xususiyatlarini aniqlash uchun standart namunalar laboratoriya sharoitida sinaladi. Ular tekshirilayotgan materialdan tayyorlanadi. Namunalarning o'lchamlari va shakliga, shuningdek sinash mashinalariga GOST tomonidan 1497-84 ma'lum talablar qo'yiladi.

Cho‘zilishga bo‘lgan sinovlar materialni tekshirishda ancha ma‘lum bo‘lgan usuldir. U cho‘zilishga bo‘lgan mustahkamlikni aniqlashda ishlatiladi. Materialning mustahkamligi uning asosiy tavsiflaridan biridir. Bundan tashqari deformatsiya material mustahkamligini baholovchi asosiy belgidir. Cho‘zilishga bo‘lgan tadqiqotlar materialni standart namunasi bilan bir o‘qli kuchlanish holatida o‘tkaziladi.

Materiallarning mustahkamligini aniqlash uchun namunaga qo‘yilayotgan kuch asta-sekin uzluksiz namuna uzilguncha oshirib boriladi. Materialning mustahkamlik chegarasi bo‘lib, sodir bo‘layotgan jarayonda eng katta yuklanish kuch F_m bo‘ladi. Mustahkamlik chegarasi σ_m maksimal kuch F_m ni namuna ko‘ndalang kesim yuzasining nisbatiga teng.

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A_0} \quad (2.1)$$

Bu yerda: σ_m – kesimda hosil bo‘layotgan maksimal kuchlanish; F_m – maksimal kuch; A_0 – ko‘ndalang kesim yuzasi.



Cho‘zilishga bo‘layotgan sinash sinalayotgan namunani eng ko‘p mexanik xarakteristikalarini aniqlaydi. Cho‘zilish diagrammasi sinalayotgan materialning xususiyatlaridan kelib chiqib har xil material uchun bu diagrammalar bir-biridan ancha farq qiladi. Cho‘zilish diagrammasining 3 turi bo‘ladi (2.3 rasm).

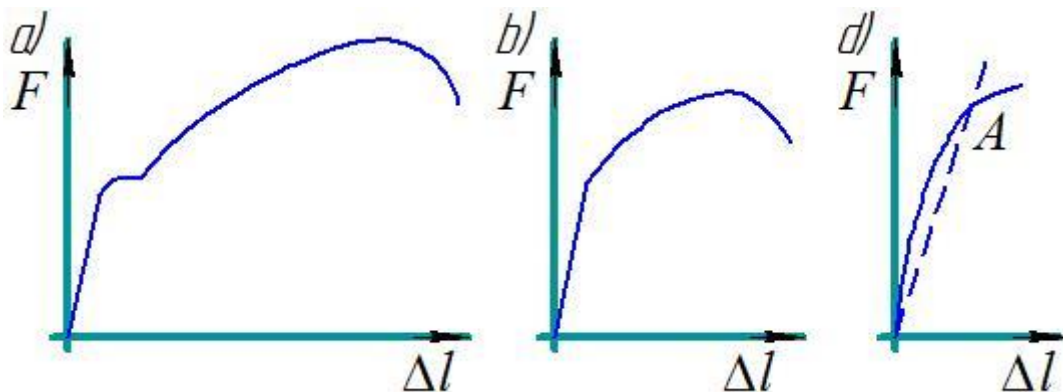
2.2-rasm. Cho‘zilish diagrammasi

- plastik materiallar namunalarining choʻzilish diagrammasi: U oquvchanlik maydoniga ega boʻladi. Bunday diagrammalar (kam uglerodli poʻlat, latun va bronzaning baʼzi bir markalarida) va metall qotishmalarida sodir boʻladi.

- shunday plastik materiallar borki, ularning choʻzilish diagrammasida oquvchanlik zonasi boʻlmasdan elastik zonadan plastik zonaga toʻgʻridan-toʻgʻri oʻtib boradi. Bunday diagrammalar koʻplab toza metallar va baʼzi bir metall qotishmalarga xos.

- moʻrt materialni choʻzilish diagrammasi (kulrang choʻyan, toblangan va boʻshatilgan poʻlat, alyuminiy quymasi, rux qotishmasi shuningdek, koʻplab nometallar: tosh, gʻisht, beton va boshqalar.

Namunalarning choʻzilish diagrammasi



2.3-rasm. Namunalarning choʻzilish diagrammasi

- a) plastik materiallar uchun;
- b) oquvchanlik zonasi boʻlmagan materiallar uchun;
- d) moʻrt materiallar uchun.

2.4 rasmda kam uglerodli poʻlatdan tayyorlanayotgan namunani choʻzilishning tipik diagrammasi keltirilgan.

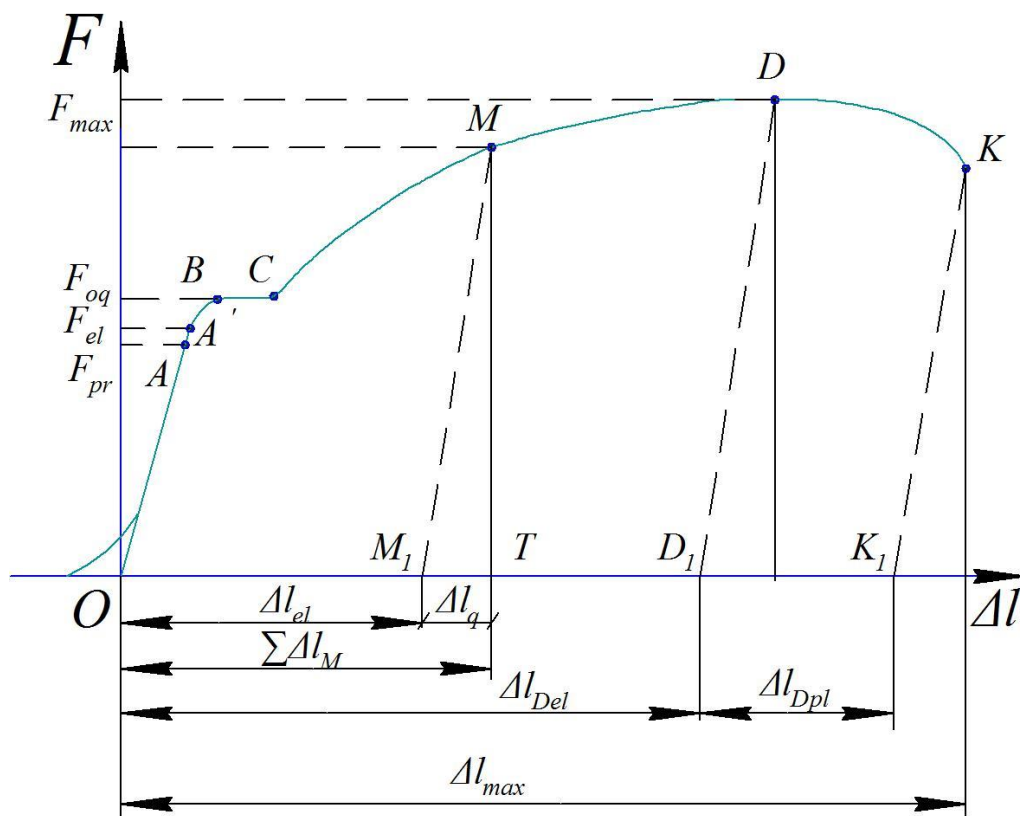
Diagrammadagi boshlangʻich egri chiziq qismi namunani siquvchi qurilmalar bilan oʻzaro deformatsiyalanishini hamda mashina mexanizmlarini turli tirqishlarini yoʻqotish jarayonini ifodalaydi. Diagrammaning bu qismi namunaning deformatsiyasi bilan bogʻliq

bo'lmaydi. Diagrammaning boshlang'ich nuqtasi koordinatalar boshi O nuqta bilan belgilanadi.

Cho'zilish diagrammasi qismlari uchun ba'zi bir xarakterli nuqtalarni belgilaymiz. Cho'zilish diagrammasi uchun hosil bo'lgan uchastka va nuqtalarni belgilab olamiz. Diagrammadan ma'lumki (2.4-rasm) yuklanishning boshidan F cho'zuvchi kuchning ma'lum qiymatiga namunaning cho'zilishi bilan kuchning orasida to'g'ri proporsional bo'lgan bog'liqlik mavjud. Ayni shu cho'zilish oralig'ida (bosqichida) Guk qonuni saqlanib qoladi (diagrammada – OA to'g'ri chiziq). Namunadagi F_{pp} kuchiga to'g'ri kelgan chegara proporsionallik chegarasi deb ataladi, Guk qonuni shu proporsionallik chegarasigacha o'z kuchiga ega. Bu vaziyatda hosil bo'ladigan kuchlanish quyidagiga teng. (2.1)

$$\sigma_{np} = \frac{F_{np}}{A_0} \quad (2.2)$$

Bu yerda: A_0 -namuna ko'ndalang kesimining boshlang'ich yuzasi.



2.4-rasm Kam uglerodli po'latning cho'zilish diagrammasi

Diagrammada (AA¹ masofada) tekis chiziqdan bir qancha chetlanish kuzatilayotganiga qaramay, avval kuch ta'sir etmayotganidek, sinov mashinasi dinamometrining ko'rsatmalari O nuqtasiga qaytib keladi. Demak namunani F_{el} gacha yuklamasida hali qoldiq deformatsiyalar hosil bo'lmaydi. U yerda hosil bo'ladigan deformatsiyaning elastiklik chegarasi deb ataladi. Elastiklik chegarasi deb, yuklangan jismdan yukni olib tashlangandan keyin, jismda qoldiq deformatsiya mavjud bo'lmagan eng katta kuchlanishga aytiladi. U quyidagicha aniqlanadi:

$$\sigma_{yn} = \frac{F_{yn}}{A_0} \quad (2.3)$$

A' nuqtadan keyin cho'zilish egri chizig'i B nuqtasigacha mo'tadil ko'tariladi va u yerda deyarli gorizontall bo'lgan BC uchaskasiga o'tish kuzatiladi va u oquvchanlik zonasi deb ataladi. Bu holatda namunaning cho'zilishi cho'zuvchi F_{yk} kuchning o'zgarmas qiymatida sodir bo'ladi. Deformatsiyaning bu jarayoni qoldiq (plastik) deformatsiya deb ataladi. Oquvchanlik chegarasi deb, namunaning deformatsiyasi yuklamaning qiymati oshmasdan hosil bo'ladigan kuchlanishga aytiladi, uning son qiymati esa quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A_0} \quad (2.4)$$

Plastik deformatsiyalarning hosil bo'lishi kristallik reshlyotkalaridagi siljishlar bilan bog'liq. Lekin siljish maksimal urunma kuchlanishlar ta'sir etadigan, namunaning o'qiga nisbatan taxminan 45° burchagi ostida bo'lgan yuzalarda hosil bo'ladi. Oquvchanlik chegarasidan so'ng (2.4-rasm) material yana qaytadan davom etadigan deformatsiyaga qarshilikni ko'rsatishni oshirish qobiliyatini tiklab oladi va ma'lum bo'lgan chegaragacha ortib boradigan zo'riqish kuchini qabul qilib oladi. Bu yuqoriga ko'tarilib boradigan mustahkamlik zonasi deb ataladi CD cho'zilish egri chizig'i zonasi to'g'ri keladi. D nuqtasi namuna qabul qilishi mumkin bo'lgan eng katta F_{max} zo'riqish kuchiga to'g'ri keladi.

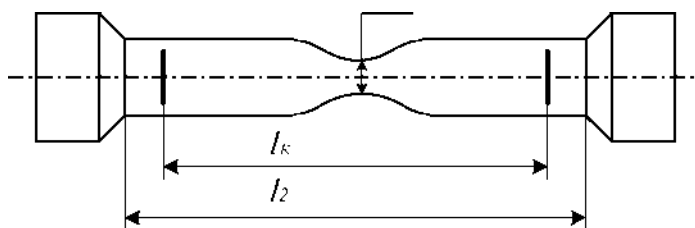
Namuna yemirilishidan oldingi ko'tara olishi mumkin bo'lgan kuchga to'g'ri kelgan kuchlanish F_{c/bak} - vaqtincha qarshilik yoki σ_{myc} mustahkamlik chegarasi deb ataladi va quyidagicha aniqlanadi.

$$\sigma_{myc} = \frac{F}{A_0} \quad (2.5)$$

$F_{\max}$ yuklanishga yetgandan so‘ng namunaning keyingi cho‘zilishida deformatsiya asosan namunaning kichik uchaskasida bo‘ladi (bo‘yinchada). Bu uchaskada namunaning ko‘ndalang kesimi kamayishi hisobiga cho‘zuvchi kuchning qiymati ortmasa ham deformatsiya ortadi.

Agar F qiymatini uzilish paytida ($F=F_k$) namunaning boshlang‘ich ko‘ndalang kesim yuzasi A_0 ga bo‘lsak, uzilishdagi hosil bo‘lgan nisbiy kuchlanishni aniqlaymiz. Agar xuddi shu kattalikni F_x ga bo‘lsak, uzilishdagi haqiqiy kuchlanishni aniqlaymiz.

Oquvchanlik chegarasi σ_0 va vaqtinchalik qarshilik (mustahkamlik chegarasi) σ_{BK} (σ_{MH}) metallning asosiy ko‘rsatkichlaridir.



2.5-rasm. Namunaning cho‘zilish sinovidan keyingi holati

Materialning plastik xarakteristikalari

Materiallarning asosiy plastiklik ko‘rsatkichlari quyidagilardan iborat: nisbiy qoldiq uzayishi (δ) va ko‘ndalang kesimning nisbiy qisqarishi (Ψ). Ular teng:

$$\delta = \frac{l_{ox} - l_0}{l_0} \cdot 100\% \quad (2.6)$$

δ kattaligi jisimning plastikligini bildiradi, agar $\delta > 20\%$ bo‘lsa material plastik, $\delta < 5\%$ -bo‘lsa mo‘rt, $5\% < \delta < 20\%$ oralig‘ida bo‘lsa mo‘rt egiluvchan. Namunaning nisbiy qoldiq uzayishi teng bo‘ladi:

$$\Psi = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\% \quad (2.7)$$

Bu yerda: $\Delta A = A - A_K$

Materiallarning xavfli kuchlanishini aniqlash

Konstruksiyaning mustahkamligini hisoblashning bir necha turi bor. Misol uchun, kuchlanishning hisobi materialning xavfli nuqtadagi mustahkamligini baholash bilan o'lanadi. Bu holatda xavfli nuqtadagi eng katta kuchlanish aniqlangan kuchlanishdan oshib ketmasligi kerak. Bu konstruksiyaning mustahkamlik zaxirasini beradi. Shundan kelib chiqqan holda konstruksiyaning xavfli holatiga: plastik materiallar uchun – kuchlanish oquvchanlik chegarasiga yetishi, mo'rt materiallar uchun – kuchlanish mustahkamlik chegarasiga yetishiga aytiladi. Bunday hisoblarda mustahkamlik quyidagicha anqlanadi:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] = \frac{\sigma}{n} \quad (2.8)$$

bu yerda: $\sigma_{\max}$ - eng katta normal kuchlanish. $[\sigma]$ – ruxsat etilgan kuchlanish, σ_o -kuchlanish chegarasi, $\sigma_o=\sigma_{\text{CT}}$ – plastik materiallar uchun va $\sigma_o=\sigma_{\text{aH}}(\sigma_{\text{CT}})$ – mo'rt materiallar uchun. n – mustahkamlik koeffitsiyenti.

Ammo laboratoriyalardan kelib chiqqan holda konstruksiya mahalliy plastik deformatsiyalariga duchor bo'lganda ham unga quyilgan talablarga javob bera oladi.

II. Kerakli materiallar va asboblari

1. Shtangensirkul
2. Dinamometr
3. Indikator
4. Namuna (latun, po'lat, cho'yan, bronza materiallaridan)
5. Siqilishga namuna (latun, po'lat, cho'yan, bronza materiallarida).

III. Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya boshlashdan avval, laboratoriya sinov mashinasi namunasi bilan tanishtiriladi.
2. Laboratoriya namunasining hisob uzunligi L_o ni 1 imm gacha aniqlikda shtangensirkul bilan diametri esa $d_o = 0.02$ mm gacha aniqlikda mikrometr yordamida o'laniladi.
3. Maxovik sekin aylantiriladi. Absolyut cho'zilish ΔL ning har bir holatida F kuchni topish. Uzilish kuchi F_K ni o'rnatish. Javoblarni 2.1-jadvalga kiritish.

4. $F-\Delta L$ grafigini ko'rib, u orqali F_T F_B larni topish. Javoblarni 2.1-jadvalga kiritish.
5. Laboratoriya qilinayotgan materialning mexanik xususiyatlarini aniqlash σ_{oq} , σ_m , σ_e , δ va Ψ . Javoblarni 2.1 jadvalga kiritish.
6. Nisbiy qoldiq uzayishi δ va ko'ndalang kesimning nisbiy qisqarishi Ψ larni jadvaldagilar bilan taqqoslash.

IV. Hisobot shakli

Hisobot keltirilgan shaklga muvofiq bajariladi. Hisobotda o'tkazilgan o'lchash ishlari tahlili beriladi.

Hisobot shakli

№ ____ laboratoriya ishi bo'yicha

HISOBOT

“Materiallarni cho‘zilish va siqilishga sinash va ularning mexanik xarakteristikalarini aniqlash”

1. Sinalayotgan namuna material markasi.
2. Kuchlanishning taqsimlanishi sxemasi, namunalarning cho‘zilish diagrammasi, kam uglerodli po‘latni cho‘zilish diagrammasining grafigi.
3. Laboratoriya ishidan olingan natijalar jadvali.

2.1- jadval

№	ΔL	F	A_0	d_b	A_b	F_{oq}	F_m	F_e	σ_{oq}	σ_m	σ_e	δ	Ψ
1.	0.1												
2.	0.2												
3.	0.3												
4.	0.4												
5.	0.5												
6.	0.6												
7.	0.7												
8.	0.8												
9.	0.9												
10.	1.0												

V.Xulosa.

Nazorat savollari

1. Materialni cho‘zilishga bo‘lgan sinovi nima uchun amalga oshiriladi?
2. Cho‘zilishga bo‘lgan sinovda qanday namunalardan foydalaniladi?
3. Cho‘zilish diagrammasi deb nimaga aytiladi?
4. Guk qonunini qanday tushuntirib bera olasiz?
5. Guk qonuni diagrammani qaysi qismi uchun o‘rinli?
6. Cho‘zilish diagrammasidan qanday mexanik tavsiflarni aniqlash mumkin?
7. Proporsionallik chegarasi deb nimaga aytiladi va u qanday aniqlanadi?
8. Birinchi tur elastiklik moduli nima? Uning miqdori materialning qanday sifatini xarakterlaydi?
9. Puasson koeffitsiyentini tushuntirib bering.
10. Laboratoriya o‘tkazilganda namunaga ta‘sir qilayotgan nagruzka nima uchun oqish chegarasidan oshib ketmasligi kerak?

3-Laboratoriya ishi

Mavzu: Po'lat namunani buralishga sinash. Siljishdagi elastiklik modulini aniqlash

Ishning maqsadi:

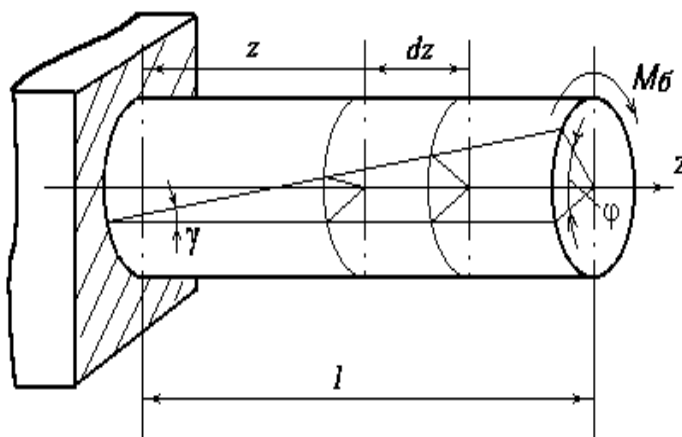
Sof siljishda ikkinchi tur elastiklik modulini aniqlash bo'yicha ko'nikmani shakllantirish.

I. Nazariy ma'lumotlar

Ko'ndalang kesimi doiraviy yoki halqasimon bruslarning buralish nazariyasi quyidagi chetlanishlarga asoslangan:

- 1) Deformatsiyagacha tekis va brusning bo'ylama simmetriya o'qiga tik bo'lgan barcha ko'ndalang kesimlar deformatsiyadan keyin ham tekisligicha hamda mazkur o'qqa nisbatan tikligicha qoladi;
- 2) Buralish natijasida barcha ko'ndalang kesimlarning radiuslari o'zlarining deformatsiyagacha bo'lgan uzunliklarini o'zgartirmaydi;
- 3) Buralish natijasida barcha ixtiyoriy ko'ndalang kesimlari orasidagi masofalar o'zgarmaydi;
- 4) Buralish jarayonida brus materiali Guk qonuniga bo'ysunadi.

3.1-rasmda bir uchi bilan mahkamlangan, ikkinchi uchiga esa burovchi moment qo'yilgan doiraviy kesimli brusning buralishi tasvirlangan. Deformatsiya natijasida har bir ko'ndalang kesim qo'shni



yoki tayanch qismiga nisbatan bo'ylama Z o'qi atrofida birorta φ (buralish burchagi) va silindr yasovchisi esa γ (siljish burchagi) burchaklarga buraladi.

Buralish burchagi elastik deformatsiya chegarasida quyidagicha aniqlanadi:

3.1-rasm. Silindrik valning buralishi

$$\varphi = \frac{M_b \cdot l}{G \cdot I_p} \quad (3.1)$$

bu yerda, M_b – burovchi moment ($N \cdot mm$);

l – brusning uzunligi (m); $l = 100 \text{ mm}$

Valning ichki diametri $d = 16 \text{ mm}$

Valning tashqi diametri $D = 20 \text{ mm}$

Richagning uzunligi $a = 0.45 \text{ m}$

G – ikkinchi tur elastiklik moduli (N/mm^2); $G^N = 8.4 \cdot 10^4 \text{ MPa}$ $R = 60 \text{ mm}$

$K_u = 0.01 \text{ mm}$

I_p – ko‘ndalang kesimning qutbga nisbatan inersiya momenti (mm^4):

doiraviy kesimli bruslar uchun – $I_p = \frac{\pi D^4}{32}$;

halqasimon kesimli bruslar uchun $I_p = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$ (3.2)

Ikkinchi tur elastiklik modulini laboratoriya usulida aniqlash uchun uzunligi $l=10$ sm ga teng bo'lgan brusga qo'yilgan burovchi moment orttirmasi va unga mos keluvchi buralish burchagining orttirmasi $\Delta\varphi^{\text{o'r}}$ ni o'lchab,

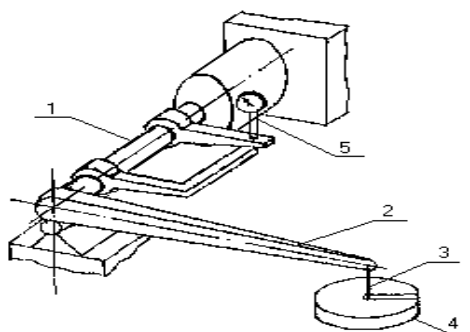
$$G^{\text{taj}} = \frac{\Delta M_b \cdot l}{I_p \Delta\varphi} \quad (3.3)$$

formuladan foydalaniladi.

Tajriba o'tkaziladigan qurilmaning tasviri

2.3-rasmda bir uchi bilan qistirib mahkamlangan, ikkinchi uchiga esa richagi 2 o'rnatilgan ko'ndalang kesimi halqasimon namuna 1 tasvirlangan.

Namunani $\Delta M_b = P \cdot a$ burovchi moment bilan yuklash uchun richagning uchidagi ilgak 3 ga tarozi toshlari 4 osiladi (bu yerda ΔP_i yukning orttirmasi, a -richagning uzunligi).

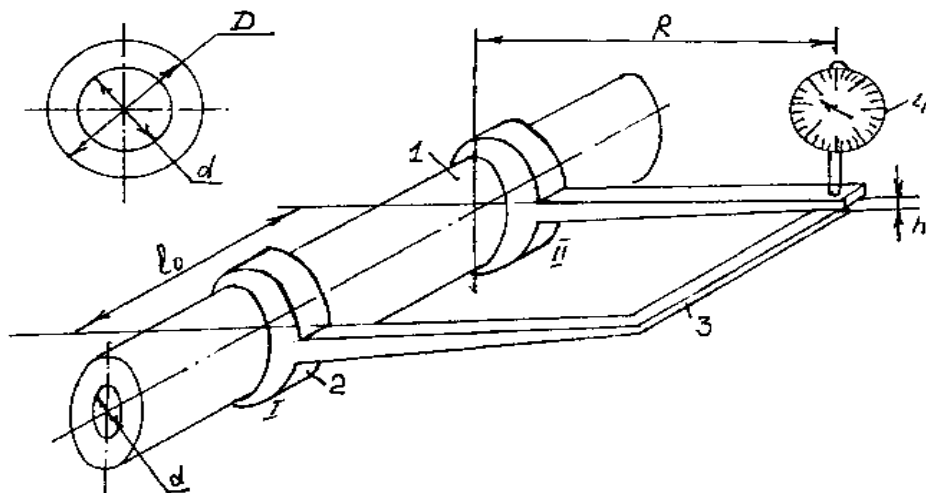


3.3-rasm.

Buralishda laboratoriya o'tkazish qurilmasi
1-namuna; 2-richag; 3-ilgak; 4-tosh; 5-torsiometr

Brus 1-1 kesimining P-P kesimiga nisbatan buralish burchagini aniqlash maqsadida mexanik tarzda ishlovchi indikatorli torsiometr (ekstenzometr) dan foydalaniladi. Torsiometr namuna I ga mahkamlangan va bir-biridan "o'lchov baza" si deb ataluvchi L_0 masofada joylashgan ikkita yanchhalqa 2 lardan iborat. Namuna yuklatilganda halqalar bir-birlariga nisbatan ma'lum burchakka buraladi; natijada birinchi halqaga bika mahkamlangan plyonka 3 ikkinchi halqaga o'rnatilgan indikator 4 shkalasini harakatga keltiradi. Indikator yordamida o'lchanadigan chiziqli ko'chish namunaning buralish burchagiga proporsional bog'lanishda bo'ladi, ya'ni:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta h}{R} \quad (3.4)$$



3.4-rasm. Indikatori o'rnatish sxemasi; 1-namuna; 2-halqa; 3-planka; 4-indikator.

Bu yerda, Δh – indikator ko'rsatkichlari orttirmasi, mm; R – indikatorning simmetriya o'qidan namunaning o'qigacha bo'lgan masofa, mm; $\Delta \varphi$ – buralish burchagining orttirmasi.

II. Kerakli materiallar va asboblari

1. Namuna
2. Shtangensirkul
3. Indikator
4. Uzunlikni o'lchovchi metr
5. Yuklar

III. Ishni bajarish tartibi

a) Laboratoriyani o'tkazish

Namunani yuklamasdan oldin indikatorning strelkasi nolga keltiriladi, so'ngra ilgakka og'irligi 50 N bo'lgan yuk osib namunaga $\Delta M_b = P \cdot a = 22.5 \text{ N} \cdot \text{m}$ burovchi moment ta'sir ettiriladi va unga mos indikatorning ko'rsatishi 3.1 - jadvalga yoziladi. Yukning og'irligini 50 N dan orttira borib, ularning har bir bosqichiga mos kelgan indikator ko'rsatishlari 3.1 – jadvalga yozib boriladi.

Tajriba davomida namunaga qo'yilgan burovchi momentning umumiy miqdori proporsionallik chegarasidan oshib ketmasligi shart. Aks holda yuqorida bayon etilgan 4-cheklanish o'z kuchini yo'qotadi. Shu sababli pog'onalar soni 4-6 ta bo'lishi yetarli.

b) laboratoriya natijalarini hisoblash

Tajriba tugagandan keyin tarozi toshlarini olib tashlab namuna to'liq yuksizlantiriladi hamda quyidagi hisoblash ishlari bajariladi.

IV. Hisobot shakli

Hisobot keltirilgan shaklga muvofiq bajariladi. Hisobotda o'tkazilgan o'lchash ishlari tahlili beriladi.

Hisobot shakli

№ ____ laboratoriya ishi bo'yicha

HISOBOT

“Po‘lat namunani buralishga sinash. Siljishdagi elastiklik modulini aniqlash”

1. Silindrik valning buralish sxemasi
2. Halqasimon kesimli bruslar uchun qutb inersiya momentini aniqlash formulasi
3. Laboratoriya ishidan olingan natijalar jadvali

3.1-jadval

Pog'onalar soni	Namunaning yuklanishi			Indikatoridan olingan qiymatlar	
	Yukning og'irligi, P, N	Burovchi momentning miqdori $M_b = P \cdot a$	Burovchi momentning orttirmasi ΔM_b , $N \cdot mm$	Ko'rsatish, h	Orttirmasi, Δh_i
0					
1					
2					
3					
4					
Orttirmalarning o'rtacha miqdori: $\Delta M^{o'r} = \underline{\hspace{2cm}}$ N·mm, $\Delta h^{o'r} = \underline{\hspace{2cm}}$ mm.					

Burovchi momentning har bir pog'onasi $M_b = 22,5 \text{ N} \cdot \text{mm}$ uchun indikator ko'rsatishlarining orttirmasi Δh_i ni hisoblab, so'ngra orttirmaning o'rtacha qiymati topiladi:

$$\Delta h_{o'r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta h_i =$$

bu yerda, n - pog'onalar soni.

Buralish burchagi orttirmasi qiymati quyidagicha topiladi.

$$\Delta\varphi_{o'r} = K_u \frac{\Delta h_{o'r}}{R} = \quad [\text{rad}]$$

bu yerda, K_u –indikator shkalasining bitta bo‘linmasi qiymati.

Tajribadan II-tur elastiklik moduli quyidagicha hisoblanadi va nazariy qiymati bilan taqqoslanadi:

$$G^{taj} = \frac{\Delta M_b \cdot l}{I_p \Delta \varphi} =$$

$$\Delta G\% = \left[\frac{G^H - G^{taj}}{G^H} \right] \cdot 100\% =$$

IV. Xulosa

Nazorat savollar

1. Siljishdagi Guk qonunini qisqacha tushuntirib bering.
2. Ko‘ndalang kesimi doiraviy yoki halqasimon bruslarning buralishiga oid cheklanishlarni izohlang.
3. Ikkinchi tur elastiklik moduli nima va uning o‘lchov birligi qanday?
4. Birinchi va ikkinchi tur elastiklik modullari orasidagi bog‘lanish formulasini yozing.
5. Doiraviy va halqasimon kesimli bruslar uchun qutb inersiya moment va qutb qarshilik momentni aniqlash formulalarini yozing.
6. Buralish burchagi laboratoriya yo‘li bilan qanday hisoblanadi?
7. Kam uglerodli po‘latdan tayyorlangan namunaning buralish diagrammasi cho‘zilishdagi diagrammadan nima bilan farq qiladi?
8. Laboratoriya o‘tkaziladigan qurilmaning tuzilishi va ishlash prinsipini izohlang.

4 - Laboratoriya ishi

Mavzu: Materiallarni toliqishga sinash

Ishning maqsadi:

Materilni toliqishga sinash bo'yicha ko'nikmani shakllantirish

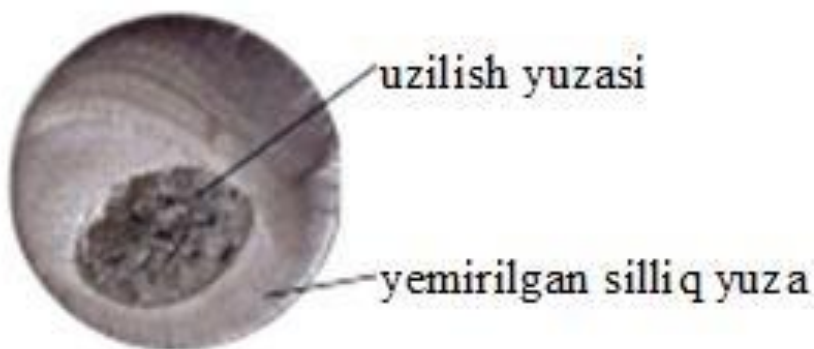
I. Nazariy ma'lumotlar:

Konstruksiyalar, ayniqsa mashina qismlari, ko'pincha yo'nalishi o'zgaruvchi kuchlanishlar ta'sirida bo'ladi.

Ko'p marta takrorlanadigan o'zgaruvchan yuklar ta'siridagi mashinalarning ba'zi qismlari bilinar-bilinmas plastik deformatsiya oqibatida birdaniga sinadi. Agar u statik yuklar ta'sirida bo'lsa, bunday kuchlanishda ular uzoq muddat ishlashi mumkin. Ular o'zgaruvchan yuklar ta'siridan xuddi mo'rt materiallar kabi yemiriladi.

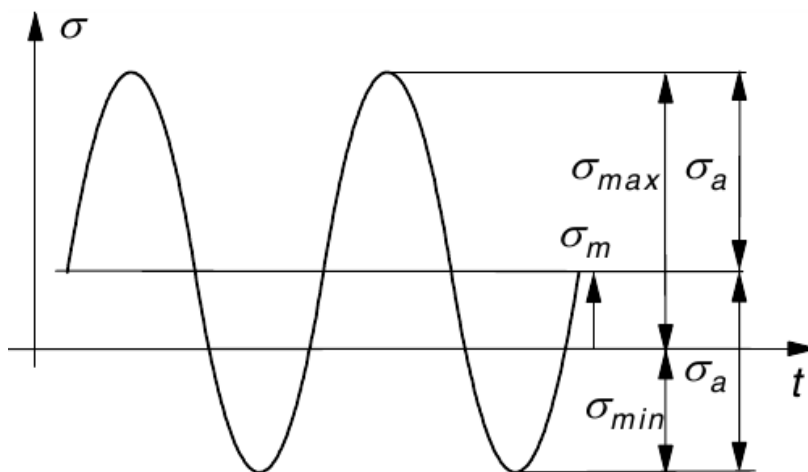
Konstruksiya qismlarining chidamliligini hisoblash masalasi o'zgaruvchan kuchlanishlarning davomli takrorlanishi oqibatida hosil bo'ladi. Chidamlilik hodisasining asosiy mohiyati shundaki, detallar davomli o'zgaruvchan kuchlanishlar ta'siriga duchor bo'lganda, ular mustahkamlik chegarasi yoki oquvchanlik chegarasiga yetmagan kuchlanishlar ta'siridan yemiriladi: yemirilish oldindan detal sirtida dars ketish hosil bo'lib, ular keyinchalik detal tanasiga singib chuqurlashib boradi va yemirilish xavfi tug'iladi. Bunday holat toliqish deyiladi.

Hattoki materialning elastiklik zonasida kritik nuqtasidan past darajadagi kuchlanish ham detal ichidagi lokal qoldiq kuchlanishlar hisobidan arziyas deformatsiyalarga olib keladi. Bu effekt doimiy takrorlanishi natijasida materialni asta-sekin buza boshlaydi va oxir-oqibatda materialni uzilishga olib keladi (4.1-rasm).



4.1-rasm.
Deformatsiyalanish jarayoni

Davriy o'zgaruvchan kuchlanish



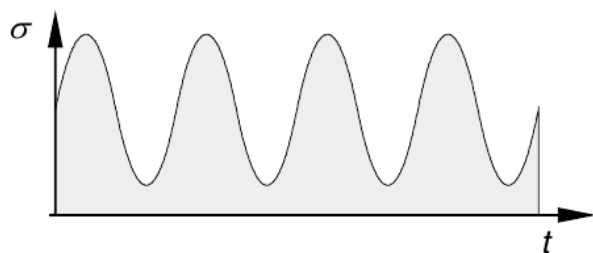
Silindrik valning buralishi

Davriy o'zgaruvchan kuchlanish boshlang'ich yuklanishning o'rtacha qiymati σ_m bo'lgan doimiy qismdan va fazani o'zgartiruvchi qo'shimcha davriy qism σ_a lardan tashkil topgan bo'ladi. Hosil bo'ladigan eng katta kuchlanish maksimal kuchlanish deyiladi. Eng kichik kuchlanishga minimal kuchlanish deyiladi. (4.2-rasm).

$$\sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_a \quad (4.1)$$

$$\sigma_{\min} = \sigma_m - \sigma_a \quad (4.2)$$

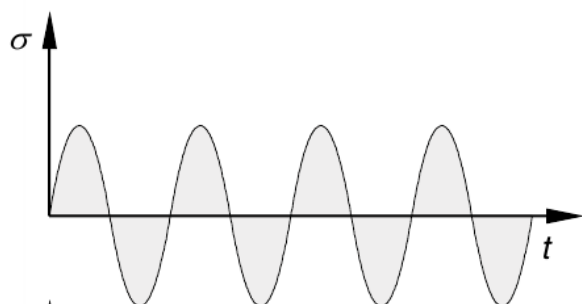
Fazali o'zgaruvchan davriy kuchlanishda uch xil amplitudani ajratib ko'rsatish mumkin.



- Tepki kuchlanish amplitudasi (cho'zuvchi kuch).

Bu yerda:

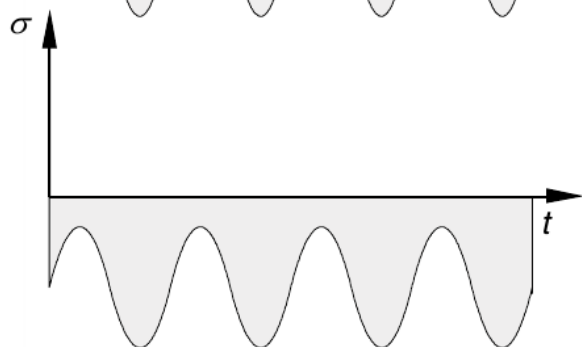
$$\sigma_a \leq \sigma_m \quad (4.3)$$



- Fazali o'zgaruvchan davriy kuchlanish amplitudasi

Bu yerda:

$$|\sigma_m| \leq \sigma_a \quad (4.4)$$

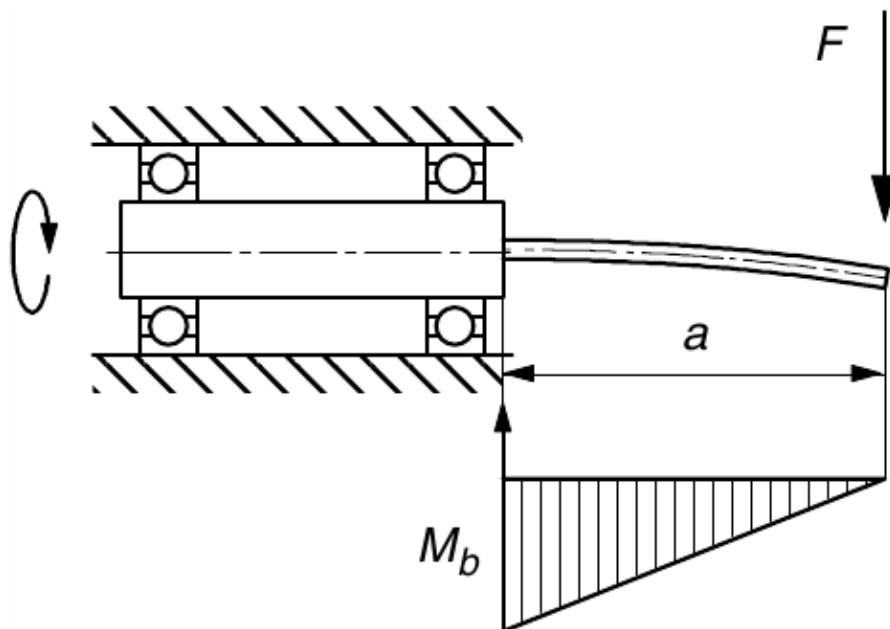


- Tepki kuchlanish amplitudasi (siquvchi kuch).

Bu yerda:

$$\sigma_a \leq -\sigma_m \quad (4.5)$$

Kuchlanish amplitudasini o'zgarishi



4.4-rasm. Yuklanish sxemasi

Namunaning yuklanishi

Namunaning yuklangan holati sterjenning F kuch taʼsiri ostida qisilib egilgan holatiga mos keladi. Bu namunada quyidagi eguvchi moment M_b ni hosil qiladi (4.4-rasm).

Eguvchi moment oʻzgarmasdan qolib namuna aylangani uchun, u fazani oʻzgartiruvchi sinusoidal eguvchi kuchlanish taʼsiri ostida boʻladi. Eng katta eguvchi kuchlanish namuna yelkasida hosil boʻladi. Bu – sof, oʻrtacha kuchlanishsiz, fazani oʻzgartiruvchi kuchlanish hisoblanadi. Shu sababli mustahkamlikni tekshirish uchun aylantiruvchi mashina yordamida kuchlanish fazani toʻla oʻzgartirib faqat moʻrtligiga mustahkamlikni aniqlash imkoniyati mavjud. Bu esa mustahkamlik σ_{fs} holatini ifodalaydi. Eguvchi moment yuklovchi kuch va kuch yelkasi yordamida quyidagicha hisoblanadi.

$$M_b = F \cdot a \quad (4.6)$$

Namuna kesimining qarshilik momentidan foydalanib

$$W_b = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (4.7)$$

Oʻzgaruvchan kuchlanish amplitudasini hisoblash mumkin.

$$\sigma_a = \frac{M_b}{W_b} = \frac{32 \cdot a \cdot F}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 100,5 \text{ mm}}{\pi \cdot 8^3 \text{ mm}^3} \cdot F = \frac{2}{\text{mm}^2} \cdot F \quad (4.8)$$

Kuchlanish fazasini to'la o'zgartirgandagi mo'rtligining mustahkamligi

Kuchlanish fazani to'la o'zgartirganda mo'rtligining mustahkamligi σ_r bu materialga qo'yilgan yuklanishning $N = 10 \cdot 10^6$ davrdan keyin ham yemirilmasdan qoladigan kuch hisoblanadi (po'lat). Aytish mumkinki, material mo'rtligi tufayli buzilmaydi va yemirilishga turg'unlik cheksiz hisoblanadi.

Mo'rtligi chegarasi

Materialning yuklanish davrining $10 \cdot 10^6$ qiymatida yemirilishga olib keladigan kuchlanishga chidamlilik chegarasi deyiladi. Unga mos keluvchi davrlar soni N ni qavs ichida ko'rsatish lozim, masalan

$$\sigma_{r(5 \cdot 10^5)} = 220 \frac{N}{mm^2}$$

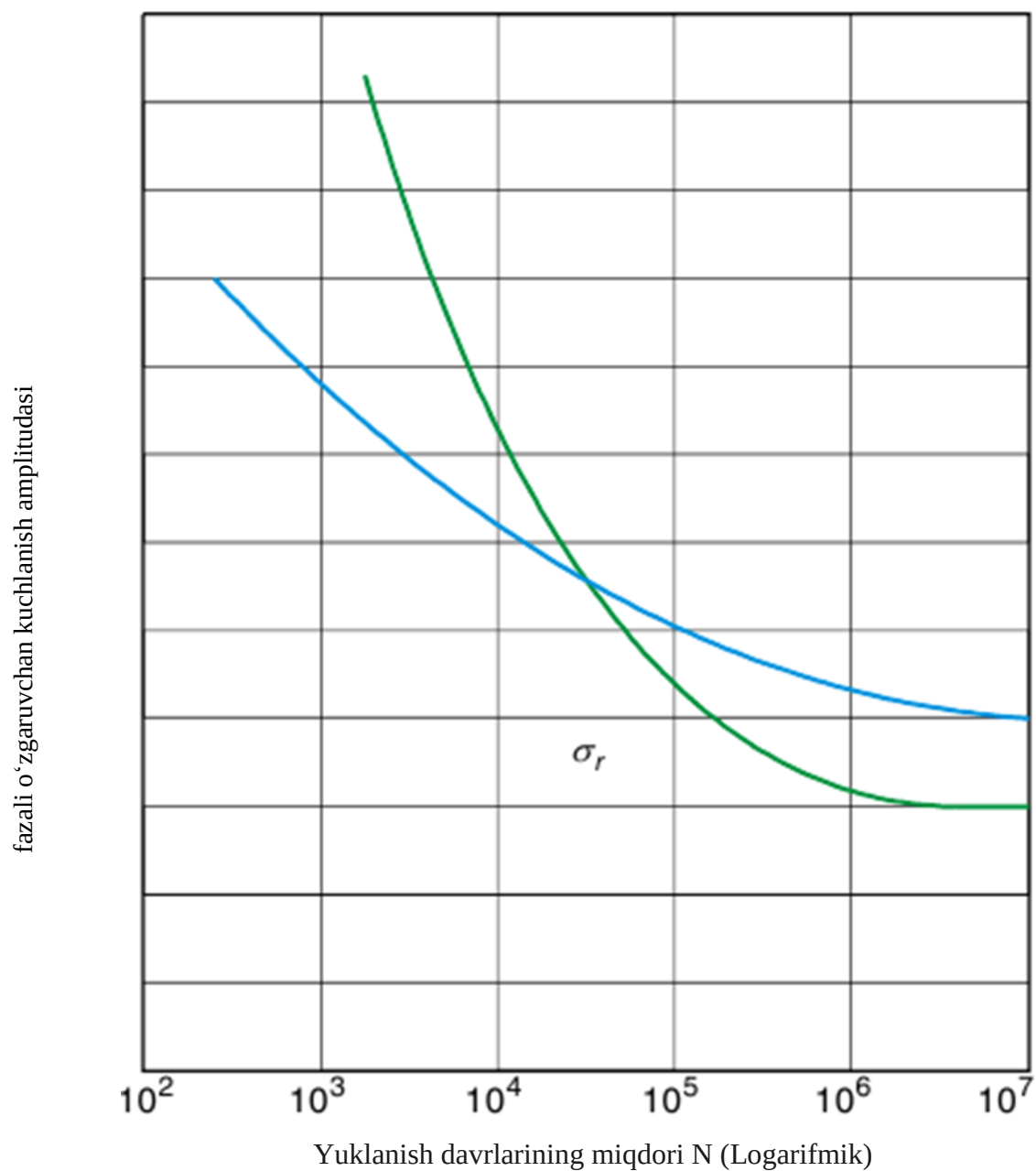
Yemirilishga turg'unlik

Yuklanishga turg'unlik bu ma'lum yuklanishda material yemirilmasdan qoladigan davrining soni N ga taalluqli kattalikdir. Yuklanish kattaligi fazani o'zgartiruvchi kuchlanishning o'rtacha qiymati va amplitudasiga mos holda qavs ichida ko'rsatiladi, masalan

$$N_{(+50 \pm 100)} = 2,6 \cdot 10^5$$

Kuchlanish miqdor diagrammasi

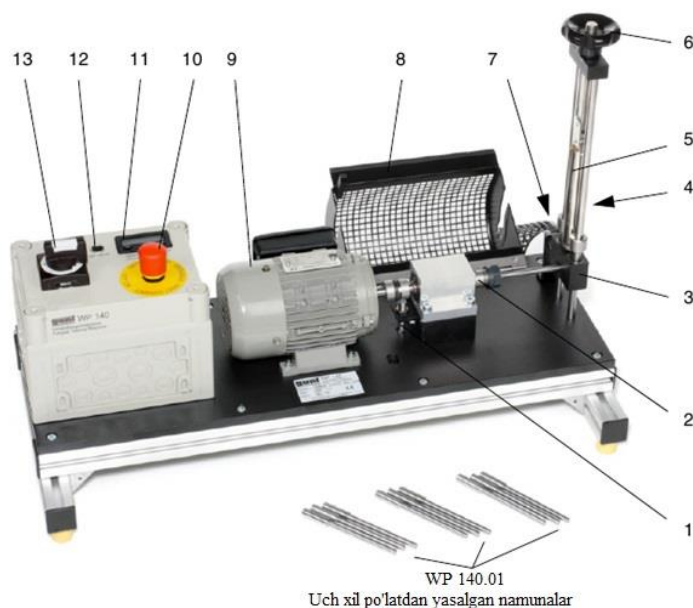
Kuchlanish miqdor diagrammasi (S-N diagramma) uzilishga cheklanish davrlari bilan unga mos ishchi kuchlanish o'rtasidagi munosabatni grafik ko'rinishda ifodalaydi. Bu grafikdan yuklanish davrlarining soni ortib borishi bilan mumkin bo'lgan yuklanish qiymati mo'rtligining mustahkamligiga assimtotik yaqinlashadi.



4.5-rasm.

4.5-rasmda ikki har xil material uchun kuchlanish miqdor diagrammasi keltirilgan.

Kuchlanish miqdori diagrammasini qurishdagi ishorasi oʻzgaruvchi kuchlanish, oʻrtacha kuchlanish yoki tepki kuchlanish bilan maksimal yoki minimal kuchlanishning oʻrtacha kuchlanishga munosabati doimiy boʻlib qolishi muhim hisoblanadi.



1. Yaqinlashish datchigi
2. Namuna uchu shpindellar
3. Suriluvchi podshipniklar
4. Umumiy shkala
5. Oddiy richagli tarozi
6. Maxovik
7. Elektr uzgich (Viklyuchatel)
8. Himoya qopqog'i
9. Dvigatel
10. Avariya uzgichi
11. Sanagich (schetchik)
12. WP 140.20 ni ulash uchun uya
13. Dvigatelni himoyalovchi uzgich

4.6-rasm. WP-140 qurilmasi

Mo'rtlikni sinash uchun mashina asosan namunalar uchun shpindellardan (2), elektrodvigatellardan (9), yuklantiruvchi qurilmalardan (3-7), elektr boshqaruvchi va sanagichdan iborat taqsimlovchi shkafdan (10-13) va himoya qobig'idan (8) tashkil topgan. Sinov sterjeni bir tomondan sangali patron bilan shpindelga mahkamlanadi va ikkinchi tomoni bilan suriluvchi podshipnikka (3) yo'naltiriladi. Namunani joylashtirish richagli tarozi (5) va suriluvchi podshipniklar yordamida amalga oshiriladi.

Dastlab balans prujinaning kuchlanishi va demak, yuklanishning rostlanishi qadamli vint (6) maxovigi yordamida amalga oshiriladi. O'rnatilgan yuklanish prujinali tarozining shkalasidan yozib olinishi mumkin. Raqamli sanagich (11) yuklanishning davrlar sonini ro'yxat qiladi. Raqamli sanagich bundan tashqari aylanishlar tezligini o'lchash uchun ham xizmat qilishi mumkin. Bu holda aylanishlar tezligi aylanish/minutlarda ifodalanadi.

Sanagich uchun impulsar kontaktsiz induktiv datchik (1) bilan hosil qilinib, bu datchik dvigatel muftasiga o'rnatilgan.

Agarda namuna uzilsa, dvigatel va sanagich avtomatik ravishda yaqinlashish datchigi (7) yordamida ishlashdan to'xtatiladi.

Dvigatelni himoyalash uzgichi (13), avariya uzgichi (10) va sanagich (11) taqsimlash shkafining ichida joylashgan.

Shpindel korpusli podshipnikka mahkamlangan shppindel ohista ishlovchi dvigatel (9) bilan boshqariladi.

Ilova

Texnik ma'lumotlar

Gabarit o'lchamlari

Uzunlik	920 mm
Kenglik	420 mm
Balandlik	560 mm
Massa	taqriban 41 kg
Ta'minot manba	230v, 50 Hz
Nominal iste'mol quvvati	0.75 kW

Dvigatel

Tezlik (50 Hz chastotada)	taqriban	2800 1/min
Tezlik (60 Hz chastotada)	taqriban	3250 1/min
Quvvat		370 Vt

Yuklash qurilmasi

Kuch	0...300
Namunada faza aylanuvchi eguvchi kuch	0...600N/mm ²

Davrni o'rnatish soni

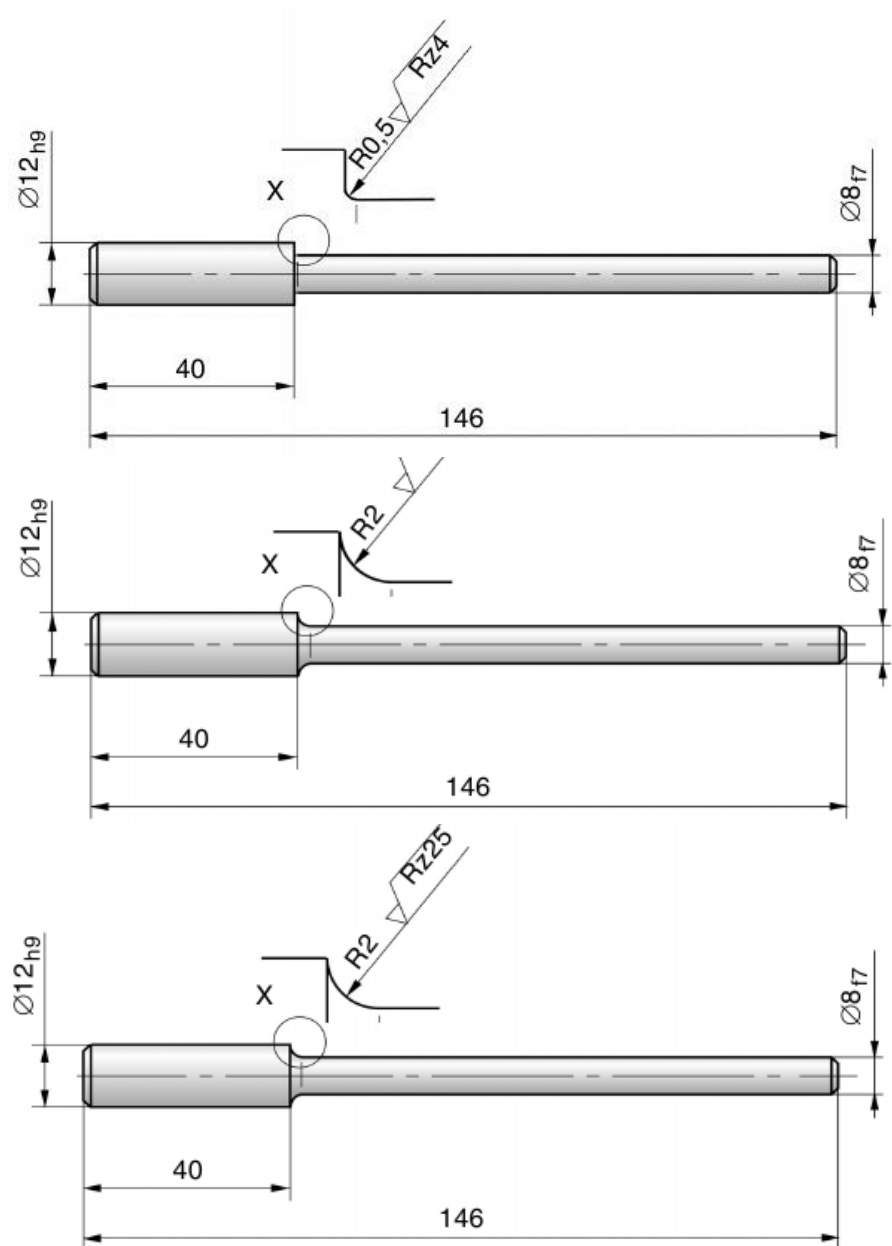
Yukllanish davrlarini sanagichi, 8 raqamli, elektron, aylanish tezligini ko'rsatish holatiga o'tkazilishi mumkin.

Sinov sterjenlari WP 140.01

Sinov sterjenlari quyma po‘lat Ct 35 dan yasalgan, mexanik mustahkamlik xossalari quyidagicha:

$$R_m = 560 \text{ N/mm}^2,$$
$$R_{p0.2} = 420 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m = 650 \text{ N/mm}^2$$
$$R_{p0.2} = 510 \text{ N/mm}^2$$



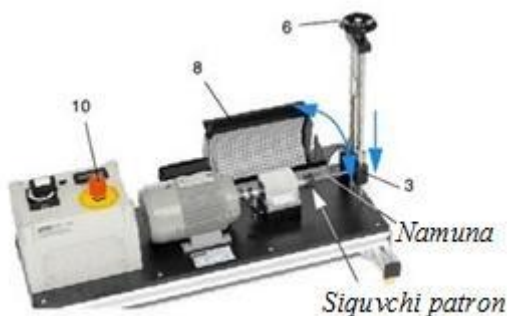
4.7-rasm. Namunalar sxemasi

II. Kerakli materiallar va asboblari

1. Richagli tarozi
2. Sanagich (scho'tchik)
3. Yaqinlashish datchigi
4. Kompyuter

III. Ishni bajarish tartibi

Eksperimental qurilma



4.8-rasm.

Namunani o'rnatish jarayoni

Quyidagi vazifalar laboratoriya boshlanishigacha bajarilishi lozim:

- Yuklanish qurilmasini (6) g'ildirak yordamida bo'shating; Siljувchi podshipnik (3) I pastgi asosga tomon siljiting.
- Barcha namunalarni bo'shatib oling.
- (8) himoya qopqog'ini yoping. Qurilma faqat himoya qopqog'i to'g'ri yopi;gan holdagina ishgatushirilishi mumkin.
 - (10) avariya elektr uxgichini bo'shating.
 - (11) sanagichini RST tugmasi yordamida nolni ko'rsatganholga keltiring.
 - Shpinddel to'g'ri va ohista ishlayotganligini tekshirib ko'ring.
 - Sanagich to'g'ri ishlayotganligini tekshirib ko'ring (laboratoriya har bir minutda 288 ta yuklanish davrini sanashi lozim). Bu amalni SEL knopkasini bosish yo'li bilan ekranda ko'rish mumkin.
 - Ustanovkani avtomatik ravishda to'xtatish to'g'ri ishlayotganligini tekshirib ko'ring. Buning uchun (6) g'ildirak yordamida (3) suriluvchi podshipnikni ko'taring. Bu holda dvigatel yaqinlashish datchigi yordamida to'xtatilishi lozim.

Qurilmaning barcha komponentlari xavfsiz ishlayotganligini o'rnatilgandan keyingina laboratoriya- larni boshlash mumkin.

Laboratoriyani bajarish

Harakatga keltirish va sinov laboratoriyasini o'tkazish

Mo'rtligini tekshiruvchi asbobni laboratoriya jarayoniga tayyorlash uchun uni elektr tarmog'iga ulang.

- Himoya qopqog'ini oching
- Qo'l g'ildiragi yordamida qurilmadagi kuchlarni olib tashlang
- O'rnatilgan bo'lishi mumkin bo'lgan har qanday namunalarni olib tashlang
- Tsanga patroniga gaykani aylantiring
- Himoya qopqog'ini yoping

Laboratoriyani boshlash

- Himoya qopqog'ini o'rnatish va knopka bilan mahkamlang
- Dvigatelni ulang
- Tezda g'ildirakni aylantirib berilgan yuklanishni qo'ying. Yuklanish qiymatini prujinali tarozi shkalasidan o'rnatish.
- Namuna uzilgan paytda dvigatel avtomatik ravishda to'xtaydi. Namuna yuklanish davrlarining ko'rsatishini yozib oling va bu qiymatni registratsiya qiling.
- Yoki yuklanishning berilgan davrlaridan keyin laboratoriyani qo'l bilan dvigatelni o'chirish yordamida to'xtatish.(Uzilish yo'q).
- Namunani qurilmadan oling. Sinov sterjenini o'rnatgandan keyin laboratoriya shu xilda davom ettiring.

1-3 sinov sterjenlarining tadqiqoti

4.1-jadval C35E

Tip	Egilik radiusi r, mm	Sirtning nosilliqligi R_{tb} (μm)	Izoh
1	11.300	11.700	Kichik radius, Silsiq
2	17.150	23.700	Katta radius, silliq
3	14.030	16.300	Katta radius, sillliqmas

Barcha hollarda yuklanish $F = 200 \text{ N}$,

$$\sigma_a = 400 \text{ N/mm}$$

Quyidagi yuklanish davrlari qiymati namuna uzilishigacha erishiladi.

4.2-jadval

Tip	Namuna 1	Namuna 2	Namuna 3	Namuna 4
1	11.300	11.300	11.700	11.433
2	17.150	17300	23.700	19.383
3	14.030	12.800	16.300	14.376

Yuklanish davrlari miqdori $N(\pm 200)$ uzilishgacha

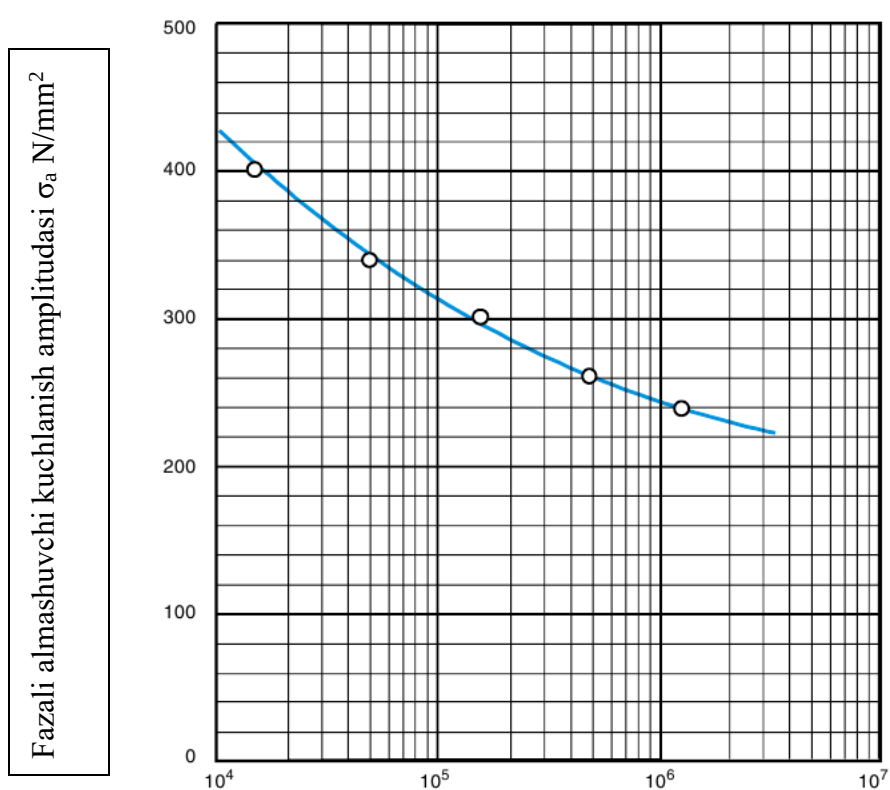
Ustki chiziqlar ta'sirining kuchayish ta'siri natijasida va kanaldagi unga mos lokal kuchlanishining ortishi natijasida yemirilishga turg'unlik kichik egrilik radiusi 1-sterjanda 2-sterjenga nisbatan sezilarli darajada past. Egrilik radiuslari bir xil bo'lgan namunalarda sirti tekis bo'lgan namunada (2-sinov sterjeni) yemirilishga turg'unlik sirti notekis bo'lgan (3-sinov sterjeni) namunadagiga nisbatan sezilarli darajada yuqori. Shuning uchun faza o'zgaruvchi kuchlanishga sinaladigan komponentlarning chiziqlar chuqurligini polirovka yo'li bilan maksimal mumkin bo'lgan darajada tekislanishi lozim.

Kuchlanish miqdor diagrammasini tuzish

Bu laboratoriya 3-sterjen ustida o'tkazilgan. Yuklanish $F = 200 \text{ N}$ va unga mos $\sigma_a = 400 \text{ N/mm}^2$ maksimal qiymatlardan asta-sekin kamaytirib borilgan. Shuni ta'kidlash lozimki faza o'zgaruvchi eguvchi yuklanishda kutilayotgan mo'rtligi mustahkamligi sohasida oshirish uncha katta bo'lmasligi lozim, aks holda laboratoriya juda uzoq davom etadi yoki hech qanday uzilish sodir bo'lmaydi. Agar o'zining to'liq informatsion imkoniyatini ishlata olsa (maksimal $9.99 \cdot 10^7$ yuklanish davri) laboratoriya 593 soat yoki 24,5 sutka davom etadi.

4.3-jadval

T/R	Yuklanish,N	Kuchlanish,N/mm	Yemirilishga turg'unlik,N	Davomiyligi n=2800 ayl/min
1	200	400	14030	5
2	170	340	48800	17
3	150	300	167000	60
4	130	260	455000	162
5	120	240	1280800	457



4.9- rasm. C35E dan yasalgan 3 sinov sterjeni uchun Kuchlanish-miqdor diagrammasi

Ko‘rinib turibiki, kuchlanishning mo‘rtligi mustahkamligiga 240 N/mm² da hali erisilmagan. U taqriban 200 N/mm² ga teng. Bunday mo‘rtligi mustahkamligi chegarasi pasr hisoblanadi, chunki Ck 35 sinov sterjenlari materiali uchun mustahkamlik chegarasi $R_m=560\text{N/mm}^2$ ga teng.

IV. Hisobot shakli

Hisobot keltirilgan shaklga muvofiq bajariladi. Hisobotda o'tkazilgan o'lchash ishlari tahlili beriladi.

Hisobot shakli

№ ____ laboratoriya ishi bo'yicha

HISOBOT

“Materiallarni toliqishga sinash”

1. Sinalayotgan namuna material markasi.
2. Laboratoriyani bajarishda o'lchangan natijalar jadvali.
3. Kuchlanish-miqdor diagrammasi.

4.4-jadval

Tip	Namuna 1	Namuna 2	Namuna 3	Namuna 4
1				
2				
3				

Ishchi ro'yxat. 3- sinov sterjeni uchun har xil yuklanishlarda yuklanish davrlarining miqdori

4.5-jadval

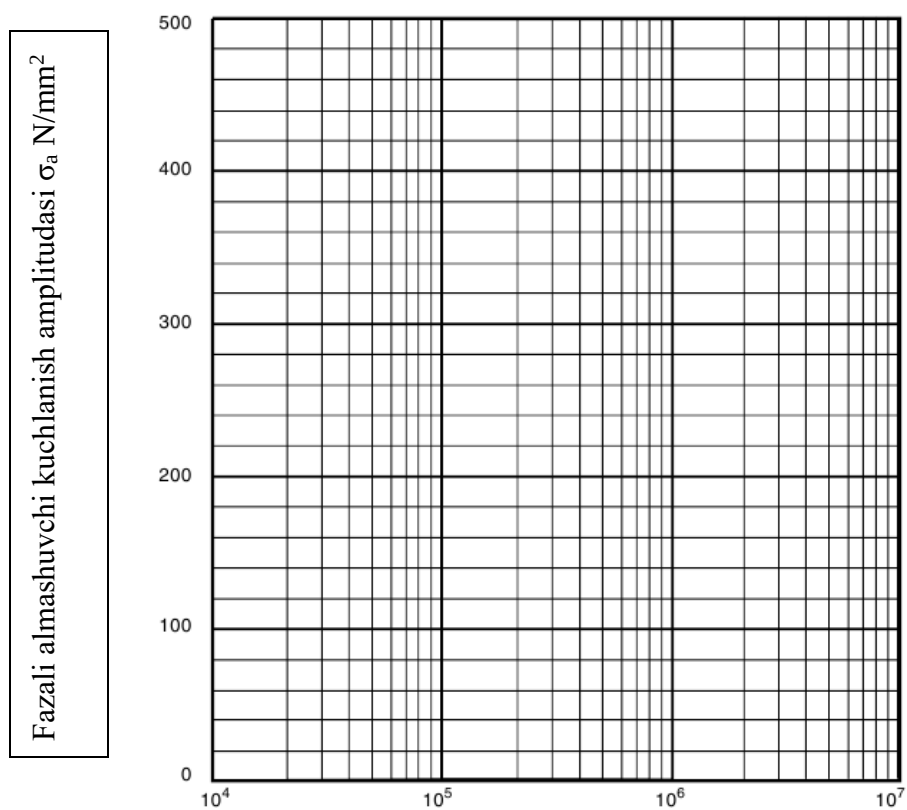
Tip 1				
T/r	Yuklanish	Kuchlanish σ_a N/mm ²	Yemirilishga turg'unlik, N	Davomiylik N=2800 1/min
1				
2				
3				
4				
5				

4.6-jadval

Tip 2				
T/r	Yuklanish	Kuchlanish σ_a N/mm ²	Yemirilishga turg'unlik, N	Davomiylik N=2800 1/min
1				
2				
3				
4				
5				

Tip 3				
T/r	Yuklanish	Kuchlanish σ_a N/mm ²	Yemirilishga turg'unlik, N	Davomiylik N=2800 1/min
1				
2				
3				
4				
5				

3-Ishchi ro'yxat



Kuchlanish davrlari soni N

4.10-rasm. Kuchlanish-Miqdor diagrammasi

IV. Xulosa

Nazorat savollari

1. Materiallarning toliqish hodisasi.
2. Davriy o'zgaruvchan kuchlanish.
3. Davriy o'zgaruvchan kuchlanish fazasi.
4. Davriy o'zgaruvchan kuchlanish amplitudasi.
5. Kuchlanish miqdor diagrammasi.

5- laboratoriya ishi

Mavzu: Egilishga ko'ndalang kuch va eguvchi momentlarni laboratoriya yordamida aniqlash

Ishning maqsadi:

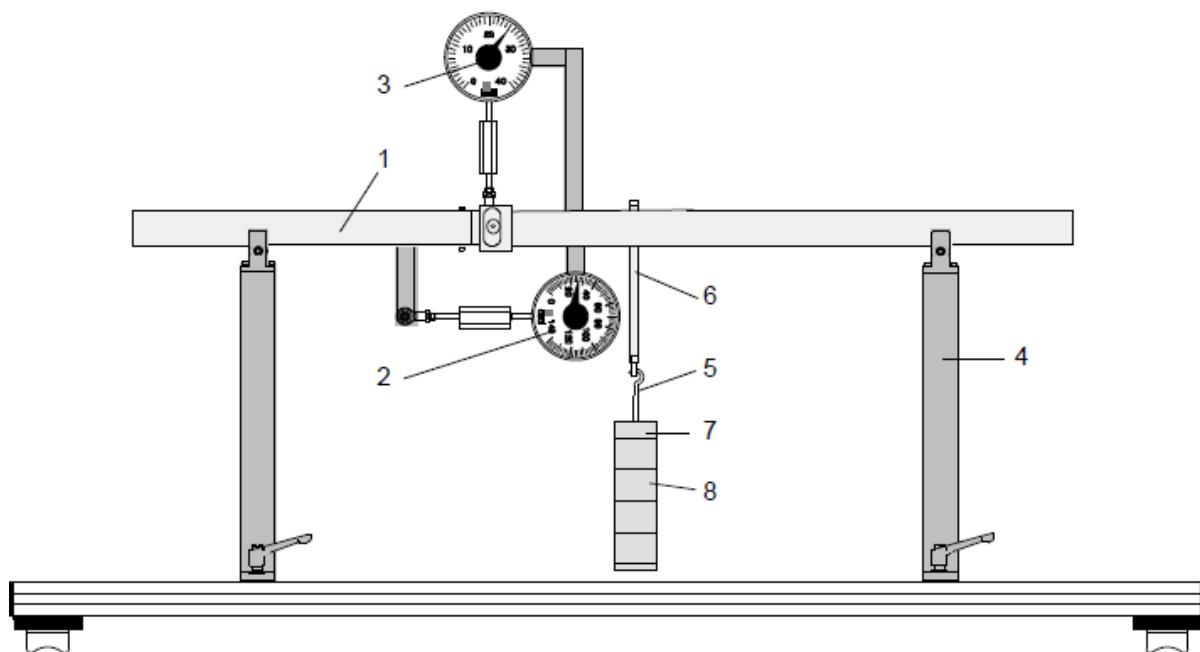
Ko'ndalang egilishda balka ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan ko'ndalang kuch va eguvchi momentlarni laboratoriya yo'li bilan aniqlash va nazariy yo'l bilan olingan qiymatlar bilan taqqoslash ko'nikmasini shakllantirish.

I. Nazariy ma'lumotlar

Egilishda ishlayotgan balkalarni mustahkamlikka hisoblash uchun ularning ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan ichki kuch faktorlarini aniqlash lozim bo'ladi. Ularni kesish usulidan foydalanib topiladi.

Ko'ndalang kuch va eguvchi momentlarni laboratoriya yo'li bilan aniqlash kerak bo'lgan kesim erkinlik darajasi ikkiga teng bo'lgan sharnir yordamida aniqlangan.

Laboratoriyada ishlatiladigan uskunalar:



5.1-rasm. WP 960 laboratoriya uskunasini

1.Uzunligi 1000 mm ga teng bo'lgan balka (Chap tarafdan 366 mm masofada maxsus sharnir o'rnatilgan).

2. Eguvchi momentni aniqlovchi asbob (O'lchash chegarasi 0-100 Nm gacha).
3. Ko'ndalang kuchni aniqlovchi asbob (O'lchash chegarasi 0-50 N gacha).
4. Rolikli tayanchlar.
5. Yuklarni joylashtirishda ishlatiladigan sterjen (Og'irligi 1 N).
6. Yuklarni osishda ishlatiladigan sterjen.
7. 1 N ga teng yuk.
8. 5 N ga teng yuk.
9. Metalldan yasalgan rama.
10. Vintli moslama.

Laboratoriya o'tkazishdan oldin nazariy yo'l bilan balkada hosil bo'ladigan ko'ndalang kuch va eguvchi momentlar epyuralarini qurish zarur. Quyida ikkita tayanchda yotgan P kuch ta'siridagi ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyuralarini ko'ramiz.

1. Tayanch reaksiya kuchlarini aniqlaymiz. Buning uchun A nuqtaga nisbatan momentlar yig'indisini 0 ga tenglaymiz va nomalum R_B tayanch reaksiya kuchini topamiz.

$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ R_B \cdot l - P \cdot \frac{l}{2} &= 0 \\ R_B &= P \cdot \frac{l}{2l} = \frac{P}{2}\end{aligned}$$

B nuqtaga nisbatan momentlar yig'indisini 0 ga tenglaymiz va noma'lum R_A tayanch reaksiya kuchini topamiz.

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \\ R_A \cdot l - P \cdot \frac{l}{2} &= 0 \\ R_A &= P \cdot \frac{l}{2l} = \frac{P}{2}\end{aligned}$$

2. Topilgan tayanch reaksiya kuchlarining to'g'riligini tekshiramiz. Y o'qiga nisbatan kuchlarning proyeksiyalari yig'indisi 0 ga teng bo'lishi kerak.

$$\sum Y = 0$$

$$R_A - P + P_B = 0$$

$$\frac{P}{2} - P + \frac{P}{2} = 0$$

3. Sterjenni uchaskalarga ajratib har bir uchastka uchun ko'ndalang kuchni qiymatini aniqlaymiz.

$$Q_I = R_A = \frac{P}{2}$$

$$Q_{II} = -R_B = -\frac{P}{2}$$

$$z_1 = \frac{l}{3} \text{ da } Q_I = \frac{P}{2} \text{ gat eng.}$$

4. Har bir uchastka uchun eguvchi momentning qiymatini aniqlaymiz.

$$0 \leq z_1 \leq \frac{l}{2}$$

$$M_I = R_A \cdot z_1$$

$$M_{I(z_1=0)} = 0$$

$$M_{I(z_1=l/2)} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{P \cdot l}{4}$$

$$M_{I(z_1=l/3)} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{3} = \frac{P \cdot l}{6}$$

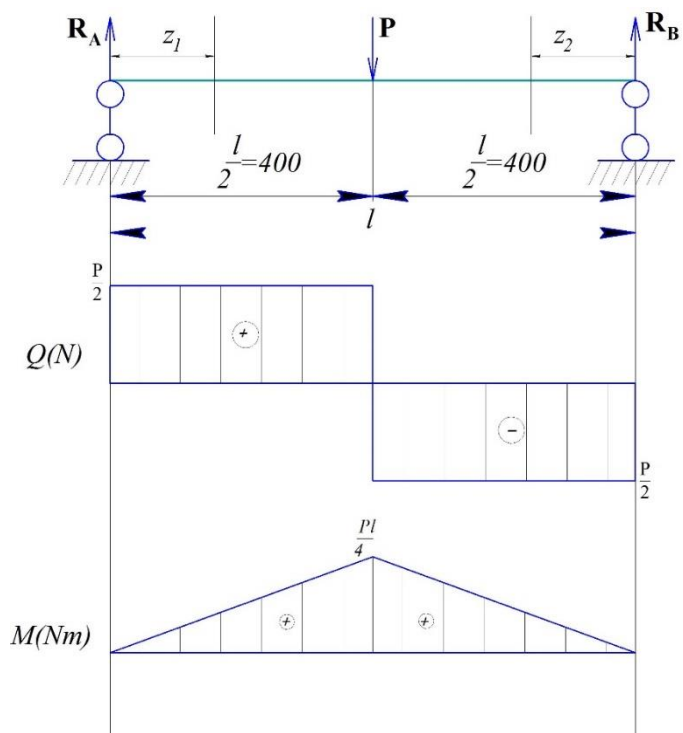
ga teng.

$$0 \leq z_2 \leq \frac{l}{2}$$

$$M_{II} = R_B \cdot z_2$$

$$M_{II(z_2=0)} = 0$$

$$M_{II(z_2=l/2)} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{P \cdot l}{4}$$



5.2-rasm. Ichki kuch faktorlari epyuralari

Xuddi shuningdek ikkita simmetrik kuch taʼsiridagi balkani ham koʻrib oʻtamiz.

1. Tayanch reaksiya kuchlarini aniqlaymiz. Buning uchun A nuqtaga nisbatan momentlar yigʻindisini 0 ga tenglaymiz va nomaʼlum R_B tayanch reaksiya kuchini topamiz.

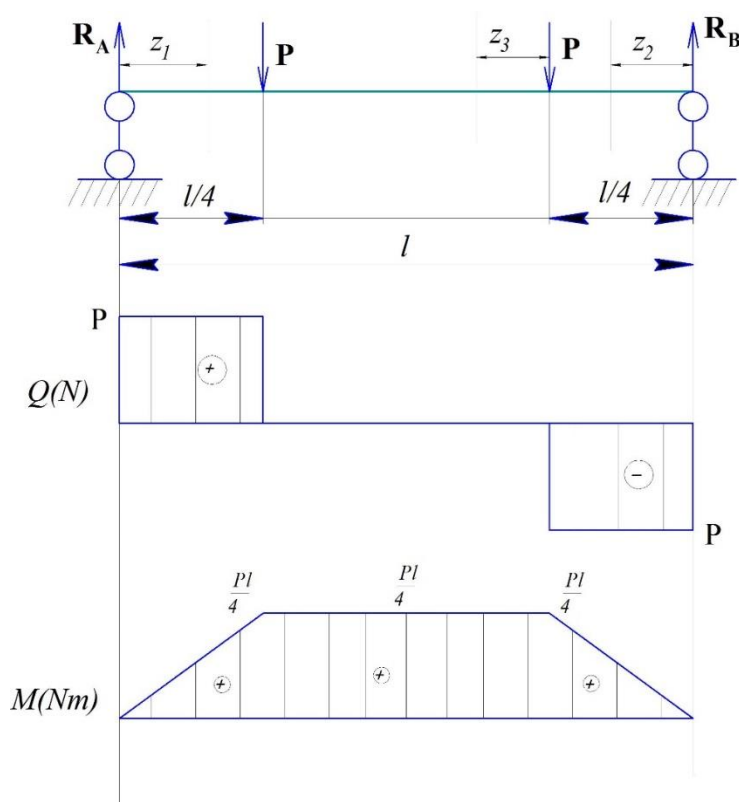
$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ -R_B \cdot l + P \cdot \frac{3l}{4} + P \cdot \frac{l}{4} &= 0 \\ R_B &= P\end{aligned}$$

B nuqtaga nisbatan momentlar yigʻindisini 0 ga tenglaymiz va nomaʼlum R_A tayanch reaksiya kuchini topamiz.

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \\ R_A \cdot l - P \cdot \frac{3l}{4} - P \cdot \frac{l}{4} &= 0 \\ R_A &= P\end{aligned}$$

2. Topilgan tayanch reaksiya kuchlarining toʻgʻriligini tekshiramiz. Y oʻqiga nisbatan kuchlarning proyeksiyalari yigʻindisi 0 ga teng boʻlishi kerak.

$$\begin{aligned}\sum Y &= 0 \\ R_A - P - P + R_B &= 0 \\ P - P - P + P &= 0 \\ 0 &= 0\end{aligned}$$



5.3-rasm. Ichki kuch faktorlari epyuralari

3. Sterjenni uchastkalarga ajratib har bir uchastka uchun koʻndalang kuchning qiymatini aniqlaymiz.

$$\begin{aligned}Q_I &= R_A = P \\ Q_{II} &= -R_B = -P \\ Q_{III} &= 0\end{aligned}$$

4. Eguvchi moment qiymatlarini aniqlaymiz. I uchastka uchun:

$$0 \leq z_1 \leq \frac{l}{4}$$

$$M_I = R_A \cdot z_1$$

$$M_{I(z_1=0)} = 0$$

$$M_{I(z_1=l/4)} = P \cdot \frac{l}{4} = \frac{P \cdot l}{4}$$

II uchastka uchun:

$$0 \leq z_2 \leq \frac{l}{4}$$

$$M_{II} = R_B \cdot z_2$$

$$M_{II(z_2=0)} = 0$$

$$M_{II(z_2=l/4)} = P \cdot \frac{l}{4} = \frac{P \cdot l}{4}$$

III uchastka uchun:

$$0 \leq z_3 \leq \frac{l}{2}$$

$$M_{III} = R_B \cdot \left(\frac{l}{4} + z_3\right) - P \cdot z_3$$

$$M_{III(z_3=0)} = \frac{P \cdot l}{4}$$

$$M_{III(z_3=l/2)} = P \cdot \left(\frac{l}{4} + \frac{l}{2}\right) - P \cdot \frac{l}{2} = \frac{P \cdot l}{4}$$

II. Kerakli materiallar va asboblari

1. Indikator
2. Shayton
3. Yuklar
4. Uzunlikni o'lchovchi metr

III. Ishni bajarish tartibi

- Tayanchlar orasidagi masofani 800 mm qilib moslamani pastki ramaga (9) mahkamlash lozim.
- Balkani (1) shunday joylashtirish kerakki uning markazi tayanchlar o'rasiga tushishi kerak.
- Balkani vintlar (1) yordamida gorizontal holatga keltirish lozim;
- Kuchlarning qiymatini o'lchov asboblari (2,3) yordamida aniqlash lozim;
- 20 H ga teng bo'lgan yukni balkaning o'rtasiga qo'yiladi;
- Balkani qaytadan vintlar (10) yordamida gorizontal holatga keltirish kerak;
- O'lchov asboblari (2 ta) qiymatlar olinadi;

IV. Hisobot shakli

Hisobot keltirilgan shaklga muvofiq bajariladi. Hisobotda o'tkazilgan o'lchash ishlari tahlili beriladi.

Hisobot shakli

№ ____ laboratoriya ishi bo'yicha

HISOBOT

“Egilishga ko'ndalang kuch va eguvchi momentlarni laboratoriya yordamida aniqlash”

1. Berilgan balkaning tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash.
 2. Berilgan balkaning ko'ndalang kuchini analitik usulda aniqlab epyurasini qurish.
 3. Berilgan balkaning eguvchi momentni analitik usulda aniqlab epyurasini qurish.
 4. Olingan natijalar tahlili: (I,II- sxema uchun).
- (I- sxema uchun)

O'lchov asboblaridan olingan qiymatlar quyidagiga teng

$$P^t = 10 \text{ N}$$

Kuch yelkasi $a=100$ mm ga teng bo'lsa unda eguvchi moment quyidagiga teng bo'ladi:

$$M^t = P \cdot a =$$

Analitik usul bilan topilgan qiymat esa quyidagiga teng:

$$Q^n = \frac{P}{2} = 10 \text{ N}$$

$$M^n_{(z_1=l/3)} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{3} = \frac{20 \cdot 800}{6} = 2666 = 2.6 \text{ Nm}$$

Analitik va laboratoriya yo'li bilan aniqlangan P kuchning farqi quyidagiga teng.

$$P^t - Q^n =$$

$$\text{Umumiy xatolik } \frac{P^t - Q^n}{P^t} \cdot 100\% =$$

Analitik va laboratoriya yo'li bilan aniqlangan M eguvchi momentning farqi quyidagiga teng.

$$M^t - M^n =$$

$$\text{Umumiy xatolik } \frac{M^t - M^n}{M^t} \cdot 100\% =$$

Laboratoriya va hisobiy olingan qiymatlar farqi nisbatan kichik bo'lishi kerak.

Olingan natijalar tahlili: (II- sxema uchun)

O'lchov asboblardan olingan qiymatlar quyidagiga teng

$$P^t =$$

Kuch yelkasi $a=100$ mm ga teng bo'lsa unda eguvchi moment quyidagiga teng bo'ladi:

$$M^t = P \cdot a =$$

Analitik usul bilan topilgan qiymat esa quyidagiga teng:

$$Q^n = 0 \text{ N}$$

$$M^n_{(z_3=71/12)} = P \cdot \left(\frac{l}{4} + \frac{7l}{12}\right) - P \cdot \frac{7l}{12} = \frac{P \cdot l}{4} = \frac{20 \cdot 800}{4} = 4000 = 4 \text{ Nm}$$

Analitik va laboratoriya yo'li bilan aniqlangan P kuchning farqi quyidagiga teng.

$$P^t - Q^n =$$

$$\text{Umumiy xatolik } \frac{P^t - Q^n}{P^t} \cdot 100\% =$$

Analitik va laboratoriya yo'li bilan aniqlangan M eguvchi momentning farqi quyidagiga teng.

$$M^t - M^n =$$

$$\text{Umumiy xatolik } \frac{M^t - M^n}{M^t} \cdot 100\% =$$

Laboratoriya va hisobiy olingan qiymatlar farqi 10% gacha bo'lishi kerak.

V. Xulosa.

Nazorat savollari

1. Ichki kuchlar deganda nimani tushunasiz?
2. Ichki kuchlarning epyurasini qurish tartibini izohlang.
3. To'sinlar qanday tayanchlarga ega? Tayanchlarda hosil bo'luvchi reaksiyalarni tushuntiring.
4. Statikaning muvozanat tenglamalari yordamida tayanch reaksiya kuchlarini aniqlashni misollar yordamida tushuntiring.
5. Eguvchi moment, kesuvchi kuch va yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differensial va integral munosabatlarni yozing.

6. Kesuvchi kuch va eguvchi momentlarning epyurasini qurishni misollar yordamida tushuntiring.
7. Kesuvchi kuch va eguvchi momentlarning epyurasining to'g'ri qurilganligini qanday tekshirish mumkin?
8. Laboratoriyani o'tkazish ketma-ketligini tushuntirib bering.

6 – Laboratoriya ishi

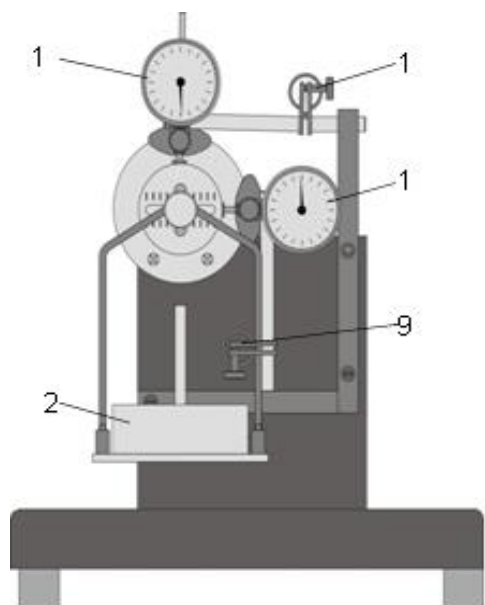
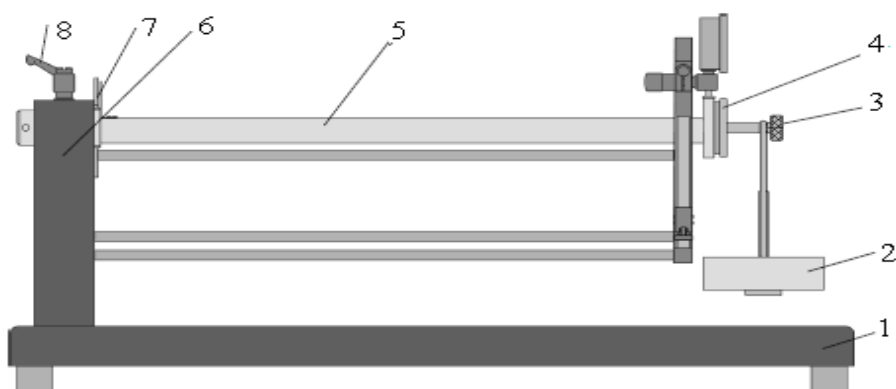
Mavzu: Balkalarni nosimmetrik egilishga sinash

Ishning maqsadi:

Turli profilli balkalarni nosimmetrik egilishini tajribada tekshirish

I. Nazariy qism

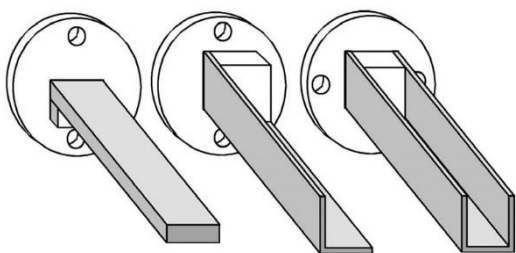
Tajriba ishi **FL-160** qurilmasida bajariladi.



- 1 - tayanch sxema;
- 2 – yug'irlik yuki;
- 3 – uzatish richagi;
- 4 – kuchlanish diski;
- 5 – balka namunasi (U, L, I);
- 6 – siqish kolonkasi;
- 7 – transportirli siqish diski
- 8 – siqish richagi;
- 9 – gorizontaal sozlagich;
- 10 – soat tipidagi indikator, gorizontaal
- 11 – vertikal sozlagich;
- 12 – soat tipidagi indikator, vertikal

9.1 -rasm. FL-160 tuzilish

Balka profillari



Balka namunalarining bir uchi qattiq kolonkaga (6) qistiriladi. Siqish richagi (8) balkalarning siqilgan holatda burilishiga va kerakli holatga keltirishga imkon beradi. Burchak holatini transportirdan (7) ko'rish mumkin. Kuch

nuqtasi yuklash diski (4) yordamida balka namunasining ochiq uchiga qo'yiladi. Bir joyga to'plangan kuchlanishlar tarozi to'plami yordamida tartibga solinadi.

Kuchlanishni qo'yish nuqtasi kuchlanish richagi yordamida balka liniyasi o'qidan ± 25 mm ko'chirilishi mumkin, bu bilan zarurat tug'ilganda, masalan, siljitish markazini tadqiqot qilganda, kuchni ekstsentrik holatda o'rnatish va kombinatsiyalangan aylantirish-egilish kuchlanishini ta'minlash mumkin.

Balkaning ochiq uchini vertikal va gorizontal siljishi rejimlar selektori ikki datchigi (11,12) yordamida o'lchanadi.

Aniq balanslash strelkali tipdagi sterjenlarning indikatorini rostlashni (9,11) yo'li bilan amalga oshirish mumkin.

Diskni yuklash (4) 90°ga burilgan holda mahkamlash orqali amalga oshirishsh mumkin

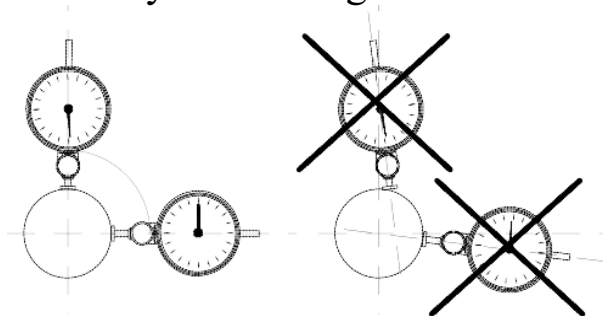
Balka namunasini o'rnatish. Uskunaning 9.1-rasmda ko'rsatilgan komponentlari va tarkibi

1. To'plamning ikkala o'lchash uskunasini (10,12) dastak yordamida sterjenlardan yechib oling.
2. Oltiburchakli SW klyuchi (5) yordamida vint va ortish tokchasini (4) burang va diskni yuklanishdan yechib oling.
3. Richagning bo'sh qisqichini (8) va I-simon balkani siqib turadigan diskdan (7) torting.
4. Balkaning istalgan namunasini (5) siqish flanetsiga (7) qo'ying
5. Balka namunasining to'g'ri holatda o'rnatilganligiga e'tibor bering.
6. Qisqich richagini (8) qotirib qo'ying
7. Oltiburchakli SW klyuch (5) yordamida balka namunasidagi flanets (4) kuchlanishini ikki tomondan ham vint bilan burang.
8. Ekstsentrisitetning gorizontal rostlanishiga e'tibor qarating.

9. Datchiklarning ikkala to'plamini (10, 12) ham dastaklar yordamida sterjenga mahkamlang.

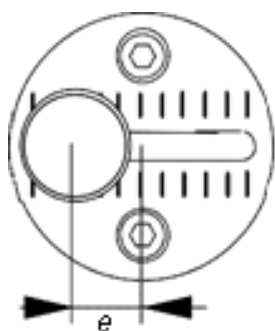
Tajribani bajarish

1. Balkani talab etilayotgan burchakka burish uchun, siqish richagining uchi (8) ochiq bo'lishi kerak. Siqish richagini yangidan mahkamlang.
2. Dastak va rostlagich (9,11) yordamida datchiklar to'plamini (10,12) tekislang. Soat tipidagi indikatorning o'qlari markaziy balkani kesib o'tishi kerak.
3. Kuchlanish richagini soat atsrelkasiga qarshi yo'nalishda burab, richagni (3) istalgan ekstsentrismetga o'rnatib va uni soat strelkasi bo'yicha burang.



To'g'ri

noto'g'ri



9.2-rasm. O'lchov asbobini tekislash.

4. Dastlabki kuchlanishni balkaga sozlanishini bartaraf eting. Buning uchun maksimal kuchlanishni iloji bo'lsa kuchlanish ilgagiga (2) o'rnatib va kuchlanish ilgagini richag uzatgichiga (3) ilib qo'ying

TAVSIYA

Balka namunasini va siqish flanetsi ortiqcha yuklansa deformatsiyalanadi.

- Balka namunasini 20N dan ortiq yuklamang. Ilgak kuchlanishi va og'irlik balansi birgalikda 20N dan ortiq bo'lmasligi kerak.

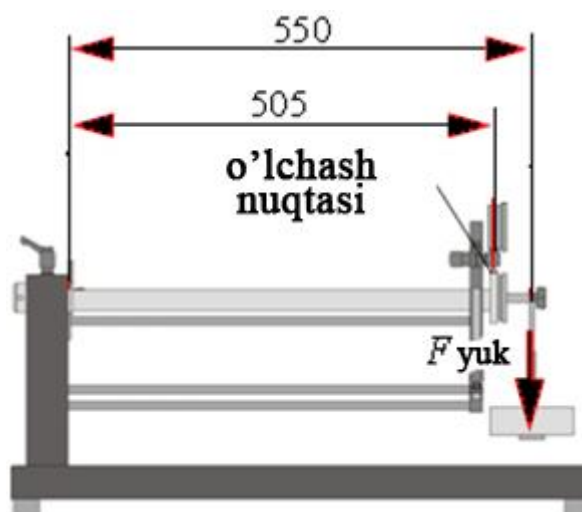
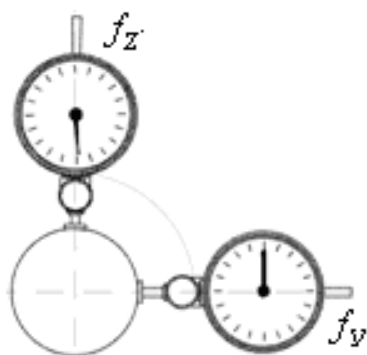
5. Ilgak kuchlanishini (2) yuklash richagining uzatgichidan (3) olib tashlang;
6. To'plam datchigini (10, 12) sanang (kuchlanishsiz)
7. Kuchlanish ilgagida talab etilayotgan kuchlanishni (2) o'rnatib va yuklanish ilgagini richag uzatgichiga (3) ilib qo'ying
8. Soat tipidagi (kuchlanishli) indikatorni (10,12) hisoblang
Yuklanish ilgagini (2) kuchlanish richagidan (3) oling.

O'lchangan qiymatlardan quyidagilar aniqlanadi:

Kuchlanish ta'siridagi egilish:

- yuklanishli o'lchangan qiymatni;
- yuklanishsiz o'lchangan qiymatni.

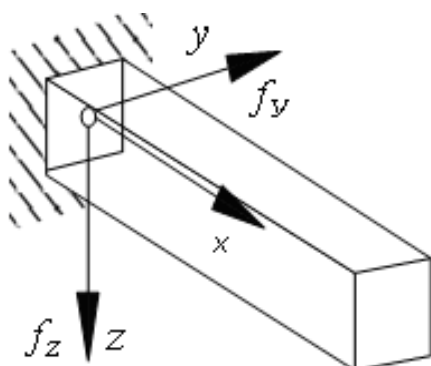
O'lchangan qiymatlar va xatolarni tuzatish



9.3-rasm. Vertikal siljish f_z
va gorizontal siljish f_o

Kuchni qo'yilish nuqtasi datchikni o'lchash nuqtasiga mos tushmaganligi sababli, kuch quyidagi formula yordamida qo'shimcha tarzda qayta o'zgartirilishi kerak: $F_{sott} = \frac{550}{505} \cdot F = 1,09F$

20N kuchlanish 21,8N nuqtasidagi bog'lamning ekvivalentli kuchlanishiga mos keladi.



9.4-rasm. koordinata
sistemi

To'g'ri chiziqli egilish. Kuch ta'siridagi egilish biror bosh inertsia o'qi (z, y) tekisligiga mos tushadi. Birorta bosh inertsia o'qi tekisligida egilish (salqilik) maksimal qiymatga va unga perpendikulyar tekislikda minimal qiymatga tenglashadi. Ikkala bosh inertsia tekisligida, ya'ni markazdan qochma inertsia

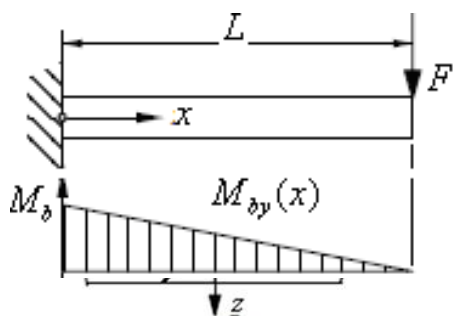
I_{XY} - tekisligida to'g'ri chiziqli tekis egilish sodir bo'lmaydi.

Quyida koordinata sistemasining yo'nalishlari tanlangan:

x —balkaning bo'ylama o'qi;

y —gorizontal bo'yicha balka o'qiga perpendikulyar bo'lgan o'q;

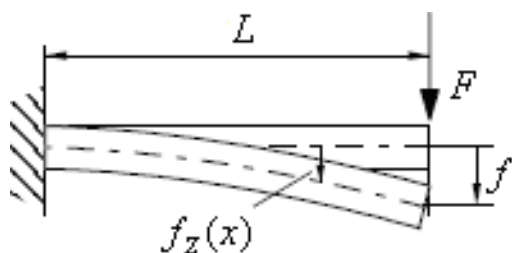
z — kuch tekisligi, x bilan vertikali bo'yicha balka o'qiga perpendikulyar bo'lgan o'q.



Balkani eguvchi moment bilan yuklash, kerak. To'pl anma kuch bilan yuklangan balka qaragandagi kesimidagi eguvchi moment quyidagi formulaga ega:

$$M_{by}(x) = F(L - x)$$

Eguvchi moment $x = 0$ nuqtada, ya'ni tayanch kesimda maksimumga erishadi. Balka kesimining balandligi bo'ylab



$$\sigma_x = \frac{M_{by}(x)}{I_y} \cdot z \text{ normal kuchlanish to'g'ri}$$

qonuniyat bilan o'zgaradi.

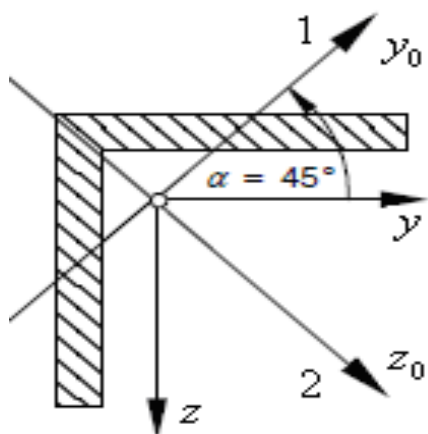
Balka egilgan o'qining differensial tenglamasi

$$\frac{d^2 f_z(x)}{dx^2} = -\frac{1}{EI_y} M_{by}(x)$$

Eguvchi moment qiymatini e'tiborga olib, hosil bo'lgan tenglikni berilgan chegaraviy shartlarda integrallasak

$$f_z(x) = \frac{FL^3}{EI_y} \left(1 - \frac{3x}{2L} + \frac{x^3}{2L^3}\right) \text{ hosil bo'ladi.}$$

$$x = L \text{ da } f_z = \frac{FL^3}{3EI_y} \text{ balkaning eng katta salqiligi hosil bo'ladi.}$$



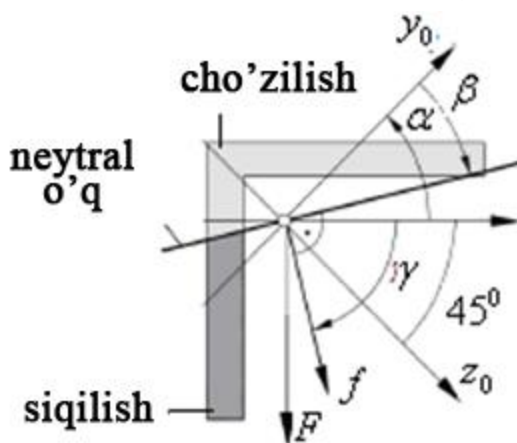
Qiyshiq egilish. Agar F kuchning ta'sir chizig'i birorta ham bosh inertsia o'qlari (z, y) ning yo'nalishiga mos bo'lmasa, qiyshiq egilish sodir bo'ladi. Qiyshiq egilish balkaga ta'sir etayotgan kuchning ta'sir chizig'iga burchak ostida hosil bo'ladi. Demak, qiyshiq egilish va kuchning ta'sir chiziqlari ustma-ust tushmaydi. Balka Z o'qi yo'nali-shida F kuch bilan yuklansa, y

9.6-rasm. Bosh inertsia o'qlari.

tekisligida M_{by} eguvchi momenti hosil bo'ladi. Ushbu M_{by} momenti z_0, y_0 o'qlaridagi tashkil etuvchilarga ajratiladi

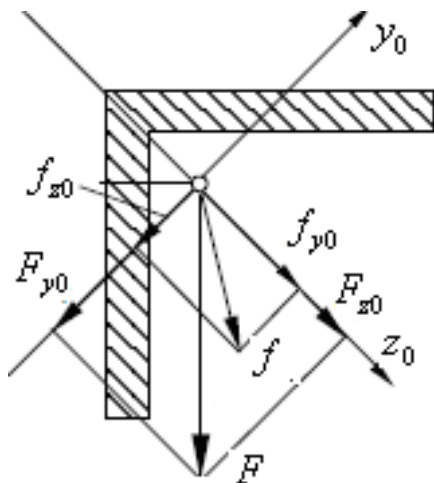
$$M_{by_0} = M_{by} \cos \alpha \text{ va } M_{bz_0} = M_{by} \sin \alpha$$

Normal kuchlanish $\sigma_x = \frac{M_{by}}{I_{y0}} z_0 + \frac{M_{bx}}{I_{z0}} y_0$



σ_x -normal kuchlanishni nolga tenglashtirib y_0 o'qiga nisbatan soat strelkasining yo'nalishiga teskari aylanishda β burchak ostida hosil bo'lgan neytral o'q tenglamasi keltirib chiqariladi:

$$\tan \beta = \frac{I_{z0}}{I_{y0}} \tan \alpha$$



Egilishga hisoblashda kuchni z_0, y_0 o'qlaridagi tashkil qiluv-chilariga ajratiladi.

$$F_{y0} = F \cdot \cos \alpha \quad \text{va} \quad F_{z0} = F \cdot \sin \alpha$$

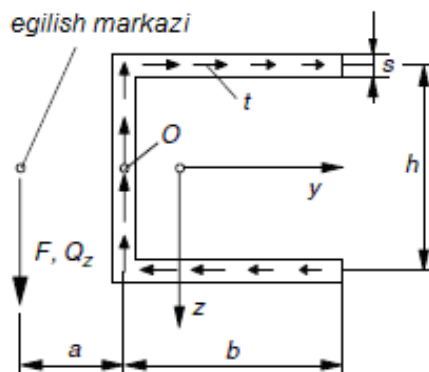
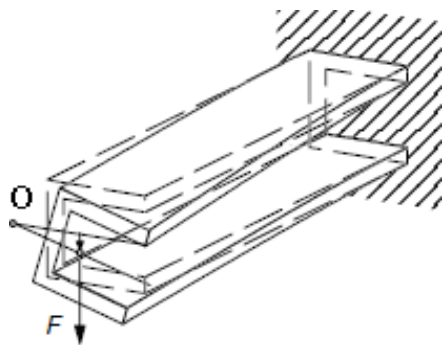
$$\text{Salqiliklar: } f_{y0} = \frac{FL^3}{3EI_{t0}} \cos \alpha$$

$$\text{va } f_{z0} = \frac{FL^3}{3EI_{z0}} \sin \alpha$$

$$\text{To'liq salqilik } f = \sqrt{F_{z0}^2 + F_{y0}^2}$$

$$\beta = \arctan \frac{f_{y0}}{f_{z0}} \quad \text{va} \quad \gamma = \arctan \frac{f_z}{f_y}$$

Egilish markazi. Ayrim kesim yuzalardagi urinma kuchlanishlarning teng ta'sir qiluvchisi, kesimning og'irlik markazidan o'tmaydi. Masalan: shveller, teng yonli yoki teng yonli bo'lmagan burchaklar, ochik profilni doiraviy kesimlar va h.k Bunday elementlarda ichki kuchlar kesimni og'irlik markaziga nisbatan burovchi momentni (M_σ) hosil qiladi. Moment M_σ ta'sirida element kesimni og'irlik markazidan o'tgan o'q atrofida buraladi. Demak, konstruktsiya egilishdan tashqari buralish deformatsiyasiga ham uchraydi. Buralishni muvozanatlashtirish uchun ichki kuchlarni og'irlik markaziga nisbatan momentini nol qiymatga olib kelish kerak. Buning uchun, kesimni og'irlik markazidan tashqarida biror nuqta tanlanishi kerakki, bu nuqtaga nisbatan tashqi va ichki urinma kuchlarning momentlari nolga teng bo'lishi kerak. Bu nuqtaga egilish markazi deyiladi.



9.9-rasm Yupqa devorli balkani deformatsiyalanishi

9.10-rasm. Egilish markazining holati

Tyanch deb olinadigan O nuqtadagi moment $M_{\delta} = \frac{b^2 h^2 s}{4I_O} Q_z$

Egilish markaziga qo'yilgan F kuch ham ushbu nuqtaga nisbatan $M_{\delta} = F \cdot a$ - momentni hosil qiladi.

Ikkita tenglamalardan $a = \frac{b^2 h^2 s}{4I_O}$

Tajribalar. Tajribalarning ta'lim maqsadlari:

- balkalar kesimlarining geometrik tavsiflarini aniqlash;
- yassi kesimlar gipetezasini tekshirish (Bernulli);
- ikki tavrli, burchkli, shvellerli kesishuv balkalarining yassi ko'ndalang egilishi;
- burchakli kesimli balkalarining qiyshiq egilishi;
- kesim neytral o'qiing holatini belgilash;
- to'planma kuchni ekstsentrlik qo'yish usulida buralish bilan egilishni sinovdan o'tkazish;
- shvellerli kesim balkasidagi egilish markazini aniqlash;
- balkanig kesimida ko'ndalang kuch ta'siridan kuchlanishlarni taqsimlanish xarakteri bilan tanishish;
- hisobiy va tajriba natijalarini taqqoslash.

To'g'ri chiziqli sof egilish. Hisoblash: Birinchi qadam kutilayotgan balka salqiligini hisoblashdan iborat. To'g'ri burchak kesimli alyuminiy namunasi (o'lchamlari texnik ma'lumotlarda keltirilgan)

Qurilmaning gorizontal holati uchun hisobiy salqilik

$$f_z = \frac{1,09 FL^3}{3EI_z} = \frac{1,09 \cdot 20 \cdot (500)^3}{3 \cdot 70000 \cdot 2083} = 6,23_{mm}$$

Qurilmaning vertikal holati uchun hisobiy salqilik

$$f_y = \frac{1,09 FL^3}{3EI_y} = \frac{1,09 \cdot 20 \cdot (500)^3}{3 \cdot 70000 \cdot 13020} = 1,00_{mm}$$

Demak balkaning vertikal holatida bikrlilik kata

Qurilmaning holati	Vertikal salqilik		Gorizonttal salqilik	
	tajribaviy	hisobiy	tajribaviy	hisobiy
gorizonttal	6,85	6,23	0,13	0
vertikal	1,15	1,9	0,06	0

Qiyshiq egilish. Foydalaniladigan L-balka alyuminiydan tayyorlangan. Dastlab balka namunasining kutilayotgan deformatsiyasi hisoblanadi. Qo'shilgan balkaga yuklanish 10N.

$$\text{Salqiliklar: } f_{y0} = \frac{FL^3}{3EI_{t0}} \cos \alpha = \frac{1,09 \cdot 10 \cdot (500)^3}{3 \cdot 70000 \cdot 13030} \cos 45^\circ = 0,35_{mm}$$

$$\text{va } f_{z0} = \frac{FL^3}{3EI_{z0}} \sin \alpha = \frac{1,09 \cdot 10 \cdot (500)^3}{3 \cdot 70000 \cdot 3370} \sin 45^\circ = 1,36_{mm}$$

$$f = \sqrt{F_{z0}^2 + F_{y0}^2} = \sqrt{(0,35)^2 + (1,36)^2} = 1,41_{mm}$$

$$\beta = \arctg \frac{f_{y0}}{f_{z0}} = \arctg \frac{0,35}{1,36} = 14,50^\circ$$

$$\gamma = \beta + 45^\circ = 14,50^\circ + 45^\circ = 59,50^\circ$$

Tajriba natijalari: L- balka 10 N kuch bilan yuklanganda salqiliklar

$f_z = 1,26_{mm}$ va $f_y = 0,62_{mm}$ -ni tashkil etadi.

$$\text{To'liq salqilik } f = \sqrt{F_z^2 + F_y^2} = \sqrt{(1,26)^2 + (0,62)^2} = 1,40_{mm}$$

$$\text{Tegishli burchak } \gamma = \arctg \frac{f_z}{f_y} = \arctg \frac{1,26}{0,62} = 63,80^\circ$$

Egilish markazi. Birinchi navbatda berilgan profil uchun egilish markazini hisoblaymiz:

$$a = \frac{b^2 h^2 s}{4I_y} = \frac{23,5^2 \cdot 220^2 \cdot 3}{4 \cdot 19970} = 10,03_{mm}$$

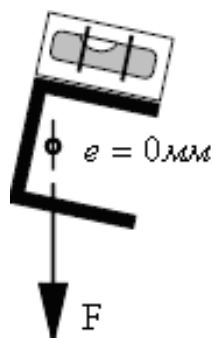
O nuqtadan og'irlik markazigacha $y_s = 7,97_{mm}$, unda ekstsentre sitet

$$e = a + y_s = 10,03 + 7,97 = 18,00_{mm}$$



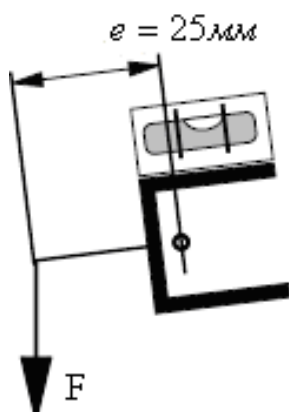
Keyingi tajriba ushbu qiymatlarni tekshirishga qaratilgan. Balkani zajimi shundayki, u boshqa tomonda ochiq. Yuklash richagi markazgacha o'rnatiladi ($e = 0\text{ mm}$)

Uroveni kerakli vaziyatda joylashtiriladi.

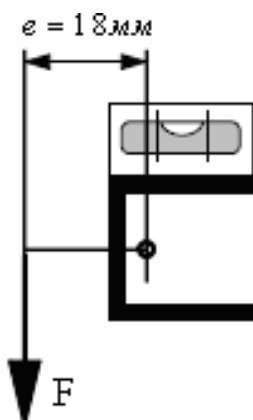


Balkani ekstsentesitetsiz yuklash.

Balkaga 20 N yuk o'rnatiladi va u ochiq tomonga aylanadi



Balka $e = 25\text{ mm}$ ekstsentesitet bilan yuklanadi. Yuk chap tomonga harakatlantiriladi. Balka qarama-qarshi tomonga aylanadi



Balka $e = 18\text{ mm}$ ekstsentesitet bilan yuklanadi. Yuklash richagini egilish markaziga $e = 18\text{ mm}$ o'rnatamiz. Balka aylanmaydi va gorizontaal vaziyatda qoladi. Shunday qilib ushbu tajriba egilish markazi nazariyasini isbotlaydi.

Texnik ma'lumotlar.

Gabarit o'lchamlar: uzunligi x eni x balandligi

700 x 350 x 400 (mm)

Og'irligi

25 kG

Yuk

1 ta osilgan yuk

2,5 N

1 ta plastina

2,5 N

3 ta plastina , har bittasi

5 N

Strelalik indikator

O'lchash diapazoni

0...10 mm

Gradiurovka

0,01 mm

Burchak o'lchagich

O'lchash diapazoni

0...360°

Gradiurovka

5°

Texnik ko'rsatkichlar

Balkalarni materiali – alyumin qorishmasi

Balkaning konsol uzunligi

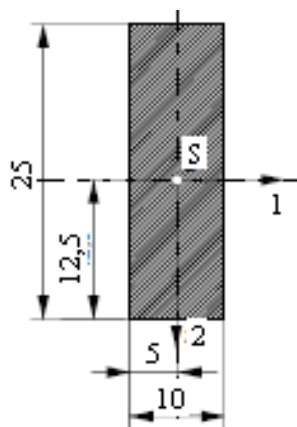
500 mm

Yuk qo'yish ekstsentretitening diapazoni

0...25 mm

Ruxsat etilgan yuk

20 N



Bikr mahkamlangan qismi balkani xohlagan yo'nalishda aylanadi

1-shakl Material alyumin AlMgSi0,5 F22

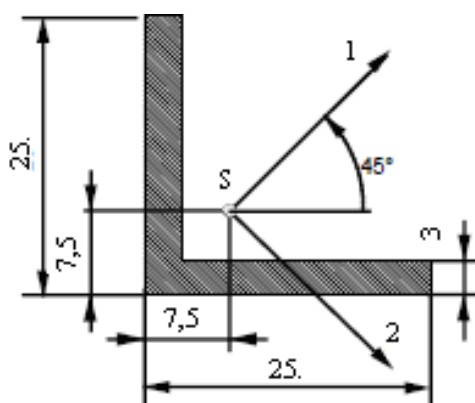
Elastiklik moduli -70000 N: mm²

Ko'ndalang kesim 25 mm x 10 mm

A – sirt 250 mm²

Inertsia momenti $I_1 = 13020 \text{ mm}^4$

$I_2 = 2083 \text{ mm}^4$



L –shakl

Material alyumin AlMgSi0,5 F22

Elastiklik moduli -70000 N: mm²

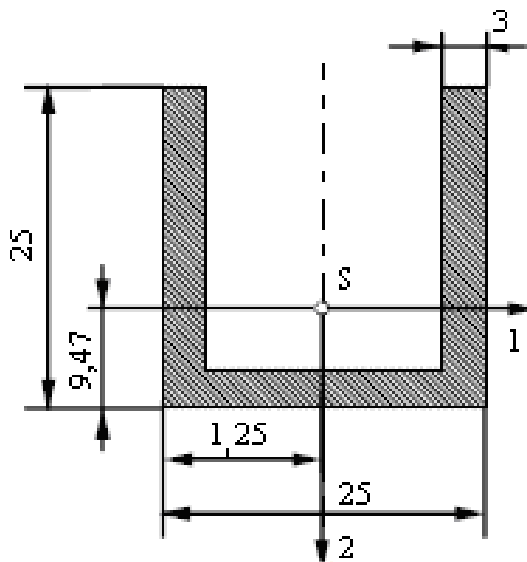
Ko'ndalang kesim 25 x 25x 3

A – sirt 141 mm²

Inertsia momenti $I_1 = 13030 \text{ mm}^4$

$I_2 = 3370 \text{ mm}^4$

Bosh inertsia o'qlarining og'ishgan burchagi α



U –shakl

Material Alyumin AlMgSi0,5 F22

Elastiklik moduli -70000 N: mm²

Ko'ndalang kesim 25 mm x 10 mm

A – sirt 207 mm²

Inertsia momenti $I_1 = 19970 \text{ mm}^4$

$I_2 = 12890 \text{ mm}^4$

V. Xulosa.

Nazorat savollari

1. Yupqa devorli ochiq profilli balkalar egilganda qanday deformatsiyalar paydo bo'ladi?
2. Qanday balkalar egilganda nima uchun egilish markazi kesimning og'irlik markazi bilan bir nuqtada bo'lmaydi ?
3. Egilish markazi nima ? Uni nazariy yo'l bilan qanday aniqlanadi ?
4. Urinma kuchlanish juftlilik qonuni nima ?
5. Jukozskiy formulasini tushuntirib bering. Undagi o'lchov birligi?
6. Nazariy yo'l bilan normal kuchlanish qanday aniqlanadi (profili yupqa balka uchun)?
7. Egilish markazini laboratoriya yo'li bilan qanday aniqlash mumkin?

7-Laboratoriya ishi

Mavzu: Ramalarda deformatsiyalarni aniqlash

Ishning maqsadi:

Statik noaniq ramalarda deformatsiyalarni aniqlash ko'nikmasini shakllantirish.

I. Nazariy ma'lumotlar:

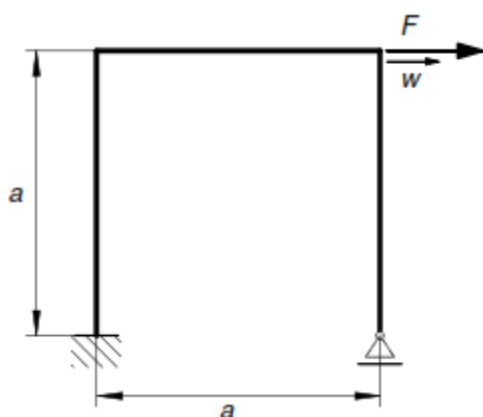
Deformatsiya – jismning tashqi kuch ta'sirida o'lchamlari va shaklini o'zgartirishiga aytiladi.

Statik aniq masala deb, noma'lum reaksiya kuchlari soni tuzishimiz mumkin bo'lgan statika tenglamalar soniga teng yoki undan kam bo'lsa, bunday masalaga statik aniq masala deyiladi.

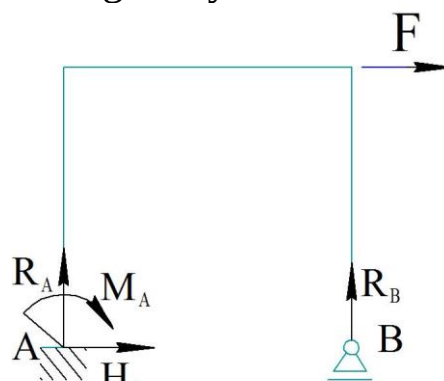
Statik noaniq masala deb, noma'lum reaksiya kuchlari soni tuzishimiz mumkin bo'lgan statika tenglamalar sonidan ko'p bo'lsa bunday masalaga statik noaniq masala deyiladi.

Statik noaniq masalani ishlash tartibi quyidagi ketma-ketlik asosida olib boriladi:

- shaklda nomalum reaksiya kuchlarini ifodalaymiz;
- mumkin bo'lgan statika tenglamalarini tuzamiz;
- masalaning statik noaniqlik darajasini aniqlaymiz;
- statik aniqlik darajasiga teng bo'lgan kanonik tenglamalar tuzamiz;
- kanonik tenglamalardagi ko'chishlarni Vereshagin usulida aniqlab, ortiqcha noma'lum reaksiya kuchlarini topamiz, hamda ularni ekvivalent sistemaga qo'yib masalani statik aniq masaladagidek yechamiz.



7.1-rasm. Ramaning yuklanishi



7.2-rasm.

Ramadagi reaksiya kuchlarini ifodalanishi

Masalaning statik noaniqlik darajasini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz

$$S=n-m$$

Bu yerda S – masalaning statik noaniqlik darajasi

n - masaladagi noma'lum reaksiya kuchlari soni

m - tuzishimiz mumkin bo'lgan statika tenglamalari soni

Yuqorida keltirilgan ramada noma'lum reaksiya kuchlari soni 4 ta

(R_A, R_B, H_B, M_A). Tuzishimiz mumkin bo'lgan statika tenglamalari esa 3 ta.

$n=4, m=3$ unda:

$$S=n-m=4-3=1$$

demak ramamiz bir marta statik noaniq masaladir.

Statik noaniqlik darajasiga teng bo'lgan kanolik tenglama tuzamiz:

$$\delta_{11} \cdot x_1 + \Delta_{1p} = 0$$

bu yerda δ_{11} -birlik kuchlardan olingan ko'chishlar

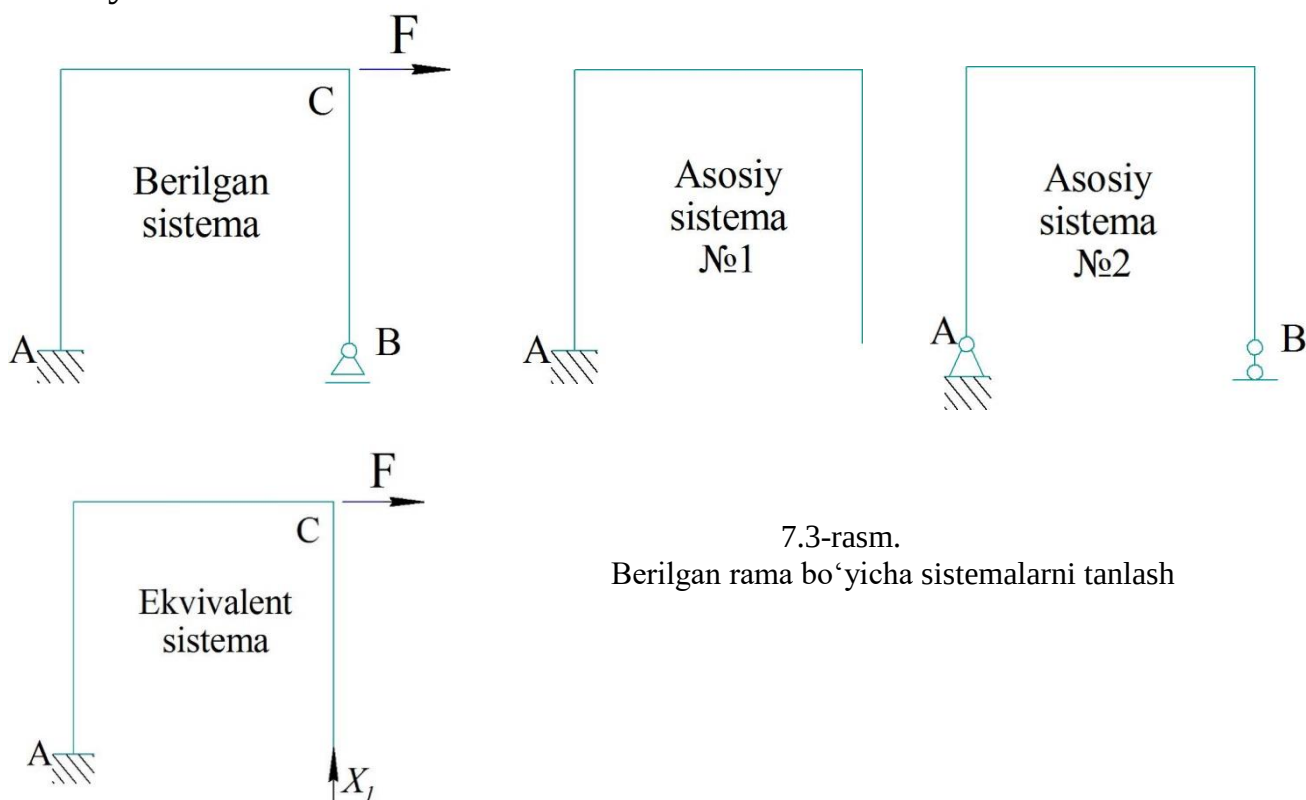
Δ_{1p} -tashqi kuchlardan hosil bo'lgan ko'chishlar

x_1 -noma'lum R_B kuch.

x_1 -noma'lum reaksiya kuchini topish uchun Vereshagin formulasidan foydalanamiz.

Buning uchun berilgan sistema uchun asosiy sistema tanlab olamiz.

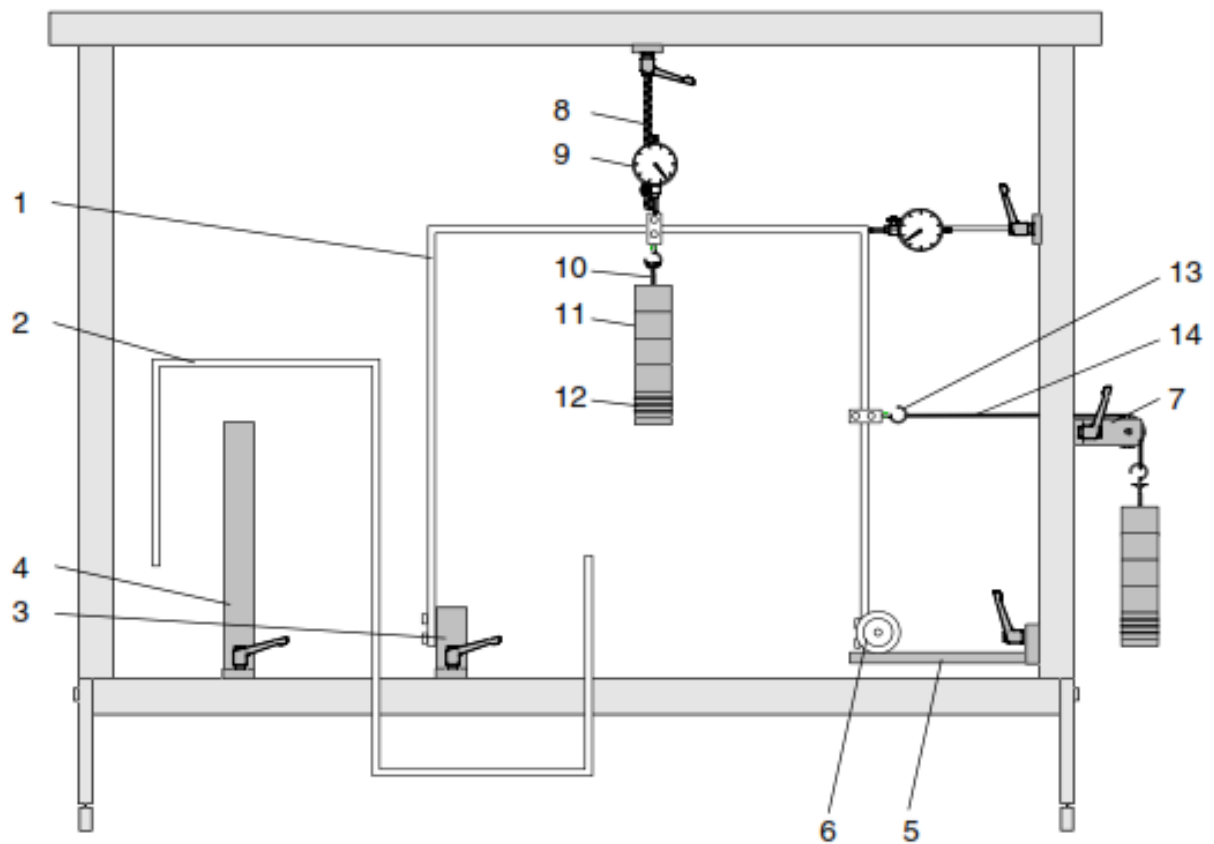
Elastik sistemani ortiqcha bog'lanishlardan ozod qilib asosiy sistemalar tanlaymiz.



7.3-rasm.

Berilgan rama bo'yicha sistemalarni tanlash

Asosiy sistemalardan eng qulayiga tashqi hamda tashlab yuborilgan bog‘lanishlar o‘rniga qo‘yilgan reaksiya kuchlari ifodalovchi sistemaga **ekvivalent sistema** deyiladi (berilgan sistemaga ekvivalent).



7.4-rasm.
Laboratoriya uskunasi umumiy ko‘rinishi

Element	Nomi	Son
1	U shakldagi rama 600 mm x 600 mm, ko‘ndalang kesimi 10	1
2	S shakldagi rama 600 mm x 600 mm, ko‘ndalang kesimi 10	1
3	Kalta mahkamlash ustunchasi	1
4	Uzun mahkamlash ustunchasi	1
5	Tayanch platasi	1
6	Qo‘zg‘aluvchan shkivli erkin tayanch	1
7	Shkiv	1
8	O‘lchov asbobining kalta tutqichi	2
9	O‘lchov asbobi, 0...20 mm	2
10	Yuk tutqich, xususiy og‘irligi 1 N	2
11	Yuk, 5 N	6
12	Yuk, 1 N	8
13	Qo‘zg‘aluvchan ilgak	2
14	Tros	1

Statik noaniq ramaning C nuqtasidagi deformatsiyani analitik usulda hisoblash:

Asosiy sistema №1 ga berilgan tashqi $F=20$ N kuchni qo'yib ramani uchastkalarga ajratamiz va har bir uchastka uchun tashqi kuchlardan eguvchi moment tenglamasini tuzamiz. Tenglamalardan olingan natijalarga asosan eguvchi moment epyurasini quramiz.

$$M_I^p = 0$$

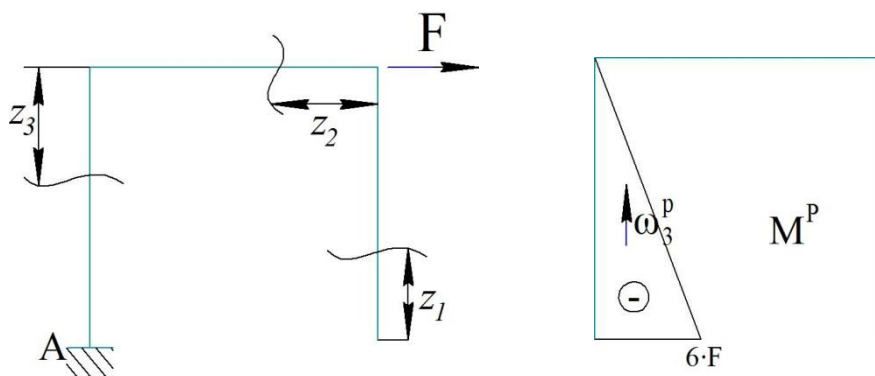
$$M_{II}^p = 0$$

$$0 \leq z_3 \leq 6$$

$$M_{III}^p = F \cdot z_3$$

$$M_{III}^p(z_3=0) = 0$$

$$M_{III}^p(z_3=6) = 6 \cdot F$$



7.5-rasm. Tashqi kuchlardan eguvchi moment epyurasi

Tashqi kuchlardan qurilgan eguvchi moment epyurasining yuzasini har bir uchastka uchun yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_1^p = 0$$

$$\omega_2^p = 0$$

$$\omega_3^p = -\frac{6 \cdot F \cdot 6}{2} = -18 \cdot F$$

Deformatsiyalarni aniqlashning Vereshagin usuliga asosan X_1 kuchning o'rniga $P_0=1$ birlik kuch qo'yib, ramani uchastkalarga ajratamiz va $P_0=1$ birlik kuchdan hosil bo'lgan eguvchi moment tenglamasini tuzamiz. Olingan natijalarga ko'ra eguvchi moment epyurasini quramiz.

$$M_I^{p_0} = 0$$

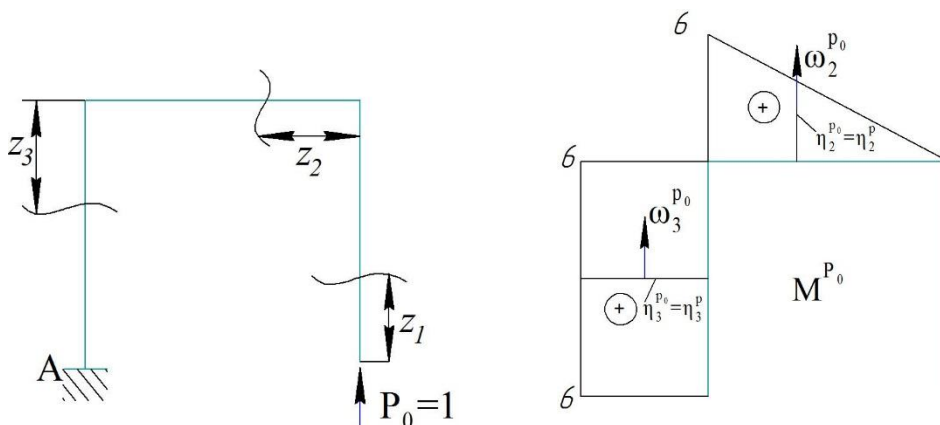
$$0 \leq z_2 \leq 6$$

$$M_{II}^{p_0} = P_0 \cdot z_2$$

$$M_{II}^{p_0}(z_2=0) = 0$$

$$M_{II}^{p_0}(z_2=6) = 6$$

$$M_{III}^{p_0} = P_0 \cdot a = 6 \text{ Nm}$$



7.6-rasm. Birlik kuchdan eguvchi moment epyurasi

δ_{11} -birlik kuchlardan olingan bosh ko'chishlarni Vereshagin formulasi yordamida hisoblaymiz.

$$\delta_{11} = \frac{1}{E \cdot I_x} [\omega_1^{p_0} \cdot \eta_1^{p_0} + \omega_2^{p_0} \cdot \eta_2^{p_0} + \omega_3^{p_0} \cdot \eta_3^{p_0}] = \frac{1}{E \cdot I_x} \cdot [0 + 18 \cdot 4 + 36 \cdot 6] = \frac{288}{E \cdot I_x}$$

Δ_{1p} -tashqi kuchlardan hosil bo'lgan ko'chishlarni Vereshagin formulasi yordamida hisoblaymiz.

$$\Delta_{1p} = \frac{1}{E \cdot I_x} [\omega_1^p \cdot \eta_1^p + \omega_2^p \cdot \eta_2^p + \omega_3^p \cdot \eta_3^p] = \frac{1}{E \cdot I_x} \cdot [0 + 0 - 18 \cdot F \cdot 6] = -\frac{108 \cdot F}{E \cdot I_x}$$

$\delta_{11} \cdot x_1 + \Delta_{1p} = 0$ kanolik tenglamadan x_1 ni hisoblab topamiz.

$$x_1 = -\frac{\Delta_{1p}}{\delta_{11}} = \frac{108 \cdot F}{E \cdot I_x} \cdot \frac{E \cdot I_x}{288} = \frac{3 \cdot F}{8} \text{ N}$$

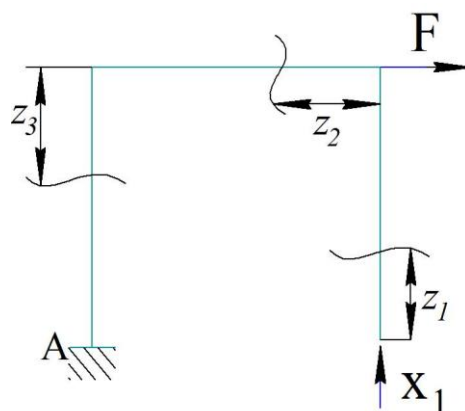
X_1 kuchni topdik, endi masalamiz statik aniq masalaga aylandi.

Berilgan ramani uchastkalarga ajratib Mor usuli yordamida C nuqtaning deformatsiyasini aniqlaymiz. Buning uchun tashqi kuchlardan eguvchi moment tenglamasini tuzamiz.

$$M_I^p = 0$$

$$M_{II}^p = x_1 \cdot z_2 = \frac{3 \cdot F}{8} \cdot z_2$$

$$M_{III}^p = x_1 \cdot a - F_1 \cdot z_3 = \frac{3 \cdot F}{8} \cdot 6 - F \cdot z_3$$

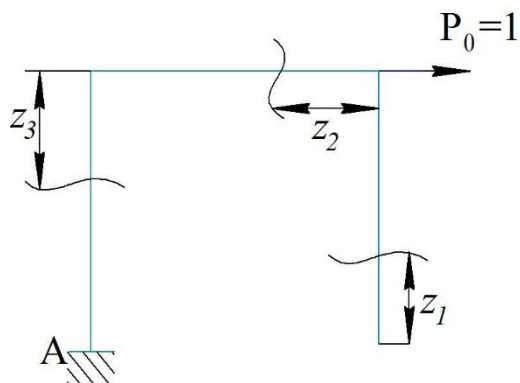


C nuqtaga $P_0=1$ birlik kuch qo'yib, har bir uchastka uchun eguvchi moment tenglamasini tuzamiz.

$$M_I^{p_0} = 0$$

$$M_{II}^{p_0} = 0$$

$$M_{III}^{p_0} = -P_0 \cdot z_3 = -z_3$$



7.7-rasm. Birlik kuchni qo'yish sxemasi

Mor integrali yordamida C nuqtaning deformatsiyasini quyidagi formula bilan hisoblaymiz.

$$f_C = \int_0^a \frac{M_I^p \cdot M_I^{p_0}}{E \cdot I_x} dz + \int_0^a \frac{M_{II}^p \cdot M_{II}^{p_0}}{E \cdot I_x} dz + \int_0^a \frac{M_{III}^p \cdot M_{III}^{p_0}}{E \cdot I_x} dz = \frac{1}{E \cdot I_x} \int_0^a \left(\frac{3 \cdot F}{8} \cdot 6 - F \cdot z_3 \right) \cdot (-z_3) dz =$$

$$= \frac{1}{E \cdot I_x} \int_0^6 \left(-\frac{9 \cdot F}{4} \cdot z_3 + F \cdot z_3^2 \right) dz = \frac{1}{E \cdot I_x} \cdot \left(-\frac{9 \cdot F}{4} \cdot \frac{z_3^2}{2} + F \cdot \frac{z_3^3}{3} \right) \Big|_0^6 = \frac{1}{E \cdot I_x} \cdot \left(-\frac{9 \cdot F}{4} \cdot \frac{6^2}{2} + F \cdot \frac{6^3}{3} \right) = \frac{63 \cdot F}{2E \cdot I_x}$$

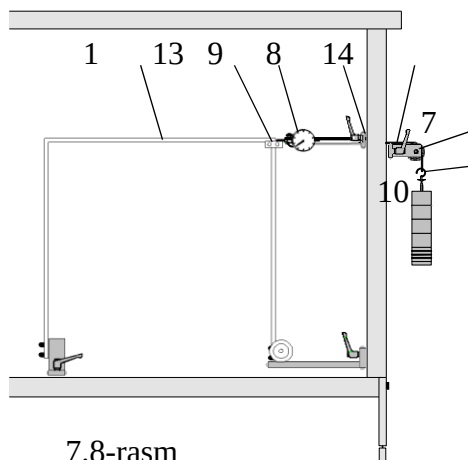
II. Kerakli materiallar va asboblari

1. Indikator
2. Yuklar
3. Uzunlik o'lchovchi metr
4. Shayton

III. Ishni bajarish tartibi

Statik noaniq ramaning C nuqtasidagi deformatsiyani laboratoriya yo'li bilan hisoblash:

7.1-jadval



7.8-rasm

Gorizonyal yukning qo'yilishi

1.	U shakldagi rama
2.	Shkiv
3.	O'lchov asbobining tutqichi
4.	O'lchov asbobi
5.	Yuk tutqich
6.	Ilgak
7.	Tros

• qo'zg'aluvchan (7) shkivni ramaning tashqi tomoniga kuch qo'yiluvchi nuqta bilan bir xil balandlikda o'rnatish.

• (13) ilgakni kuch qo'yiladigan nuqtaga o'rnatish, unga (14) trosni (10) yuk tutqich bilan birga ildiring.

• (7) shkivni tros gorizontol holatda turadigan qilib to'g'rilang.

• (9) o'lchov asbobini (8) tutqichi bilan birga ramaning ichki tomoniga kuch qo'yilgan nuqta bilan bir xil balandlikda o'rnatish. O'lchov asbobini kuch qo'yilgan nuqta bilan to'g'rilang.

yuk tutqichga 3 x 5 N va 4 x 1 N yuklarni qo'ying (umumiy yuk 20 N).

indikator ko'rsatkichini jadvalga yozib qo'yamiz.

- Laboratoriyalar kuchni boshqa nuqtaga qo'yib davom ettirilishi mumkin.
- Tajribani baholash:

$$E = 2.1 \cdot 10^{11} \text{ N / m}^2$$

$$I = 1.667 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

IV. Hisobot shakli

Hisobot keltirilgan shaklga muvofiq bajariladi. Hisobotda o'tkazilgan o'lchash ishlari tahlili beriladi.

Hisobot shakli

№ ____ laboratoriya ishi bo'yicha

HISOBOT

“Ramalarda deformatsiyalarni aniqlash”

1. Laboratoriya o'tkazilayotgan ramaning tayanch reaksiya kuchlarini analitik usulda aniqlash ketma-ketligi.
2. Ramaning eguvchi moment epyurasi.
3. Ramaning C nuqtasi ko'chishini Mor usulida nazariy aniqlash.
4. Laboratoriya ishdan olingan natijalar jadvali.

7.2-jadval

№	Yukning miqdori F (N)	f_c^a – analitik hisoblaganda $f_c = \frac{63 \cdot F}{2E \cdot I_x}$	f_c^t – tajribada	farqi $f_c^a - f_c^t$	Umumiy xatolik $\frac{f_c^a - f_c^t}{f_c^a} \cdot 100\%$
1.					
2.					
3.					
4.					

V. Xulosa

Nazorat savollari

1. Statik aniqmas konstruksiyalar deb nimaga aytiladi?
2. Statik aniqmas konstruksiyalarni hisoblashda qanday usullar ishlatiladi?
3. Kuch usulining mohiyatini tushuntiring.
4. Statik aniqmaslik darajasini topish formulasini yozing va uni tushuntiring.
5. Statik aniqmas tizimlar qanday xususiyatlarga ega?
6. Kuch usulining kanonik tenglamalari tarkibidagi hadlar qanday aniqlanadi?

8 – Laboratoriya ishi

Mavzu: Statik noaniq balkalar

Ishning maqsadi: Statik noaniq to‘sinning tayanch reaksiyasi qiymatini laboratoriya yo‘li bilan aniqlab, uni nazariy usulda topilgan miqdor bilan solishtirish ko‘nikmasini shakllantirish.

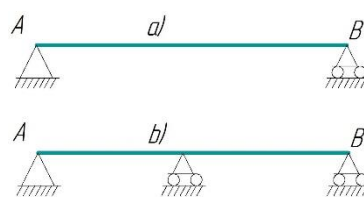
I. Nazariy ma‘lumotlar

Noma‘lum reaksiya kuchlari soni statika muvozanat tenglamalari soniga teng bo‘lganida masala statik aniq, muvozanat tenglamalari sonidan ortiq bo‘lganda esa masala statik noaniq masala bo‘ladi. Ko‘pincha, konstruksiya elementlaridan yaxshiroq foydalanish uchun, ya‘ni ularning bikrligini oshirib, egilishga moyilligini kamaytirish uchun qo‘shimcha bog‘lanishlar kiritish zarurati tug‘iladi. Masalan ikki tayanchga erkin tiralgan balkaning salqiliginı kamaytirish uchun oralig‘iga qo‘shimcha tayanch qo‘yilsa, balkaning salqligi kamayib, bikrligi oshadi. Shu bilan birga, unda qo‘shimcha reaksiya kuchi hosil bo‘lib, masala statik noaniq bo‘ladi (8.1-rasm a,b). Yoki bir uchi bilan qistirib tiralgan balkaning boshqa erkin uchi qo‘shimcha tayanchga erkin yoki qistirib tiralsa, balkaning egilishga moyilligi ancha kamayib, bikrligi ancha oshadi, shu bilan birga masala statik noaniq bo‘lib qoladi (8.3-rasm a,b,c). Ikki uchi bilan erkin tiralgan va teng taralgan yuk ta‘sirida bo‘lgan balkaning maksimal salqiligi:

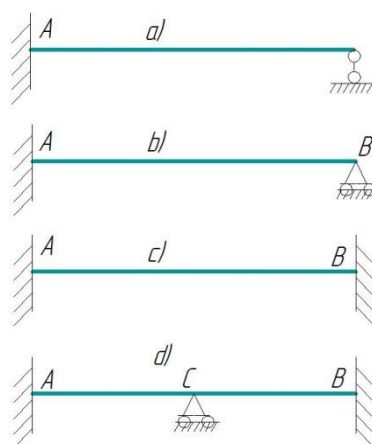
$$f = \frac{5ql^4}{384EI} \text{ bo‘ladi,} \quad (8.1)$$

uchlari qistirib mahkamlangan hol uchun bu balkaning maksimal salqiligi $f = \frac{ql^4}{384EI}$ ga teng bo‘ladi. Ko‘ramizki, balkaning uchlari qistirib mahkamlangan qilib qo‘yilishi natijasida, uning maksimal salqiligi 5 marta kamayib, bikrligi shuncha ko‘payadi. Statik noaniq balkalar, asosan, quyidagilardan biriga mos keladi.

1. Balka bir nechta (2 tadan ortiq) tayanchga tiraladi (8.1-rasm a,b).
2. Bir uchi bilan qistirib mahkamlangan va yana qo‘shimcha bitta yoki bir nechta tayanchga qo‘yiladi (8.2-rasm b,c).



8.1-rasm Statik aniq (a) va noaniq (b) balkalar



8.2-rasm Statik noaniq balkalar

3. Ikkala uchi bilan qistirib mahkamlangan oralig'ida ham tayanchlar bo'lishi mumkin (8.2-rasm. d). Bitta tekislikda joylashgan ixtiyoriy kuchlarni qabul qila oluvchi to'sinni qattiq jism kabi qo'zg'ala olmaydigan qilib mahkamlash uchun uchta bog'lanishga ega bo'lishi shart (qistirib mahkamlangan tayanch uchta qo'zg'almas sharnirli, tayanch esa ikkita va qo'zg'aluvchi sharnirli tayanch esa bitta bog'lanishga ega); bu uchta bog'lanishlar absolyut zarur hisoblanib, ular statikaning muvozanat tenglamalaridan topiladi. Agar absolyut bog'lanishlarning birortasi olib tashlansa to'sin geometrik o'zgaruvchi sistema mexanizm) ga aylanadi, ya'ni to'sin deformatsiyalanmasa ham uning nuqtalari ko'chishi mumkin bo'ladi.

Absolyut zarur bog'lanishlar bilan mahkamlangan to'sin statik aniq to'sin deyiladi. Amalda to'sinlardan yaxshiroq foydalanish maqsadida, ya'ni ularning bikrligini oshirib, egilishga moyilligini kamaytirish maqsadida tayanchlar sonini oshirishga to'g'ri keladi. Qo'shimcha tayanchlarning ishlatilishi tufayli bog'lanishlar ortib, statik aniq to'sin statik aniqmas to'singa aylanadi. Shunday qilib, absolyut zarur bog'lanishlar hamda "ortiqcha bog'lanish"lar yordamida mahkamlangan to'sin statik aniqmas to'sin deyiladi. Shuni ta'kidlab o'tish muhimki, "ortiqcha bog'lanish" terminini "kerak emas bog'lanish" deb emas, balki "keragidan ham ortiq bog'lanish" deb tushunmoq kerak. Statik aniqmas to'sinlarning tayanch reaksiyalarini aniqlashning bir necha usullari mavjud bo'lib, ulardan eng ko'p ishlatiladigani kuch usulidir. 8.4-rasmda Laboratoriya o'tkazishda foydalanilgan statik aniqmas to'sin tasvirlangan. Kuch usuli yordamida shu to'sinning tayanchidagi R_c ni aniqlaymiz:

a) to'sinning statik aniqmaslik darajasi S aniqlanadi.

$$S = n - m$$

bu yerda n – tayanchlarda hosil bo'luvchi reaksiya kuchlari soni;

m – statikaning muvozanat tenglamalari soni.

ko'chishi nolga teng bo'ladi. Bu shart berilgan va asosiy sistemalarning monandlik sharti deyilib, u kanonik tenglama ko'rinishida quyidagicha ko'rinishda ifodalanadi:

$$\delta_{11} \cdot X_1^N + \Delta_{1p} = 0 \quad (8.3)$$

bu yerda δ_{11} – A tayanch X_1 kuch yo'nalishidagi birlik kuchdan hosil bo'lgan chiziqli ko'chishi;

Δ_{1p} – A tayanchning X_1 kuch yo'nalishidagi tashqi kuchdan hosil bo'lgan chiziqli ko'chishi.

(8.3) tenglamadagi δ_{11} va Δ_{1p} ko'chishlarni Vereshagin formulasi yordamida aniqlaymiz; buning uchun tashqi va birlik kuchlar ta'sirini alohida tekshirib, eguvchi moment epyuralarini ko'ramiz. Odatda, birlik kuchlardan va tashqi yuklarda ko'rilgan eguvchi momentlarning epyuralari qisqacha, mos ravishda birlik va yuk epyuralari deyiladi. Endi nazariya yo'li bilan quyidagicha aniqlaymiz.

Balkaga tashqi kuchni qo'yib balkani uchastkalarga ajratamiz va har bir uchastka uchun tashqi kuchlardan eguvchi moment tenglamasini tuzamiz. Tenglamalardan olingan natijalarga asosan eguvchi moment epyurasini quramiz (8.4-rasm,c).

$$M_I^p = 0 \quad 0 \leq z_2 \leq 6$$

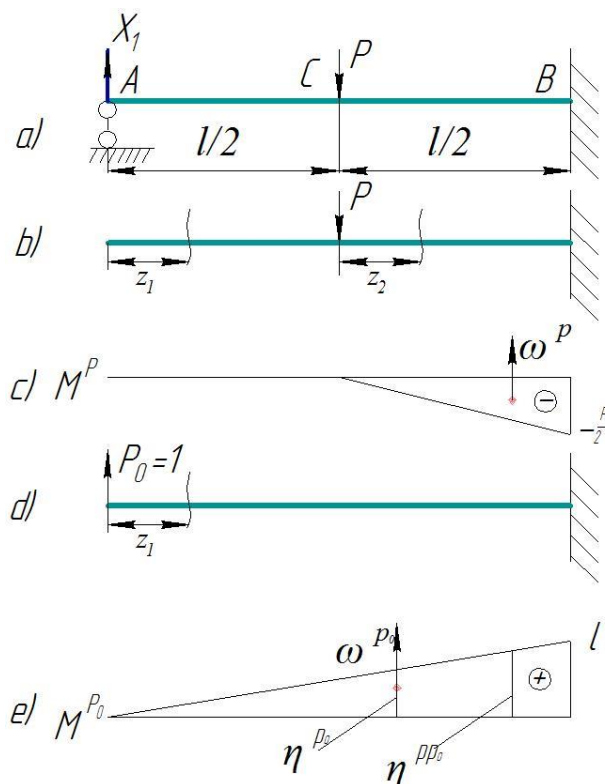
$$M_{II}^p = -P \cdot z_2$$

$$M_{II(z_2=0)}^p = 0$$

$$M_{II(z_2=l/2)}^p = -\frac{P \cdot l}{2}$$

Tashqi kuchlardan qurilgan eguvchi moment epyurasining yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega^p = -\frac{1}{2} \cdot \frac{pl}{2} \cdot \frac{l}{2} = -\frac{pl^2}{8}$$



8.4-rasm. Tashqi kuch va birlik kuchlardan hosil bo'lgan eguvchi momentlar

Deformatsiyalarni aniqlashning Vereshagin usuliga asosan X_1 kuchning o'rniga $P_0=1$ birlik kuch qo'yib, ramani uchastkalarga ajratamiz va $P_0=1$ birlik kuchdan hosil bo'lgan eguvchi moment tenglamasini tuzamiz. Tuzilgan eguvchi momentlaridan olingan natijalarga ko'ra eguvchi moment epyurasini quramiz (8.4-rasm,e).

$$0 \leq z_1 \leq l$$

$$M_I^{P_0} = P_0 \cdot z_1$$

$$M_{I(z_1=0)}^{P_0} = 0$$

$$M_{I(z_1=l)}^{P_0} = l$$

P_0 kuchdan qurilgan eguvchi moment epyurasining yuzasini va yuza og'irlik markaziga to'g'ri kelgan ordinatani hisoblaymiz.

$$\omega^{P_0} = \frac{1}{2} \cdot l \cdot l = \frac{l^2}{2} \quad \eta^{P_0} = \frac{2l}{3}$$

Tashqi kuchlardan qurilgan eguvchi momentning og'irlik markaziga to'g'ri kelgan $P_0=1$ kuchdan qurilgan eguvchi moment epyurasidagi ordinatani hisoblaymiz.

$$\eta^{PP_0} = \frac{5l}{6}$$

δ_{11} -birlik kuchlardan olingan bosh ko'chishlarni Vereshagin formulasi yordamida hisoblaymiz.

$$\delta_{11} = \frac{1}{E \cdot I_x} [\omega^{P_0} \cdot \eta^{P_0}] = \frac{1}{E \cdot I_x} \cdot \left[\frac{l^2}{2} \cdot \frac{2l}{3} \right] = \frac{l^3}{E \cdot I_x}$$

Δ_{1p} -tashqi kuchlardan hosil bo'lgan ko'chishlarni Vereshagin formulasi yordamida hisoblaymiz.

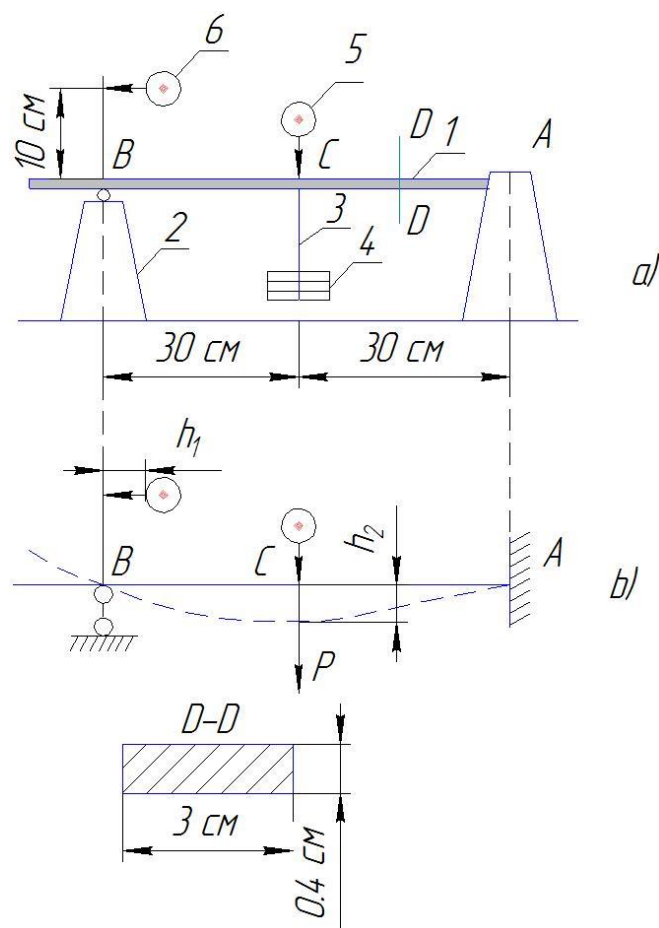
$$\Delta_{1p} = \frac{1}{E \cdot I_x} [\omega^P \cdot \eta^{PP_0}] = \frac{1}{E \cdot I_x} \cdot \left[-\frac{Pl^2}{8} \cdot \frac{5l}{6} \right] = -\frac{5Pl^3}{48E \cdot I_x}$$

$\delta_{11} \cdot x_1 + \Delta_{1p} = 0$ kanolik tenglamadan x_1 ni hisoblab topamiz ($P=5N$).

$$x_1 = -\frac{\Delta_{1p}}{\delta_{11}} = \frac{5Pl^3}{48E \cdot I_x} \cdot \frac{3E \cdot I_x}{l^3} = \frac{5 \cdot P}{16} = 1.5652 \text{ N}$$

II. Kerakli materiallar va asboblari

1. Indikatorlar, uzunlikni o'lchovchi metr, yuklar.



8.5-rasm. Indikatorni mahkamlash sxemasi
1-balka; 2-tayanch; 3-yuk ko'tarib turuvchi uskuna;
4-yuk; 5,6-indikator

III. Ishni bajarish tartibi

Laboratoriya o'tkaziladigan qurilmaning tasviri

Laboratoriya o'tkaziladigan qurilma tayanch ustunlari 2 ga o'rnatilgan A (sharnirli-qo'zg'almas) va B (sharnirli-qo'zg'aluvchan) tayanchlarda yotuvchi konsol to'sin-namuna 1 dan iborat (8.5-shakl, a), Namuna po'lat materialidan yasalgan bo'lib, ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchakli shaklga ega.

Ishni bajarish tartibi

Berilgan statik aniqmas konsol balkadagi B tayanch sharnirli qo'zg'aluvchan tayanch bo'lib undan o ma'lum bo'lgan X_1^T reaksiya kuchi hosil bo'ladi: 5-shakl. Noma'lum X_1^T reaksiya kuchini universal tenglama yordamida aniqlaymiz. Laboratoriya natijasiga asoslanib koordinata boshidagi aylanish burchagi (θ_0)ni va (C-kesimdagi (V_c) salqilikni aniqlab universal tenglamaga qo'yib noma'lum bo'lgan (X_1^T) kuchni aniqlaymiz. Konsol balka uchun C nuqtadagi salqilik universal tenglama yordamida aniqlaymiz.

$$v_c = \theta_0 \cdot z + \frac{1}{EJ_x} (X_1^T \cdot \frac{z^3}{6}) \quad (8.4)$$

Bu yerda, $z = 30sm$; $E = 2.1 \cdot 10^7 \frac{N}{sm^2}$; $h = 0.4sm$; $b = 3sm$; $K_u = 0.01 mm$

$$J_x = \frac{b \cdot h^3}{12} =$$

Laboratoriya o'tkazish

Konsol balkaning C kesimiga $P=5H$; $10H$; $15H$ yuklar ketma-ket qo'yilib har bir yuklangan holat uchun jadvalga 1 va 2 indikator ko'rsatkichlari h_1 va h_2 jadvalga yozib boriladi.

IV. Hisobot shakli

Hisobot keltirilgan shaklga muvofiq bajariladi. Hisobotda o'tkazilgan o'lchash ishlari tahlili beriladi.

№ ____ laboratoriya ishi bo'yicha

HISOBOT**“Statik noaniq balkalar”**

1. Balkaning salqiligini aniqlash uchun universal tenglama tuziladi.
2. Balkaning inersiya momenti aniqlanadi
3. Laboratoriya ishini bajarishda olingan natijalar jadvali

8.1-jadval

№			1 - indikator		2 – indikator	
	Yukning miqdori (P.H)	Orttirmasi ΔP_H	Ko'rsatishi h_1 shkalalar soni	Orttirmasi Δh_1	Ko'rsatishi h_2 shkalalar soni	Orttirmasi Δh_2
0						
1						
2						
3						
Orttirmaning miqdori		o'rtacha	$h_1^{o'rt} =$		$h_2^{o'rt} =$	

Egilish burchagining qiymati.

$$\theta_B = \theta_0 = K_u \cdot \frac{\Delta h_1^{o'rt}}{a} =$$

Balkaning (C) nuqtasidagi salqilik miqdori:

$$v_c = K_u \cdot h_2^{o'rt} =$$

Laboratoriya natijasida aniqlanilgan θ_0 va v_c larni (3.3) universal tenglamaga qo'yib noma'lum reaksiya kuchi x_1^t aniqlaymiz.

$$X_1^t = \frac{(\theta_0 \cdot z - v_c) \cdot 6 \cdot E \cdot J_x}{z^3} =$$

Aniqlanilgan X_1^N nazariy qiymati X_1^t laboratoriya natijasida aniqlanilgan o'rtasidagi xatoligi

$$\delta\% = \frac{X_1^N - X_1^t}{X_1^N} \cdot 100\% =$$

xatolikka yo'l qo'yilgan.

V. Xulosa

Nazorat savollari

1. Statik aniq va statik aniqmas to'rtinlar nima?
2. Asosiy sistema va teng kuchli sistema qanday tuziladi?
3. Kanonik tenglamaning geometrik ma'nosini tushuntiring.
4. Ikki marta statik aniqmas to'rtin uchun kanonik tenglama tuzing hamda undagi δ_{ij} Δ_{1p} va ko'chishga qanday aniqlanishini tushuntirib bering.
5. Laboratoriya qanday tartibda o'tkaziladi?
6. Universal tenglamani yozing va tushuntirib bering?

9-Laboratoriya ishi

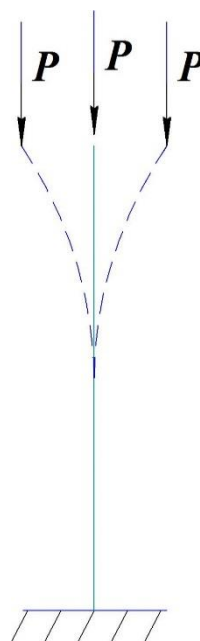
Mavzu: Siqilgan sterjenlarni ustivorlikka hisoblash

Ishning maqsadi:

Turli usullar bilan mahkamlangan sterjenlar uchun kritik kuchning qiymatini aniqlash ko'nikmasini shakllantirish.

I. Nazariy ma'lumotlar

Konstruksiya elementlarining muvozanatda bo'lishini ta'minlash uchun ingichka sterjenlar muvozanatining buzilish sabablarini o'rganish lozim. Bir uchi bilan qistirib mahkamlangan ingichka uzun sterjen erkin uchiga markaziy o'qi bo'ylab yo'nalgan asta-sekin ortib boradigan siquvchi P kuch ta'sirida bo'lsin. Siquvchi kuch hali yetarli darajada kichik qiymatda bo'lganda, sterjen o'zining to'g'ri chiziqli muvozanat holatini saqlaydi. P kuchning bunday qiymatlarida sterjenga yon tomondan kuch ta'sir qildirilsa, birmuncha vaqt tebranib, yana o'zining oldingi to'g'ri chiziq shaklidagi muvozanat holatiga qaytadi. P kuchning miqdori kattalashgan sari sterjenning bo'ylama turtki natijasida hosil bo'ladigan tebranishdan o'zining oldingi muvozanat holatiga qaytishi qiyinlasha boradi. P kuchning qiymatini shu darajagacha olib borish mumkinki, uning bu qiymatida yon tomondan berilgan turtki natijasida sterjen to'g'ri chiziqli muvozanat holatiga qaytmasdan, egilganicha qoladi. Kuch ishlatib sterjenni vertikal holatga keltirsak bu holatda ham u o'zining muvozanat holatini saqlaydi. Siquvchi P kuchning bu **qiymatini kritik qiymat** yoki **kritir kuch** deyiladi va P_k bilan belgilanadi.



9.1-rasm. Sterjenlarning deformatsiyalanish jarayoni

Siquvchi P kuch o'zining kritik qiymati (P_k) ga birdaniga erishadi. Shuningdek, bu kuch biroz ko'paytirilsa, muvozanatning ustivorligi yo'qolib, sterjen yana egilgan shaklni oladi. Ko'pincha, to'g'ri chiziqli siqilgan sterjenlar ustivor muvozanatining buzilishi bo'ylama egilish deyiladi, chunki bu holatda sterjen ko'ndalang kuch emas, bo'ylama kuch ta'sirida egiladi. Kritik kuch sterjenga kritik kuchlanishni hosil qiladi. Uning qiymati

$$\sigma_k = \frac{P_k}{F} \quad (9.1)$$

$\sigma = \frac{P}{F} \leq [\sigma_y]$ ni ham qanoatlantirishi zarur. Bunda $[\sigma_y]$ - ustivorlik uchun ruxsat etilgan kuchlanish; bu kuchlanish

Kritik kuchni aniqlashda Eyler formulasidan foydalanamiz.

Bu yerda l – sterjenning uzunligi, μ - mahkamlanish koeffitsiyenti,
 I_{min} – inersiya momenti,
 E – materialning elastiklik moduli.

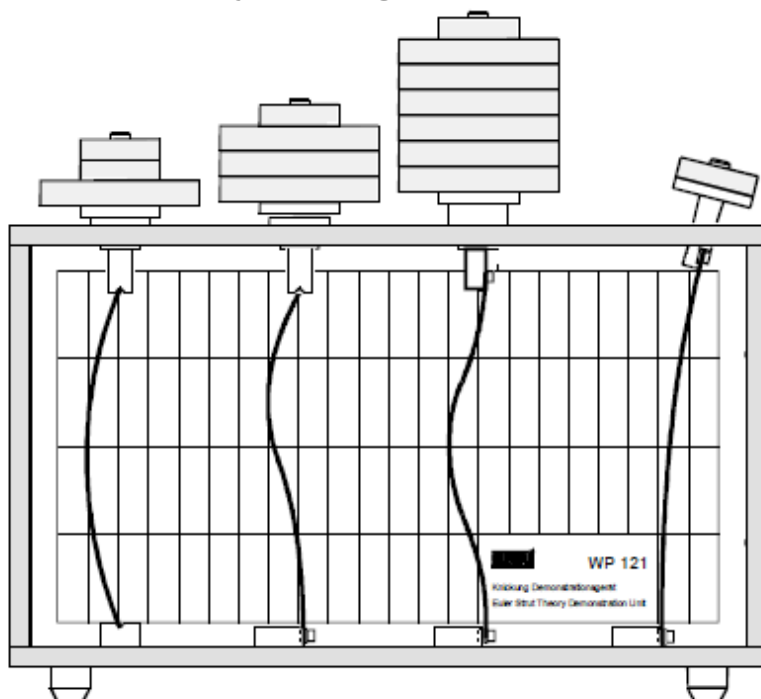
Sterjenlarning ustivorligini o'rganish bo'yicha uskuna - WP 121



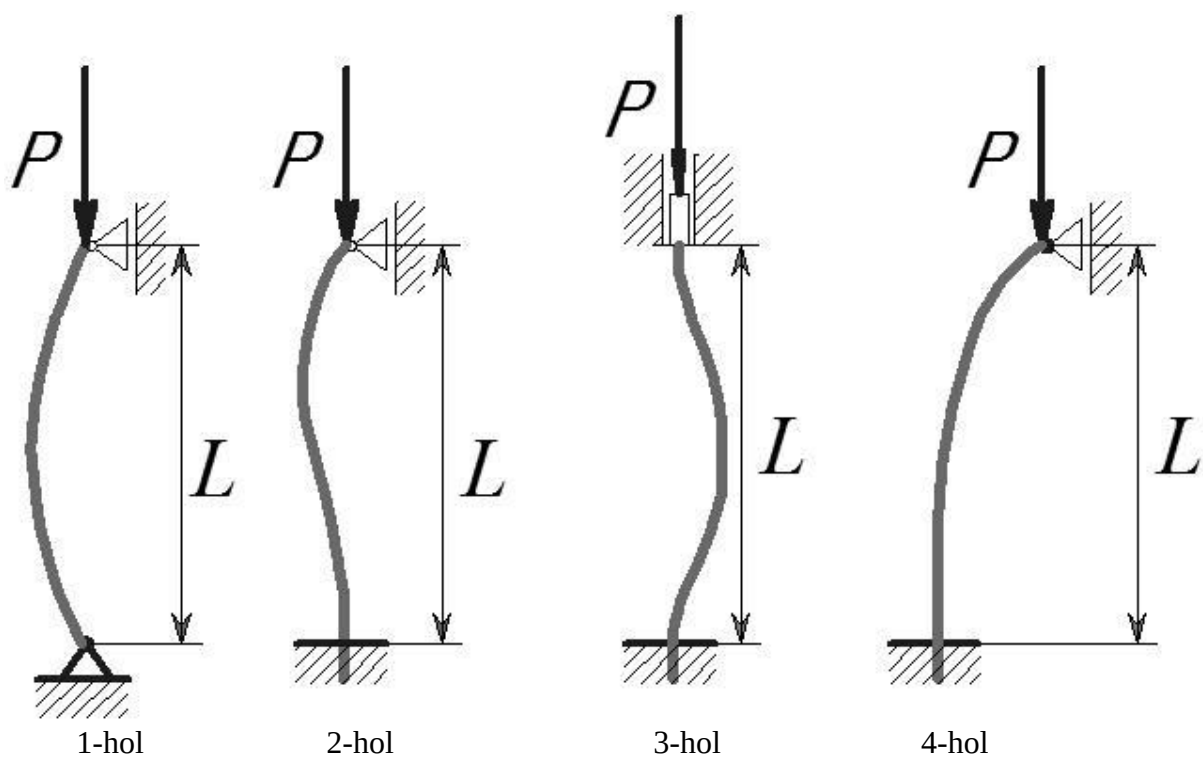
Laboratoriya o'tkazuvchi uskunaning qismlari

Uskuna (1) rama va undagi o'q bo'ylab qo'yilgan kuch ostida egilishga ishlovchi 4 ta sterjendan iborat (2). Egilishning miqdorini ko'rsatuvchi shkalalarga ajratilgan vertikal o'q (3) ham o'rnatilgan. Sterjenlarning uchlari o'q bo'ylab qo'yilgan kuch ta'sirida egilishining barcha turlarini namoyish qilishga moslashtirib tayyorlangan. Pastki (4) uchi ramaga nisbatan qo'zg'almas qilib o'rnatilgan, yuqori (5) uchi esa vertikal yo'nalish bo'yicha (2-holda esa gorizontal yo'nalishda ham) to'g'rilanishi mumkin, hamda ularga yuk qo'yiluvchi tutqichlar ham o'rnatilgan (6). Sterjenlarning uchlari qisqichlar yordamida mahkamlangan.

Bo'ylama egilish turlari



9.4-rasm. Mahkamlanish koeffitsiyentining o'zgarishi



$$n = 1$$

$$\mu = \frac{1}{n} = 1$$

$$n = 1.42$$

$$\mu = \frac{1}{1.42} = 0.7$$

$$n = 2$$

$$\mu = \frac{1}{n} = \frac{1}{2}$$

$$n = 0.5$$

$$\mu = \frac{1}{n} = 2$$

Bu yerda: n – sxemalardagi yarim aylanalar soni

Bo‘ylama egilishning kinematik sxemasi

Analitik usulda kritik kuchni aniqlash:

Po‘lat materialining elastiklik moduli $E = 2.1 \cdot 10^{11} \frac{N}{m^2}$

O‘lchamlari $0.5 \times 12 \text{ mm}$ bo‘lgan ko‘ndalang kesimi to‘rtburchakli sterjen uchun I_y inersiya momenti ya‘ni I_{min}

$$I_y = \frac{bh^3}{12} = \frac{12 \cdot 0.5^3}{12} = 0.125 \cdot 10^{-12} \text{ m}^4$$

Uzunligi $L = 180 \text{ mm}$ bo‘lganda kritik kuchni 4 ta holat uchun hisoblaymiz:

1-holat uchun (Sterjenning ikkala uchi sharnir vositasi bilan mahkamlangan $\mu = 1$)

$$P_k = \frac{\pi^2 EI_y}{(\mu \cdot l_k)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2.1 \cdot 10^{11} \cdot 0.125 \cdot 10^{-12}}{(1 \cdot 180 \cdot 10^{-3})^2} = 8 \text{ N}$$

2-holat uchun (Sterjenning bir uchi sharnir bilan va boshqa uchi qistirib mahkamlangan $\mu = 0.7$)

$$P_k = \frac{\pi^2 EI_y}{(\mu \cdot l_k)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2.1 \cdot 10^{11} \cdot 0.125 \cdot 10^{-12}}{(0.7 \cdot 180 \cdot 10^{-3})^2} = 16.3 \text{ N}$$

3-holat uchun (Sterjenning ikkala uchi qistirib mahkamlangan $\mu = 0.5$)

$$P_k = \frac{\pi^2 EI_y}{(\mu \cdot l_k)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2.1 \cdot 10^{11} \cdot 0.125 \cdot 10^{-12}}{(0.5 \cdot 180 \cdot 10^{-3})^2} = 32 \text{ N}$$

4-holat uchun (Sterjenning bir uchi sharnir bilan va boshqa uchi qistirib mahkamlangan $\mu = 2$)

$$P_k = \frac{\pi^2 EI_y}{(\mu \cdot l_k)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2.1 \cdot 10^{11} \cdot 0.125 \cdot 10^{-12}}{(2 \cdot 180 \cdot 10^{-3})^2} = 2 \text{ N}$$

II. Kerakli materiallar va asboblari

1. Uzunlik o'lchovchi metr.
2. Yuklar.
3. Shayton.

III. Ishni bajarish tartibi

Laboratoriyaning o'tkazish davomida yuklanish ketma-ket oshirib boriladi. Hisoblashlarda aniqlangan natijalariga yaqinlashgach muvozanatning buzilishini, ya'ni bo'ylama egilish nuqtasini aniq ko'rsatish uchun kuchni kichik qiymatlar (1N yuklar) bilan oshirib borish kerak.

Yuqori tayanchdagi vertikal sozlagich yuklanish oshib ketgan holda ham buzilmaydi.

Laboratoriyalarda aniqlangan kritik kuchlar analitik hisoblashlar natijasida aniqlangan kritik kuchlardan kichik bo'ladi. Buning sababi boshlang'ich deformatsiyadir. Har bir sterjen oldindan egilishga ega bo'ladi. Hisoblashlarda esa bu egilishlarni hisobga olishning imkoni yo'q.

Kritik kuchni aniqlashda yuk tutqichlarning 1N ga teng og'irligini hisobga olish kerakligini eslab qolish kerak.

IV. Hisobot shakli

Hisobot keltirilgan shaklga muvofiq bajariladi. Hisobotda o'tkazilgan o'lchash ishlari tahlili beriladi.

№ ____ laboratoriya ishi bo'yicha

HISOBOT**“Siqilgan sterjenlarni ustivorlikka hisoblash”**

1. Mahkamlanish koeffitsiyentining o'zgarishi sxemalari va koeffitsiyenti.
 2. Kritik kuchni nazariy aniqlash uchun Eyler formulasi.
 3. Laboratoriya yordamida aniqlangan natijalar jadvali
- Analitik va laboratoriya yo'llari bilan aniqlangan kritik kuchlarni quyidagi jadvalga yozamiz.

9.1-jadval

	Sterjenning mahkamlanish turi	analitik hisoblaganda	tajribada	farqi	Umumiy xatolik
1.	1-holat uchun (Sterjenning ikkala uchi sharnir vositasi bilan mahkamlangan $\mu = 1$)	8 N			
2.	2-holat uchun (Sterjenning bir uchi sharnir bilan va boshqa uchi qistirib mahkamlangan $\mu = 0.7$)	16.3 N			
3.	3-holat uchun (Sterjenning ikkala uchi qistirib mahkamlangan $\mu = 0.5$)	32 N			
4.	4-holat uchun (Sterjenning bir uchi sharnir bilan va boshqa uchi qistirib mahkamlangan $\mu = 2$)	2 N			

V. Xulosa**Nazorat savollar**

1. Ustivorlikning yo'qolish belgilarini tushuntiring.
2. Kritik kuch deb nimaga aytiladi?
3. Kritik kuchni aniqlashning Eyler formulasini yozing. Ushbu formuladan kritik kuch nimaga bog'liq ekanligini ko'rsating.
4. Kritik kuchlanish qanday aniqlanadi?
5. Sterjenning egiluvchanligi nimani ifodalaydi va u nimalarga bog'liq?

6. Ikki uchi sharnirlar orqali mahkamlangan sterjanning keltirilgan uzunlik koeffitsiyenti nimaga teng?

7. F.S.Yasinskiy sterjenlarning ustivorlik shartini yozing. Bu formulaga sterjenning qanday kesim yuzasi qo'yiladi?

8. Bo'yлама egilish koeffitsiyenti nimalarga bog'liq?

Asosiy adabiyotlar

1. Ўразбоев М.Т. Материаллар қаршилиги асосий курси - Т.: Ўқитувчи, қайта ишланган 2-нашри, 1973.– 510 б.

2. Hasanov S. Materiallar qarshiligidan maslalar yechish Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma – Т.: O'zbekiston milliy ensiklopediyasi Davlat ilmiy nashriyoti. 2014-332 b.

3. Ferdinand P.Beer., E. Russell Johnston, Jr., John T. DeWolf., David F. Mazurek. Mechanics of materials – USA 2015. – 897 p.

4. Набиев А. Материаллар қаршилиги –Т.: Янги аср авлоди, 2008. - 379 б.

5. Nabiev A., Xasanov S. Materiallar qarshiligi Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma. -Т.: Fan, 2005. -380 b.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. Ўзбекистон Республикаси Президентининг лавозимига киришиш тантанали маросимига бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқи. –Т.: Ўзбекистон, НМИУ, 2016. – 56 б.

2. Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганининг 24 йиллигига бағишланган тантанали маросимдаги маъруза 2016 йил 7 декабрь. – Т.: Ўзбекистон, НМИУ, 2016. – 48 б.

3. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. - Т.: Ўзбекистон, НМИУ, 2017. – 488 б.

4. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида. - Т.:2017 йил 7 февраль, ПФ-4947-сонли Фармони.

5. Maxkamov T.X., Golovnina V.M. Materiallar qarshiligi fanidan tajriba ishlarini bajarish uchun uslubiy ko'rsatma.–Т.:ToshDTU, 2006.

6. Maxkamov T.X., Golovnina V.M. “Materiallar qarshiligi” fanidan

ichki kuch omillarining epyuralarini qurish bo'yicha uslubiy ko'rsatma. – T.: ToshDTU, 2007.

7. Александров А.Б. и др. Сопротивление материалов-М.: Высшая школа, 2001.-560 с.

8. Федосьев В.И. Сопротивление материалов-М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. -592 с

Elektron resurslar:

1. www.gov.uz – O'zbekiston Respublikasi hukumati portali.
2. www.lex.uz – O'zbekiston Respublikasi Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi.
3. www.ilm.uz.
4. www.ziyo.net.
5. [www Referat.uz](http://www.Referat.uz)

Mundarija

1-Laboratoriya ishi. Boʻylama elastiklik moduli va Puasson koeffitsiyentini aniqlash	3
2- Laboratoriya ishi. Materiallarni choʻzilish va siqilishga sinash va ularning mexanik xarakteristikalarini aniqlash	8
3- Laboratoriya ishi. Poʻlat namunani buralishga sinash. Siljishdagi elastiklik modulini aniqlash.....	17
4- Laboratoriya ishi. Materiallarni toliqishga sinash	24
5- Laboratoriya ishi. Egilishga koʻndalang kuch va eguvchi momentlarni tajriba yordamida aniqlash	39
6- Laboratoriya ishi. Yupqa devorli ochiq profilli balkaning egilish markazini va buralish, egilishga sinash	47
7- Laboratoriya ishi. Ramalarda deformatsiyalarni aniqlash.....	53
8- Laboratoriya ishi. Statik noaniq balkalar	60
9- Laboratoriya ishi. Siqilgan sterjenlarni ustivorlikka hisoblash.....	68
Adabiyotlar.....	78
Muharrir: Miryusupova Z.M.	