

RESPUBLIKASI OLIY VA O'ZBEKISTON O'ZBEKISTON
RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
BUXORO MUHANDISLIK-TEXNALOGIYA INSITUTI

“TASDIQLAYMAN”

O'quv ishlari bo'yicha prorektor
_____prof. Q.T.Olimov

“MATERIALLAR QARSHILIGI”

fanidan o'quv- uslubiy majmua

BUXORO- 2016y.

Fanning o'quv uslubiy majmuasi o'quv dasturiga muvofiq ishlab chiqilgan va Bux MTI o'quv uslubiy kengashida muhokama etilib, foydalanishga tavsiya qilingan (*bayon № 3, 27.12.2016yil*).

Tuzuvchi:

D.A.Zokirova BuxMTI "Mexanika" kafedrasi katta o'qituvchisi

Taqrizchilar:

t.f.d. dots. **N.M.Murodov** Toshkent irrigatsiya va melioratsiya institute Buxoro filiali «Gidromelioratsiya» fakulteti dekani

dots. **Z.X.G'aybullayev** Bux MTI «Mexanika» kafedrasi dotsenti

Fanning o'quv uslubiy majmuasi «Mexanika» kafedrasining 2016-yil 4 noyabrdagi 3- son yig'ilishida muhokamadan o'tgan va fakultet kengashida ko'rib chiqish uchun tavsiya etilgan.

Kafedra mudiri:

dots. Ro'ziyev H.R

Fanning o'quv-uslubiy majmuasi «Muhandislik-texnika» fakultetining 2016-yil 16 noyabrdagi "3U"-son yig'ilishida muhokamadan o'tgan va institut o'quv-uslubiy boshqarmara boshlig'i.

dots.Xojiyev

SH.M

Kengash raisi:

prof.Olimov Q.T

Annotatsiya.....	
1.Sillabus.....	
2.Materiallar qarshiligi fanidan ma'ruzalar to'plami.....	
3.Materiallar qarshiligi fanidan prezentatsiyalar.....	
4.Materiallar qarshiligi fanidan amaliy mashg'ulotlarni bajarish bo'yicha materiallar.....	
5.Materiallar qarshiligi fanidan laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma va materiallar.....	
6.Mustaqqil ish mavzulari bo'yicha uslubiy ko'rsatma.....	
7.Glossariy.....	

ANNOTATSIYA

Ushbu majmuada 5111000-Kasb ta'limi (5320200-mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqishini jixozlash va avtomatlashterish) yo`nalishi bo`yicha ta`lim olayotgan bakalavr uchun "Materiallar qarshiligi" fani bo`yicha fanning namunaviy va ishchi dasturi, ushbu darsini dastur bajarilishining taqdim rejasi, ma`ruzalar to`plami, amaliy va laboratoriya mashg`ulotlarini hamda mustaqil ishlarni bajarish bo`yicha uslubiy ko`rsatmalar, baholash mezonlari, yakuniy nazorat savollari, testlar to`plami, ta`lim texnologiyasi va boshqa ma`lumotlar berilgan bo`lib, uni o`zlashtirish davomida talabalar o`zlari uchun zaruriy nazariy ma`lumotlarni oladilar va amaliy ko`nikmalarga ega bo`ladilar.

АННОТАЦИЯ

В данном комплексе, предназначенной для бакалавров специальности 5111000-Профессиональное образование 5320200-технология машиностроение, производства машиностроение автоматики и оборудование.). Приведены учебная и рабочая программа, курс лекций, методические указания по выполнению лабораторных и самостоятельных работ, практических занятий, критерии оценок, сборник тестов, инновационные технологии обучения и другие материалы по курсу "Сопротивление материалов", при изучении которых студенты обладают теоретическими знаниями и практическими навыками.

STRENGTH OF MATERIALS

PART I

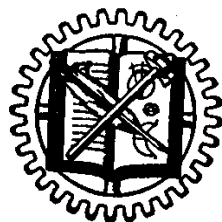
Elementary Theory and Problems

By

S. TIMOSHENKO

*Professor of Theoretical and Engineering Mechanics
Stanford University*

SECOND EDITION—TENTH PRINTING



D. VAN NOSTRAND COMPANY, INC.

TORONTO

NEW YORK

LONDON

MECHANICS of MATERIALS

Seventh Edition

Beer

Johnston

DeWolf

Mazurek

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

Рўйхатга олинди:
№ БД- 5321500 - 3.05
2016 йил «9» 01



МАТЕРИАЛЛАР ҚАРШИЛИГИ

ФАН ДАСТУРИ

Билим соҳаси: 300000 - Ишлаб чиқариш -техник соҳа
Таълим соҳаси: 320000 - Ишлаб чиқариш технологиялари
Таълим йўналиши : 5321500 - Технологиялар ва жиҳозлар
(тармоқлар бўйича)

Тошкент - 2016

**O`zbekiston Respublikasi Oliy va o`rta maxsus ta`lim vazirligining
201 yil “___” _____dagi _____ sonli buyrug`ining _____-ilovasi
bilan fan dasturi ro`yxati tasdiqlangan.**

**Fan dasturi Oliy va o`rta maxsus, kasb-hunar ta`limi yo`nalishlari
bo`yicha O`quv – uslubiy birlashmalari faoliyatini Muvofiqlashtiruvchi
Kengashning 201___ yil “___” _____dagi _____ - sonli bayonnomasi
bilan ma`qullangan.**

Fan dasturi Buxoro muhandislik – texnologiya institutida ishlab chiqildi.

Tuzuvchilar :

N.S. Bibutov. - Buxoro muhandislik – texnologiya instituti,

“Mexanika” kafedra dotsenti, t.f.n.

Taqrizchilar:

*N.M.Murodov –Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti, Buxoro filiali
“Umumkasbiy fanlar” kafedra professori, t.f.d.*

*N.F.O`rinov – Buxoro muhandislik – texnologiya instituti “Texnologiyalar va
jihozlar” kafedra dotsenti, t.f.n.*

*Fan dasturi Buxoro muhandislik – texnologiya instituti ilmiy Kengashida
ko`rib chiqilgan va tavsiya qilingan. 201___ yil “_____” _____dagi _____ -
sonli bayonnoma*

KIRISH

Ushbu dasturda «Materiallar qarshiligi» fanining maqsadi, vazifalari va metodi, inshoot konstruksiyalarining elementlari, ularning yuklanish turlari va deformatsiyalari, ichki zo`riqish kuchlarini aniqlash, mustahkamlik va birlikka hisoblash, muvozanatlashgan ustuvor holatini ta`minlash, tashqi faktor ta`sirida konstruksiya materialining xossa-lanrini o`zgarishini e`tiborga olib ratsional kesimning o`lchamlarini va shaklini aniqlash, ruxsat etilgan yukni topishkabi mavzular uzviylik nazaridan mantiqan ketma-ketlikda o`z aksini topgan. «Materiallar qarshi-ligi» fanini o`rganish tegishli soha muammolarini hal qilishda muhim rol o`ynaydi.

Fanning maqsad va vazifalari

Materiallar qarshiligi fanini o`qitishdan maqsad talabalarga mashina detallari va inshoot qismlarini mustahkamlikka, bikrlikka va ustuvorlikka hisoblash va loyihalashni o`rgatishdir.

Fanning vazifasi – tashqi faktor ta`sirida materiallar xossalari-ning o`zgarishini, konstruksiyaning har bir elementi uchun materialni va o`lchamlarini to`g`ri tanlashni o`rganadi. Loyixa asosida yaratilgan konstruk-tsiya – oddiy, mustahkam va arzon bo`lishi kerak. Materiallar qarshiligining muammosi sifatida tashqi faktor ta`sirida o`rganilayotgan konstruksiyaning faqat ichki kuchlarini (zo`riqish) aniqlashni emas, balki konstruksiyaning amaliy axamiyatini va ishlash qobiliyatini baholashda, ichki kuchlarni tarqa-lish qonuniyatlarini o`rganish va hisobga olishdan to`g`ri foydalanishdir Materiallar qarshiligini o`qitishda uchta asosiy qismlarga e`tibor beriladi:

1) Ko`chishlar, kuchlanishlar, deformatsia va ichki kuchlarning bajargan ishlari to`g`risidagi tushuncha;

2) Qattiq jism materiallarini asosiy mexanik xossalari-elastiklik; oquvchanlik, surilish va relaksatsiya, toliqish, emirilish va mustahkamlik to`g`risidagi tushuncha;

3) Emirilish va mustahkamlik, kuchlanish, deformatsiya va ko`chishlar orasidagi bog`lanishning matematik ifodasi.

Mashina detallari va inshoot qismlarining kuchlanganlik – deformatsiya holatlarini aniqlashda materiallar qarshiligining asosiy vazifasi:

- talabalarga mashina detallari va inshoot qismlarini mustahkamlikka, ustuvorlikka, bikrlikka hisoblash usullarini o'rgatish bilan birga olgan bilimlarni amaliy masalalarni echishda tadbiiq ettirishdir.

Fan bo'yicha talabalarning tasavvur, bilim, ko'nikma va malakalariga qo'yiladigan talablar

«Materiallar qarshiligi» fanini uzlashtirish jarayonida bakalavr:

- materiallar qarshiligi fanining vazifalari va maksadlari;
- materiallar qarshiligi tashki kuchlarning turlari va ichki kuchlarni aniklash usullari;
- deformatsiya va deformatsiya turlari;
- kuchlanish va kuchlanish turlari;
- materiallarning mexanik va plastiklik xossalari, ularga ta'sir etuvchi omillar **xakida tasavvurga ega bulishi;**
- materiallarni kuchlanganlik xolatlari va ularning taxlili;
- inshootlarni dinamik va tsiklik uzgaruvchan kuchlanishlar ta'sirida tolikishi va chidamlilik chegaralari,
- **kullanishni bilishi va ulardan foydalana olishi;**
- materiallarni chuzilish va siqilishga xisoblash;
- ruxsat etilgan kuchlanishni tanlash;
- siljishga ishlovchi birikmalarni xisoblash;
- doiraviy kesimli bruslarni buralishga xisoblash;
- egilishga ishlovchi konstruktsiyalarni xisoblash, kesimni tanlash va ruxsat etilgan sh va siqilishda, buralishda, egilishda statik noaniq masalalarni **yechish ko'nikmalariga ega bo'lish;**
- materiallarni kuchlanganlik va deformatsiyalanganlik xolatlarini tajribada urgaish;
- mustaxkamlik nazariyalari va ularning axamiyati;
- murakkab qarshiliklar va egri sterjenlarda kuchlanish;
- inshootlarning mustaxkamlik, bikrlilik va ustuvorlik shartlarini **qo'llash malakalariga ega bo'lishi kerak.**

«Materiallar qarshiligi» fanining zaruriy qismlarini mutaxassislik yo'nalishi uchun tadbiiq qila bilish; mashinasozlik mahsulotlariga qo'yilgan asosiy shartlarni, ya'ni mahsulotni tannarxi hamda ishonchli ishlashini oshirish yo'llari, ishga layoqatligi, loyihalashda to'g'ri model tanlash va kerakli hisoblarni bajarishni bilish.

Fanning o'quv rejadagi boshqa fanlar bilan o'zaro bog'likligi va uslubiy jihatdan uzviyligi

Materiallar qarshiligi fanini to'liq o'zlashtirish uchun quyidagi fanlardan bilim va ko'nikmaga ega bo'lishi talab etiladi: "Matematika", "Elektron – hisoblash mashinalari", "CHizma geometriya va chizmachilik", "Fizika", "Nazariy mexanika", "Konstruksion materiallar texnologiyasi"

Fanning ilm-fan va ishlab chiqarishdagi o'rni.

Ishlab chiqarishni rivojlantirish va unumdorligini oshirish uchun mashina detallari yoki inshoot qismlarining texnik ko'rsatkichlarini yaxshilash, tannarxini kamaytirish, ekspluatatsiya muddatini uzaytirish, ratsional shakli va o'lchamlarini va konstruksion materiallarni tanlashni o'rganishdan iborat. Bularni hammasi mutaxassislardan mustahkamlikka hisoblashni, kuchlanish va deformatsiyalarni tajribaviy usulda aniqlash asoslarini mukammal bilishni taqozo qiladi.

Fanning o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar

Talabalarni "Materiallar qarshiligi" fanini o'zlashtirishlari uchun o'qitishning ilg'or va zamonaviy usullaridan foydalanish, yangi informatsion-pedagogik texnologiyalarni tadbiiq qilish muhim aqamiyatga egadir. Fanni o'zlashtirishda darslik, o'quv qo'llanma va uslubiiy ko'rsatmalar, ma'ruza matnlari, tarqatma materiallar, elektron ta'lim resurslari, virtual stendlar hamda ishchi holatdagi maket va dastgohlardan foydalaniladi. Ma'ruza, amaliiy va laboratoriya darslarida mos ravishda ilg'or pedagogik texnologiyalardan foydalaniladi.

ASOSIY QISM

Fanning nazariy mashg'ulotlari mazmuni

Kirish. Materiallar qarshiligi fanining vazifalari. Materiallar qarshiligini umummuhandislik va maxsus fanlar bilan bog'likligi, konstruksiya elementlari. Kuch va kuch turlari. Kesish metodi. Kuchlanish va deformatsiya haqida tushuncha. Materiallar qarshiligi fanida qabul qilingan gipotezalar.

Tekis kesim yuzalarining geometrik tavsiflari

Statik moment va inertsiiya momentlari. Kesimni parallel o'qlarga nisbatan inertsiiya momentlari. Oddiiy kesim yuzalarining inertsiiya momentlari. Koordinata o'qlarini aylantirganda kesimning inertsiiya momentlarini o'zgarishi. Bosh inertsiiya o'qlari va bosh inertsiiya momentlari.

CHo'zilish va siqilish

Markaziiy cho'zilish va siqilish. Bo'ylama kuch va kuchlanishni aniqlash. CHo'zilish va siqilishda mustahkamlik sharti. CHo'zilish va siqilishda masalalarni

yechishni uch xil ko'rinishi. Bo'ylama va ko'ndalang deformatsiya. Guk qonuni. elastiklik moduli. Puasson koeffitsienti. Xususiy og'irlik ta'sirida cho'zilish va siqilishga hisoblash. Teng qarshilik ko'rsatuvchi bruslar. Temperaturani o'zgarishida kuchlanish va deformatsiyani aniqlash. Cho'zilish va siqilishda statik noaniq masalalar. Materiallarning xossalari tajribada o'rganish. YUmshoq po'latni siqilish diagrammasi. Turli materiallarni cho'zilish va siqilish diagrammalarini taqqoslash. Turli faktorlarni (temperatura, deformatsiya tezligi, termik va mexanik ishlov berish) materiallarni xossalari ta'siri. Surilish. Ruxsat etilgan kuchlanishni aniqlash. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasining potentsial energiyasi. Kuchlanishlar kontsentratsiyasi. Qattiqlik. Kontakt kuchlanishlar.

Kuchlanganlik holatlari. Mustahkamlik nazariyalari

Kuchlanganlik holatlari nazariyalarining vazifalari. CHiziqli kuchlanganlik holati. Bosh yuzalar va bosh kuchlanishlar. Tekis kuchlanganlik holatida qiya kesimdagi kuchlanishlar. Urinma kuchlanishlarni juftlik alomati. Kuchlanishlar doirasi. Hajmiy deformatsiya va uning potentsial energiyasi. Mustahkamlik nazariyalarining vazifalari. Mo'rt va plastik yemirilish. Mustahkamlikni Mor va energetik nazariyalari.

Siljish

Sof siljish. Kuchlanish. Guk qonuni. Siljish moduli. Ruxsat etilgan kuchlanishni aniqlash. Deformatsiyani potentsial energiyasi. Siljishga ishlovchi konstruktsiyalarni hisoblash: payvand va parchin mixli birikmalar.

Buralish.

Burovchi momentni aniqlash. Doiraviy kesimli sterjenlarni buralishida kuchlanish va deformatsiya. Mustahkamlik va bikrlilik shartlar. Statik noaniq masalalar. Deformatsiyani potentsial energiyasi. Kesimi doira-viy bo'lmagan sterjenlarni buralishi. Vintsimon prujinalarni hisoblash.

Egilish

Egilishga ishlovchi konstruktsiyalar. Tayanch va tayanch turlari. eguvchi moment va ko'ndalang kuchlarni aniqlash. Ichki kuch faktorlari va tashqi yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differentsial bog'lanishlar. Sof egilish. Normal kuchlanishni aniqlash. Urinma kuchlanishni aniqlash. Normal va urinma kuchlanishlar bo'yicha mustahkamlik shartlar. Ratsional kesimni tanlash. Juravskiy formulasini turli shaklli kesim yuzalariga tadbqiq etish. egilish markazi. Balkalarni mustahkamligini bosh kuchlanishlar bo'yicha tekshirish. egilishda ko'chishni

aniqlash. elastik chiziqni differentsial tenglamasi va uni integrallash. Boshlang'ich parametrlar usuli. Ko'chishni aniqlashning grafo-analitik usuli. Teng qarshilik ko'rsatuvchi balkalar. Deformatsiyani potentsial energiyasi. Ishlar orasidagi bog'lanishlar teoremasi. Ko'chishlar orasidagi bog'lanishlar Teoremasi. Mor integrali. Vereshagin qoidasi. Statik noaniq sistemalar. Uzluksiz balkalarni hisoblash uchun uch moment teoremasi. Statik noaniq ramalarni hisoblash.

Egri sterjenlar

Ichki kuch faktorlarini aniqlash. Kuchlanish va neytral o'q holatini aniqlash. Normal kuchlanish formulasini tahlili.

Murakkab qarshiliklar

Egilish bilan buralishni birgalikdagi ta'siri. Valni hisoblash. Qiyshiq egilish. Kuchlanish va neytral o'q holatini aniqlash. Makazlashmagan cho'zilish yoki siqilish. Kuchlanish va neytral o'q holatini aniqlash. Bo'ylama va ko'ndalang egilish.

Ustuvorlik

Siqilgan sterjenlarni ustuvorligi. Kritik kuchlanishni aniqlash. eyler formulasi. Sterjen uchlarining tiralish shartlarini eyler formulasiga ta'siri. eyler formulasini ishlatilish chegarasini aniqlash. YAsinskiy formulasi. Ustuvorlikka amaliy hisoblash.

Dinamik kuchlar

Dinamik kuchlar haqida tushuncha. Tekis tezlanishli, aylanma va tebranma harakatlarda dinamik kuchlanish. Zarb ta'sirida cho'zilish va siqilish, buralish, egilish. O'zgaruvchan kesimli sterjenlarni zarb ta'sirida hisoblash. Zarb ta'siriga sinash.

O'zgaruvchan kuchlanishlar

O'zgaruvchan kuchlanishlarning tsikl turlari. Materiallarni toliqishi. Toliqish diagrammasi. Nosimmetrik tsikllarda toliqish chegarasini aniqlash. Turli texnologik faktorlarni toliqish chegarasiga ta'siri. O'zgaruvchan kuchlanishlar ta'sirida mustahkamlikka hisoblash.

Xulosa. YUppa devorli idishlarni hisoblash. Guk qonuni ishlatiladigan chegaradan tashqarida materiallarni mustahkamlikka hisoblash. Kuchlanish va deformatsiyalarni tajribada aniqlashning yangi usullari. Konstruktsiya qismlarini chekli yuk bo'yicha hisoblash.

Amaliy mashg'ulotlarning taxminiy ro'yxati

Tekis kesim yuzalarining geometrik tavsiflari. Tekis kesim yuzalarining og'irlik markazining koordinatalarini va inertsiya momentlarini aniqlash. Bosh inertsiya o'qlarining yo'nalishini va bosh inertsiya momentlarini aniqlash

Cho'zilish va siqilish. Statik aniq va noaniq masalalar. Bo'ylama kuch normal kuchlanish va bo'ylama deformatsiya epyuralarini qurish.

Murakkab kuchlanganlik holati. Qiya kesim va bosh yuzalardagi kuchlanishlarni analitik va grafik usullarda aniqlash.

Siljish. Parchin va payvand birikmalarni hisoblash

Buralish. Burovchi moment va buralish burchagini aniqlash va epyurlarini qurish. Buralishda mustahkamlikka va bikrlikka hisoblash

Egilish. eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyurlarini qurish. Egilishda normal va urinma kuchlanishlarni aniqlash. Balkalarni to'liq hisoblash. egilishda ko'chishni analitik va grafoanalitik usullar bilan aniqlash

Murakkab qarshiliklar. Valni buralish va egilishga hisoblash.

Qiyshiq egilishda kuchlanish va deformatsiyani aniqlash. Markazdan tashqari cho'zilish yoki siqilishga hisoblash

Ustuvorlik. Siqilgan sterjenlarni ustuvorlikka hisoblash: Kesimni tanlash va kritik kuchni aniqlash

Amaliy mashg'ulotlarni tashkil etish bo'yicha tavsiyalar.

Amaliy mashg'ulotlarda talabalar inshoot konstruktsiyalarining kuchlanganlik va deformatsiyalangan holatlariga oid misollar yechadilar, keyslar orqali yanada boyitadilar. SHuningdek, darslik va uquv kullanmalar asosida talabalar bilimlarini mustahkamlashga erishish, tarqatma materialdan foydalanish, ilmiy maqolalar va tezislarni chop etish orqali talabalar bilimini oshirish, mavzular buyicha taqdimotlar va kurgazmali qurollar tayyorlash va boshqalar tavsiya etiladi.

Tajriba ishlarini tashkil etish bo'yicha ko'rsatmalar

Tajriba ishlarida talabalar turli materiallardan tayyorlangan namunalarni cho'zilish va siqilish, siljish, buralish, zgilish deformatsiyalariga sinash orqali materiallarni turli yuklanish jarayonida yemirilishlarini kuradilar. Materiallarni

sinash mashinalari va qurilmalari bilan tanishadilar, tashqi kuch va deformatsiya orasidagi bog'lanishlarning grafikasini quradirlar va tahlil qiladilar.

Tajriba mashg'ulotlarining taxminiy ro'yxati

№	Tajriba ishining mavzusi	Sinov mashinasining markasi
1.	YUmshoq po`latni cho`zilishga sinash	RV-10; RV-20; RV-50
2	CHO`zilishda elastiklik modulni aniqlash	RV-10;
3.	Plastik va mo`rt materiallarni siqilishga sinash	RV-10; RV-20; RV-50 va P-50
4	Pulat materialini qir qilishga sinash.	RV-10
5	Metall namunasini buralishga sinash	KM-50-I va K - 5
6	Vintsimon prujinani deformatsiyasini aniqlash	DP-6A qurilmasi
7	Ikki tayanchli balkani deformatsiyasini aniqlash	SM-4A qurilmasi
8.	Konsol' balkaning deformatsiyasini aniqlash	SM-7A qurilmasi
9	Doiraviy kesimli ochik profilni egilish markazini aniqlash	SM-2 qurilmasi

Hisoblash - grafik ishlarini tashkil etish bo'yicha tavsiyalar

Nazariyada olingan bilimlarni mustahkamlash va amaliy jihatdan texnikaviy masalalarni yechishni o'rganish uchun o'quv rejasi asosida materiallar qarshiligidan talabalarning mustaqil ishi sifatida hisoblash grafik ishlari belgilangan. Bir semestrda bajariladigan XGIning hajmi, uni bajarish uchun sarflangan vaqt fanni bir semestrda o'qish uchun mo'ljallangan soatining taxminan 30 % ni tashkil etish kerak.

Hisoblash – grafik ishi 1...5 ta masalalardan tashkil topgan bo'lib masalalar kafedra tomonidan tayyorlangan masalalar to'plamidan talabaning sinov daftarchasidagi shifr yordamida belgilanadi. Bunda shifrni oxirgi raqami masala sxemasining tartib raqamini va oxirdan oldingisi variant raqamini bildiradi. Har bir XGI-talaba tomonidan bajariladi va mo'ljallangan muddatda himoya qilinadi va o'qituvchiga topshiriladi. XGI-ni topshirilgan vaqti guruh jurnaliga o'qituvchi talaba

tomonidan masalani to'g'ri yoki noto'g'ri echilayotganligini belgilaydi va yo'llanma beradi. Agar masala to'g'ri yechilgan bo'lsa, o'qituvchi ishni muqovasiga «himoyaga» belgisi qo'yadi, noto'g'ri yechilgan masala talabaga qaytarib beriladi XGI - ni o'qituvchi darsdan tashqari vaqtda tekshiradi. XGI-larni sonidan qat'iy nazar, har bir talabaga belgilangan 1 soatni 2/3 qismi XGI-ni tekshirish va 1/3 qismi uni talaba tomonidan ximoya qilishi uchun sarflanadi.

XGI ni himoyalashda talaba masalani yechilishini tushuntirib beradi yoki oddiy masalani yechilishini ko'rsatadi. Himoyalangan XGI kafedraning arxivida saqlanadi.

Hisoblash – grafik ishlarining taxminiy ro'yxati

Topshiriq – Nosimmetrik tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalarini hisoblash

Topshiriq –Pog'onali statik noaniq bruslarda ichki bo'ylama kuch, normal kuchlanish, bo'ylama uzayish epyurlarini qurish.

Statik noaniq sterjenlar sistemasida ichki kuchlarni aniqlash

Topshiriq – Burovchi moment va buralish burchagi epyurlarini qurish

Topshiriq –Eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyurlarini qurish

Topshiriq – Valni buralish bilan egilishga hisoblash

Topshiriq – Siqilgan sterjenlarni ustuvorlikka hisoblash

Mustaqil ta'limning shakli va mazmuni

Talaba mustaqil ishining asosiy maqsadi – o'qituvchining rahbarligi va nazorati ostida talabada muayyan o'quv ishlarini mustaqil ravishda bajarish uchun bo'lgan bilim va ko'nikmalarni shakllantirish va rivojlantirish. Talaba mustaqil ishining vazifalari quyidagilardan iborat:

- yangi bilimlarni mustaqil tarzda puxta o'zlashtirish ko'nikmalariga ega bo'lish;

- kerakli

ishining variant raqamini bildiradi.

Tavsiya ma'lumotlarni izlab topishni qulay va samarali usullari va vositalarini aniqlash.

Materiallar qarshiligi fanidan talaba har bir joriy nazoratda bittadan mustaqil ish bajaradi

«Materiallar qarshiligi» dan talaba mustaqil ishini tashkil etishda fanning xususiyatlaridan kelib chiqib, quyidagi tarkibni qabul qilinadi:

-ayrim nazariy mavzularni o`quv adabiyotlari yordamida mustaqil o`zlashtirish;

- amaliy va tajriba mashg'ulotlariga tayyorgarlik;

- hisoblash – grafik ishlariga tayyorgarlik;

Materiallar qarshiligining nazariyasiga tegishli mustaqil ishning varianti talabaning sinov daftarchasidagi shifr yordamida belgilanadi. Bunda shifrn oxirgi raqami talaba mustaqil **etilayotgan mustaqil ishlarning mavzulari**

1.Mexanik xossalarga turli omillarning (harorat, radioaktiv nurlanish, namlik va x.k.) ta`siri.

2.Chozilish va siqilish deformatsiyasining potentsial energiyasi.

3.Teng qarshilik ko`rsatuvchi bruslar.

4.To`g`ri to`rtburchak sterjenlarning buralishi.

5.Buralishda kuchlanganlik va deformatsiya holatlarining tahlili.

6.Egilish deformatsiyasi. Qo`shma balkalarni mustahkamlikka hisoblash.

7.Juravskiy formulasini turli kesimlarga tadbiq etish.

8.Teng qarshilik ko`rsatuvchi balkalar.

9.Egri bruslarni mustahkamlikka tekshirish.

10. Sterjenlarning bo`ylama egilishi.

11. Vaqt bo`yicha davriy o`zgaruvchan kuchlanishlarda materiallar mustahkamligi.

12.Toliqish, yemirilish va uning sabablari.

13.Kuchlanishlar tsikllarining turlari.

14.Chidamlilik chegaraga ta`sir etuvchi omillar.

15.O`zgaruvchan kuchlanishlarda mustahkamlikka oid hisoblar.

16.Kontakt kuchlanishlar. Qattiqlik.

17.Kuchlanishlar kontsentratsiyasi.

18.YUpqa devorli idishlarni hisoblash. YUpqa devorli idishlar hisobida momentsiz nazariya asosida sferik va tsilindrik idishlarni hisoblash. Tsilindrik qobiqda chegaraviy effekt.

19.Guk qonuni ishlatiladigan chegaradan tashqarida materiallarni mustahkamlikka hisoblash.

20.YAngi materiallar haqida tushuncha.

21.Kuchlanish va deformatsiyalarni tajribada aniqlashning yangi usullari.

22. Konstruktsiya qismlarini chekli yuk bo'yicha hisoblash.

Dasturning informatsion-uslubiy ta'minoti

Mazkur fanni o`qitish jarayonida ta`limning zamonaviy metodlari, pedagogik va axborot kommunikatsion-texnologiyalari qo`llanilishi nazarda tutilgan.

- mashina va mexanizmlar hamda muhandislik inshootlari konstruktsiya-larini mustahkamlikka,birlikka va ustuvorlikka amaliy hisoblash va tajribaviy kuzatishlarda, komp'yuter texnologiyalari yordamida namoyish etish va elektron didaktik texnologiyalar;

- ichki kuchlar, kuchlanishlar, ko'chishlar va deformatsiyalar, qattiq jism materiallarini asosiy mexanik xossalari-elastiklik; oquvchanlik, surilish va relaksatsiya, toliqish va yemirilish mustahkamlik to'g'risidagi tushunchalar; yemirilish va mustahkamlik kuchlanishi, deformatsiya va ko'chishlar orasidagi bog'lanishning matematik ifodasi va animatsion dasturlar.

Foydalaniladigan adabiyotlar ro'yxati **Asosiy adabiyotlar:**

1. N.S. Bibutov «Materiallar qarshiligi asoslari», Minhoj, Toshkent. 2003.- 557 bet.

2. A.Nabiev «Materiallar qarshiligi», YAngi asr avlodi Toshkent 2008.- 489 bet.

3. K.M. Mansurov - «Materiallar qarshiligi kursi», O`qituvchi, Toshkent. 1983.- 380 bet.

Qo`shimcha adabiyotlar:

1. S.Yo'ldoshbekov Materiallar qarshiligi. Toshkent, «O`qituvchi » 1995 yil
2. N.S.Bibutov., Murodov N.M. Materiallar qarshiligini o`qitish metodikasi. “Durdona”, Buxoro, 2013.-376 bet
3. M.Ergashov. - Materiallar qarshiligidan hisoblash loyihalash ishlari. Toshkent, Moliya, 2004.-270 bet.
4. S. M. Xasanov - Materiallar qarshiligidan misollar yechish, Fan va texnologiyalar, Toshkent, 2007.-354 bet
5. V.K. Kachurin– «Materiallar qarshiligidan masalalar to`plami» O`qituvchi, Toshkent. 1998.- 375 bet.

Internet saytlari:

1. www.ziyonet.uz;
2. Texnicheskaya mexanika. [igru ru./upload/pdf-2/teh-25.pdf](http://igru.ru./upload/pdf-2/teh-25.pdf)
3. Soprotivlenie materialov i detali mashin. [www.vgsha ru/Default.aspx](http://www.vgsha.ru/Default.aspx) tabid
4. www.lex.uz;
5. www.bilim.uz;
6. www.gov.uz;

O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O`RTA MAXSUS
TA`LIM VAZIRLIGI
BUXORO MUXANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

Ro`yxatga olindi:

No 0004(03)

2016 yil "___" _____



“Tasdiqlayman”

Ishlab chiqarish va ta`lim prorektor

Prof. Q.T.Olimov

2016 yil

**“Materiallar qarshiligi”
Fanining Ishchi o`quv dasturi**

Bilim sohasi: 100 000 – Gumanitar soha
300 000 – Ishlab chiqarish texnik soha

Ta`lim sohasi: 310 000 – Muxandislik ishi
110 000- Pedagogika
320 000 – Ishlab chiqarish texnologiyasi.

Ta`lim yo`nalishi: 5111000-Kasb ta`limi (5320200-mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqishini jixozlash va avtomatlashtirish)

Fanning o'quv dasturi o'quv ishchi, o'quv reja va o'quv dasturiga muvofiq ishlab chiqildi.

Tuzuvchilar:

N.S.Bibutov.- Buxoro Muxandislik-texnologiya instituti, «Mexanika» kafedrası dotsenti

D.A.Zokirova -Buxoro Muxandislik-texnologiya instituti, «Mexanika» kafedrası katta o`qituvchisi.

Taqrizchilar:

I.S.Xasanov.-TIMI Buxoro filiali «Suv xujaligi va melioratsiya ishlarini mexanizatsiyalash»
dekani,t.f.n.,dotsent.

Kelishildi: O`quv-uslubiy boshqarma boshlig`i

_____SH.M.Xodjiyev

Kirish

Kadrlar tayyorlash milliy dasturida, xalqning boy intellektual merosi va umum-bashariy qadriyatlar asosida zamonaviy madaniyat, iqtisodiyot, fan – texnika va texnologiyalarning yutuqlari asosida kadrlar tayyorlashning mukammal tizimini shakllantirish O'zbekiston tarqiyotining muhim shaklidir deyilgan. Bu yuksak vazifani amalga oshirish uchun yoshlarni har tomonlama barkamol qilib tarbiyalash, jahon andozalari talabiga mos ravishda bilimli mutaxassislar tayyorlash maqsadga muvofiqdir. Ilm – fanning zamonaviy yutuqlari asosida mustaqil fikr va mushohada yurita oladigan yuqori malakali kadrlarni tayyorlash masalasi o'quv adabiyotlarining – darsliklarning yangi avlodini yaratishni talab etmoqda. Oliy majlisning X – sessiyasida Prezidentimiz I.A.Karimov «Ta'lim darslikdan boshlanadi» degan edi. Haqiqatdan yaxshi o'qish ham, samarali o'zlashtirish ham darslik bilan chambarchas bog'liqdir, ya'ni sifatli darslik nafaqat o'rganuvchilarning qiziqishini oshiradi balki etarlicha tajribaga ega bo'lmagan yosh o'qituvchilar uchun uslubiy qo'llanma bo'ladi, ularning kamchiligini bartaraf etadi.

Bu sohani rivojlantirish uchun esa yangicha fikrlaydigan, o'qitishning zamonaviy metod, shakl va usullaridan samarali foydalana oladigan yuqori malakali muhandis-pedagog kadrlar zarur.

Hozirgi zamon talabidagi tayyorlanayotgan muhandis-texnologlar va ishlab chiqarish ta'limi ustalari "Materiallar qarshiligi" fanini chuqur bilishlari lozim.

"Materiallar qarshiligi" fanidan o'quv mashg'ulotlarini tashkil etishda barcha ta'lim yo'nalishlarida ta'lim olayotgan talabalarga har bir semestr boshlanishida ma'ruza, amaliy va laboratoriya mashg'ulotlari mavzulari, o'quv moduli birliklari, aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari, tayanch so'z va iboralar, test, muammoli savol, topshiriq va masalalar hamda baholash mezonlari oldindan berilib, ilg'or pedagogik texnologiya va axborot texnologiyalarni joriy etishga asoslangan mashg'ulotlar o'tkazilishi lozim.

Fanning maqsad va vazifalari

Materiallar qarshiligi fanini o'qitishdan maqsad, talabalarga mashina detallari va inshoot qismlarini mustahkamlikka, bikrikka va ustuvorlikka hisoblash va loyihalashni o'rgatishdir.

Fanning vazifasi – tashqi ta'sir ostida materiallarni xossalari o'zgarishini, konstruktsiyaning har bir elementi uchun materialni va o'lchamlarini tanlashni o'rganadi. Loyixa asosida yaratilgan konstruktsiya – oddiy, mustahkam va arzon bo'lishi kerak. Materiallar qarshiligini muammosi sifatida tashqi ta'sir ostida o'rganilayotgan konstruktsiyani faqat ichki kuchlari (zo'riqish) aniqlashni emas, balki konstruktsiyani amaliy axamiyatini va ishlash qobiliyatini baholashda, ichki kuchlarni tarqalish qonuniyatlarini o'rganish va hisobga olishdan to'g'ri foydalanishdir. Materiallar qarshiligini o'qitishda uchta asosiy qismlarga e'tibor beriladi:

1) Ko'chishlar, kuchlanishlar, deformatsia va ichki kuchlarni bajargan ishlari to'g'risidagi tushuncha;

2) Qattiq jism materiallarini asosiy mexanik xossalari-elastiklik; oquvchanlik, surilish va relaksatsiya, toliqish va emirilish mustahkamlik to'g'risidagi tushuncha;

3) Emirilish va mustahkamlik kuchlanish, deformatsiya va ko'chishlar orasidagi bog'lanishni matematik ifodasi.

Mashina detallari va inshoot qismlarini kuchlanganlik – deformatsiya holatlarini aniqlashda materiallar qarshiligini asosiy vazifasi:

- talabalarga mashina detallari va inshoot qismlarini; mustahkamlikka; ustuvor-likka; bikrikka hisoblash usullarini o'rgatish bilan birga olgan bilimlarni amaliy masalalarni yechishda tadbiiq ettirishdir.

Fan bo'yicha talabanning malakasiga qo'yiladigan talablar

Talabalar «Materiallar qarshiligi» fanini o'rganish jarayonida quyidagilarni bajara olishi lozim: «Materiallar qarshiligi» fanining zaruriy qismlarini mutaxassis-lik yo'nalishlari uchun tadbiiq qila bilish; qurilish materiallariga qo'yilgan asosiy shartlarni, ya'ni mahsulotni tannarxi hamda ishonchli ishlashini oshirish yo'llari, ishga layoqatligi, loyixalashda to'g'ri model tanlash va kerakli hisoblarni bajarishni bilish.

O'quv rejadagi boshqa fanlar bilan bog'liqligi

Materiallar qarshiligi fanini to'liq o'zlashtirish uchun quyidagi fanlarni ko'rsatilgan bo'limlarini o'rganish lozim;

1. Oliy matematika:

- a) geomterik yuza, hajmi va turli shakllarning og'irlik markazini aniqlash;
- b) differentsial va integral hisoblashlar;
- v) oliy mtematikaning maxsus bo'limlari

2. Informatika va axborot texnologiyalari:

- a) programmalashtirish;
- b) EXM-ni ishlatishni bilish;

3. Chizma geomteriya va muxandislik grafikasi:

- a) eskiz va chizmalarni bajarishda chiziqqlarni bajarish;
- b) turli shakllarni kesimlari;
- v) proektsiyalar asosida aksonometrik ko'rinishlarni qurish;
- g) masshtabni tanlash;

4. Fizika:

- a) materiallarni fizik xossalarini o'rganish;

- b) deformatsiya;
- v) turli tajribalarni o'tqazish (kuchni, deformatsiya va h.k.o'lchash)
- g) kuchlanish – deformatsiya holatini polyarizatsiyalashgan – optik usul bilan o'rganish.

5. Nazariy mexanika:

- a) Statika bo'limi tayanch va tayanch reaksiyalari; kuch va kuch turlari kuchni o'qlardagi proektsiyalari; kuch momenti; juft kuch; tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini analitik muvozanat shartlari;
- b) dinamika bo'limi; dinamik kuchlar; inertsiya kuchlari; dinamikani asosiy qonunlari; tebranma va aylanma harakatda dinamik kuch;

6. Konstruktsion materiallar texnologiyasi:

Metallarni olinish texnologiyasi; metallarga termik va mexanik ishlov berish asoslari.

Fanni o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar

Talabalarni "Materiallar qarshiligi" fanini o'zlashtirishlari uchun o'qitishning ilg'or va zamonaviy usullaridan foydalanish, yangi informatsion-pedagogik texnologiyalarni tadqiq qilish muhim aqamiyatga egadir. Fanni o'zlashtirishda darslik, o'quv qo'llanmalar va uslubiy ko'rsatmalar, ma'ruza matnlari, tarqatma materiallar, elektron ta'lim resurslari, virtual stendlar hamda ishchi holatdagi maket va dastgohlardan foydalaniladi. Ma'ruza, amaliy va laboratoriya darslarida mos ravishda ilg'or pedagogik texnologiyalardan foydalaniladi.

«Materiallar qarshiligi» kursini loyihalashtirishda quyidagi asosiy kontseptual yondoshuvlardan foydalaniladi:

Shaxsga yo'naltirilgan ta'lim. Bu ta'lim o'z mohiyatiga ko'ra ta'lim jarayonining barcha ishtirokchilarini to'laqonli rivojlanishlarini ko'zda tutadi. Bu esa ta'limni loyihalashtirilayotganda, albatta, ma'lum bir ta'lim oluvchining shaxsini emas, avvalo, kelgusidagi mutaxassislik faoliyati bilan bog'liq o'qish maqsadlaridan kelib chiqqan holda yondoshilishni nazarda tutadi.

Tizimli yondoshuv. Ta'lim texnologiyasi tizimning barcha belgilarini o'zida mujassam etmog'i lozim: jarayonning mantiqiyliigi, uning barcha bo'g'inlarini o'zaro bog'langanligi, yaxlitligi.

Faoliyatga yo'naltirilgan yondoshuv. SHaxsning jarayonli sifatlarini shakllanti-rishga, ta'lim oluvchining faoliyatni aktivlashtirish va intensivlashtirish, o'quv jarayoni-da uning barcha qobiliyati va imkoniyatlari, tashabbuskorligini ochishga yo'naltirilgan ta'limni ifodalaydi.

Dialogik yondoshuv. Bu yondoshuv o'quv munosabatlarini yaratish zaruriyatini bildiradi. Uning natijasida shaxsning o'z-o'zini faollashtirishi va o'z-o'zini ko'rsata olishi kabi ijodiy faoliyati kuchayadi.

Hamkorlikdagi ta'limni tashkil etish. Demokratik, tenglik, ta'lim beruvchi va ta'lim oluvchi faoliyat mazmunini shakllantirishda va erishilgan natijalarni baholashda birgalikda ishlashni joriy etishga e'tiborni qaratish zarurligini bildiradi.

Muammoli ta`lim. Ta`lim mazmunini muammoli tarzda taqdim qilish orqali ta`lim oluvchi faoliyatini aktivlashtirish usullaridan biri. Bunda ilmiy bilimni ob`ektiv qarama-qarshiligi va uni hal etish usullarini, dialektik mushohadani shakllantirish va rivojlantirishni, amaliy faoliyatga ularni ijodiy tarzda qo`llashni mustaqil ijodiy faoliyati ta`minlanadi.

Axborotni taqdim qilishning zamonaviy vositalari va usullarini qo`llash - yangi kompyuter va axborot texnologiyalarini o`quv jarayoniga qo`llash.

O`qitishning usullari va texnikasi. Ma`ruza (kirish, mavzuga oid, vizuallashtirish), muammoli ta`lim, keys-stadi, pinbord, paradoks va loyihalash usullari, amaliy ishlar.

O`qitishni tashkil etish shakllari: dialog, polilog, muloqot hamkorlik va o`zaro o`rganishga asoslangan frontal, kollektiv va guruh.

O`qitish vositalari: o`qitishning an`anaviy shakllari (darslik, ma`ruza matni) bilan bir qatorda – kompyuter va axborot texnologiyalari.

Kommunikatsiya usullari: tinglovchilar bilan operativ teskari aloqaga asoslangan bevosita o`zaro munosabatlar.

Teskari aloqa usullari va vositalari: kuzatish, blits-so`rov, oraliq va joriy va yakunlovchi nazorat natijalarini tahlili asosida o`qitish diagnostikasi.

Boshqarish usullari va vositalari: o`quv mashg`uloti bosqichlarini belgilab beruvchi texnologik karta ko`rinishidagi o`quv mashg`ulotlarini rejalashtirish, qo`yilgan maqsadga erishishda o`qituvchi va tinglovchining birgalikdagi harakati, nafaqat auditoriya mashg`ulotlari, balki auditoriyadan tashqari mustaqil ishlarning nazorati.

Monitoring va baholash: o`quv mashg`ulotida ham butun kurs davomida ham o`qitishning natijalarini rejali tarzda kuzatib borish. Kurs oxirida test topshiriqlari yoki yozma ish variantlari yordamida tinglovchilarning bilimlari baholanadi.

«Materiallar qarshiligi»fanini o`qitish jarayonida komp`yuter texnologiyasidan, “Excel” elektron jadvallar dasturlaridan foydalaniladi. Tajriba mashg`ulotlarining ayrim mavzulari talabalarga videotasvir orqali tushuntiriladi. Ayrim mavzular bo`yicha talabalar bilimni baholash test asosida va kompyuter yordamida bajariladi. “Internet” tarmog`idagi rasmiy iqtisodiy ko`rsatkichlaridan foydalaniladi, tarqatma materiallar tayyorlanadi, test tizimi hamda tayanch so`z va iboralar asosida oraliq va yakuniy nazoratlar o`tkaziladi.

«Materiallar qarshiligi» fani tarkibini bakalavriatura yo`nalishi bo`yicha soatlardagi taqsimoti

Materiallar qarshiligi	Mashg`ulotlar turlari, mustaqil ish va ularga ajratilgan soatlar			
	Umumiy	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>T</i>
5111000 –Kasb ta`limi (5320200 – Mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqarishini jihozlash va avtomatlashtirish) bakalavriat ta`lim yo`nalishi	72	36	18	18

Asosiy qism: Fanning uslubiy jihatdan uzviy ketma-ketligi

Asosiy qismda (ma`ruza) fanni mavzulari mantiqiy ketma-ketlikda keltiriladi. Har bir mavzuning mohiyati asosiy tushunchalar va tezislar orqali ochib beriladi. Bunda mavzu bo`yicha talabalarga DTS asosida etkazilishi zarur bo`lgan bilim va ko`nikmalar to`la qamrab olinishi kerak.

Asosiy qism sifatiga qo`yiladigan talab mavzularning dolzarbligi, ularning ish beruvchilar talablari va ishlab chiqarish ehtiyojlariga mosligi, mamlakatimizda bo`layotgan ijtimoiy-siyosiy va demokratik o`zgarishlar, iqtisodiyotni erkinlashtirish, iqtisodiy-huquqiy va boshqa sohalaridagi islohatlarning ustuvor masalalarini qamrab olishi hamda fan va texnologiyalarning so`ngi yutuqlari e`tiborga olinishi tavsiya etiladi.

Ma`ruza mashg`ulotlari

Materiallar qarshiligi kursi inshoot elementlarida, konstruksiyalarida hosil biladigan zo`riqishlar, deformatsiyalarni aniqlash usullarini, hamda mazkur konstruksiya-larni mustahkamlikka, bikirlikka va ustivorlikka hisoblash usullarini o`rgatadi. Kursning o`qitilishdan maqsad talabalarda inshootlarni loyihalash jarayonida asosiy masalalardan biri hisoblangan loyiha – konstruktorlik hisoblari bo`yicha boshlang`ich ko`nikmalar hosil qilishdan iborat. Kurs bo`yicha talabalar bilimlariga quyidagi talablar qo`yiladi. Talabalar kursning nazariy asoslarini, hamda amaliy hisoblar uchun zarur bo`lgan asosiy formulalarni puxta egallash lozim. Inshoot konstruksiyalarining hisobiy modellarini to`g`ri tanlash, amaliy masalalarni echishda kursning hisob formulalarida, zamonaviy hisoblash usulublaridan yaxshi foydalanishi kerak.

«Materiallar qarshiligi» umummuxandislik fan bo`lib, u «Oliy matematika», «Fizika», «Nazariy mexanika» fanlariga asoslangan. Mazkur fan bo`yicha hosil qilingan asosiy xulosalar, natijalar va hisob formulalari «Qurilish mexanikasi», «Elastiklik va plastiklik nazariyasi», «Qurilish konstruksiyalari», «Inshootlar zilzilabardoshligi» va boshqa ko`p fanlarda keng qo`llaniladi. Mazkur dasturga binoan «Materiallar qarshiligi» . siqilish. Bo`ylama kuch va kuchlanishni aniqlash. Cho`zilish va siqilishda mustahkamlik sharti. Cho`zilish va siqilishda masalalarni echishni uch xil ko`rinishi. Bo`ylama va ko`ndalang deformatsiya. Guk qonuni. elastiklik moduli. Puasson koeffitsienti. Xususiy og`irlik ta`sirida cho`zilish va siqilishga hisoblash. Teng qarshilik ko`rsatuvchi bruslar. Temperaturani o`zgarishida kuchlanish va deformatsiyani aniqlash. Cho`zilish va siqilishda statik noaniq masalalar. Materiallarning xossalarni tajribada o`rganish. YUmshoq po`latni siqilish diagrammasi. Turli materiallarni cho`zilish va siqilish diagrammalarini taqqoslash. Turli faktorlarni (temperatura, deformatsiya tezligi, termik va mexanik ishlov berish) materiallarni xossalari ta`siri. Ruxsat etilgan kuchlanishni aniqlash. Cho`zilish va siqilish deformatsiyasini potentsial energiyasi. Kuchlanishlar konsentratsiyasi. Qattiqlik. Kontakt kuchlanishlar Mavzuni o`qitish metodikasini o`rgatish.

Qo`llaniladigan ta`lim texnologiyalari: dialogik yondashuv, muammoli ta`lim. Bingo, ajurali arra, nilufar guli, menyu, algoritim, munozara, uz-uzini nazorat.

ADABIETLAR: A1;;A3;A8;A9;;K6;K8;K9;K10;X1.X3.

Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalari. Statik moment va inertsia momentlari. Kesimni parallel o'qlarga nisbatan inertsia momentlar. Oddiy kesim yuzalarining inertsia momentlari. Koordinata o'qlarini aylantirganda kesimning inertsia momentlarini o'zgarishi. Bosh inertsia o'qlari va bosh inertsia momentlari.

Mavzuni o'qitish metodikasini o'rgatish. Test topshiriqlari tuzish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: dialogik yondashuv, muammoli ta'lim. Bingo, nilufar guli, menyu, munozara, uz-uzini nazorat.

ADABIETLAR: A1;A2;A3;;A8;A9;A10;K2;K3;K4;X1,X2,X3,X4.

Kuchlanganlik holati va deformatsiyalar. Kuchlanganlik holatlari nazariyalarini vazifalari. CHiziqli kuchlanganlik holati. Bosh yuzalar va bosh kuchlanishlar. Tekis kuchlanganlik holatida qiya kesimdagi kuchlanishlar. Urinma kuchlanishlarni juftlik alomati. Kuchlanishlar doirasi. Hajmiy deformatsiyani potentsial energiyasi.

Mustahkamlik nazariyalari. Mustahkamlik nazariyalarining vazifalari. Mo'rt va plastik emirilish. Mustahkamlikni Mor va energetik nazariyalari.

Siljish. Sof siljish. Kuchlanish. Guk qonuni. Siljish moduli. Ruxsat etilgan kuchlanishni aniqlash. Deformatsiyani potentsial energiyasi. Siljishga ishlovchi konstruk-tsiyalarni hisoblash. Payvand va parchin mixli birikmalar.

Buralish. Burovchi momentni aniqlash. Doiraviy kesimli sterjenlarni buralishida kuchlanish va deformatsiya. Mustahkamlik va bikrlilik shartlar. Statik noaniq masalalar. Deformatsiyani potentsial energiyasi. Kesimi doiraviy bo'lmagan sterjenlarni buralishi. Vintsimon prujinalarni hisoblash. Mavzuni o'qitish metodikasini o'rgatish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: muammoli ta'lim. Ajurali arra, menyu,algoritm, munozara,uz-uzini nazorat.

ADABIETLAR: A1;A2;A3;A7;A8;A9;;K7;K8;K9;K10;

Egish va murakkab qarshilik. egilishga ishlovchi konstruktsiyalar. Tayanch va tayanch turlari. eguvchi moment va ko'ndalang kuchlarni aniqlash. Ichki kuch va tashqi yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differentsial bog'lanishlar. Sof egilish. Normal kuchlanishni aniqlash. Urinma kuchlanishni aniqlash. Normal va urinma kuchlanishlar bo'yicha mustah-kamlik shartlar. Ratsional kesimni tanlash. Juravskiy formulasini turli shakilli kesim yuzalariga tadbiiq etish. egilish markazi. Balkalarni mustahkamligini bosh kuchlanishlar bo'yicha tekshirish. egilishda ko'chishni aniqlash. elastik chiziqni differentsial tenglamasi va uni integrallash.Boshlang'ich parametrlar usuli. Ko'chishni aniqlashni grafo-analitik usuli. Teng qarshilik ko'rsatuvchi balkalar. Deformatsiyani potentsial energiyasi. Ishlar orasidagi bog'lanishlar teoremasi. Ko'chishlar orasidagi bog'lanishlar Teoremasi. Mor integrali. Vereshagin teoremasi. Statik noaniq sistemalar. Uzluksiz balkalarni hisoblash uchun uch moment teoremasi. Statik noaniq ramalarni hisoblash mavzuni o'qitish metodikasini o'rgatish.

Murakkab qarshiliklar. egilish bilan buralishni birgalikdagi ta'siri. Valni hisoblash. Qiyshiq egilish. Kuchlanish va neytral o'q holatini aniqlash. Makazlashmagan cho'zilish va siqilish. Kuchlanish va neytral o'q holatini aniqlash. Bo'ylama va ko'ndalang egilish

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: dialogik endashuv, muammoli ta'lim. Bingo, ajurali arra, nilufar guli, menyu,algoritm, munozara, uz-uzini nazorat.

ADABIETLAR: A1;A2;A3;A7;A8;A9;A10;K4;K7;K8;K9;K10;

Siqilgan sterjenlarning ustivorligi. Muvozanatning ustivor va noustivor shakllari to'g'risida tushuncha. Bo'ylama egilish. Markaziy siqilgan sterjen uchun kritik kuchni aniqlash. eyler formulasi. Sterjen tayanch shartlarining kritik kuch qiymatiga ta'siri. Kritik kuchlanishni aniqlashda YAsniskiy

formulasi. Markaziy siqilgan sterjenlarni ustivorlikka hisoblash. Ko`ndalang kesim o`lchamlarini ruxsat etilgan yukni aniqlash. Test topshiriqlari tuzish. Mavzuni o`qitish metodikasini o`rgatish.

Qo`llaniladigan ta`lim texnologiyalari: dialogik endashuv, muammoli ta`lim. Bingo, nilufar guli, munozara, uz-uzini nazorat.

ADABIETLAR: A1;A2;A3;;A8;A9;;K7;K8;K9;K10;X1,X3,X4.

Dinamik kuchlar. Dinamik kuchlar haqida tushuncha. Tekis tezlanishli, aylanma va tebranma harakatlarda dinamik kuchlanish. Zarb ta`sirida cho`zilish va siqilish, buralish, egilish. Yzgaruvchan kesimli sterjenlarni zarb ta`sirida hisoblash. Zarb ta`siriga sinash

Yzgaruvchan kuchlanishlar. Yzgaruvchan kuchlanishlarning tsikl turlari. Materiallarni toliqishi. Toliqish diagrammasi. Nosimmetrik tsikllarda toliqish chegarasini aniqlash. Turli texnologik faktorlarni toliqish chegarasiga ta`siri. Yzgaruvchan kuchlanishlar ta`sirida mustahkamlikka hisoblash. Mavzuni o`qitish metodikasini o`rgatish.

Qo`llaniladigan ta`lim texnologiyalari: dialogik endashuv, muammoli ta`lim. Bingo, ajurali arra, nilufar guli, menyuu, algoritm, munozara, uz-uzini nazorat.

ADABIETLAR: A1;A2;A3;A7;A8;A9;A10;K7;K8;K9;K10;X2,X3,X4.

«Materiallar qarshiligi» fani bo`yicha ma`ruza mashg`ulotining kalendar tematik rejasi

t/r		5321500 – <i>Texnologiyalar va jihozlar</i> (Engil sanoat jihozlarini ta`mirlash va texnik xizmat ko`rsatish) bakalavriat ta`lim yo`nalishi, 5321500 – <i>Texnologiyalar va jihozlar (mashinasozlik)</i> bakalavriat ta`lim yo`nalishi va 5111000 – <i>Kasb ta`limi (5320200 – Mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqarishini jihozlash va avtomat-lashtirish)</i> bakalavriat ta`lim yo`nalishi	Soat
1	Ma`ruza	Kirish, kuch va kuch turlari. Deformatsiya va ko`chish materiallar qarshiligida qabul qilingan gipotezalar.	2
Markazi cho`zilish va siqilish materiallarning mexanik xossalari			
2	Ma`ruza	Cho`zilishda va siqilishda kuchlanish va deformatsiya Guk qonuni. Bo`ylama kuchlar va ularning epyuralari. Mustaxkamlik sharti.	2
3	Ma`ruza	Temperatura ta`sirida kuchlanish va deformatsiya. Xususiy ogirlik ta`sirida kuchlanish va deformatsiya. Tashki kuch va xususiy ogirlik ta`sirida kuchlanish va deformatsiya. ta`sirida kuchlanish va deformatsiya.	2
4	Ma`ruza	Cho`zilish diagrammasi. Turli materiallarning cho`zilish diagrammalarni taqqoslash. Cho`zilishda va siqilishda potentsial energiya. Siqilish diagrammasi. Siqilishda emirilishning o`ziga xos xususiyatlari. Yangi materiallarning mexanik xossalari.	2
Kuchlanganlik holati va deformatsiyalar.			
5	Ma`ruza.	Chizikli tekis va xajmiy kuchlanganlik xolatlari. Tekis kuchlanish holatida qiya yuzalardagi kuchlanishlar. Bosh kuchlanishlar. Xajmiy kuchlanganlik	2

		xolatida Gukning umumlashgan qonuni.	
Tekis kesim yuzalarning geometrik xarakteristikalarini			
6	Ma'ruza	Statik moment haqida tushuncha. Parallel o'qlarga nisbatan statik moment. Inertsia moment haqida tushuncha. Parallel o'qlarga nisbatan inertsia momentlari. Oddiy kesim yuzalarida inertsia momentlari. Bosh inertsia momentlari. Inertsia ellipsi haqida tushuncha.	2
Siljish deformatsiyasi.			
7	Ma'ruza	Sof siljish. Siljishda Guk qonuni. Ikkinchi tartibli YUng moduli. Sof siljishda elastiklik modullar orasidagi bog'liqlik.	2
Buralishda kuchlanish va deformatsiya.			
8	Ma'ruza	To'g'ri o'qli sterjenning buralishidagi tashqi va ichki kuch omillari. Burovchi moment va uning epyurasini qurish. Doiraviy eki xalqasimon kesimli valning buralishi. Valning mustahkamlik sharti. Buralishda statik aniqlama masalalar.	2
Egilish va murakkab qarshilik			
9	Ma'ruza	Balkalarning egilishi haqida umumiy mulohaza. To'g'ri o'qli brusning tekis egilishi. Egilishni yuzaga keltiradigan tashqi kuchlar va tayanch turlari. Balka kesimida xosil bo'ladigan ichki kuchlar, eguvchi moment va kesuvchi ko'ndalang kuch epyuralari.	2
10	Ma'ruza	Sof egilish. Normal kuchlanishlarni aniqlash	2
11	Ma'ruza	Egilishda urunma kuchlanishlarni aniqlash Juravskiy formula-sini turli kesimlarga tadbiiq etish.	2
12	Ma'ruza	Egilishda balkani ko'chishini aniqlash. Salqilik va kesimning aylani burchagi. Balka egilish o'qining differentsial tenglamasi.	2
13	Ma'ruza	Bog'lanish parametrlari usuli egilishda ko'chini topishning grafoanalitik usuli. Boshlangich parametrlar usuli.	2
14	Ma'ruza	Egilishda statik noaniq masalalar. Kanonik tenglamalar Kuch usuli. Kuchishlarni Mor va Vereshagin usulida tekshirish.	2
15	Ma'ruza	Murakkab qarshiliklar. Egilish bilan buralishning birgalikdagi ta'siri. Qiyshiq egilish. Markazlashmagan siqilish. Neytral o'q holati. Kesim yadrosi.	2
16	Ma'ruza	Valni buralish bilan egilishga hisoblash. Kuchlanish. Mustahkamlik shart.	2
Siqilgan sterjinlarning ustuvorligi.			
17	Ma'ruza	Umumiy tushunchalar. Bo'ylama egilish. Markaziy siqilgan sterjen uchun kritik kuchni aniqlash. Eyer formulasi. Kritik kuchni aniqlashda YAsinskiy formulasi.	2

Dinamik kuchlar ta'siridagi elementlar hisobi.			
18	Ma'ruza	Umumiy tushunchalar. Trosni hisoblashda kuchni inobatga olish. Zarb ta'siriga hisoblash.	2
Jami:		36 soat	

Amaliy mashg'ulotlarning tavsiya etiladigan mavzulari

Brus kesimlaridagi ichki kuchlarni aniqlash. Brus deformatsiyasining oddiy cho`zilish (siqilish) uchun ichki kuch omillari. Sterjenning markaziy cho`zilish va siqilish. Kesimlar usuli. Sterjen kesimlaridagi bo`ylama kuchlarni aniqlash va ularning epyurasini qurish. Sterjen kesimlaridagi kuchlanishlarni aniqlash. Sterjenning mustahkamlik sharti. Kesim tanlash, ruxsat etilgan kuchni aniqlash. Sterjen kesimlaridagi ko`chishlar va deformatsiya-larni aniqlash. Xususiy og`irlik va harorat ta'sirida hosil bo`ladigan ko`chish va deformatsiya-lar. CHO`zilish va siqilish deformatsiyasiga ishlaydigan statik noaniq tizimlar hisobi.

Qo`llaniladigan ta`lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta`lim.*
Adabiyotlar: A2;A3; A4; Q5; Q7; Q10; Q2; Q4. X3 X4

Oddiy va murakkab shaklga ega bo`lgan tekis kesimlarning o`qlarga nisbatan statik momentlarini hisoblash. Murakkab kesimlarning og`irlik markazining statik momentlarini hisoblash. Murakkab kesimlarining og`irlik markazining koordinatalarini aniqlash. Markaziy o`qlar va ularning asosiy xususiyatlari. Oddiy (shakllarning) tekis kesimlarning o`qlarga nisbatan inertsia momentlarini aniqlash. Doiraviy va xaqasimon kesimlarning qutb inertsia momentlarini aniqlash. Parallel o`qlarga nisbatan kesimning inertsia momentlarini aniqlash. Murakkab kesimlarning bosh o`qlarning holati hamda bosh inertsia momentlarini aniqlash. Inertsia radiusini aniqlash va inertsia ellipsini qurish.

Qo`llaniladigan ta`lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta`lim, shaxsga yo`naltirilgan ta`lim.*
Adabiyotlar:A2;A3; A4; Q2 ;Q3; K7; X3 X4

Sterjenning qiya kesimlaridagi kuchlanishlarni aniqlash. Umumlashtirilgan tekis kuchlanish holati. Bosh kuchlanishlarni va bosh yuzalarni aniqlash. Tekis va hajmiy kuchlanganlik holatlari uchun nisbiy deformatsiyalarni aniqlash. Materiallar turiga qarab mustahkamlik nazariyalarini tadbiq etishga doir masalalar.

Qo`llaniladigan ta`lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta`lim, aqliy hujum, pinbord.*
Adabiyotlar:A2;A3; A4; Q2; Q3;Q4.; X1 X2

Siljish deformatsiyasida kuchlanishlarni aniqlash. Siljishga ishlaydigan elementning mustahkamlik sharti. Siljishga ishlaydigan: parchin mix, bolt va payvand birikmalarning hisobi. CHO`zilish – siqilish va siljish deformatsiyalari orasidagi bog`lanishga oid masalalar.

Qo`llaniladigan ta`lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta`lim, keys-stadi, paradokslar.*
Adabiyotlar:A1; A2;A3;A4; Q5; Q6;K8;. X1 X2

Buralish deformatsiyasida burovchi momentni aniqlash va epyurasini qurish. Doiraviy va xalqasimon kesimli valning buralishi. Ko`ndalang kesimdagi kuchlanishlarni aniqlash. Valning mustahkamlik sharti. Valning buralish burchagini aniqlash. Valning bikrlilik sharti.

Qo`llaniladigan ta`lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta`lim, keys-stadi, pinbord, aqliy hujum, paradokslar.*

Adabiyotlar: A1; A2; A3; A4; Q5; Q7; Q5; Q6; Q8. X3 X4

To`g`ri o`qli brusning egilishi. Brusning oddiy yuklangan holatlari uchun tayanch reaksiyalarini aniqlash. Tashqi kuchlar klassifikatsiyasi. egilish masalasida ichki kuchlar eguvchi moment "M" va ko`ndalang kuch "Q" ni aniqlash, hamda ularning epyuralarini qurish. Balka ko`ndalang kesimlaridagi normal kuchlanishlarni hisoblash. Balkaning normal kuchlanishlarga nisbatan mustahkamlik shartlari. Ko`ndalang egilish. Balka kesimlaridagi urinma kuchlanish-larni aniqlash. Blkaning urinma kuchlanishlarga nisbatan mustahkamlik sharti. Balka mustahkam-ligini bosh kuchlanishlarga nisbatan tekshirish. Balka egilgan o`qi differensial tenglamasini integrallash. Oddiy yuklangan balkalarning salqiliklari va kesim og`ish burchaklarini aniqlash. Brus o`qidagi ko`chishlarni Mor integrali va Vereshagin formulasi asosida aniqlash.

Qo`llaniladigan ta`lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta`lim, aqliy hujum, keys-stadi, pinbord.*

Adabiyotlar: A1; A2; A3; A4; Q5; Q7; Q10; .X1 X2 X3 X4

Bikr brusning markaziy bo`lmagan siqilishi. Kuchlanishlarni aniqlash. Neytral chiziq holati. eng katta kuchlanishlarni aniqlash. Mustahkamlik shartlari. Kesim yadrosini qurish. Doiraviy kesimli valni murakkab deformatsiyaga hisoblash.

Markaziy siqilgan sterjenlar uchun kritik kuch qiymatini aniqlash. Sterjenning tayanch turlari va bikrligining kritik kuch qiymatiga ta`siri. Markaziy siqilgan sterjenlarni ustivorlikka hisoblash. Siqilgan sterjenlarning ustivorlik sharti. Kesim tanlash. Ruxsat etilgan kuchni aniqlash.

Qo`llaniladigan ta`lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta`lim, aqliy hujum, keys-stadi, pinbord, paradokslar.*

Adabiyotlar: A1; A2; A3; A4; Q1; Q2; Q3; Q7; Q10. X1 X2

Dinamik kuchlar ta`siridagi elementlar hisobi. Qurilish onstruksiyalari va mashina qimlariga ta`sir etuvchi dinamik kuchlarning turlari. Tebranma harakat ta`sirida hosil bo`ladigan kuchlar. Bir massali elastik sistemaning erkin va majburiy tebranishlari. Dinamik koeffitsient. Dinamik kuchlanishlar.

Qo`llaniladigan ta`lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta`lim, aqliy hujum, keys-stadi, pinbord,.*

Adabiyotlar: A1; A2; A3; A4; Q5; Q7; Q8; Q9; Q10. X3 X4

«Materiallar qarshiligi» fani bo'yicha amaliy mashg'ulotining kalendar tematik rejası

t/r		5111000 –Kasb ta'limi (5320200 – Mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqarishini jihozlash va avtomat-lashtirish) bakalavriat ta'lim yo'nalishi	Soat
1.	Amaliyot	Bo'ylama cho'zilish va siqilish. Statik aniqlanadigan sistemalar.	2
2.	Amaliyot	Cho'zilish va siqilishda statik aniqlamaydigan sistemalar.	2
3.	Amaliyot	Kuchlanishlarni aniqlashning analitik va grafik usullari.	2
4.	Amaliyot	Siljish va ezilish. Boltli va parchin mixli birikmalar.	2
5.	Amaliyot	Buralish. Doiraviy kesimli sterjenlarni buralishi.	2
6.	Amaliyot	Simmetriya o'qlariga ega bo'lgan kesimlarning geometrik xarakteristikaları.	2
7.	Amaliyot	Nosimmetrik kesimlarning geometrik xarakteristikaları.	2
8.	Amaliyot	Ko'ndalang kuchlar va eguvchi momentlarning epyuralari.	2
9.	Amaliyot	Egilishda normal kuchlanishlar. egilishda kushtavr kesimni tanlash urunma kuchlanishlar	2
JAMI			18

Tajriba mashg'ulotlarning tavsiya etiladigan mavzuları

Yumshoq va bikr (legirlangan) po'latdan tayyorlangan namunani cho'zilishga sinash. Cho'zilish diagrammasini qurish. Po'lat materiali uchun elastiklik moduli va ko'ndalang deformatsiya koeffitsenti (Puasson koeffitsenti)ni aniqlash.

Cho'yan va plastmassalarni cho'zilishga sinash. Turli xil usullar bilan materiallarning qattiqligini aniqlash.

Po'lat, yog'och materiallarni kesilishga sinash. Po'lat, cho'yan va yog'och materiallarni siqilishga sinash. Po'lat va cho'yan namunalarini buralishga sinash. Buralish diagrammasini qurish. Siljish modulini aniqlash. Yupqa devorli trubaning buralishi misolida kuchlanganlik holatini tekshirish. elektroteizometrlardan foydalanish.

Ikkita tayanchda yotuvchi balkaning egilishi. Ko'chishlarni aniqlash. Betti teorema-sining isboti. Statik noaniq balkaning ortiqcha bog'lanishlardagi reaksiya kuchlarini aniqlash. Yupqa devorli profilni egilishi. egilish markazining holatini balka kesimlaridagi kuchlanishlarni aniqlash. Teizodatchiklardan foydalanish.

Qiyshiq egilishda ko'chish va kuchlanishlarni aniqlash. Markaziy bo'lmagan cho'zilish, siqilish hodisasini tajriba bilan tekshirdi. Nomarkaziy cho'zilishda kuchlanishlarni aniqlash. Teizodatchik ko'rsatkichlari bilan taqqoslash.

Siqilgan sterjenlarning ustivorligi. Bo'ylama egilish nazariyasini tajribada tekshirish. Kritik kuch qiymatini aniqlash.

TSiklik o'zgaruvchan kuchlanishlar ta'siridagi brusning mustahkamligini tekshirish. Doiraviy kesimli po'lat namunani toliqishga tekshirish. Po'lat va cho'yan materiallarni zarbaviy qovushqoqlikka sinash. Bir massali elastik sistemani xususiy tebranishni davrini aniqlash.

«Materiallar qarshiligi» fani bo'yicha tajriba mashg'ulotining kalendar tematik rejasi

№	Bakalavr ta'lim yo'nalishlari	Laboratoriya ishlarining nomi	Mavjud laboratoriya qurilmasi.	Ajratilgan soat	Laboratoriya ishlarining nomi(yangi jixozlar bo'yicha).	Laboratoriy a qurilmasi.	Ajratilgan soat
	5111000-Kasb ta'limi(5320200-mashinasozlik texnologiyasi,mashinasozlik ishlab chikarishini jixozlash va avtomatlashtirish).	YUmshoq pulotni cho'zilishga sinash	RV-10.	2	YUmshoq pulotni cho'zilishga sinash	WP-300	2
		Plastik va mo'rt metall materiallarini sikilishga sinash.	P-50		Plastik va mo'rt metall materiallarini sikilishga sinash	WP-140	1
		Po'lot materialini qirg'ilishga sinash.	RV-10.	2	Po'lot materialini qirg'ilishga sinash.	WP-500.	1
		Metal namunasini buralishga sinash.	KM-50-1.(yaroksiz)	2	Metal namunasini buralishga sinash.	WP-500.	1
		Ingichka diametrli sterjenni buralishga sinash.	K-5.	2	Ingichka diametrli sterjenni buralishga sinash.	WP-140.	1
		Doiraviy kesimli ochik profilning egilish markazini aniqlash.	.SM-12(yaroksiz)	2	Doiraviy kesimli ochik profilning egilish markazini aniqlash.	FL-160.	1
		Ikki tayanchli balka deformatsiyasini aniqlash.	SM-4A.(yaroksiz)	2	Ikki tayanchli balka deformatsiyasini aniqlash.	WP-950.	2
		Konsol balkaning deformatsiyasini aniqlash.	SM-7B.(yaroksiz)	2	Konsol balkaning deformatsiyasini aniqlash.	WP-950.	2
					Ikki tayanchli balkada ko'ndalang kuch va eguvchi moment epyuralari.	WP-960.	2
					Moddalarning yoyiluvchanligini tekshiruvchi	WP-600.	1

					uskuna.		
		Zarb ta'sirida qovushqoqlikni aniqlash.	BMK-5(yaroqsiz)	2	Zarb ta'sirida qovushqoqlikni aniqlash.	WP-400.	1
					Kuchlanganlik holatini tekshirish.	WP-130.	1
					YUpka devorli tsilindrda kuchlanish va deformatsiya.	FL-130.	1
					Eylernng ustivorlik nazariyalari	WP-120.	1
				Jami:18 soat.45 %			Jami:18 soat.100 %

Hisoblash-grafika ishlari.

Sterjenlar va sterjenli tizimlarni cho`zilishi va siqilishga hisoblash. Statik aniq va statik aniqmas tizimlar hisobi. Brus ko`ndalang kesimida hosil bo`ladigan ichki zo`riqish kuchlari. Murakkab shakllarning geometrik xarakteristikalari. Bosh markaziy o`qlarning holati va bosh inertsiya momentlarining qiymatlarini aniqlash. Inertsiya radiusini aniqlash va inertsiya ellipsini qurish.

To`g`ri o`qli brusning egilishi. To`g`ri, siniq va egri o`qli bruslar uchun ichki kuchlarning epyuralarini qurish. Balkani mustahkamlikka hisoblash. Normal, urinma va bosh kuchlanishlar bo`yicha mustahkamlikka tekshirish. Balkani bikrlikka hisoblash. Balka o`qidagi ko`chishlarni boshlang`ich parametrlar usuli. Mor integrali va Vereshagin usullari asosida aniqlash. egilgan o`qning shaklini qurish. elastik asosida yotuvchi balkaning hisobi. eguvchi moment va ko`ndalang kuch epyuralarini qurish.

Brusning murakkab qarshiligi. Fazoviy siniq brusning hisobi. Ichki kuchlar epyuralarini qurish. Kesim tanlash. Markaziy bo`lmagan kuch ta'siridagi ustunning hisobi. Ustun ko`ndalang kesimining neytral chizig`ini aniqlash. Kesim nuqtalaridagi maksimal kuchlanishlarni aniqlash. Valni buralish bilan egilish birgalikda ta'sir etgan holat uchun mustahkamlikka hisoblash. Valning ko`ndalang kesimini aniqlash.

Siqilgan sterjenlarning ustivorligi. Qo`shma metall profil ustunlarni ustivorlikka hisoblash. Ketma-ket yaqinlanish usuli kesim tanlash.

XGI ishlarining mazmuni

1-topshiriq: To`g`ri pog'onali statik noaniq masalani markaziy cho`zilishi va siqilishi

2-topshiriq: Tekis kesim yuzalarning geometrik xarakteristikalari.

3-topshiriq: Buralishda sterjenlarni mustahkamlikka va bikrlikka hisoblash

4-topshiriq: Balkalarda (M) va(Q) epyuralarini kurish. egilish deformatsiyasiga tekshirish

Mustaqil ta'lim tashkil etishning shakli va mazmuni.

«Materiallar qarshiligi» bo'yicha talabani mustaqil ta'limi shu fanni o'rganish jarayonining tarkibiy qismi bo'lib, uslubiy va axborot resurslari bilan to'la ta'minlangan.

Talabalar auditoriya mashg'ulotlarida professor-o'qituvchilarning ma'ruzasini tinglaydilar, misol va masalalar echadilar. Auditoriyadan tashqarida talaba darslarga tayyorlanadi, adabiyotlarni konspekt qiladi, uy vazifa sifatida berilgan misol va masalalarni echadi. Bundan tashqari ayrim mavzularni kengroq o'rganish maqsadida qo'shimcha adabiyotlarni o'qib referatlar tayyorlaydi hamda mavzu bo'yicha testlar echadi. Mustaqil ta'lim natijalari reyting tizimi asosida baholanadi.

Uyga vazifalarni bajarish, qo'shimcha darslik va adabiyotlardan yangi bilimlarni mustaqil o'rganish, kerakli ma'lumotlarni izlash va ularni topish yo'llarini aniqlash, internet tarmoqlaridan foydalanib ma'lumotlar to'plash va ilmiy izlanishlar olib borish, ilmiy to'garak doirasida yoki mustaqil ravishda ilmiy manbalardan foydalanib ilmiy maqola va ma'ruzalar tayyorlash kabilar talabalarning darsda olgan bilimlarini chuqurlashtiradi, ularning mustaqil fikrlash va ijodiy qobiliyatini rivojlantiradi. SHuning uchun ham mustaqil ta'limsiz o'quv faoliyati samarali bo'lishi mumkin emas.

Talaba mustaqil ishining asosiy maqsadi - o'qituvchining rahbarligi va nazorati ostida talabada muayyan o'quv ishlarini mustaqil ravishda bajarish uchun bo'lgan bilim va ko'nikmalarni shakllantirish va rivojlantirishdir.

Talaba mustaqil ishining vazifalari quyidagilardan iborat:

- yangi bilimlarni mustaqil tarzda puxta o'zlashtirish ko'nikmalariga ega bo'lish (*ayrim mavzulardan masala echish*);

- kerakli ma'lumotlarni izlab topishni qulay va samarali usullari va vositalarini aniqlash.

Materiallar qarshiligi fanidan talaba o'quv semestri davomida 3 ta mustaqil ish bajaradi, ya'ni har bir joriy nazoratda bittadan.

Talaba mustaqil ishini tashkil etishda fanning xususiyatlaridan kelib chiqib, quyidagi shakllarini qabul qilamiz:

- ayrim nazariy mavzularni o'quv adabiyotlari yordamida mustaqil o'zlashtirish;

- amaliy va tajriba mashg'ulotlariga tayyorgarlik;

- hisoblash-grafikasiga tayyorgarlik;

- anjumanga ma'ruza tezislarini tayyorlash.

"Materiallar qarshiligi"ning nazariyasiga tegishli mustaqil ishning varianti talabani sinov daftarchasidagi shifr yordamida belgilanadi. Bunda shifrn oxirgi raqami talaba mustaqil ishining variant raqamini bildiradi. Talaba mustaqil ishida variantdagi savollarga tegishli tayanch iboralarning lug'aviy ma'nosini yoritadi.

- o'zlashtirish ko'rsatkichi - 86 - 100%; fanni o'quv - uslubiy xaritasiga kiritilgan mavzular bo'yicha mustaqil ish materiallarini, ya'ni test savollari va tayanch iboralarning lug'aviy ma'nosini to'liq o'zlashtirganda, tajriba ishlarini talabani o'zi mustaqil bajara olsa, o'z xatoliklarini talaba o'zi tuzatib bilsa.

- o'zlashtirish ko'rsatkichi 71 - 85%; test savollari va tayanch iboralar lug'aviy ma'nosini to'liq o'zlashtirganda, tajriba ishlarini bajarishda, ba'zi ahamiyatga ega bo'lmagan xatoliklarga yo'l qo'ygan va bu xatoliklarni o'qituvchi ko'rsatmasi asosida tuzata olsa.

- o`zlashtirish ko`rsatkichi - 55 - 70%; fanni o`quv dasturiga kiritilgan mavzular bo`yicha mustaqil ish materiallarini to`liq izohlamagan, ayrim xatoliklarga yo`l qo`ygan va bu xatoliklarni o`qituvchi ko`rsatmasi yordamida tuzatilgan hollarda.

- o`zlashtirish ko`rsatkichi 55 % dan past o`quv dasturiga kirgan mavzular bo`yicha mustaqil ish materiallarini to`liq bilmagan va tuzatib bo`lmaydigan xatoliklarga yo`l qo`ygan holda.

Mustaqil ish bo`yicha belgilangan maksimal reyting balining 55% dan kam ball to`plagan talaba fan bo`yicha yakuniy nazoratga qo`yilmaydi

Mustaqil ish tarkibi

Mexanizmlarning ratsional klassifikatsiyasiga nisbatan qo`yilgan talablar Dinamikaning masalalari; mexanik sistema va unga ta`sir etuvchi kuchlar. Mexanik sistema va bog`lanishdagi mexanik sistema harakatining differentsial tenglamalari. Sistemaning massalar markazi. Ish va quvvat. Kulachokli mexanizmlar harorat va xususiy og`irlik ta`sirida kuchlanish va deformatsiya. Turli materiallarning cho`zilish va siqilish diagram-malari. Cho`zilish va siqilish deformatsiyasining potentsial energiyasi. Teng qarshilik ko`rsatuvchi bruslar. Vintsimon prujinani hisoblash. Mustahkamlik nazariyalari: bosh normal kuchlanishlar nazariyasi, bosh nisbiy deformatsiyalar nazariyasi, bosh urinma kuchlanishlar nazariyasi, energetik nazariyasi, Mor nazariyasi. egilishda ko`chishni aniqlash uchun universal formula. egilishda ko`chishni aniqlash uchun grafo-analitik usul. egilishda ptentsial energiya. Ishlar orasidagi bog`lanishlar teoremasi. Ko`chishlar orasidagi bog`lanishlar teoremasi. egilishda ko`chishni aniqlash uchun Mor integrali. egilishda ko`chishni aniqlash uchun Vereshagin usuli. Teng arshilik ko`rsatuvchi balkalar. egilishda oddiy statik noaniq masalalar. Buralishda statik noaniq masalalar. Cho`zilish va siqilishda statik noaniq masalalar. Yupqa devorli idishlarni hisoblash. Laplas tenglamasi. O`zaroalmashinish to`g`risida tushuncha. Cheklama to`g`risida tushuncha. O`tkazma to`g`risida tushuncha. Mexanik uzatmalar. Kinematik va kuch munosabatlari. Reduktorlar: turlari ishlatilishi va komponovkasi.

Dasturning informatsion uslubiy ta`minoti

Mazkur fanni o`qitish jarayonida ta`limning zamonaviy metodlari, pedagogik va axborot kommunikatsion-texnologiyalari qo`llanilishi nazarda tutilgan.

- mashina va mexanizmlar hamda muhandislik inshootlari konstruksiyalarini mutsahkamlikka, birlikka va ustuvorlikka amaliy va tajribaviy hisoblash va kuzatishlarda komp`yuter texnologiyalari yordamida namoyish etish va elektron didaktik texnologiyalar.

- ichki kuchlar, kuchlanishlar, Ko`chishlar va deformatsiyalar, qattiq jism materiallarini asosiy mexanik xossalari-elastiklik; oquvchanlik, surilish va relaksatsiya, toliqish va emirilish mustahkamlik to`g`risidagi tushunchalar; emirilish va mustahkamlik kuchlanish, deformatsiya va ko`chishlar orasidagi bog`lanishni matematik ifodasi va animatsion dasturlar.

«Materiallar qarshiligi» fanidan talabalar bilimni reyting tizimi asosida baholash mezonlari

❖ O'zlashtirish ko'rsatkichi 86-100%

Fanni o'quv dasturiga kiritilgan mavzular bo'yicha mustaqil ish materiallarini to'liq o'zlashtirganda, o'z xatoliklarini talaba o'zi tuzata bilgan holda.

Fanga qiziqishi yaratuvchanligi, yangi texnika – texnologiyalarga intilishi murakkab topshiriqlarni bajarishga harakatlanganligi internet orqali olingan yangiliklarni tahlil etib bilganligi.

❖ O'zlashtirish ko'rsatkichi 71-85% fanni o'quv dasturiga kiritilgan mavzular bo'yicha mustaqil ish materiallarini to'liq izohlab bergan ba'zi ahamiyatga ega bo'lmagan xatolarga yo'l qo'ygan va bu xatolarni o'qituvchi ko'rsatmasi asosida tuzata olgan holda.

Fanga qiziqish yangi texnika-texnologiyaga qiziqishni namoyon etishi, murakkab topshiriqlarni bajarishga intilishi.

❖ O'zlashtirish ko'rsatkichi 55-70 %

Fanni o'quv dasturiga kiritilgan mavzular bo'yicha mustaqil ish materiallarini to'liq izohlamagan, fanni boshqa qismlarini o'rganishga xalaqit bermaydigan ayrim ahamiyatga ega bo'lmagan xatoliklarni yo'l qo'ygan, bu xatoliklarni o'qituvchi yordamida tuzatilgan hollarda.

Fanni o'rganishda yangi texnika-texnologiyaga qiziqishi passivligi, murakkab topshiriqlarni bajarishga intilishi yo'qligi.

❖ O'zlashtirish ko'rsatkich 55 % dan past o'quv dasturiga kirgan mavzular bo'yicha mustaqil ish materiallarini to'liq bilmagan sistemalashmagan va tuzatib bo'lmaydigan xatoliklarga yo'l qo'ygan holda.

Haf talar soni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	JN-1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	JN-2
Jami 1 juftlik dars uchun	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	20	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	20
Auditoriya	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	12	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	12
Mustaqil	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	8

Quyida 55%, 56-70%, 71-85%, 86-100% ballar taqsimoti keltirilgan.

	55 %	56...70 %	71...85 %	86 – 100%
12	6,6	6,72...8,4	8,52...10,2	10,3-12
8	4,4	4,5...5,6	5,7...6,8	6,9-8
1- JN	11,0	11,2.....14,0	14,3.....17,0	17,2-20

Materiallar qarshiligi fanidan texnologik xarita

Hafta larr	Mavazu №	Ma`ruzada o`rganiladigan mavzular nomi	Mashg'ulot №		Foydalanilgan adabiyot, UTV va uslubiy	Talabalar mustaqil ishi	Soatlari	Nazorat turi
			amaliy	tajriba				
	1	Fanni vazifalari. Kuch turlari. Kesish metodi. Kuchlanish va deformatsiya. Fanda qabul qilingan gepotezalar			[1],[2] 19-01 19-02	Fanning tarixi haqida ma'lumot ijodiy ish	6	
	2	Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalarini. Statik va inertsiya momentlar. Parallel o`qlarga nisbatan inertsiya momentlari.			[1],[2],[3] TS	Oddiy kesim yuzalarining inertsiya momentlari - ijodiy ish	4	
	3	Koordinata o`qlarini aylantirganda inertsiya momentlarni o`zgarishi. Bosh inertsiya o`qlari va bosh inertsiya momentlari.	2.2 №1 5.6; 5.10 5.11; 5.21 5.31		[1],[2],[3] TS	Inertsiya ellipsi haqida tushuncha – referat Nosimmetrik tekis kesim yuzalarini geometrik xarakteristikalarini hisoblash – hisoblash grafik ishi	10	R XGI
	4	Cho`zilish va siqilish. Kuchlanish va deformatsiya. Guk qonuni. elastiklik moduli. Mustahkamlik sharti. Kesimni tanlash			[1],[2] 19-03 19-17	Cho`zilish va siqilishda kesimni tanlashga oid ijodiy ish	5	
	5	Cho`zilish va siqilishda statik aniq va noaniq masalalar. Temperatura va xususiy og'irlik ta'sirida cho`zilish va siqilish.	№2 1.9, 1.15 1.32, 1.46 1.59;1. 67; 1.83;1. 89		[1],[2],[3] 19-13 TS	Teng qarshilik ko`rsatuvchi brus va uning kesim yuzasini aniqlanash - referat Cho`zilish va siqilishda statik noaniq masalalar – hisoblash grafik ishi	16	R XGI
	6	Materiallarning xossalari tajribalarda o`rganish. Yumshoq po`lot va turli materiallarning cho`zilish		№1 №2	[1],[2] 19-04	Materiallarning mexanik xususiyatlariga haroratning, namuna	12	

		va siqilish diagrammalari. Plastiklik va mo`rtlik. Ruxsat etilgan kuchlanish.		№3	19-05 19-06 19-07 19-08 RV-10 APR-50	siritiga ishlov berishning ta`siri. Cho`zilish va siqilish deformatsiyasining potentsial energiyasi. Kontakt kuchlanishlar. Qattqlik, kuchlanishlar konsentratsiyasi – referat Plastik va mo`rt materiallarni cho`zilish va siqilishga sinash – tajriba ishi		R TI
7		Kuchlanganlik holatlari va mustahkamlik nazariyalari. Chiziqli va tekis kuchlanganlik. Bosh yuzalar va bosh kuchlanishlar.			[1],[2],[3] 19-14 TS	Ijodiy ish	4	
8		Mor doirasi. Hajmiy kuchlanganlik va deformatsiya. Guk qonuni. Deformatsiyaning energiyasi.			[1],[2] TS	Tekis kuchlanganlikda kuchlanishlar doirasini qurishga oid ijodiy ish	6	
9		Mo`rt va plastik yemirilish. Klassik mustahkamlik nazariyalari.			19-21 19-22	Mor mustahkamlik nazariyasi - referat	4	R
10		Siljish. Guk qonuni. Kuchlanish. Parchin mixli va payvand birikmalarni hisoblash	№3. 3.5 3.9;3.1 0	№5	[1],[2],[3] RV-10	Metall namunasini qirqilishga sinash - tajriba ishi	9	TI
11		Buralish. Burovchi momentni aniqlash. Doiraviy kesimli sterjenni buralishida kuchlanish		№6 №7	[1],[2],[3] 19-15 KM-50 K-5	To`g`ri to`rtburchak sterjenlarning buralishi - referat Doiraviy kesimli sterjenni buralishiga sinash - tajriba ishi	9	R
12		Buralishda mustahkamlik va bikrlilik shartlar. Vintsimon prujinani hisobi.	№4 4.9; 4.11. 4.15; 4.25; 4.29; 4.32	№8	[1],[2],[3] 19-16 DP-6A	Buralishda kuchlanganlik va deformatsiya holatlarining tahlili – referat Vintsimon prujina deformatsiyasini o`rganish - tajriba ishi	8	TI
13		Egilish. Ichki kuch faktorlarini aniqlash. <i>M, Q, q</i>	№5		19-18	Ko`ndalang kuch va	16	XGI

		orasidagi differentsial bog'lanishlar.	6.9; 6.16; 6.17; 6.28		19-19 19-20	eguvchi moment epyur larini qurish – hisoblash grafik ishi		
14		Egilishda normal kuchlanish. Normal kuchlanish bo'yicha mustahkamlik shart. Kesim- ni tanlash.	№6 6.32; 6.33; 6.34; 6.39		[1],[2],[3] TS	Balka kesimini tanlash va uning mustahkamligini normal kuchlanish bo'yicha tekshirish – hisoblash grafik ishi	7	XGI
15		Egilishda urinma kuchlanish. Mustahkamlik shart. Juravskiy formulasini turli shaklli kesim larga tadbiiq etish.	№6 6.45;6.48; 6.58; 6.68	№11	[1],[2],[3] TS	Juravskiy formulasini uchburchak, doiraviy va qo'shtavrli kesimlarga tadbiiq etish. referat – hisoblash grafik ishi Egilish markazini aniqlash - tajriba ishi	9	R XGI TI
16		Balka mustahkamligini bosh kuchlanishlar bo'yicha tekshirish.Teng qarshilik ko`rsa-tuvchi balkalar.			[1],[2],[3] TS	Qo`shma balkalarni mustahkamlikka hisoblash - referat	6	R
17		Egilishda ko`chishni aniqlash. elastik chiziqni differentsial tenglamasi. Boshlang'ich parametrlar usuli.	№7 7.9; 7.19, 7.20	№9 №10	[1],[2],[3] TS SM-7A SM-4	Balka tanlangan kesimlarining aylanish burchagi va salqiligini boshlang'ich parametrlar usuli bilan aniqlash – hisoblash grafik ishi va - tajriba ishi	11	XGI TI
18		Ko`chishni aniqlashni grafoanalitik usuli. Deformatsiyani potensial energiyasi. Mor integrali. Vereshagin usuli.	№7 7.22; 7.36; 7.51;7.61		[1],[2],[3] TS	Ishlar orasidagi bog'lanishlar teoremasi. Ko`chishlar orasidagi bog'lanishlar teoremasi – referat Balka tanlangan kesimlarining aylanish burchagi va salqiligini grafoana-litik usuli bilan aniqlash – hisoblash grafik ishi	11	R XGI
19		Egilishda oddiy statik noaniq masalalar			[1],[2],[3] TS	Ijodiy ish	4	

	20	Uzluksiz balkani hisoblash. Uch moment nazariyasi. Statik noaniq ramalarni hisoblash. Kuch usuli. Kanonok tenglama.	№8 9.8; 9.9; 9.10 9.22 9.30; 9.37 9.43; 9.44		[1],[2],[3] TS	Uzluksiz balkalar va statik noaniq ramalarni hisoblashga oid ijodiy ish.	18	ME
	21	Egri sterjenlar. Kuchlanish va deformatsiya. Neytral o`q tenglamasi.			[1],[2],[3] TS	Doiraviy, qo`sh-tavr va to`g`ri to`rtbur- chak kesimli egri bruslarda neytral o`q tenglamasi.- referat	4	R
	22	Murakkab qarshiliklar. Buralish bilan egilishni birgalikdagi ta`siri. Qiyshiq gilish. Kuchlanish. Neytral o`q tenglamasi	№9 10.5; 10.6		[1],[2],[3] TS	Qiyshiq egilishga oid qo`shimcha misol yechish	8	
	23	Markaziy bo`lmagan cho`zilish va siqilish. Kuchlanish. Neytral o`q tenglamasi	№ 10 10.48		[1],[2],[3] TS	Markaziy bo`lmagan cho`zilish va siqilishga oid qo`shimcha misol yechish	8	ME
	24	Ustivorlik. Kritik kuchni aniqlash. Eyer formulasi. Kritik kuchlanish.			19-23 19-24	Ijodiy ish	6	
	25	Eyer formulasini ishlatish chegarasini aniqlash. Ustivorlik sharti. Bo`ylama va ko`ndalang egilish.	№ 11 11.13; 11.15		[1],[2],[3] 19-25 TS	Sterjenlarning bo`ylama va ko`ndalang egilish. O`zgaruvchan kesimli sterjenlarning ustivorligi masalasi. - referat	4	R
	26	Dinamik kuchlar. Tekis tezlanishli va tebranma harakatlarda dinamik kuchlanishlar .Zarb ta`siri. Zarbga sinash.			[1],[2],[3] TS	Zarb ta`sirida egilish, buralish. Zarbga sinash.- referat	4	R
	27	O`zgaruvchan kuchlanishlar. Material larni toliqishi. O`zgaruvchan kuchlanishlarda tsikl turlari. Toliqish .			[1],[2],[3] TS	Chidamlilik chegarasi va unga ta`sir etuvchi omillar. O`zgaruvchan kuchlanishlarda mustahkamlikka oid hisoblar - referat	4	R

					Yupqa devorli idishlarni momentsiz nazariya asosida sferik idishlarni hisoblash. Yupqa devorli idishlar momentsiz nazariya asosida tsilindrik idishlarni hisoblash. Laplas formulasi. - referat	4	R
					Guk qonuni ishlatiladigan chegaradan tashqarida materiallarni mustahkamlikka hisoblash. Yangi materiallar haqida tushuncha.- referat	4	R

Foydalaniladigan asosiy darsliklar va o`quv qo`llanmalar ro`yxati Asosiy adabiyotlar:

- 1 H. S. Bibutov “Materiallar qarshiligi asoslari”
«Minhoj» Toshkent, 2003 y., 557bet.
- 2 A. Nabiev «Materiallar qarshiligi kursi» «Yangi asr avlodi»
Toshkent, 2008 y., 489bet.
- 3 K.M. Mansurov «Materiallar qarshiligi» O`qituvchi Toshkent,
1983y., 380bet.
- 4 V.K. Kachurin va boshqalar Materiallar qarshiligidan masalalar to`plami.
«O`qituvchi» Toshkent, 1998 y., 375bet.
- 5 M. Ergashov Materiallar qarshiligidan hisoblash loyihalash ishlari.
“Moliya”, Toshkent, 2004 y., 270bet.
- 6 S. Xasanov Materiallar qarshiligidan misollar echish,
Fan va texnologiyalar, Toshkent, 2007y., 354bet.
- 7 S.A. Yuldoshbekov «Materiallar qarshiligi» Toshkent, 1995y., 60bet.

HORIJIY ADABIYOTLAR

- 1 [R. K. Bansal] *Strength of materials 4th ed [Engineersdaily.com]*, 2014.
- 2 { R.C HIBBELER} *Mechanics of materials NINTH EDITION C* 2014..
- 3 [S. TIMOSHENKO] *STRENGTH OF MATERIALS 2013/*
- 4 [BETTER TEXTBOOKS. LOWER PRICES] *MECHANICS OF MATERIALS LABS WITH
SOLID WORS SIMULATION 2014.*

QO`SHIMCHA ADABIYOTLAR

- 1 Bibutov N.S., M.N. Muxodov. ` «Materiallar qarshiligi fanidan ukitish metodikasi.» Buxoro 2013yil. Durdon. 376.
- 2 Aleksandrov A.V., Potapov V.D., Derjavin B.P. Soprotivlenie materialov dlya vuzov. M.: Visshaya shkola. 1995, 2001 g. 560 s.
- 3 Sbornik zadach po soprotivleniyu materialov pod red. Aleksandrova A.V., M.: Stroyizdat. 1977g. 335 s.
- 4 Metodicheskie ukazaniya k vipolneniyu raschetno-graficheskix rabot. Izd. MIIT.
- 5 Laboratornie raboti po soprotivleniyu materialov (Metodicheskie ukazaniya pod red. Aleksandrova A.V., chast' 1, MIIT, 1974 g.) 87s.

6 Bondarenko A.N. Trenajer dlya postroeniya epyur poperechnix sil i izgibayushix momentov. Novosibirsk.2004 g.90s.

ELEKTRON RESURLAR

1. Zozulya V.V., Martinenko L.V., Lukin A.N. Teoreticheskaya mexanika.-Xar'kov,2004. 244r. Russian djvu.1971 KB 8.1 KB/p.300 dpi OCR lib. Homelinux. Org /fayl/

2. Juravlev V.F. Osnovi teoreticheskoy mexaniki. 2-e izd., Fizmatlit, 2001. 321r. Russian djvu.2901 KB 0,9 KB/p.600 dpi OCR lib. Homelinux. Org /fayl/

3. ERGASHIV VA BOSHKALAR M.M. va boshqalar. “**MATERIALLAR KARSHILIGI**”-T., O`zbekiston. 2008, <http://www.ziyonet.uz/ru/library/libid/308>

4. [Mexanika - Ziyonet - Biblioteka](#)

"**MATERIALLAR KARSHILIGI**" fanidan xisob-grafik ishlari uchun topshiriqlar to`plami (moddiy nuqtaning ... **MATERIALLAR KARSHILIGI** fanidan talaba mustaqil ishini tashkil etish, ... www.ziyonet.uz/ru/library/libid/308... [Soxranennaya kopiya](#) [Eshe s sayta](#)

5. [Spetsializirovanniy sovet - IMiS AN RUz](#)

O`zbekiston Milliy universiteti “**Nazariy va Amaliy mexanika**» kafedrasini seminarini; 4. Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti “Informatsion texnologiyalar” va ... www.instmech.fan.uz/?action=sovet [Soxranennaya kopiya](#) [Eshe s sayta](#)

6. [Samarkandskiy gosudarstvenniy institut inostrannix yazikov](#)

MATERIALLAR KARSHILIGI Buxoro. «Ziyo-Rizograf». 2005 y. 68 . 10. Asbobsozlik materiallari Buxoro. «Ziyo-Rizograf». 2006 y. 51 b. 11. Fizik kinetika asoslari Buxoro. ... www.samdchti.uz/faculty/faculty3kaf... [Soxranennaya kopiya](#) [Eshe s sayta](#)

7. [Ofitsial'niy sayt TashITT - Adabiyotlarning bibliografik ko`rsatkichi](#)

531 K64 Komiljonov, A.X **MATERIALLAR KARSHILIGI: DINAMIKA** o`kuv ... www.tashitt.uz/page-al-alias4611.ht... [Soxranennaya kopiya](#) [Eshe s sayta](#)

SILLABUS

Materiallar qarshiligi» fani tarkibini bakalavriatura yoʻnalishi boʻyicha soatlardagi taqsimoti

Materiallar qarshiligi	Mashgʻulotlar turlari, mustaqil ish va ularga ajratilgan soatlar			
	Umumi y	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>T</i>
<i>5111000-Kasb taʼlimi(5320200-mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqishini jixozlash va avtomatlashterish).</i>	72	36	18	18

Asosiy qism: Fanning uslubiy jihatdan uzviy ketma-ketligi

Asosiy qismda (maʼruza) fanni mavzulari mantiqiy ketma-ketlikda keltiriladi. Har bir mavzuning mohiyati asosiy tushunchalar va tezislar orqali ochib beriladi. Bunda mavzu boʻyicha talabalarga DTS asosida yetkazilishi zarur boʻlgan bilim va koʻnikmalar toʻla qamrab olinishi kerak.

Asosiy qism sifatiga qoʻyiladigan talab mavzularning dolzarbligi, ularning ish beruvchilar talablari va ishlab chiqarish ehtiyojlariga mosligi, mamlakatimizda boʻlayotgan ijtimoiy-siyosiy va demokratik oʻzgarishlar, iqtisodiyotni erkinlashtirish, iqtisodiy-huquqiy va boshqa sohalaridagi islohatlarning ustuvor masalalarini qamrab olishi hamda fan va texnologiyalarning soʻngi yutuqlari eʼtiborga olinishi tavsiya etiladi.

Ma'ruza mashg'ulotlari

Materiallar qarshiligi kursi inshoot elementlarida, konstruksiyalarida hosil biladigan zo'riqishlar, deformatsiyalarni aniqlash usullarini, hamda mazkur konstruksiya-larni mustahkamlikka, bikirlikka va ustivorlikka hisoblash usullarini o'rgatadi. Kursning o'qitilishdan maqsad talabalarda inshootlarni loyihalash jarayonida asosiy masalalardan biri hisoblangan loyiha – konstruktorlik hisoblari bo'yicha boshlang'ich ko'nikmalar hosil qilishdan iborat. Kurs bo'yicha talabalar bilimlariga quyidagi talablar qo'yiladi. Talabalar kursning nazariy asoslarini, hamda amaliy hisoblar uchun zarur bo'lgan asosiy formulalarni puxta egallash lozim. Inshoot konstruksiyalarining hisobiy modellarini to'g'ri tanlash, amaliy masalalarni echishda kursning hisob formulalarida, zamonaviy hisoblash usulublaridan yaxshi foydalanishi kerak.

«Materiallar qarshiligi» umummuxandislik fan bo'lib, u «Oliy matematika», «Fizika», «Nazariy mexanika» fanlariga asoslangan. Mazkur fan bo'yicha hosil qilingan asosiy xulosalar, natijalar va hisob formulalari «Qurilish mexanikasi», «Elastiklik va plastiklik nazariyasi», «Qurilish konstruksiyalari», «Inshootlar zilzilabardoshligi» va boshqa ko'p fanlarda keng qo'llaniladi. Mazkur dasturga binoan «Materiallar qarshiligi» . siqilish. B'ylama kuch va kuchlanishni aniqlash. Cho'zilish va siqilishda mustahkamlik sharti. Cho'zilish va siqilishda masalalarni echishni uch xil k'yrinishi. B'ylama va k'yndalang deformatsiya. Guk qonuni. Elastiklik moduli. Puasson koeffitsienti. Xususiy og'irlik ta'sirida ch'zilish va siqilishga hisoblash. Teng qarshilik k'rsatuvchi bruslar. Temperaturani o'zgarishida kuchlanish va deformatsiyani aniqlash. Cho'zilish va siqilishda statik noaniq masalalar. Materiallarning xossalarini tajribada y'rganish. YUmshoq p'latni siqilish diagrammasi. Turli materiallarni ch'zilish va siqilish diagrammalarini taqqoslash. Turli faktorlarni (temperatura, deformatsiya tezligi, termik va mexanik ishlov berish) materiallarni xossalariga ta'siri. Ruxsat etilgan kuchlanishni aniqlash. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasini potensial energiyasi. Kuchlanishlar konsentratsiyasi. Qattqlik. Kontakt kuchlanishlar Mavzuni o'qitish metodikasini o'rgatish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: dialogik yondashuv, muammoli ta'lim. Bingo, ajurali arra, nilufar guli, menyu, algoritm, munozara, uz-uzini nazorat.
ADABIETLAR: A1;;A3;A8;A9;;K6;K8;K9;K10;X1.X2.

Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalarini. Statik moment va inersiya momentlari. Kesimni parallel y'qlarga nisbatan inersiya momentlar. Oddiy kesim yuzalarining inersiya momentlari. Koordinata y'qlarini aylantirganda kesimning inersiya momentlarini y'zgarishi. Bosh inersiya y'qlari va bosh inersiya momentlari.

Mavzuni o'qitish metodikasini o'rgatish. Test topshiriqlari tuzish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: dialogik yondashuv, muammoli ta'lim. Bingo, nilufar guli, menyu, munozara, uz-uzini nazorat.

ADABIYOTLAR: A1;A2;A3;;A8;A9;A10;K2;K3;K4;X1,X2,

Kuchlanganlik holati va deformatsiyalar. Kuchlanganlik holatlari nazariyalarini vazifalari. CHiziqli kuchlanganlik holati. Bosh yuzalar va bosh kuchlanishlar. Tekis kuchlanganlik holatida qiya kesimdagi kuchlanishlar. Urinma kuchlanishlarni juftlik alomati. Kuchlanishlar doirasi. Hajmiy deformatsiyani potensial energiyasi.

Mustahkamlik nazariyalari. Mustaxkamlik nazariyalarining vazifalari. Mo'rt va plastik emirilish. Mustahkamlikni Mor va energetik nazariyalari.

Siljish. Sof siljish. Kuchlanish. Guk qonuni. Siljish moduli. Ruxsat etilgan kuchlanishni aniqlash. Deformatsiyani potensial energiyasi. Siljishga ishlovchi konstruk-siyalarni hisoblash. Payvand va parchin mixli birikmalar.

Buralish. Burovchi momentni aniqlash. Doiraviy kesimli sterjenlarni buralishida kuchlanish va deformatsiya. Mustahkamlik va bikrlilik shartlar. Statik noaniq masalalar. Deformatsiyani potensial energiyasi. Kesimi doiraviy b'ilmagan sterjenlarni buralishi. Vintsimon prujinalarni hisoblash. Mavzuni o'qitish metodikasini o'rgatish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: muammoli ta'lim. Ajurali arra, menyu,algoritm, munozara,uz-uzini nazorat.

ADABIYOETLAR: A1;A2;A3;A7;A8;A9;;K7;K8;K9;K10;X2.

Egilish va murakkab qarshilik. Egilishga ishlovchi konstruksiyalar. Tayanch va tayanch turlari. Eguvchi moment va k'yndalang kuchlarni aniqlash. Ichki kuch va tashqi yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differensial bog'lanishlar. Sof egilish. Normal kuchlanishni aniqlash. Urinma kuchlanishni aniqlash. Normal va urinma kuchlanishlar b'yicha mustah-kamlik shartlar. Ratsional kesimni tanlash. Juravskiy formulasini turli shakilli kesim yuzalariga tadbiiq etish. Egilish markazi. Balkalarni mustahkamligini bosh kuchlanishlar bo'yicha tekshirish. Egilishda ko'chishni aniqlash. Elastik chiziqni differensial tenglamasi va uni integrallash.Boshlang'ich parametrlar usuli. K'yichishni aniqlashni grafo-analitik usuli. Teng qarshilik ko'rsatuvchi balkalar. Deformatsiyani potensial energiyasi. Ishlar orasidagi bog'lanishlar teoremasi. Ko'chishlar orasidagi bog'lanishlar Teoremasi. Mor integrali. Vereshagin teoremasi. Statik noaniq sistemalar. Uzluksiz balkalarni hisoblash uchun uch moment teoremasi. Statik noaniq ramalarni hisoblash mavzuni o'qitish metodikasini o'rgatish.

Murakkab qarshiliklar. Egilish bilan buralishni birgalikdagi ta'siri. Valni hisoblash. Qiyshiq egilish. Kuchlanish va neytral $\bar{y}q$ holatini aniqlash. Makazlashmagan ch \bar{y} zilish va siqilish. Kuchlanish va neytral o'q holatini aniqlash. Bo'ylama va ko'ndalang egilish

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: dialogik endashuv, muammoli ta'lim. Bingo, ajurali arra, nilufar guli, menyu, algoritim, munozara, uz-uzini nazorat.
ADABIYOTLAR: A1;A2;A3;A7;A8;A9;A10;K4;K7;K8;K9;K10;X3,X4.

Siqilgan sterjenlarning ustivorligi. Muvozanatning ustivor va noustivor shakllari to'g'risida tushuncha. Bo'ylama egilish. Markaziy siqilgan sterjen uchun kritik kuchni aniqlash. Eyler formulasi. Sterjen tayanch shartlarining kritik kuch qiymatiga tasiri. Kritik kuchlanishni aniqlashda YAsniskiy formulasi. Markaziy siqilgan sterjenlarni ustivorlikka hisoblash. Ko'ndalang kesim o'lchamlarini ruxsat etilgan yukni aniqlash. Test topshiriqlari tuzish. Mavzuni o'qitish metodikasini o'rgatish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: dialogik yondashuv, muammoli ta'lim. Bingo, nilufar guli, munozara, o'z- o'zini nazorat.
ADABIYOTLAR: A1;A2;A3;;A8;A9;;K7;K8;K9;K10;X1,X3,X4.

Dinamik kuchlar. Dinamik kuchlar haqida tushuncha. Tekis tezlanishli, aylanma va tebranma harakatlarda dinamik kuchlanish. Zarb ta'sirida ch \bar{y} zilish va siqilish, buralish, egilish. O'zgaruvchan kesimli sterjenlarni zarb ta'sirida hisoblash. Zarb ta'siriga sinash

O'zgaruvchan kuchlanishlar. O'zgaruvchan kuchlanishlarning sikl turlari. Materiallarni toliqishi. Toliqish diagrammasi. Nosimmetrik sikllarda toliqish chegarasini aniqlash. Turli texnologik faktorlarni toliqish chegarasiga ta'siri. O'zgaruvchan kuchlanishlar ta'sirida mustahkamlikka hisoblash. Mavzuni o'qitish metodikasini o'rgatish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: dialogik endashuv, muammoli ta'lim. Bingo, ajurali arra, nilufar guli, menyu, algoritim, munozara, uz-uzini nazorat.
ADABIYO'TLAR: A1;A2;A3;A7;A8;A9;A10;K7;K8;K9;K10;X2,X3,X4.

«Materiallar qarshiligi» fani bo‘yicha ma’ruza mashg‘ulotining kalendar tematik rejasi

t/r		5111000 –Kasb ta’limi (5320200 – Mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqarishini jihozlash va avtomat-lashtirish) bakalavriat ta’lim yo‘nalishi	Soat
1	Maruza	Kirish, kuch va kuch turlari. Deformatsiya va ko‘chish materiallar qarshiligida qabul qilingan gipotezalar.	2
1-Modul.Markazi cho‘zilish va siqilish materiallarning mexanik xossalari			
2	Maruza	CHO‘zilishda va siqilishda kuchlanish va deformatsiya Guk qonuni. Bo‘ylama kuchlar va ularning epyuralari. Mustaxkamlik sharti.	2
3	Maruza	Temperatura ta’sirida kuchlanish va deformatsiya. Xususiy ogirlik ta’sirida kuchlanish va deformatsiya.Tashki kuch va xususiy ogirlik ta’sirida kuchlanish va deformatsiya . ta’sirida kuchlanish va deformatsiya.	2
4	Maruza	CHO‘zilish diagrammasi. Turli materiallarning cho‘zilish diagrammalarni taqqoslash. CHO‘zilishda va siqilishda potensial energiya. Siqilish diagrammasi. Siqilishda emirilishning o‘ziga xos xususiyatlari. YAngi masteriallarning mexanik xossalari.	2
2-Modul.Kuchlanganlik holati va deformatsiyalar.			
5	Ma’ruza.	CHizikli tekis va xajmiy kuchlanganlik xolatlari. Tekis kuchlanish holatida qiya yuzalardagi kuchlanishlar. Bosh kuchlanishlar. Xajmiy kuchlanganlik xolatida Gukning umumlashgan qonuni.	2
3-Modul.Tekis kesim yuzalarning geometrik xarakteristikalar			
6	Maruza	Statik moment xaqida tushuncha. Parallel o‘qlarga nisbatan statik moment. Inersiya moment xaqida tushuncha. Parallel o‘qlarga nisbatan inersiya inersiya momentlari. Oddiy kesim yuzalarida inersiya momentlari. Bosh inersiya momentlari. Inersiya ellipsi xaqida tushuncha.	2

4-Modul.Siljish deformatsiyasi.			
7	Maruza	Sof siljish.Siljishda Guk qonuni. Iknchi tartibli YUng moduli. Sof siljishda elastiklik modullar orasidagi bogliklik.	2
5-Modul.Buralishda kuchlanish va deformatsiya.			
8	Maruza	To'g'ri o'qli sterjenning buralishidagi tashqi va ichki kuch omillari. Burovchi moment va uning epyurasini qurish. Doiraviy eki xalqasimon kesimli valning buralishi. Valning mustaxkamlik sharti. Buralishda statik aniqmas masalalar.	2
6-Modul.Egilish va murakkab qarshilik			
9	Maruza	Balkalarning egilishi haqida umumiy mulohaza. To'g'ri o'qli brusning tekis egilishi. Egilishni yuzaga keltiradigan tashqi kuchlar va tayanch turlari. Balka kesimida xosil bo'ladigan ichki kuchlar, eguvchi moment va kesuvchi ko'ndalang kuch epyuralari.	2
10	Maruza	Sof egilish. Normal kuchlanishlarni aniqlash	2
11	Maruza	Egilishda urunma kuchlanishlarni aniqlash Juravskiy formulasini turli kesimlarga tadbqiq etish.	2
12	Maruza	Egilishda balkani ko'chishini aniqlash. Salqilik va kesimning aylani buchagi. Balka egilish o'qining differensial tenglamasi.	2
13	Maruza	Bog'lanish parametrlari usuli egilishda ko'chini topishning grafoanalitik usuli. Boshlangich parametrlar usuli.	2
14	Maruza	Egilishda statik noaniq masalalar.Kanonik tenglamalar Kuch usuli.Kuchishlarni Mor va Vereshagin usulida tekshirish.	2
15	Maruza	Murakkab qarshiliklar. Egilish bilan buralishning birgalikdagi tasiri. Qiyshiq egilish. Markazlashmagan siqilish. Neytral o'q holati. Kesim yadrosi.	2
16	Ma'ruza	Valni buralish bilan egilishga hisoblash. Kuchlanish. Mustahkamlik sharti.	2
7-Modul.Siqilgan sterjinlarning ustuvorligi.			
17	Maruza	Bo'ylama egilish.Markaziy siqilgan sterjen uchun kritik	2

		kuchni aniqlash. Eyler formulasi. Kritik kuchni aniqlashda YAsinskiy formulasi.	
8-Modul.Dinamik kuchlar tasiridagi elementlar hisobi.			
18	Maruza	Dinamik kuchlar.Umumiy tushunchalar. Trosni hisoblashda kuchni inobatga olish. Zarb tasiriga hisoblash.	2
Jami:			36 soat

Amaliy mashg'ulotlarning tavsiya etiladigan mavzulari

Brus kesimlaridagi ichki kuchlarni aniqlash. Brus deformatsiyasining oddiy cho'zilish (siqilish) uchun ichki kuch omillari. Sterjenning markaziy cho'zilish va siqilish. Kesimlar usuli. Sterjen kesimlaridagi bo'ylama kuchlarni aniqlash va ularning epyurasini qurish. Sterjen kesimlaridagi kuchlanishlarni aniqlash. Sterjenning mustahkamlik sharti. Kesim tanlash, ruxsat etilgan kuchni aniqlash. Sterjen kesimlaridagi ko'chishlar va deformatsiyalarni aniqlash. Xususiy og'irlik va harorat tasirida hosil bo'ladigan ko'chish va deformatsiyalar. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasiga ishlaydigan statik noaniq tizimlar hisobi.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim.*
Adabiyotlar: A2;A3; A4; Q5; Q7; Q10; Q2; Q4. X3 X4

Oddiy va murakkab shaklga ega bo'lgan tekis kesimlarning o'qlarga nisbatan statik momentlarini hisoblash. Murakkab kesimlarning og'irlik markazining statik momentlarini hisoblash. Murakkab kesimlarining og'irlik markazining koordinatalarini aniqlash. Markaziy o'qlar va ularning asosiy xususiyatlari. Oddiy (shakllarning) tekis kesimlarning o'qlarga nisbatan inersiya momentlarini aniqlash. Doiraviy va xaqasimon kesimlarning qutb inersiya momentlarini aniqlash. Parallel o'qlarga nisbatan kesimning inersiya momentlarini aniqlash. Murakkab kesimlarning bosh o'qlarning holati hamda bosh inersiya momentlarini aniqlash. Inersiya radiusini aniqlash va inersiya ellipsini qurish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim, shaxsga yo'naltirilgan ta'lim.*
Adabiyotlar:A2;A3; A4; Q2 ;Q3; K7; X3 X4

Sterjenning qiya kesimlaridagi kuchlanishlarni aniqlash. Umumlashtirilgan tekis kuchlanish holati. Bosh kuchlanishlarni va bosh yuzalarni aniqlash. Tekis va hajmiy kuchlanganlik holatlari uchun nisbiy deformatsiyalarni aniqlash. Materiallar turiga qarab mustahkamlik nazariyalarini tadbqiq etishga doir masalalar.

Qo‘llaniladigan ta’lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta’lim, aqliy hujum, pinbord.*

Adabiyotlar:A2;A3; A4; Q2; Q3;Q4.; X1 X2

Siljish deformatsiyasida kuchlanishlarni aniqlash. Siljishga ishlaydigan elementning mustahkamlik sharti. Siljishga ishlaydigan: parchin mix, bolt va payvand birikmalarning hisobi. CHO‘zilish – siqilish va siljish deformatsiyalari orasidagi bog‘lanishga oid masalalar.

Qo‘llaniladigan ta’lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta’lim, keys-stadi, paradokslar.*

Adabiyotlar:A1; A2;A3;A4; Q5; Q6;K8;. X1 X2

Buralish deformatsiyasida burovchi momentni aniqlash va epyurasini qurish. Doiraviy va xalqasimon kesimli valning buralishi. Ko‘ndalang kesimdagi kuchlanishlarni aniqlash. Valning mustahkamlik sharti. Valning buralish burchagini aniqlash. Valning bikrlik sharti.

Qo‘llaniladigan ta’lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta’lim, keys-stadi, pinbord, aqliy hujum, paradokslar.*

Adabiyotlar:A1; A2;A3; A4; Q5; Q7; Q5; Q6; Q8. X3 X4

To‘g‘ri o‘qli brusning egilishi. Brusning oddiy yuklangan holatlari uchun tayanch reaksiyalarini aniqlash. Tashqi kuchlar klassifikasiyasi. egilish masalasida ichki kuchlar eguvchi moment “M” va ko‘ndalang kuch “Q” ni aniqlash, hamda ularning epyuralarini qurish. Balka ko‘ndalang kesimlaridagi normal kuchlanishlarni hisoblash. Balkaning normal kuchlanishlarga nisbatan mustahkamlik shartlari. Ko‘ndalang egilish. Balka kesimlaridagi urinma kuchlanish-larni aniqlash. Blkaning urinma kuchlanishlarga nisbatan mustahkamlik sharti. Balka mustahkam-ligini bosh kuchlanishlarga nisbatan tekshirish. Balka egilgan o‘qi differensial tenglamasini integrallash. Oddiy yuklangan balkalarning salqiliklari va kesim og‘ish burchaklarini aniqlash. Brus o‘qidagi ko‘chishlarni Mor integrali va Vereshagin formulasi asosida aniqlash.

Qoʻllaniladigan taʼlim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli taʼlim, aqliy hujum, keys-stadi, pinbord.*

Adabiyotlar: A1;A2;A3; A4; Q5; Q7; Q10;.X1 X2 X3 X4

Bikr brusning markaziy boʻlmagan siqilishi. Kuchlanishlarni aniqlash. Neytral chiziq holati. eng katta kuchlanishlarni aniqlash. Mustahkamlik shartlari. Kesim yadrosini qurish. Doiraviy kesimli valni murakkab deformatsiyaga hisoblash.

Markaziy siqilgan sterjenlar uchun kritik kuch qiymatini aniqlash. Sterjenning tayanch turlari va bikrligining kritik kuch qiymatiga tasiri. Markaziy siqilgan sterjenlarni ustivorlikka hisoblash. Siqilgan stejenlarning ustivorlik sharti. Kesim tanlash. Ruksat etilgan kuchni aniqlash.

Qoʻllaniladigan taʼlim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli taʼlim, aqliy hujum, keys-stadi, pinbord, paradokslar.*

Adabiyotlar:A1; A2;A3; A4; Q1; Q2; Q3; Q7; Q10. X1 X2

Dinamik kuchlar tasiridagi elementlar hisobi. Qurilish onstruksiyalari va mashina qimlariga tasir etuvchi dinamik kuchlarning turlari. Tebranma harakat tasirida hosil boʻladigan kuchlar. Bir massali elastik sistemaning erkin va majburiy tebranishlari. Dinamik koeffitsient. Dinamik kuchlanishlar.

Qoʻllaniladigan taʼlim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli taʼlim, aqliy hujum, keys-stadi, pinbord.*

Adabiyotlar:A1;A2;A3; A4; Q5; Q7; Q8; Q9; Q10. X3 X4

Tajriba mashgʻulotlarning tavsiya etiladigan mavzulari

YUmshoq va bikr (legirlangan) poʻlatdan tayyorlangan namunani choʻzilishga sinash. Choʻzilish diagrammasini qurish. Poʻlat materiali uchun elastiklik moduli va koʻndalang deformatsiya koeffitsenti (Puasson koeffitsienti)ni aniqlash.

Choʻyan va plastmassalarni choʻzilishga sinash. Turli xil usullar bilan materiallarning qattiqligini aniqlash.

Poʻlat, yogʻoch materiallarni kesilishga sinash. Poʻlat, choʻyan va yogʻoch materiallarni siqilishga sinash. Poʻlat va choʻyan namunalarni buralishga sinash. Buralish diagrammasini qurish. Siljish modulini aniqlash. YUpqa devorli trubaning buralishi misolida kuchlanganlik holatini tekshirish. elektroteizometrlardan foydalanish.

Ikkita tayanchda yotuvchi balkaning egilishi. Ko'chishlarni aniqlash. Betti teorema-sining isboti. Statik noaniq balkaning ortiqcha bog'lanishlardagi reaksiya kuchlarini aniqlash. YUppqa devorli profilni egilishi. egilish markazining holatini balka kesimlaridagi kuchlanishlarni aniqlash. Teizodatchiklardan foydalanish.

Qiyshiq egilishda ko'chish va kuchlanishlarni aniqlash. Markaziy bo'lmagan cho'zilish, siqilish hodisasini tajriba bilan tekshirdi. Nomarkaziy cho'zilishda kuchlanishlarni aniqlash. Teizodatchik ko'rsatkichlari bilan taqqoslash.

Siqilgan sterjenlarning ustivorligi. Bo'ylama egilish nazariyasini tajribada tekshirish. Kritik kuch qiymatini aniqlash.

Siklik o'zgaruvchan kuchlanishlar tasiridagi brusning mustahkamligini tekshirish. Doiraviy kesimli po'lat namunani toliqishga tekshirish. Po'lat va cho'yan materiallarni zarbaviy qovushqoqlikka sinash. Bir massali elastik sistemani xususiy tebranishni davrini aniqlash.

Hisoblash-grafika ishlari.

Sterjenlar va sterjenli tizimlarni cho'zilishi va siqilishga hisoblash. Statik aniq va statik aniqmas tizimlar hisobi. Brus ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan ichki zo'riqish kuchlari. Murakkab shakllarning geometrik xarakteristikalari. Bosh markaziy o'qlarning holati va bosh inersiya momentlarining qiymatlarini aniqlash. Inersiya radiusini aniqlash va inersiya ellipsini qurish.

To'g'ri o'qli brusning egilishi. To'g'ri, siniq va egri o'qli bruslar uchun ichki kuchlarning epyuralarini qurish. Balkani mustahkamlikka hisoblash. Normal, urinma va bosh kuchlanishlar bo'yicha mustahkamlikka tekshirish. Balkani bikrlikka hisoblash. Balka o'qidagi ko'chishlarni boshlang'ich parametrlar usuli. Mor integrali va Vereshagin usullari asosida aniqlash. egilgan o'qning shaklini qurish. elastik asosida yotuvchi balkaning hisobi. eguvchi moment va ko'ndalang kuch epyuralarini qurish.

Brusning murakkab qarshiligi. Fazoviy siniq brusning hisobi. Ichki kuchlar epyuralarini qurish. Kesim tanlash. Markaziy bo'lmagan kuch tasiridagi ustunning hisobi. Ustun ko'ndalang kesimining neytral chizig'ini aniqlash. Kesim nuqtalaridagi maksimal kuchlanishlarni aniqlash. Valni buralish bilan egilish birgalikda tasir etgan holat uchun mustahkamlikka hisoblash. Valning ko'ndalang kesimini aniqlash.

Siqilgan sterjenlarning ustivorligi. Qo'shma metall profil ustunlarni ustivorlikka hisoblash. Ketma-ket yaqinlanish usuli kesim tanlash.

XGI ishlarining mazmuni

1-topshiriq: To'g'ri pog'onali statik noaniq masalani markaziy cho'zilishi va siqilishi

2-topshiriq: Tekis kesim yuzalarning geometrik xarakteristikalari.

3-topshiriq: Buralishda sterjenlarni mustahkamlikka va bikrikka hisoblash

4-topshiriq: Balkalarda (M) va(Q) epyuralarini kurish. Egilish deformatsiyasiga tekshirish

Mustaqil ta'lim tashkil etishning shakli va mazmuni.

«Materiallar qarshiligi» bo'yicha talabaning mustaqil ta'limi shu fanni o'rganish jarayonining tarkibiy qismi bo'lib, uslubiy va axborot resurslari bilan to'la ta'minlangan.

Talabalar auditoriya mashg'ulotlarida professor-o'qituvchilarning ma'ruzasini tinglaydi-lar, misol va masalalar echadilar. Auditoriyadan tashqarida talaba darslarga tayyorlanadi, adabiyotlarni konspekt qiladi, uy vazifa sifatida berilgan misol va masalalarni echadi. Bundan tashqari ayrim mavzularni kengroq o'rganish maqsadida qo'shimcha adabiyotlarni o'qib referatlar tayyorlaydi hamda mavzu bo'yicha testlar echadi. Mustaqil ta'lim natijalari reyting tizimi asosida baholanadi.

Uyga vazifalarni bajarish, qo'shimcha darslik va adabiyotlardan yangi bilimlarni mustaqil o'rganish, kerakli ma'lumotlarni izlash va ularni topish yo'llarini aniqlash, internet tarmoq-laridan foydalanib ma'lumotlar to'plash va ilmiy izlanishlar olib borish, ilmiy to'garak doirasida yoki mustaqil ravishda ilmiy manbalardan foydalanib ilmiy maqola va ma'ruzalar tayyorlash kabilar talabalarning darsda olgan bilimlarini chuqurlashtiradi, ularning mustaqil fikrlash va ijodiy qobiliyatini rivojlantiradi. SHuning uchun ham mustaqil ta'limsiz o'quv faoliyati samarali bo'lishi mumkin emas.

Talaba mustaqil ishining asosiy maqsadi - o'qituvchining rahbarligi va nazorati ostida talabada muayyan o'quv ishlarini mustaqil ravishda bajarish uchun bo'lgan bilim va ko'nikmalarni shakllantirish va rivojlantirishdir.

Talaba mustaqil ishining vazifalari quyidagilardan iborat:

- yangi bilimlarni mustaqil tarzda puxta o'zlashtirish ko'nikmalariga ega bo'lish (*ayrim mavzulardan masala echish*);

- kerakli ma'lumotlarni izlab topishni qulay va samarali usullari va vositalarini aniqlash.

Materiallar qarshiligi fanidan talaba o'quv semestri davomida 3 ta mustaqil ish bajaradi, ya'ni har bir joriy nazoratda bittadan.

Talaba mustaqil ishini tashkil etishda fanning xususiyatlaridan kelib chiqib, quyidagi shakllarini qabul qilamiz:

- ayrim nazariy mavzularni o'quv adabiyotlari yordamida mustaqil o'zlashtirish;
- amaliy va tajriba mashg'ulotlariga tayyorgarlik;
- hisoblash-grafikasiga tayyorgarlik;
- anjumanga ma'ruza tezislari tayyorlash.

"Materiallar qarshiligi"ning nazariyasiga tegishli mustaqil ishning varianti talabani sinov daftarchasidagi shifr yordamida belgilanadi. Bunda shifrn oxirgi raqami talaba mustaqil ishining variant raqamini bildiradi. Talaba mustaqil ishida variantdagi savollarga tegishli tayanch iboralarning lug'aviy ma'nosini yoritadi.

- o'zlashtirish ko'rsatkichi - 86 - 100%; fanni o'quv - uslubiy xaritasiga kiritilgan mavzular bo'yicha mustaqil ish materiallarini, ya'ni test savollari va tayanch iboralarning lug'aviy ma'nosini to'liq o'zlashtirganda, tajriba ishlarini talabani o'zi mustaqil bajara olsa, o'z xatoliklarini talaba o'zi tuzatib bilsa.

- o'zlashtirish ko'rsatkichi 71 - 85%; test savollari va tayanch iboralar lug'aviy ma'nosini to'liq o'zlashtirganda, tajriba ishlarini bajarishda, ba'zi ahamiyatga ega bo'lmagan xatoliklarga yo'l qo'ygan va bu xatoliklarni o'qituvchi ko'rsatmasi asosida tuzata olsa.

- o'zlashtirish ko'rsatkichi - 55 - 70%; fanni o'quv dasturiga kiritilgan mavzular bo'yicha mustaqil ish materiallarini to'liq izohlamagan, ayrim xatoliklarga yo'l qo'ygan va bu xatoliklarni o'qituvchi ko'rsatmasi yordamida tuzatilgan hollarda.

- o'zlashtirish ko'rsatkichi 55 % dan past o'quv dasturiga kirgan mavzular bo'yicha mustaqil ish materiallarini to'liq bilmagan va tuzatib bo'lmaydigan xatoliklarga yo'l qo'ygan holda.

Mustaqil ish bo'yicha belgilangan maksimal reyting balining 55% dan kam ball to'plagan talaba fan bo'yicha yakuniy nazoratga qo'yilmaydi

Mustaqil ish tarkibi

Kulachokli mexanizmlar harorat va xususiy og'irlik ta'sirida kuchlanish va deformatsiya. Turli materiallarning cho'zilish va siqilish diagram-malari. Cho'zilish va siqilish deformatsiyasining potensial energiyasi. Teng qarshilik ko'rsatuvchi bruslar. Vintsimon prujinani hisoblash. Mustahkamlik nazariyalari: bosh normal kuchlanishlar nazariyasi, bosh nisbiy deformatsiyalar nazariyasi, bosh urinma

kuchlanishlar nazariyasi, energetik nazariyasi, Mor nazariyasi. Egilishda ko'chishni aniqlash uchun universal formula. Egilishda ko'chishni aniqlash uchun grafo-analitik usul. Egilishda potensial energiya. Ishlar orasidagi bog'lanishlar teoremasi. Ko'chishlar orasidagi bog'lanishlar teoremasi. Egilishda ko'chishni aniqlash uchun Mor integrali. Egilishda ko'chishni aniqlash uchun Vereshagin usuli. Teng karshilik ko'rsatuvchi balkalar. Egilishda oddiy statik noaniq masalalar. Buralishda statik noaniq masalalar. CHO'zilish va siqilishda statik noaniq masalalar. YUpqa devorli idishlarni hisoblash. Laplas tenglamalari.

Dasturning informatsion uslubiy ta'minoti

Mazkur fanni o'qitish jarayonida ta'limning zamonaviy metodlari, pedagogik va axborot kommunikatsion-texnologiyalari qo'llanilishi nazarda tutilgan.

- mashina va mexanizmlar hamda muhandislik inshootlari konstruksiyalarini mutsahkamlikka, birlikka va ustuvorlikka amaliy va tajribaviy hisoblash va kuzatishlarda kompyuter texnologiyalari yordamida namoyish etish va elektron didaktik texnologiyalar.

- ichki kuchlar, kuchlanishlar, K'ychishlar va deformatsiyalar, qattiq jism materiallarini asosiy mexanik xossalari-elastiklik; oquvchanlik, surilish va relaksatsiya, toliqish va emirilish mustahkamlik t'yg'risidagi tushunchalar; emirilish va mustahkamlik kuchlanish, deformatsiya va k'ychishlar orasidagi bog'lanishni matematik ifodasi va animatsion dasturlar.

«Materiallar qarshiligi» fanidan talabalar bilimini reyting tizimi asosida baholash mezonlari .

Talabalar bilimini nazorat qilish va reyting tizimi orqali baholashdan maqsad, ta'lim sifatini boshqarish orqali raqobatbardosh kadrlar tayyorlashga erishish, talabalarning fanlarni o'zlashtirishida bo'shliqlar hosil bo'lishini oldini olish, ularni aniqlash va bartaraf etishdan iborat.

“Materiallar qarshiligi” fanidan mashg‘ulotlarning mavzular va soatlar bo‘yicha taksimlanishi:

5111000 – Kasb ta’limi (5320200-mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqarishini jixozlash va avtomatlashtirish)							
t/r	Mavzular nomi	Hammasi	Jami	ma’ruza	Amaliy mashg‘ulot	Tajriba	Mustaqil ta’lim
III-mavsum							
Jami:		114	72	36	18	18	42

Baholash mezonlari

❖ O‘zlashtirish ko‘rsatkichi 86-100%

Fanni o‘quv dasturiga kiritilgan mavzular bo‘yicha mustaqil ish materiallarini to‘liq o‘zlashtirganda, o‘z xatoliklarini talaba o‘zi tuzata bilgan holda.

Fanga qiziqishi yaratuvchanligi, yangi texnika – texnologiyalarga intilishi murakkab topshiriqlarni bajarishga harakatlanganligi internet orqali olingan yangiliklarni tahlil etib bilganligi.

❖ O‘zlashtirish ko‘rsatkichi 71-85% fanni o‘quv dasturiga kiritilgan mavzular bo‘yicha mustaqil ish materiallarini to‘liq izohlab bergan bazi ahamiyatga ega bo‘lmagan xatolarga yo‘l qo‘ygan va bu xatolarni o‘qituvchi ko‘rsatmasi asosida tuzata olgan holda.

Fanga qiziqish yangi texnika-texnologiyaga qiziqishni namoyon etishi, murakkab topshiriqlarni bajarishga intilishi.

❖ O‘zlashtirish ko‘rsatkichi 55-70 %

Fanni o‘quv dasturiga kiritilgan mavzular bo‘yicha mustaqil ish materiallarini to‘liq izohlamagan, fanni boshqa qismlarini o‘rganishga xalaqit bermaydigan ayrim ahamiyatga ega bo‘lmagan xatoliklarni yo‘l qo‘ygan, bu xatoliklarni o‘qituvchi yordamida tuzatilgan hollarda.

Fanni o‘rganishda yangi texnika-texnologiyaga qiziqishi passivligi, murakkab topshiriqlarni bajarishga intilishi yo‘qligi.

❖ O‘zlashtirish ko‘rsatkich 55 % dan past o‘quv dasturiga kirgan mavzular bo‘yicha mustaqil ish materiallarini to‘liq bilmagan sistemalashmagan va tuzatib bo‘lmaydigan xatoliklarga yo‘l qo‘ygan holda.

“Mexanika” kafedrası amaliy mashg’ulotlar va tajriba mashg’ulotlariga! soati
36 soat bo‘lgan fanlar uchun JN-1, JN-2 ballar taqsimoti

Haf talar soni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	JN-1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	JN-2
Jami 1 juftlik dars uchun	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	20	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	20
Audi toriya	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	12	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	12
Mus taqil	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	8

Quyida 55%, 56-70%, 71-85%, 86-100% ballar taksimoti keltirilgan.

	55 %	56...70 %	71...85 %	86 – 100%
12	6,6	6,72...8,4	8,52...10,2	10,3-12
8	4,4	4,5...5,6	5,7...6,8	6,9-8
1- JN	11.0	11,2.....14.0	14,3.....17,0	17,2-20

Materiallar qarshiligi fanidan texnologik xarita

Hafta larr	Mavazu №	Ma`ruzada o`rganiladigan mavzular nomi	Mashg’ulot №		Foydalanilgan adabiyot, UTV va uslubiy	Talabalar mustaqil ishi	Soatlari	Nazoratt turi
			amaliy	tajriba				
	1	Fanni vazifalari. Kuch turlari. Kesish metodi. Kuchlanish va deformatsiya. Fanda qabul qilingan gepotezalar			[1],[2] 19-01 19-02	Fanning tarixi haqida ma`lumot ijodiy ish	6	
	2	Tekis kesim yuzalarining geometrik xarakteristikalarini. Statik va inertsiya momentlar. Parallel o`qlarga nisbatan			[1],[2],[3]	Oddiy kesim yuzalarining inertsiya momntlari - ijodiy	4	

		inertsiya momentlari.			TS	ish		
3		Koordinata o`qlarini aylantirganda inertsiya momentlarni o`zgarishi. Bosh inertsiya o`qlari va bosh inertsiya momentlari.	2.2 №1 5.6; 5.10 5.11; 5.21 5.31		[1],[2],[3] TS	Inertsiya ellipsi haqida tushuncha – referat Nosimmetrik tekis kesim yuzalarini geometrik xarakteristikalarini hisoblash – hisoblash grafik ishi	10	R XGI
4		Cho`zilish va siqilish. Kuchlanish va deformatsiya. Guk qonuni. elastiklik moduli. Mustahkamlik sharti. Kesimni tanlash			[1],[2] 19-03 19-17	Cho`zilish va siqilishda kesimni tanlashga oid ijodiy ish	5	
5		Cho`zilish va siqilishda statik aniq va noaniq masalalar. Temperatura va xususiy og`irlik ta`sirida cho`zilish va siqilish.	№2 1.9, 1.15 1.32, 1.46 1.59;1. 67; 1.83;1. 89		[1],[2],[3] 19-13 TS	Teng qarshilik ko`rsatuvchi brus va uning kesim yuzasini aniqlanash - referat Cho`zilish va siqilishda statik noaniq masalalar – hisoblash grafik ishi	16	R XGI
6		Materiallarning xossalarini tajribalarda o`rganish. Yumshoq po`lot va turli materiallarning cho`zilish va siqilish diagrammalari. Plastiklik va mo`rtlik. Ruxsat etilgan kuchlanish.		№1 №2 №3	[1],[2] 19-04 19-05 19-06 19-07 19-08 RV-10 APR-50	Materiallarning mexanik xususiyatlariga haroratning, namuna siritiga ishlov berishning ta`siri. Cho`zilish va siqilish deformatsiyasining potentsial energiyasi. Kontakt kuchlanishlar. Qattqlik, kuchlanishlar konsentratsiyasi – referat Plastik va mo`rt materiallarni cho`zilish va siqilishga sinash – tajriba ishi	12	R TI
7		Kuchlanganlik holatlari va mustahkamlik nazariyalari. Chiziqli va tekis kuchlanganlik. Bosh yuzalar va bosh			[1],[2],[3] 19-14	Ijodiy ish	4	

		kuchlanishlar.			TS			
8		Mor doirasi. Hajmiy kuchlanganlik va deformatsiya. Guk qonuni. Deformatsiyaning energiyasi.			[1],[2] TS	Tekis kuchlanganlikda kuchlanishlar doirasini qurishga oid ijodiy ish	6	
9		Mo`rt va plastik yemirilish. Klassik mustahkamlik nazariyalari.			19-21 19-22	Mor mustahkamlik nazariyasi - referat	4	R
10		Siljish. Guk qonuni. Kuchlanish. Parchin mixli va payvand birikmalarni hisoblash	№3. 3.5 3.9;3.1 0	№5	[1],[2],[3] RV-10	Metall namunasini qirqilishga sinash - tajriba ishi	9	TI
11		Buralish. Burovchi momentni aniqlash. Doiraviy kesimli sterjenni buralishida kuchlanish		№6 №7	[1],[2],[3] 19-15 KM-50 K-5	To`g`ri to`rtburchak sterjenlarning buralishi - referat Doiraviy kesimli sterjenni buralishiga sinash - tajriba ishi	9	R
12		Buralishda mustahkamlik va bikrlilik shartlar. Vintsimon prujinani hisobi.	№4 4.9; 4.11. 4.15; 4.25; 4.29; 4.32	№8	[1],[2],[3] 19-16 DP-6A	Buralishda kuchlanganlik va deformatsiya holatlarining tahlili – referat Vintsimon prujina deformatsiyasini o`rganish - tajriba ishi	8	TI
13		Egilish. Ichki kuch faktorlarini aniqlash. M, Q, q orasidagi differentsial bog`lanishlar.	№5 6.9; 6.16; 6.17; 6.28		19-18 19-19 19-20	Ko`ndalang kuch va eguvchi moment epyurlarini qurish – hisoblash grafik ishi	16	XGI
14		Egilishda normal kuchlanish. Normal kuchlanish bo`yicha mustahkamlik shart. Kesim- ni tanlash.	№6 6.32; 6.33; 6.34; 6.39		[1],[2],[3] TS	Balka kesimini tanlash va uning mustahkamligini normal kuchlanish bo`yicha tekshirish – hisoblash grafik ishi	7	XGI
15		Egilishda urinma kuchlanish. Mustahkamlik shart. Juravskiy formulasini turli shaklli kesim larga tadbiiq etish.	№6 6.45;6.48; 6.58; 6.68	№11	[1],[2],[3] TS	Juravskiy formulasini uchburchak, doiraviy va qo`shtavrlilik kesimlarga tadbiiq etish. referat – hisoblash grafik ishi Egilish markazini	9	R XGI TI

						aniqlash - tajriba ishi		
16	Balka mustahkamligini bosh kuchlanishlar bo'yicha tekshirish. Teng qarshilik ko'rsa-tuvchi balkalar.				[1],[2],[3] TS	Qo'shma balkalarni mustahkamlikka hisoblash - referat	6	R
17	Egishda ko'chishni aniqlash. elastik chiziqni differentsial tenglamasi. Boshlang'ich parametrlar usuli.	№7 7.9; 7.19, 7.20	№9 №10		[1],[2],[3] TS SM-7A SM-4	Balka tanlangan kesimlarining aylanish burchagi va salqiligini boshlang'ich parametrlar usuli bilan aniqlash – hisoblash grafik ishi va - tajriba ishi	11	XGI TI
18	Ko'chishni aniqlashni grafoanalitik usuli. Deformatsiyani potentsial energiyasi. Mor integrali. Vereshagin usuli.	№7 7.22; 7.36; 7.51;7. 61			[1],[2],[3] TS	Ishlar orasidagi bog'lanishlar teoremasi. Ko'chishlar orasidagi bog'lanishlar teoremasi – referat Balka tanlangan kesimlarining aylanish burchagi va salqiligini grafoana-litik usuli bilan aniqlash – hisoblash grafik ishi	11	R XGI
19	Egishda oddiy statik noaniq masalalar				[1],[2],[3] TS	Ijodiy ish	4	
20	Uzluksiz balkani hisoblash. Uch moment nazariyasi. Statik noaniq ramalarni hisoblash. Kuch usuli. Kanonok tenglama.	№8 9.8; 9.9; 9.10 9.22 9.30; 9.37 9.43; 9.44			[1],[2],[3] TS	Uzluksiz balkalar va statik noaniq ramalarni hisoblashga oid ijodiy ish.	18	ME
21	Egri sterjenlar. Kuchlanish va deformatsiya. Neytral o'q tenglamasi.				[1],[2],[3] TS	Doiraviy, qo'shtavr va to'g'ri to'rtbur- chak kesimli egri bruslarda neytral o'q tenglamasi.- referat	4	R
22	Murakkab qarshiliklar. Buralish bilan egilishni birgalikdagi ta'siri. Qiyshiq gilish. Kuchlanish. Neytral o'q tenglamasi	№9 10.5; 10.6			[1],[2],[3] TS	Qiyshiq egilishga oid qo'shimcha misol yechish	8	
23	Markaziy bo'lmagan cho'zilish va siqilish.	№ 10			[1],[2],[3]	Markaziy bo'lmagan cho'zilish va siqilishga	8	ME

		Kuchlanish. Neytral o`q tenglamasi	10.48		TS	oid qo`shimcha misol yechish		
24		Ustivorlik. Kritik kuchni aniqlash. Eyer formulasi. Kritik kuchlanish.			19-23 19-24	Ijodiy ish	6	
25		Eyer formulasini ishlatish chegarasini aniqlash. Ustivorlik sharti. Bo`ylama va ko`ndalang egilish.	№ 11 11.13; 11.15		[1],[2],[3] 19-25 TS	Sterjenlarning bo`ylama va ko`ndalang egilish. O`zgaruvchan kesimli sterjenlarning ustivorligi masalasi. - referat	4	R
26		Dinamik kuchlar. Tekis tezlanishli va tebranma harakatlarda dinamik kuchlanishlar .Zarb ta`siri. Zarbga sinash.			[1],[2],[3] TS	Zarb ta`sirida egilish, buralish. Zarbga sinash.- referat	4	R
27		O`zgaruvchan kuchlanishlar. Material larni toliqishi. O`zgaruvchan kuchlanishlarda tsikl turlari.Toliqish .			[1],[2],[3] TS	Chidamlilik chegarasi va unga ta`sir etuvchi omillar. O`zgaruvchan kuchlanishlarda mustahkamlikka oid hisoblar - referat	4	R
						Yupqa devorli idishlarni momentsiz nazariya asosida sferik idishlarni hisoblash. Yupqa devorli idishlar momentsiz nazariya asosida tsilindrik idishlarni hisoblash. Laplas formulasi. - referat	4	R
						Guk qonuni ishlatiladigan chegaradan tashqarida materiallarni mustahkamlikka hisoblash. Yangi materiallar haqida tushuncha.- referat	4	R

Foydalaniladigan asosiy darsliklar va o‘quv qo‘llanmalar ro‘yxati
Asosiy adabiyotlar:

- 1 H. S. Bibutov “Materiallar qarshiligi asoslari”
«Minhoj» Toshkent, 2003 y., 557bet.
- 2 A. Nabiev «Materiallar qarshiligi kursi» «Yangi asr avlodi» Toshkent, 2008 y., 489bet.
- 3 K. M. Mansurov «Materiallar qarshiligi» O‘qituvchi Toshkent, 1983y., 380bet.
- 4 V. K. Kachurin va boshqalar Materiallar qarshiligidan masalalar t‘plami.
«O‘qituvchi» Toshkent, 1998 y., 375bet.
- M. Ergashov Materiallar qarshiligidan hisoblash loyihalash ishlari. “Moliya”, Toshkent, 2004 y., 270bet.
- 6 S. Xasanov Materiallar qarshiligidan misollar echish,
Fan va texnologiyalar, Toshkent, 2007y., 354bet.
- 7 S. A. Yuldoshbekov «Materiallar qarshiligi» Toshkent, 1995y., 60bet.

Horijiy Adabiyotlar.

1. [By. S. TIMOSHENKO] *STRENGTH OF MATERIALS 2013.*
2. [Seventh Edition.] *Mechanics of materials. 2014y.*
3. { R.C HIBBELER} *Mechanics of materials NINTH EDITION C 2014y.*
4. [BETTER TEXTBOOKS. LOWER PRICES] *MECHANICS OF MATERIALS LABS WITH SOLID WORS SIMULATION 2014.*

Qo‘shimcha adabiyotlar.

- 1 Bibutov N.S., M.N. Murodov. «Materiallar qarshiligi fanidan o‘qish metodikasi.» Buxoro 2013 yil. Durdona. 376.
- 2 Aleksandrov A.V., Potapov V.D., Derjavin B.P. Soprotivlenie materialov dlya vuzov. M.: Vysshaya shkola. 1995, 2001 g. 560 s.
- 3 Sbornik zadach po soprotivleniyu materialov pod red. Aleksandrova A.V., M.: Stroyizdat. 1977g. 335 s.
- 4 Metodicheskie ukazaniya k vypolneniyu raschetno-graficheskix rabot. Izd. MIIT.
- 5 Laboratornye raboty po soprotivleniyu materialov (Metodicheskie ukazaniya pod red. Aleksandrova A.V., chast 1, MIIT, 1974 g.) 87s.
- 6 Bondarenko A.N. Trenajer dlya postroeniya epyur poperechnyx sil i izgibayuyux momentov. Novosibirsk. 2004

Elektron resurslar

1. Zozulya V.V., Martynenko L.V., Lukin A.N. Teoreticheskaya mexanika.- Xarkov, 2004. 244r. Russian djvu. 1971 KB 8.1 KB/p. 300 dpi OCR lib. Homelinux. Org /fayl/
2. Juravlev V.F. Osnovy teoreticheskoy mexaniki. 2-e izd., Fizmatlit, 2001. 321r. Russian djvu. 2901 KB 0,9 KB/p. 600 dpi OCR lib. Homelinux. Org /fayl/
3. ERGASHEV VA BOSHQALAR M.M. va boshqalar. «**MATERIALLAR QARSHILIGI**»-T., O‘zbekiston. 2008, <http://www.ziyonet.uz/ru/library/libid/308>
4. [Mexanika - Ziyonet - Biblioteka](#)
"MATERIALLAR QARSHILIGI" fanidan xisob-grafik ishlari uchun topshiriqlar to‘plami (moddiy nuqtaning ... MATERIALLAR QARSHILIGI fanidan talaba mustaqil ishini tashkil etish, ... www.ziyonet.uz/ru/library/libid/308...
Soxranennaya kopiya Еще s sayta

5. Spetsializirovannyy sovet - IMiS AN RUz

O‘zbekiston Milliy universiteti “**Nazariy** va Amaliy **mexanika**» kafedrası seminari;
4. Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti “Informatsion texnologiyalar” va
... www.instmech.fan.uz/?action=sovet [Soxranennaya kopiya](#) [Еще s sayta](#)

6. Samarkandskiy gosudarstvennyy institut inostrannykh yazykov

MATERIALLAR QARSHILIGI Buxoro. «Ziyo-Rizograf». 2005 y. 68 . 10.
Asbobsozlik materiallari Buxoro. «Ziyo-Rizograf». 2006 y. 51 b. 11. Fizik
kinetika asoslari Buxoro. ... www.samdhti.uz/faculty/faculty3kaf...
[Soxranennaya kopiya](#) [Еще s sayta](#)

7. Ofitsialnyy sayt Tash/IT - Adabiyotlarning bibliografik ko‘rsatkichi

531 K64 Komiljonov, A.X **MATERIALLAR QARSHILIGI: DINAMIKA** o‘quv
...
www.tash/it.uz/page-al-alias4611.ht... [Soxranennaya kopiya](#) [Еще s sayta](#)

**“Materiallar qarshiligi” fanidan mustaqil ish va
topshiriqlar**

“Materiallar qarshiligi” fani mustaqil fan sifatida barcha oliy texnika o`quv yurtlarida o`qitiladi.

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

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

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

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

1.Modul.

Maruza. №1. *KIRISH*. Materiallar qarshiligi fanining rivojlanish tarixi.

Kuch va kuchlanish , kuchlanish va deformatsiya.Materiallar qarshiligida qabul qilingan gipotezalar.Konstruksiya elementlari.

REJA:

1. Mashina va inshoot qismlarini mustahkamligini
2. Barcha kuchlardan muvozanat shartlari tuzish.
3. Kuchlanish.
4. Deformatsiya va ko`chish.
5. Deformatsiya turlari.
6. Kesish metodi.
7. Materiallar qarshiligida qabul qilingan gipotezalar.
8. Konstruksiya elementlari.

«**Materiallar qarshiligi**» - mashina detallari va inshoot qismlarini mustahkamlikka, bikrlikka va ustuvorlikka hisoblash metodlarini o`rgatuvchi fandır.

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

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

«**Materiallar qarshiligi**» fanini o`rganish quyidagicha olib boriladi:

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

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

Shuni aytish kerakki, «**Materiallar qarshiligi**» fani injenerlar tayyorlashda birinchi hisoblashga qaratiladigan fandır.

«MATERIALLAR QARSHILIGI» FANINING RIVOJLANISH TARIXI

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

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

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

Shuningdek Gollandiyalik olim Ya.Bernullining (1654-1705) materiallar qarshiligi fanining rivojlanishidagi xizmati kattadir.

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

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

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

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

Ingliz olimi T. Yung (1773-1829) 14 yoshida lotin, grek, eron, evrey tillarini mukammal bilgan, falsafa va matematikaga oid ishlari mavjud bo`lgan. Uning «Materiallar qarshiligiga» oid, elastiklik moduli, proportsionallik chegarasi, buralish masalalariga oid, markazidan tashqari siqilish va zarb kuchlariga oid ishlari ma`lum.

Frantsuz injeneri Barre de Sen-Venan (1797-1886), birinchi bo`lib injenerlik masalalarini yechishda elastiklik nazariyasining ahamiyatini ko`rsatib berdi.

Shuningdek plastiklik nazariyasiga oid egilish nazariyasi, egri bruslarga oid ishlari bilan ma`lum.

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

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

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

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

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

ASOSIY TUSHUNCHA VA CHEKLANISHLAR

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

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

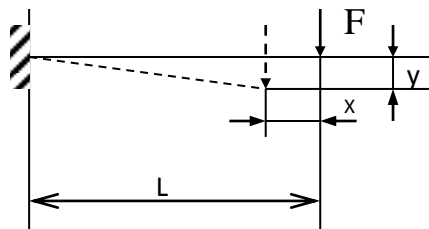
Anizotropiya ega bo'lmagan material yog'och, cho'yan va boshqa materiallar kiradi, chunki uning tolalari bo'ylab qarshilik ko'rsatishi ko'ndalangiga nisbatan bir necha marotaba katta.

«Materiallar qarshiligi» fanida quyidagi cheklanishlar qabul qilinadi.

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

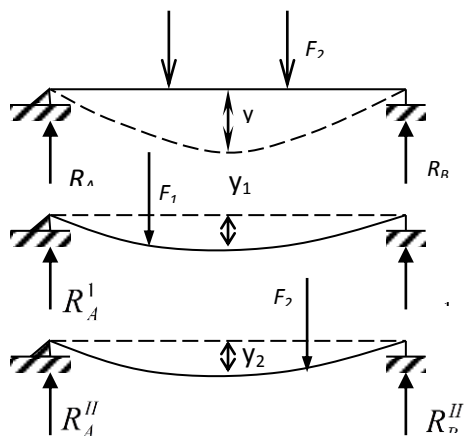
Mashina detallari va inshoot qismlari uchun ishlatiladigan materiallarni izotrop deb, materialni har bir nuqtasidagi kuchlanish va deformatsiyani hamma yo'nalishlarda bir xil bo'ladi deb qaraladi. Bu cheklanish yog'och materiali uchun to'g'ri kelmaydi.

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



Aniq hisoblarda eguvchi moment ko'rinishida aniqlanadi.

Kuchlar ta'sirining mustaqillik printsiipi. Bu printsiipga ko'ra jismga qo'yilgan har xil yo'nalishdagi kuchlardan hosil bo'lgan zo'riqish



2-rasm.

Salqilik

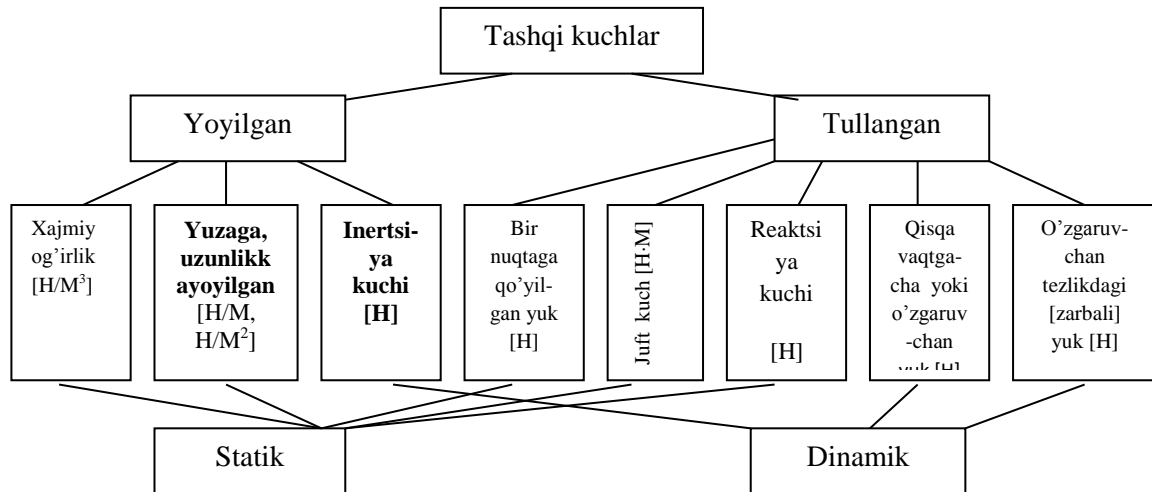
$$Y = Y_1 + Y_2 \quad (1)$$

1-rasm

Tayanch reaksiyalari

$$R_A = R_A^I + R_A^{II} \quad (2)$$

TASHQI KUCHLAR KLASSIFIKATSIYASI



STERJEN' (BRUSLAR), PLASTINA TO`G`RISIDA TUSHUNCHA

Ko`ndalang kesim o`lchamlari uzunlik o`lchamlariga nisbatan juda kichik bo`lgan jismlar brus deb aytiladi. Juda ingichka bruslariga sterjen' deb ataladi.

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

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

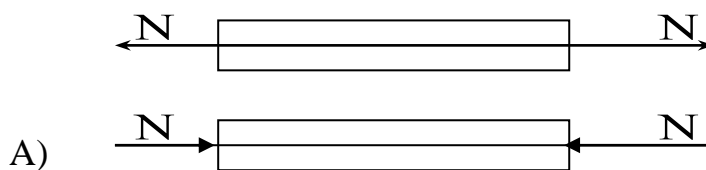
Qalinligiga nisbatan ikkala o`lchami katta bo`lgan yassi kattik jism plastinka deyiladi. Egri plastinka qobiq deyiladi.

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

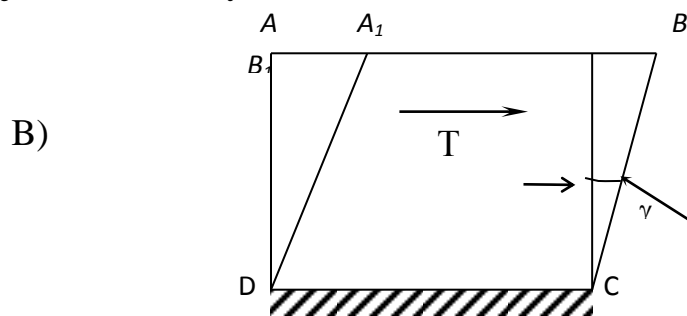
Tayanchlar uch xil bo`ladi. Sharnirli – qo`zg`aluvchan, sharnirli – qo`zg`almas, qistirib mahkamlangan.

DEFORMATSIYALARNING TURLARI

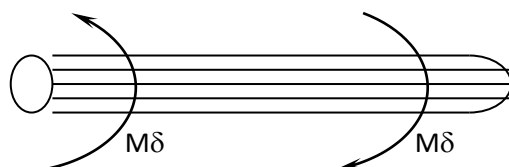
1) Cho`zilish yoki siqilish deformatsiyasi.



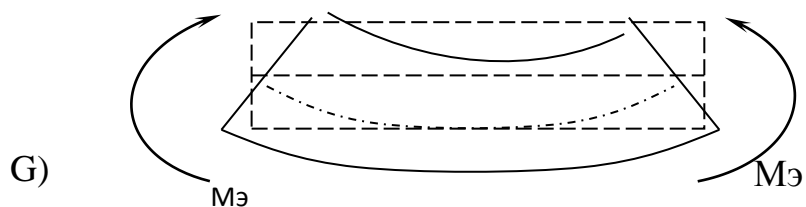
2) Siljish deformatsiyasi.



3) Buralish deformatsiyasi.



4) egilish deformatsiyasi.

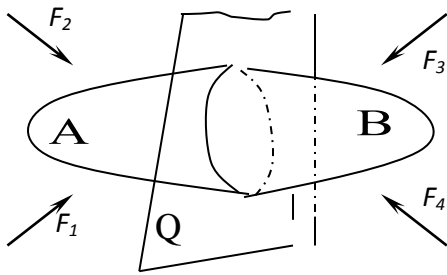


3-rasm.

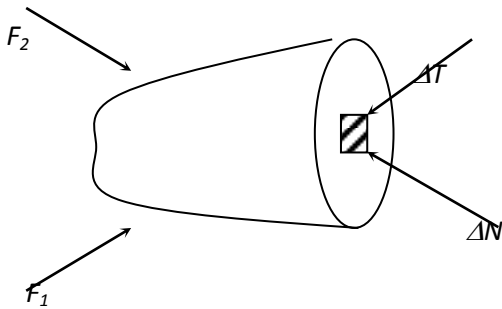
5) Shuningdek murakkab deformatsiya ko`rinishlari mavjud, ular quyidagi ko`rinishlarda keladi:

- a) Qiyshiq egilish;
- b) Egilish bilan buralishni birgalikdagi kelishi;
- v) Markazdan tashkari siqilish;
- g) Bo`ylama egilish.

KESISH USULI



F_1, F_2, F_3, F_4 kuchlari ta'sirida jism (qattiq) statik muvozanatda bo'ladi.



ΔT kichkina maydonchaga ta'sir qiluvchi teng ta'sir kuch.

4-rasm.

Kuch ta'sirini o'rtacha intensivligi.

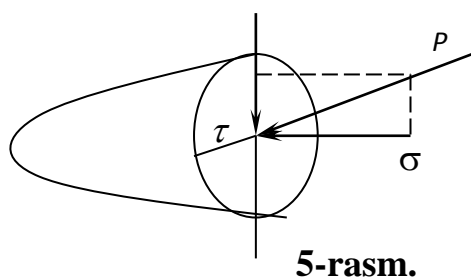
$$P = \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad (1)$$

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

$$\lim_{\Delta A \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta N}{\Delta A} \right) \quad (2)$$

O'z navbatida urinma kuchlanish quyidagicha aniqlanadi.

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



σ – normal kuchlanish

τ - urinma kuchlanish

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

to'la kuchlanish r ga teng.

Kuchlanishning o'lchash birligi Pa (Paskal')

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa} \approx 10 \text{ kg/sm}^2 = 0,1 \text{ kg/mm}^2$$

$$1 \text{ kN} = 1000 \text{ N} = 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t.}$$

$$1 \text{ kg/mm}^2 = 0,981 \cdot 10^5 \text{ n/m}^2 = 0,1 \text{ MPa.}$$

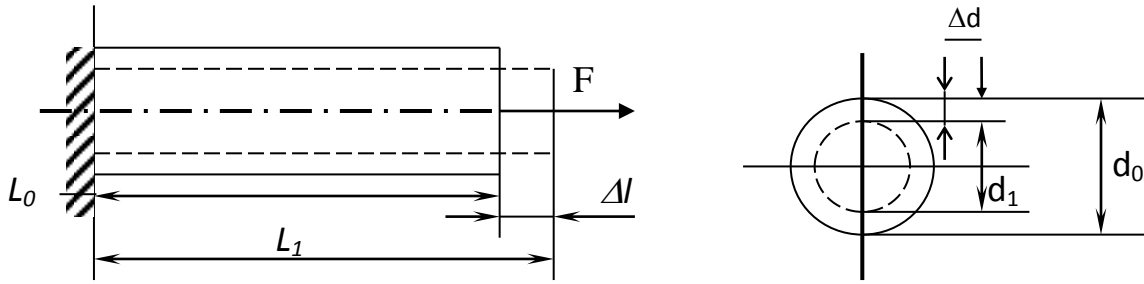
MA`RUZA №2 CHO`ZILISH VA SIQILISH

REJA:

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

Cho`zilish va siqilish deformatsiyasiga turli mashina detallari va inshoot qismlari ishlaydi.

Cho`zilish deformatsiyasi



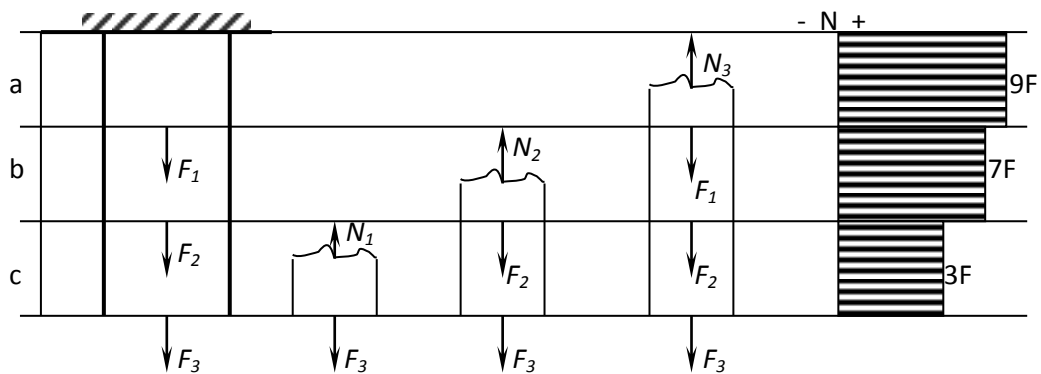
6-rasm

Cho`zilish va siqilishga sterjenlar bir xil ishlaydi Shuning uchun formulalar bir xil bo`ladi, faqat ishorasi bilan farq qiladi. Sxemadagi quyidagicha belgilash qabul qilingan.

d_0, L_0 - dastlabki diametri va uzunligi, m

d_1, L_1 - keyingi diametri va uzunligi, m

$\Delta d, \Delta l$ - absolyut qiskarish va uzunligi, m

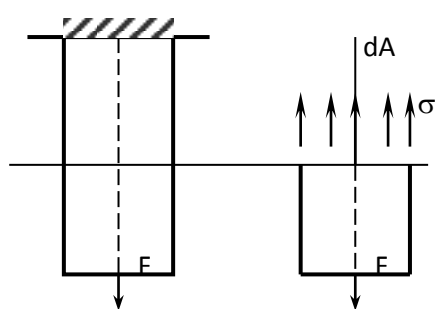


7-rasm

BO`YLAMA KUCHLAR VA ULARNING EPYURASI

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

CHO`ZILISH DEFORMATSIYASIDA KO`NDALANG KESIMDAGI KUHLANISH



1

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

$$F = N$$

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

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

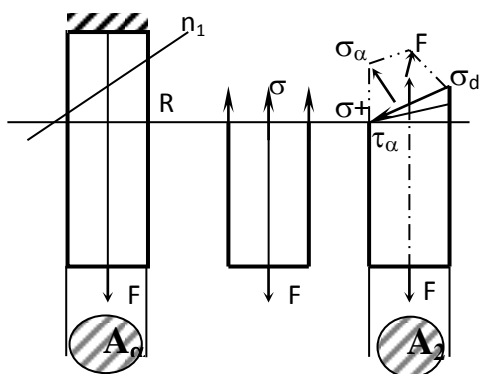
8-rasm

Bu formuladan \pm ishorasi cho`zilish yoki siqilish deformatsiyasi bo`lganligidan darak beradi.

Kuchlanish mashtabi
$$K_{\sigma} = \frac{\sigma}{m} \quad (3)$$

) formulada m – kuchlanish epyurasiga qo`yiladigan vektor qiymati.¹

STERJEN QIGA KESIMIDAGI TEKISLIKLARIDAGI KUHLANISH.



Normal kuchlanish
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{N}{A} \quad (1)$$

Qiya tekislikdagi kuchlanish

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

9-rasm

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

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

¹1. Mechanics of materials.27page.Seventh Edition.

Normal kuchlanish quyidagicha aniklanadi.

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

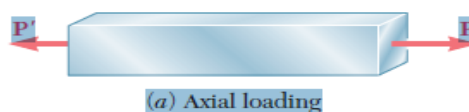
Urinma kuchlanish quyidagicha aniqlanadi.

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

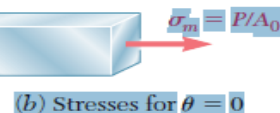
(5) va (6) formulaga ko`ra quyidagicha o`zgaradi:

$\alpha=0$ bo`lsa, $\sigma_x = \sigma$; $\tau_x=0$.

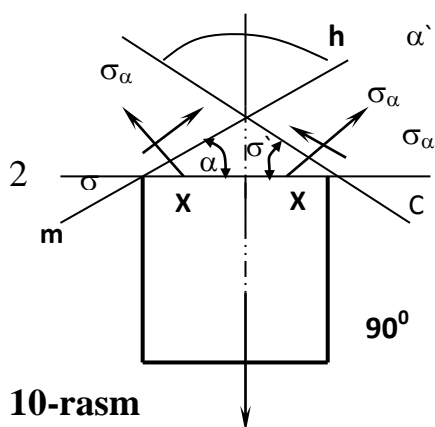
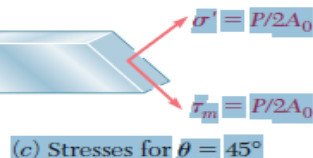
$$\sigma_m = \frac{P}{A_0}$$



$$\tau_m = \frac{P}{A_0} \sin 45^\circ \cos 45^\circ = \frac{P}{2A_0}$$



$$\sigma' = \frac{P}{A_0} \cos^2 45^\circ = \frac{P}{2A_0}$$



10-rasm

O'zaro tik $mn \perp qc$ tekislikda hosil bo'lgan urinma kuchlanish

$$\tau_{\alpha'} = \frac{\sigma}{2} \cdot \sin 2\alpha = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha$$

$$(90^\circ - \alpha) = -\frac{\sigma}{2} \sin^2 \alpha = -\tau_{\alpha} \quad (7)$$

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

Moor doirasi yordamida ham kuchlanishlarni aniqlash mumkin.

BO`YLAMA DEFORMATSIYA. GUK QONUNI

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

1) *Masalani geometrik tomoni.*

6-rasmdan ko`rinadiki absolyut deformatsiya quyidagicha aniqlanadi.

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

Ko`ndalang absalyut deformatsiya quyidagicha aniqlanadi.

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

Nisbiy deformatsiyalar quyidagicha aniqlanadi:

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

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

Nisbiy deformatsiyalarda o`lchov birligi yo`q.

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

$$\mu = -\frac{\xi^I}{\xi} \quad (5)$$

$0 \leq \mu \leq 0,5$ Puasson koeffitsientini o`zgarish chegarasi

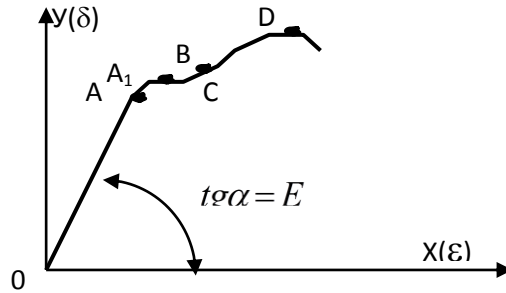
$\mu = 0$, qiymati probka materiali uchun, $\mu = 0,5$ qiymati esa plastilin materiali uchun.

Eng ko`p ishlatiladigan yumshoq po`lot materiali uchun $\mu = 0,33$ ga teng.

μ - qiymati turli xil materiallar uchun tablitsalarda keltiriladi.

2) *Masalani fizikaviy tomoni.*

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



11-rasm

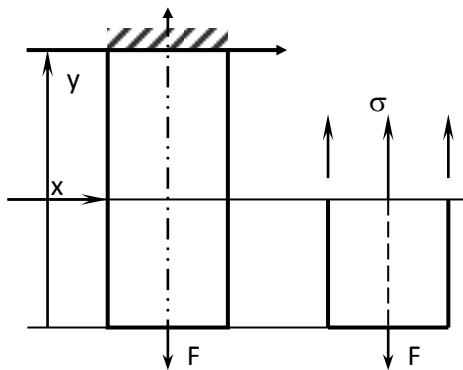
$$\sigma = E \epsilon \quad \left[\frac{\text{куч}}{\text{узунлик}^2} \right] \cdot \left[\frac{\text{н}}{\text{м}^2} \right] \quad (6)$$

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

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

3) Masalani statik tomoni.

Ichki va tashqi kuchlarni u o`qiga proektsiyalarini olamiz.



12-rasm

$$\Sigma Y_{np} = F + \sigma \cdot a = 0 \quad (7)$$

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

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

GUKNING UMUMLASHGAN QONUNI

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

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

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

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

Cho`zilish va siqilish

A = ko`ndalang kesim yuzasi

δ = absalyut uzayishi

E = materiallar elastik doimiy, Elasticlik ning modulidagi doimiylik

Cho`zilish va siqilishda Gook qonuni

$$= PL / AE \quad ^3$$

MA`RUZA №3. MATERIALLARNI CHO`ZILISH VA SIQILISHGA SINASH.

REJA:

1. Cho`zilish va siqilishga sinash maxsus mashinalar bilan jihozlanishi.
2. Cho`zilish va siqilishga sinashni asosiy maqsadi.
3. Yumshoq po`lotni cho`zilish diagrammasi.
4. Proportsionallik, elastiklik, oquvchanlik va mustahkamlik yoki vaqtinchalik chegaralar.

5. Plastiklik deformatsiyasi.
6. Mo`rt materiallarning plastiklik xossasi.
7. Puxtalanish.
8. Plastik va mo`rt materiallarni cho`zilish va siqilish diogrammalari.
9. Plastik va mo`rt materiallarni siqilish diagrammasi.
10. Yuklanish tezligi ortishi, plastik material o`z xossalarini mo`rt material xossasiga yaqinlashishi.

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

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

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

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

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

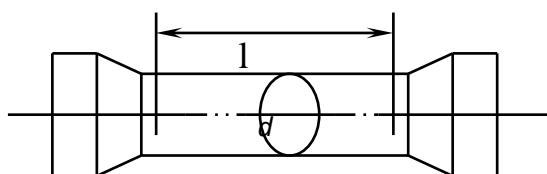
Bosim va temperatura ta`siridan ba`zan bir materiallar plastik va mo`rtlik xossasini o`zgartirishi mumkin.

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

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

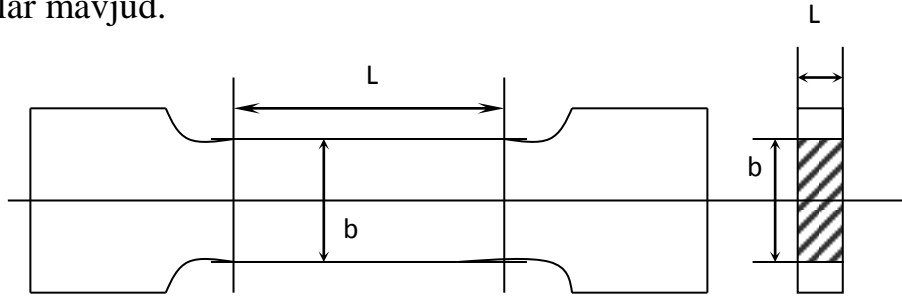
Tekshirishlar o`tkazilganda ma`lum standartlar bo`yicha namunalar tayyorlanadi.

13-rasm



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

Namunaning diametri 5 mm, 10 mm, 15mm bo`lishi mumkin. Shuningdek yassi namunalar mavjud.



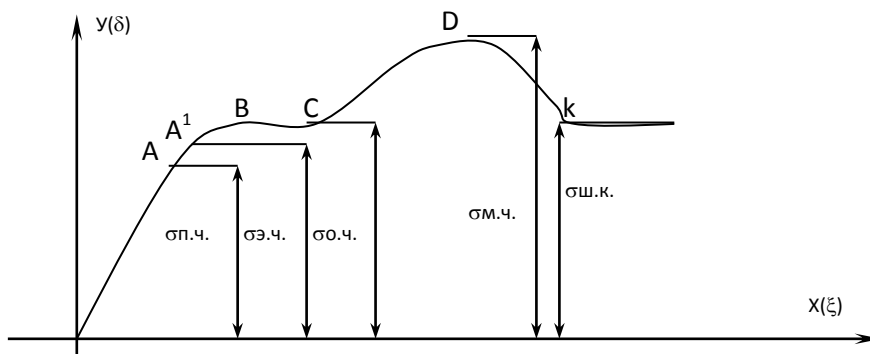
14-rasm

L, b o`rtasida ma`lum bog`lanish bor.

KAM UGLERODLI PO`LATLAR UCHUN CHO`ZILISH DIAGRAMMASI

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

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



15-rasm

$\sigma_p.ch.$ – plastiklik chegarasi

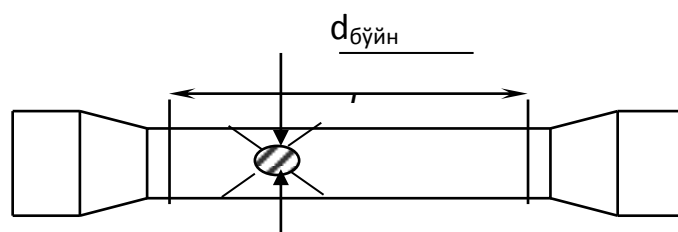
$\sigma_e.ch.$ – elastiklik chegarasi

$\sigma_o.ch.$ – okuvchanlik chegarasi

$\sigma_m.ch.$ – mustahkamlik chegarasi

$\sigma_{sh.k.}$ – shartli kuchlanish.

Uzilish oldidan bo`yicha hosil bo`ladi.



16-rasm

Materialni plastiklik ko`rsatkichi quyidagilar orqali aniqlanadi.

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

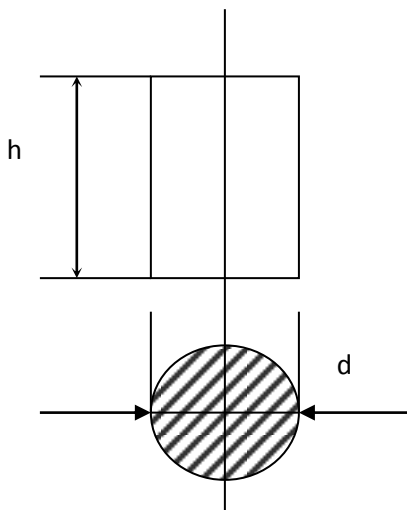
$$\varphi = \frac{-F_0 - F_{\text{boyi}}}{F_0} 100\% \quad (2)$$

$$F_0 = \frac{\Pi d_0^2}{4} \quad F_m = \frac{\Pi d_{\text{бу́иш}}^2}{4}$$

Shuningdek cho`zilish diagrammasi orqali potentsial energiya va ba`zi bir boshqa xarakteristikalar olinadi.

Materiallarni siqilishga tekshirganda quyidagicha namunalar tanlanadi.

Metallar uchun

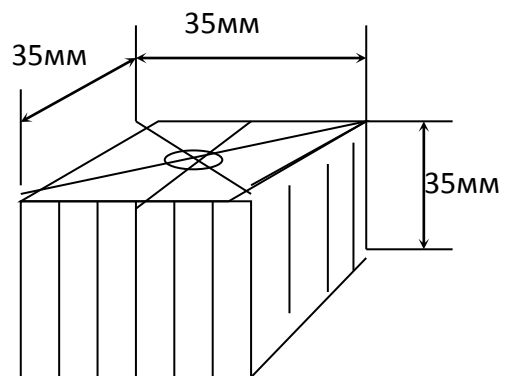


$\frac{h}{d} = 1,5$ marta qilib olinadi.

$h = 15 \text{ мм}$ bo'lganda, $d = 10 \text{ мм}$.

$h = 30 \text{ мм}$ bo'lganda, $d = 20 \text{ мм}$.

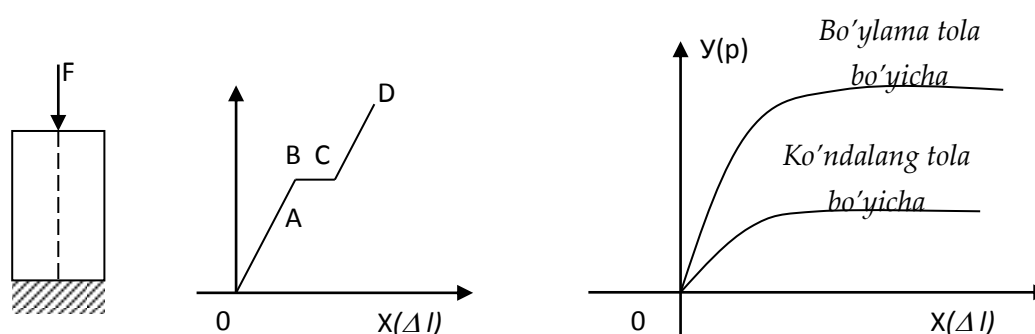
17- rasm



Yog'och material uchun yчyh

18- rasm

Siqilish diagrammalari



Metal uchun (po`lat)
19-rasm

Yog'och uchun
20-rasm

RUXSAT ETILGAN KUHLANISH MUSTAXKAMLIKNI TA`MINLASH KOEFFITSENTI

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

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

$[n] = I. 4 \div 2$ plastik materiallar uchun konstruktsiyani xossasi, aniq ishlashiga, vazifasiga, unga ta`sir qiluvchi kuchga va boshqa faktorlarga bog`liq. ehtiyotlik koeffitsienti.

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

Cho`zilishda
$$[\sigma]_r = \frac{\sigma_M(\text{cho'zilishda})}{[n]}$$

Siqilishda
$$[\sigma]_c = \frac{\sigma_M(\text{siqilishda})}{[n]}$$

σ_m – mustahkamlik chegarasi.

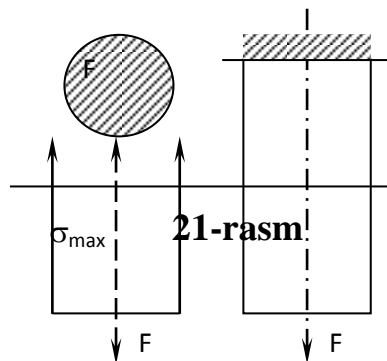
Mo`rt materiallar uchun ehtiyotlik koeffitsenti katta qilib olinadi.

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

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

CHO`ZILISHDA YOKI SIQILISHDA MUSTAHKAMLIK SHARTI.

Umuman mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi.
$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma]$$



(1) formulada mustahkamlik shartining tekshirish metodini keltirilgan. Loyiha metodi (ruxsat etilgan yuza) quyidagicha aniqlanadi.

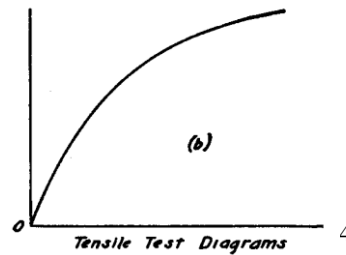
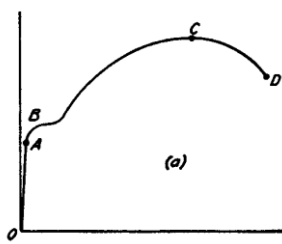
$$[A] \geq \frac{\Delta F}{[\sigma]} \quad (2)$$

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

$$[N] \leq [\sigma] \cdot A \quad (3)$$

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

Cho`zilish diogrammasi- tashqi kuch va absolyut deformatsiya orasidagi bog`lanishdir. Turli materiallarning mexanik xarakteristikalarini diogramma usulida tajribada aniqlanadi. Cho`zilish va siqilish diogrammalari murt va plastik materiallar diformatsiyasidagi alohida hususiyatlar hisoblanadi. Rasmda plastic materialning cho`zilishi va mo`rt materiallarning siqilish diogrammalari ko`rsatilgan. Cho`zilish diogrammasida materialning proparsionallik elastiklik oq uvchanlik va vaqtinchalik chegaralardagi cheklanishlar ko`rsatilgan.



**CHO`ZILISH VA SIQILISHDA STERJENLARNING XUSUSIY
OG`IRLIGINI HISOBGA OLISH .**

22-rasm

⁵1 S.Temoshenko.2013.Strencth of Materials.6.page

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

$$G_x = V_x \cdot \gamma = A \cdot Y \cdot \gamma \quad (1)$$

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

Demak, kesish metodidan foydalansak, X-X qirgimidagi kuch

$$\Sigma Y_{np} = 0, N_x - G_x = 0; \quad N_x = G_x = \gamma \cdot yA \quad (2)$$

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

va
$$y = l \quad N_x = \gamma \cdot yA \quad (3)$$

Shuningdek kuchlanish quyidagicha aniqlanadi.

$$\sigma_x = \frac{N_x}{A} = \frac{J_x \gamma \cdot y \cdot A}{A} = \gamma \cdot y \quad (4)$$

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

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

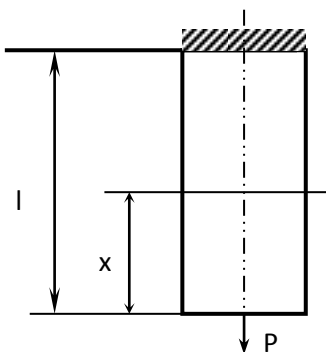
Absolyut deformatsiyani hisoblash kichkina element d_u ajratamiz va Guk qonuniga ko`ra

$$\Delta l_x = \frac{N_x d_y}{EA} = \frac{F_j y dy}{EA} \quad (6)$$

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

$$\Delta l = \int_0^l l_x = \int_0^l \frac{F_j x dx}{EA} = \frac{F_j}{EA} \int_0^l x dx = \frac{F_j l^2}{2EA} = \frac{Gl}{2EA} \quad (7)$$

(7) formulada $G = F_j l$ -xususiy og`irlik.



Xususiy og`irlikni hisobga olganda mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$\sigma_{max} = j l \leq [\sigma]$$

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

23-rasm

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

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

Ruxsat etilgan uzunlik quyidagicha aniqlanadi.

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

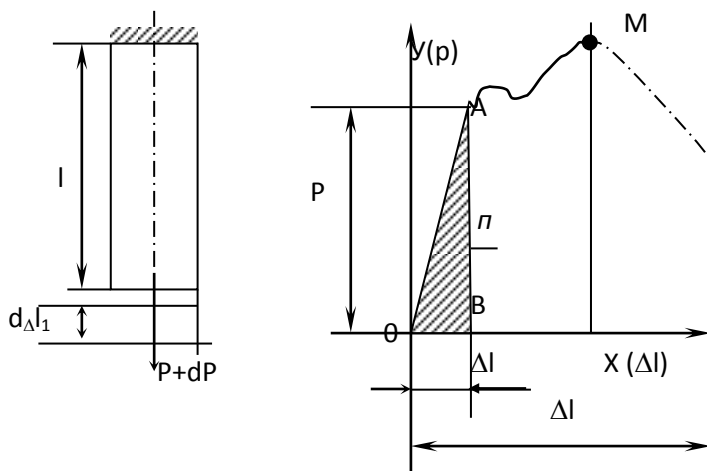
Agar sterjenga F kuchi qo`yilgan bo`lmasa formula (10) quyidagicha aniqlanadi.

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

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

Kritik uzunlikdan hosil kuchlanish kritik kuchlanish deyiladi.

CHO`ZILISH VA SIQILISH DEFORMATSIIYASIDA POTENTIAL ENERGIYASI



Bajarilgan ish yoki
potensial energiya

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

$$F^2 l$$

24-rasm

Nisbiy potentsial energiya

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

OAB ni yuzani topamiz.

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

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

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

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

$$U = 25 \frac{\kappa \Gamma \mathcal{M}}{\mathcal{M}^3} \quad \text{bo`ladi.}$$

CHO`ZILISH VA SIQILISHDA STERJENLARNING XUSUSIY

OG`IRLIGINI HISOBGA OLISH

Agar tashqi kuch ham mavjud bo`lsa, mustahkamlik sharti (xususiy og`irlikni hisobga olganda). Normal kuchlanishni hisoblash mumkin.

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

Kritik uzunlikdan hosil kuchlanish kritik kuchlanish deyiladi.

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A} + \gamma \cdot y \leq [\sigma] \quad [1]$$

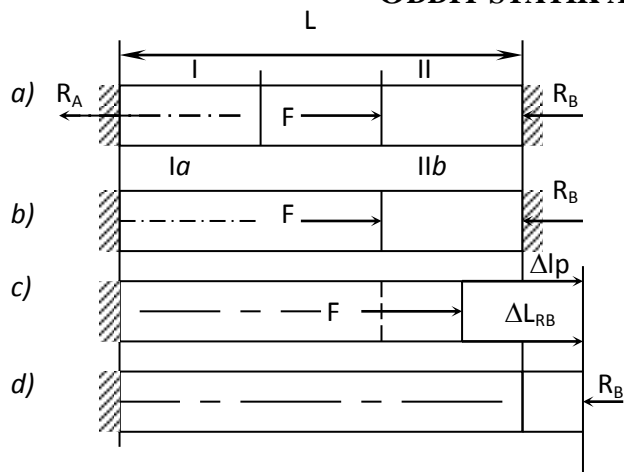
REJA:

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

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

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

ODDIY STATIK ANIQMAS MASALALAR



$$\begin{aligned} \Sigma X_{\Delta p} &= 0 \\ R_A - F + R_B &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

25-rasm

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

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

Qiymatga: kuchi hisobiga strejenni to'la uzunligi

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

Sterjen' A va V (.) mahkamganligi uchun bo'ladi, $L=0 \text{ const}$ demak

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

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

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

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

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

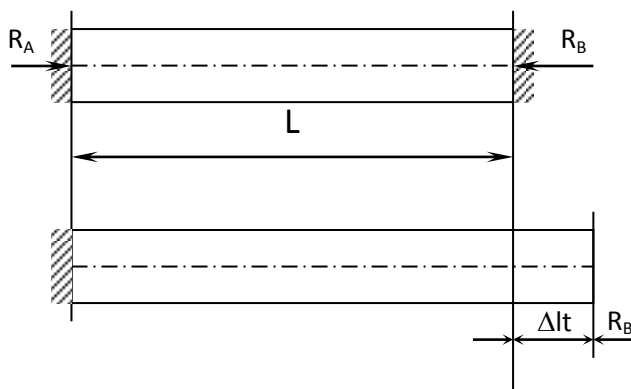
Reaksiya kuchlarini to'g'ri topilganini tekshirish maqsadida berilgan kuchni va reaksiya kuchlarini x o'qiga proektsiyasini olamiz.

$$\begin{aligned} \Sigma X_{np} &= 0; \quad -R_A + FR_B = 0 \\ F &= R_A + R_B = \frac{Fb}{a+b} + \frac{Fa}{a+b} = \frac{F(a+b)}{(a+b)} = F \end{aligned}$$

Shuningdek I - I qirqimidagi kuchlanish $\sigma_{I-II} = \frac{R_A}{A}$ II - II qirqimidagi kuchlanish

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

Shuningdek bir marotaba statik aniqlamas masalaga temperatura taʼsirida hosil boʻlgan kuchlanish holati hisoblanadi.



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

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

Qoʻshimcha tenglama

$$\Delta l = \Delta l_{R_b} \quad (2).$$

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

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

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

26-rasm

α – jismning issiqlikdan kengayish koeffitsienti.

2 - Masala

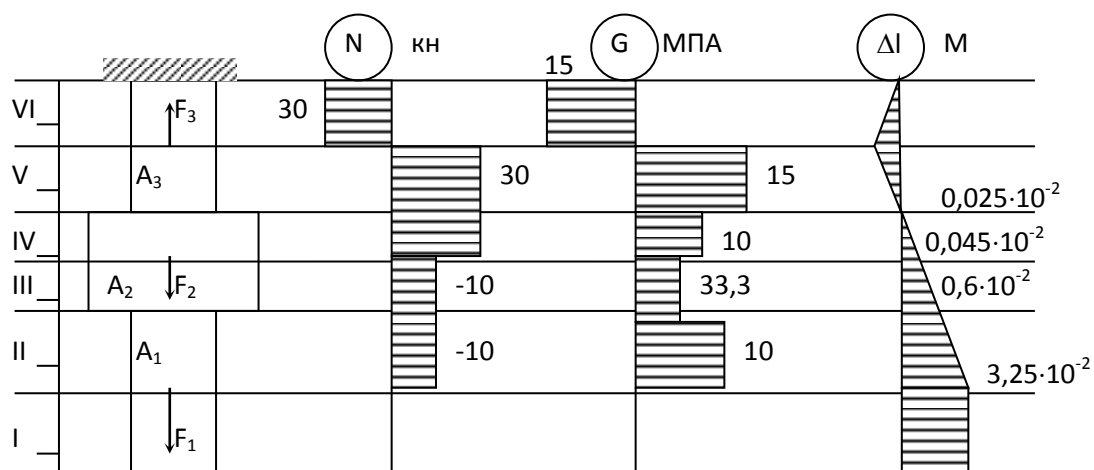
Poʻlot sterjeniga $R_1=10$ kN, $R_2=20$ kN va $R_3=60$ kN kuchlari qoʻyilgan, boʻylama kuch N , normal kuchlanish epyurasi qurilsin, Shuningdek erkin uchining koʻchishi aniqlansin.

$$l_I = 400\text{mm}, \quad l_{II} = 500\text{mm} \quad l_{III} = 300\text{mm} \quad l_{IV} = 200\text{mm}$$

$$l_V = 300\text{mm}, \quad l_{VI} = 400\text{mm} \quad A_1 = 10\text{cm}^2 \quad A_2 = 30\text{cm}^2$$

$$A_3 = 20\text{cm}^2.$$

Sterjen massasi hisobga olinmaydi.



27-rasm

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

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

$$\text{Uchastka I: } -N_I = 0$$

$$\text{Uchastka II: } -N_{II} + F_I = 0; \quad N_{II} = F_I = 10\kappa H$$

$$\text{Uchastka III: } -N_{III} + F_I = 0; \quad N_{III} = F_I = 10\kappa H$$

$$\text{Uchastka IV: } N_{IV} + F_I + F_2 = 0; \quad N_{IV} = F_I + F_2 = 10 + 20 = 30\kappa H$$

$$\text{Uchastka V: } -N_V + F_I + F_2 = 0; \quad N_V = F_I + F_2 = 10 + 20 = 30\kappa H$$

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

R_A – maxkamlangan kismining reaksiyasi.

Shunday qilib I dan V uchastkagacha cho`zilish reaksiyasi hosil bo`ladi. VI uchastkada esa siqilish reaksiyasi hosil bo`ladi.

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

$$\begin{aligned} \sigma_I &= \frac{N_I}{A_I} = \frac{0}{0,001} = 0 & \sigma_{II} &= \frac{N_{II}}{A_{II}} = \frac{10000}{0,001} = 10 \text{ MPa} \\ \sigma_{III} &= \frac{N_{III}}{A_{III}} = \frac{10000}{0,003} = 3,33 \text{ MPa} & \sigma_{IV} &= \frac{N_{IV}}{A_{IV}} = \frac{30000}{0,003} = 10 \text{ MPa} \\ \sigma_V &= \frac{N_V}{A_V} = \frac{30000}{0,002} = 15 \text{ MPa} & \sigma_{VI} &= \frac{N_{VI}}{A_{VI}} = \frac{30000}{0,002} = -15 \text{ MPa} \end{aligned}$$

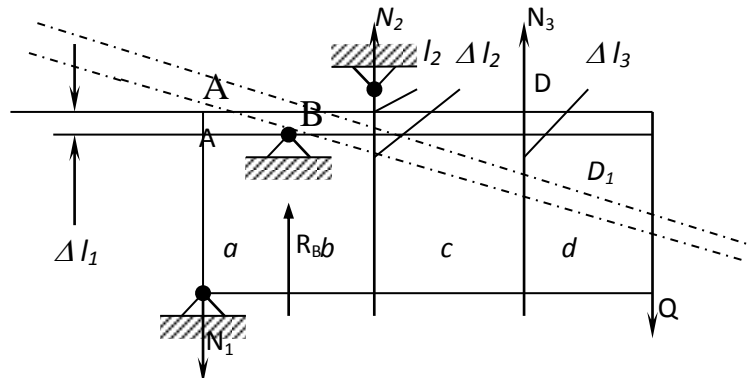
Shu kuchlanishlar bo`yicha epyuralar ham qurish mumkin. erkin uchining kuchishi quyidagicha aniqlanadi.

$$\begin{aligned} \Delta l &= \frac{N_I l_I}{EA_1} + \frac{N_{II} l_{II}}{EA_1} + \frac{N_{III} l_{III}}{EA_2} + \frac{N_{IV} l_{IV}}{EA_2} + \frac{N_V l_V}{EA_3} + \frac{N_{VI} l_{VI}}{EA_3} = \\ &= \frac{1}{2 \cdot 10^{11}} \left(\frac{0,04}{0,001} + \frac{10000 \cdot 0,5}{0,001} + \frac{10000 \cdot 0,3}{0,003} + \frac{30000 \cdot 0,2}{0,003} + \frac{30000 \cdot 0,3}{0,002} - \frac{30000 \cdot 0,4}{0,002} \right) \approx 3,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Pa} = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

po`lat materiali uchun.

CHO`ZILISH DEFORMATSIYASIDA MURAKKAB STATIK ANIQMAS SISTEMALAR



28-rasm

Statikani tenglamalari quyidagicha olinadi.

$$\sum Y_{np} = 0 \quad -N_1 + R_B + N_2 + N_3 - Q = 0 \quad (1)$$

$$\sum M_B = 0 \quad N_1 \cdot a + N_2 \cdot b + N_3(a + b) - Q(b + c + a) = 0 \quad (2)$$

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

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

Bu bog`lanishdan olingan $\Delta BAA^1 \propto \Delta BCC^1$

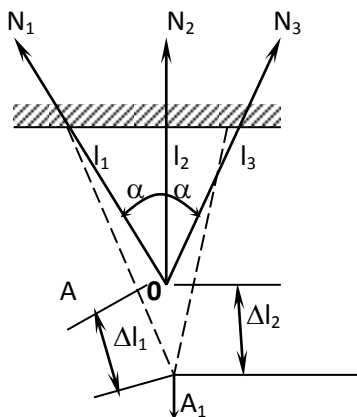
$$\frac{\Delta l_2}{b} = \frac{\Delta l_3}{(b + c)} \quad (4)$$

Bu bog`lanishdan olingan $\Delta BCC^1 \propto \Delta BDD^1$

O`z navbatidan Gukning umumlashgan qonuniga ko`ra.

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

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



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

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

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

Shuningdek murakkab statik aniqmas masalani boshqa ko`rinishi mavjud, ko`p sterjenlar birgalikda sharnirga mahkamlangan bo`lsa uchta sterjen` bir nuqtaga to`plangan dastlab statikani tenglamasini

yozamiz (29-rasm).

Uchta sterjen bir nuqtaga to`plangan, dastlab balkani tenglamasini yozamiz:

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

(1) tenglamadan $N_1=N_3$ bo'lsa, noma'lum ikkita bo'ladi. $N_1 \neq N_3$ noma'lumlar 3 ta bo'ladi.

Qo'shimcha tenglama OAA_1 olinadi.

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

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

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

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

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

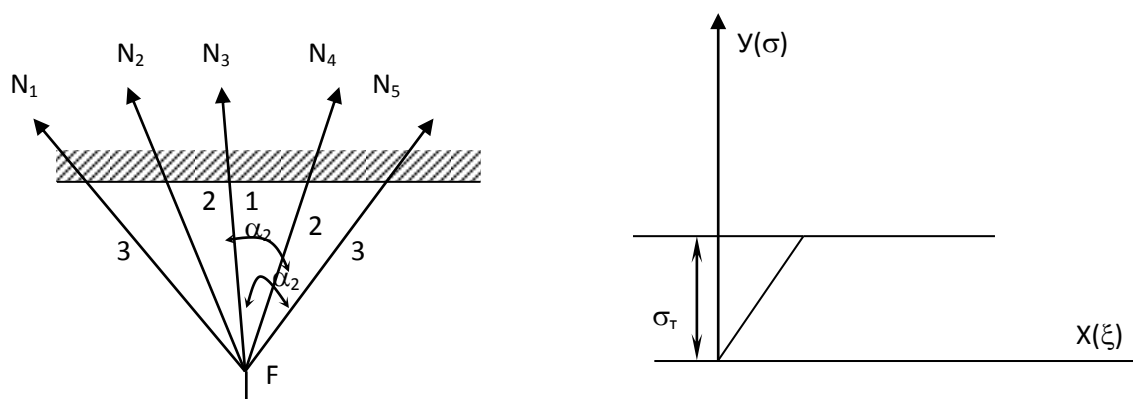
(1) formuladan boshqadan yozib.

$$2N_1 \cos \alpha + N_2 - P = 0$$

(6)

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

STATIK NOANIQ MASALALARNI XAVFLI YUKLAR USULI BILAN YECHISH



30-rasm

31-rasm

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

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

Statik tenglamasi quyidagicha yoziladi. $\Sigma Y_{np} = 0$

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

yoki

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

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

$$A_1 = A_2 = A_3 = A \text{ yoki } F_{pyk} = \frac{F_{M.4}}{R_T} = \frac{\sigma_{04}}{R_T} \text{ bo`lsa, } (1 + 2 \cos \alpha_2 + 2 \cos \alpha_3)$$

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

Amaliyotda uchraydigan ko`p konstruktsiya qismlarini ko`ndalang kesimida

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

$$\Delta l_F = \frac{Fa}{EA} \quad 7 \quad (2)$$

Qiymatga: kuchi hisobiga strejenni to`la uzunligi

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

St`erjen` A va V (.) mahkamangligi uchun bo`ladi, $L=0 \text{ const}$ demak

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

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

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

2-MODUL. MA`RUZA №5. KUHLANGANLIK HOLATLARI

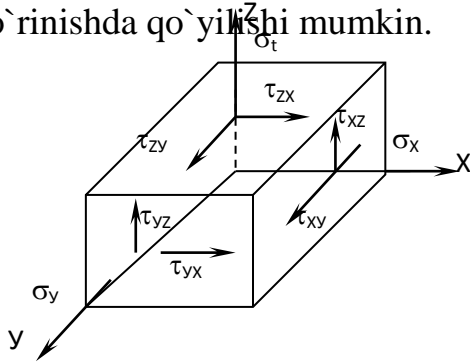
2-MODUL.MA`RUZA№5. KUHLANGANLIK HOIATLARI.

REJA:

1. Tekislikni normal σ_α va urinma τ_α kuchlanishlari.
2. Bosh yuzalar haqida tushuncha.
3. Kuchlanganlik holatlari turlari.
4. Tekis kuchlanganlik holatida qiya kesimdagi kuchlanish.
5. Qiya kesimga perpendikulyar holatda brusni ikkinchi qiya kesimini tanlashda qiya kesimdagi kuchlanishlarni aniqlash.

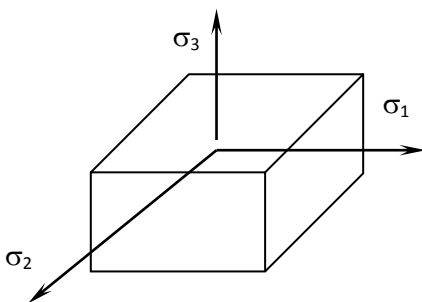
6. Urinma kuchlanishlarning juftlik alomati.
7. Kuchlanishlarni grafik usulda topish.
8. Hajmiy deformatsiya.
9. Kubik hajmining nisbiy o'zgarishi.
10. Deformatsiyani potensial energiyasi.

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



Umumiy holda x, y, z , o'qlar bo'yicha yo'nalgan kuchlanishlar normal σ_x ; σ_y ; σ_z bo'ladi va urinma kuchla

32-rasm



33-rasm

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

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

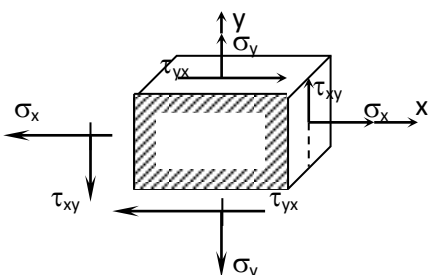
Kuchlanishlarni qiymatiga ko'ra quyidagi kuchlanganlik holati mavjud.

Chiziqli kuchlanganlik holatida, kuchlanishlar $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ bo'ladi. $\sigma_1 \neq 0$

(Bu material, ushbu o'quv qo'llanmasining oldingi bo'limlarida berilgan).

TEKIS KUCHLANGANLIK HOLATI

Tekis kuchlanganlik holati umumiy holda quyidagicha ko'rsatiladi.

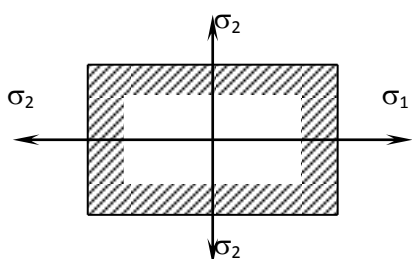


σ_x, σ_y tashqi normal $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ kuchlanishlar ular o'zaro teng va qarama – qarshi

yo`nalgan.

34-rasm

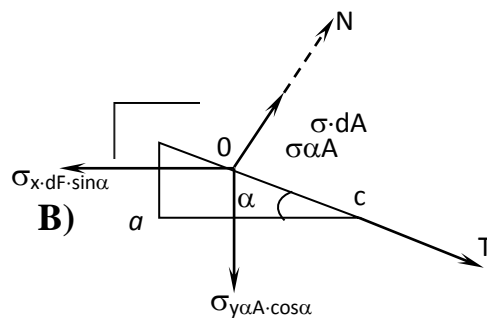
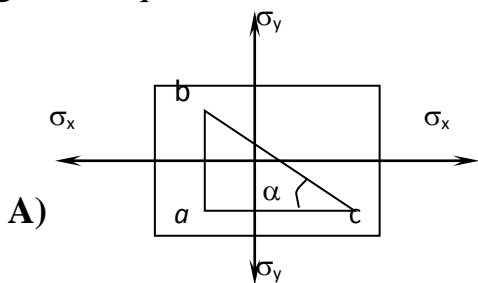
Agar urinma kuchlanishlar nolga teng bo`lsa o`qlar bo`yicha o`tkazilgan tashqi normal' bosh kuchlanishlar yordamida ko`rsatiladi.



σ_1 va σ_2 bosh normal kuchlanishlar.

35-rasm

Tekis kuchlanganlik holatida qiya tekislikda hosil bo`lgan ichki kuchlanishlar quyidagicha aniqlanad



36-rasm

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

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

Yangi o`qlar N va T ga nisbatan tashqi kuchlar proektsiyalarini olamiz (36-rasm b).

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

$$\sigma = \sigma_x \sin^2 \alpha + \sigma_y \cos^2 \alpha \quad (1)$$

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

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

qiymatlarini qo`yamiz.

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_x \frac{1}{2}(1 - \cos^2 \alpha) + \sigma_y (1 + \cos^2 \alpha) = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \\ &+ \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \cos^2 \alpha = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2} \cos^2 \alpha \end{aligned} \quad (3)$$

T o`qiga proektsiyalar olamiz.

$$\begin{aligned} \tau dA + \sigma_y dA \cos \alpha \cdot \sin \alpha - \sigma_x dA \sin \alpha \cdot \cos \alpha &= 0 \\ \text{eku} \quad \tau &= \frac{\sigma_x \sigma_y}{2} \sin 2\alpha \end{aligned} \quad (4)$$

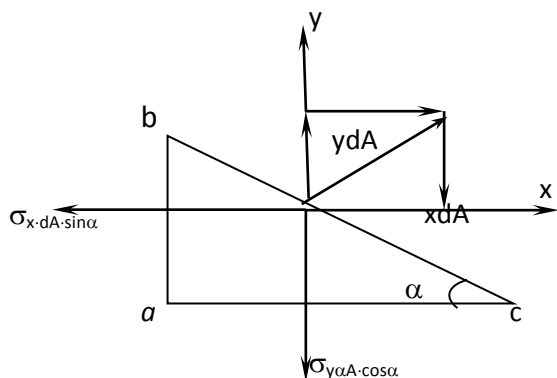
(3) va (4) formulalarda α burchagini o`zgarishi bilan kuchlanishlar quyidagicha o`zgaradi.

$\alpha=0^\circ$ bo`lsa, $\sigma_{max}=\sigma_u$ teng buladi; $\tau=0$ teng buladi.

$\alpha=90^\circ$ da $\sigma_{min}=\sigma_x$; $\tau=0$.

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

Urinma kuchlanishning maksimal qiymati esa, $\alpha = +45^{\circ}$ da hosil bo`ladi.



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

Qiya tekislikdagi kuchlanishni topish uchun ba'zan to'la kuchlanishning proektsiyalarini olish qulaylik tug'diradi.

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

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

37-rasm

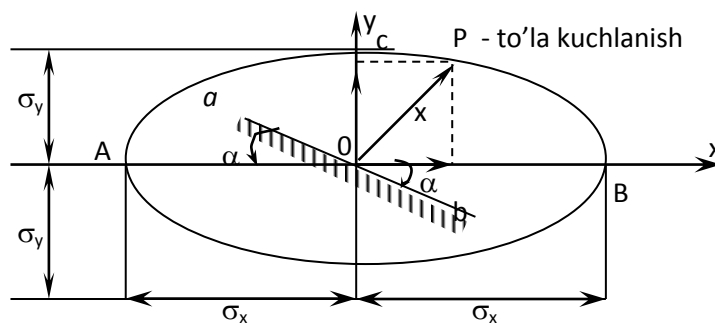
Shuningdek $x = \sigma_x \cdot \sin \alpha \quad (1)$

$$\Sigma Y_{np} = 0 \text{ булса, } Y dA - \sigma_y dA \cdot \cos \alpha = 0$$

$$Y = \sigma_y \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

Sxemadan kurinadiki tula kuchlanish,

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

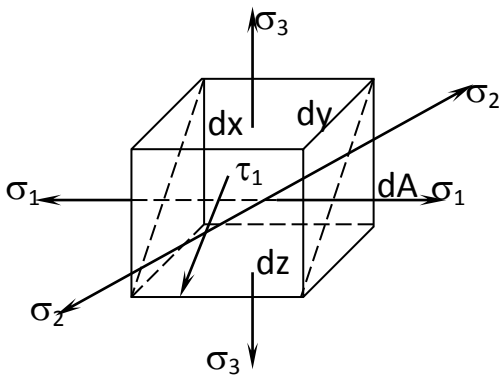


38-rasm

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

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

Kuchlanishlar ellips burchagini o`zgarishi bilan kuchlanish miqdorlari topiladi.



39-rasm ko`rsatiladi.

HAJMIY KUCHLANGANLIK HOLATI

Hajmiy kuchlanganlik holatini ko`rsatgan edik. O`qlar bo`yicha kuchlanishlar normallari $\sigma_x, \sigma_u, \sigma_z$ bilan, urinmalari esa $\tau_{xu} = \tau_{ux}; \tau_{xz} = \tau_{zx}; \tau_{uz} = \tau_{zu}$ bilan ko`rsatiladi.

Urinma kuchlanishlar nolga teng bo`lganda normal kuchlanishlar bosh normal (bosh kuchlanishlar) yordamida quyidagicha

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

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

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR.

1. Tekislikning normal σ_α va urinma τ_α kuchlanishlari nimaga teng.
2. Bosh yuzalar deb nimaga aytiladi?
3. Kuchlanganlik holatlari turlari?
4. Tekis kuchlanganlik holatida qiya kesimdagi kuchlanish nimaga teng.
5. Qiya kesimga perpendikulyar holatda brusni ikkinchi qiya kesimini tanlashda qiya kesimdagi kuchlanishlarni aniqlang.
6. Urinma kuchlanishlarning juftlik alomati deganda nimani tushunasiz.

7. Kuchlanishlarni grafik usulda toping.
8. Hajmiy deformatsiya nima?
9. Kubik hajmining nisbiy o'zgarishi deganda nimani tushunasiz?
- 10.

MA`RUZA №6. HAJMIY KUCHLANGANLIK HOLATIDA GUKNING QONUNI

REJA:

1. Nisbiy deformatsiyani aniqlash.
2. Hajm o'zgarishida Guk qonuni.
3. Deformatsiyadan keyingi hajmiy deformatsiya.
4. Hajmning nisbiy o'zgarishi.
5. Hajmiy kuchlanganlik holatida potentsial energiya.
6. Oddiy kuchlanganlik holati uchun potentsial energiya.
7. Ba`zi bir hollarda nisbiy potentsial energiyaning jismning formasini va shaklini o'zgartirish uchun sarf bo'lgan qiymatlari.
8. Bosh kuchlanishlarning jismning hajmini va formasini o'zgartirish uchun sarf bo'lgan qiymati.
9. Hajm o'zgarishida bosh kuchlanishlar.
10. Kubning formasini o'zgartiradigan kuchlanishlar.

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

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

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

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

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

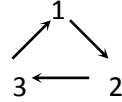
3) bosh kuchlanishidan ($\sigma_1 = \sigma_2 = 0$ deb qaraladi.)

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

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

$$\begin{aligned}\xi_1 &= \xi_1^I + \xi_1^{II} + \xi_1^{III} = \frac{1}{E}[\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)] \\ \xi_2 &= \xi_2^I + \xi_2^{II} + \xi_2^{III} = \frac{1}{E}[\sigma_2 - \mu(\sigma_1 + \sigma_3)] \\ \xi_3 &= \xi_3^I + \xi_3^{II} + \xi_3^{III} = \frac{1}{E}[\sigma_3 - \mu(\sigma_1 + \sigma_2)]\end{aligned}\quad 7 \quad (6)$$

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



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

$$V_0 = d_x \cdot d_y \cdot d_z \quad (7) \text{ bo`ladi.}$$

Deformatsiyadan keyin uning tomonlari quyidagicha o`zgaradi.

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

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

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

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

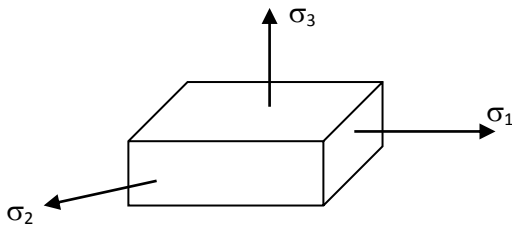
$$V_I = V(1 + \xi_x + \xi_y + \xi_z) \quad (10)$$

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

$$\xi_x = \frac{V_I - V_0}{V_0} = \xi_x + \xi_y + \xi_z \quad (11)$$

HAJMIY KUCHLANGANLIK HOLATIDA POTENTIAL ENERGIYA

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



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

Bu formulada σ_1 - x_1 yo'nalishidagi bosh kuchlanish, ξ_1 - esa, X o'qi yo'nalishidagi nisbiy

40-rasm

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

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

(2) formulada $\xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3$ o'rniga Gukning umumlashgan qonuniga ko'ra ($\xi_1 = \frac{1}{E} [\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)]$) va shunga o'xshash $\xi_2 \cdot \xi_3$ o'rniga qo'ysak:

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

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

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

Ya`ni

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \sigma_1^g + \sigma_1^\phi \\ \sigma_2 &= \sigma_2^g + \sigma_2^\phi \\ \sigma_3 &= \sigma_3^g + \sigma_3^\phi\end{aligned}\quad 8 \quad (4)$$

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

$$\sigma_{yp} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} = \sigma_1^g = \sigma_2^g = \sigma_3^g \quad (5)$$

Demak, kubning formasini o`zgartiradigan kuchlanishlar quyidagi tartibda aniqlanadi:

$$\sigma_1^\phi = \sigma_1 - \sigma_1^g; \quad \sigma_2^\phi = \sigma_2 - \sigma_2^g; \quad \sigma_3^\phi = \sigma_3 - \sigma_3^g \quad (6)$$

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

8.1. S.Temoshenko.2013.Strenth of Materials.52.page

1. HAJMIY KUCHLANGANLIK HOLATI

2. Hajmiy kuchlanganlik holatini ko`rsatgan edik. O`qlar bo`yicha kuchlanishlar normallari σ_x , σ_u , σ_z bilan, urinmalari esa $\tau_{xu} = \tau_{ux}$; $\tau_{xz} = \tau_{zx}$; $\tau_{uz} = \tau_{zu}$ bilan ko`rsatiladi.
3. Urinma kuchlanishlar nolga teng bo`lganda normal kuchlanishlar bosh normal (bosh kuchlanishlar) yordamida quyidagicha ko`rsatiladi.
- 4.
5. Tekis kuchlanganlik holati uchun, ya`ni bosh kuchlanishlaridan bittasi $\sigma_3 = 0$, bo`lganda bu kuchlanishlar quyidagicha aniqlanadi.

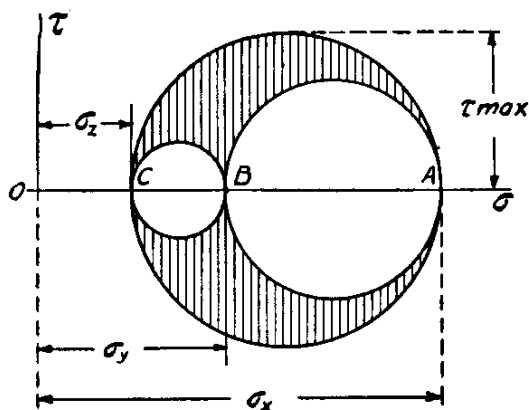


FIG. 51.

- 6.
7. Ba`zi bir hollarda nisbiy potentsial energiyaning jismning formasini va shaklini o`zgartirish uchun sarf bo`lgan qiymatlari aniqlanadi.
8. Buning uchun bosh kuchlanishlarning jismning hajmini va formasini o`zgartirish uchun sarf bo`lgan qiymatlarini topishga to`g`ri keladi:
9. Ya`ni

$$\epsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \frac{\mu}{E} (\sigma_y + \sigma_z),$$

$$\epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \frac{\mu}{E} (\sigma_x + \sigma_z),$$

$$\epsilon_z = \frac{\sigma_z}{E} - \frac{\mu}{E} (\sigma_x + \sigma_y).$$

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR.

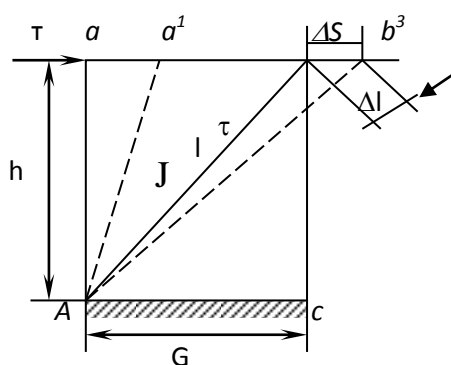
- 1.Hajmiy kuchlanganlik deganda nimani tushunasiz?
- σ_1 , σ_2 , va σ_3 kuchlanishlarda hosil bo`lgan nisbiy deformatsiyaning formulasini yozing.
- 2.To`la nisbiy deformatsiya nimaga teng?
- 3.Hajmiy kuchlanganlik holatida Guk qonunining umumlashgan formulasini yozing.
- 4.Hajmning nisbiy o`zgarishi qaysi formula bilan topiladi?

5. Chiziqli kuchlanganlik holati uchun potentsial energiya formulasi nimaga teng?
6. Hajmiy kuchlanganlikda nisbiy potentsial energiya nimaga teng?
7. Nisbiy potentsial energiyaning jismning formasi va shakl o'zgartirish uchun sarf bo'lgan qiymatini aniqlang.
8. σ_{ur} - nimaga teng?
9. Kubning formasini o'zgartiradigan kuchlanishlarni tartib bilan I yozing.

3-MODUL. MA'RUZA №7. SILJISH DEFORMATSIYASI. SOF SILJISH.

REJA:

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



Sof siljish Guk qonuni quyidagicha ishlatiladi.

$$\tau = JG \quad (1).$$

- Urinma kuchlanish $M\Gamma a$
- Ikkinchi darajali elastiklik moduli, uning ham

41-rasm

Chunki bu burchak quyidagi formula bilan ham aniqlanishi mumkin.

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

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

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

Tekis kuchlanganlik xolatida bosh nisbiy deformatsiyani bosh kuchlanish bilan ifoda etsak

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

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

$$\frac{\tau}{LG} = \frac{l + \mu}{E} \tau \quad \text{ekun} \quad G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \quad (5)$$

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

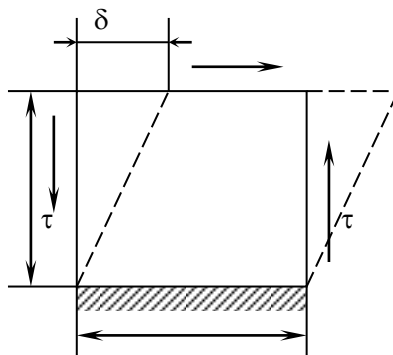
Tajribalar yordamida aytilgan materialning elastik xarakteristikalari E , G va μ biri ikkinchisidan mustaqil holda aniqlanishi mumkin, natijada (5) bog'lanishni doimo tasdiqlaydi.

SILJISH DEFORMATSIYASIDA POTENTIAL ENERGIYA

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

δ ni kattaligi $\delta = J \cdot a$ (1) bo`lganligi uchun, $T = \tau \cdot a$ (2) qo`ysak

$$U = \frac{1}{2} \tau y \cdot a^2$$



(2).

42-rasm

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

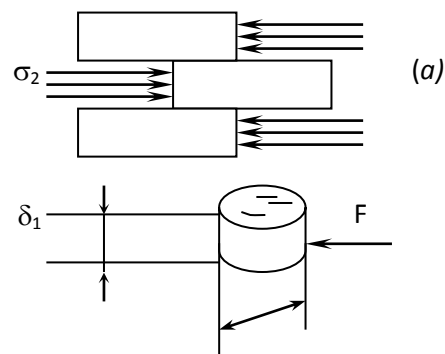
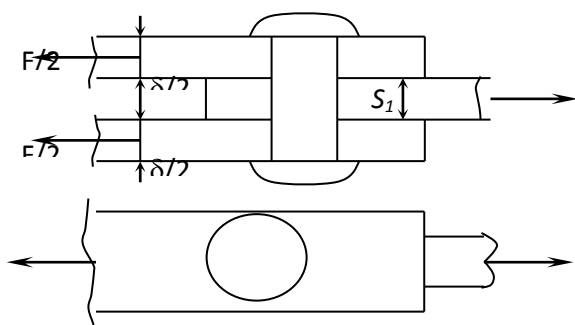
$$U = \frac{U}{V} = \frac{1 \tau y a^2}{2 a^2} = \frac{1}{2} \tau J \quad (3)$$

Siljishda Guk qonunini qo`llab

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

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

PARCHIN MIXLARNING XISOBI



A)

B)

43-rasm

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

Parchin mixlarning ezilish deformatsiyasi bo`yicha mustaxkamlik sharti.

$$\sigma_{\text{ez}} = \frac{F}{A_{\text{ez}}} \leq [\sigma_{\text{ez}}] \quad (1)$$

(1) formulada $[\sigma_{\text{ez}}]$ – ezuvchi kuchlanish bo`yicha ruxsat etilgan kuchlanishi F_{ez} – ezilishga ishlayotgan yuza.

$$F_{\text{ez}} = \delta \cdot d \quad \text{ëku} \quad F_{\text{qir}} = \delta_1 \cdot d$$

Shu yuzalardan qaysi biri kichik bo`lsa, mustaxkamlik shartiga qo`yib ishlatiladi.

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

$$\sigma_{\text{ez}} = \frac{F}{\Delta \delta \cdot d} \leq [\sigma_{\text{ez}}] \quad (2)$$

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

(2) mustaxkamlik shartiga kura zaklepklar soni kuyidagicha aniqlanadi.

$$n \geq \frac{F}{[\sigma_{\text{ez}}] \sigma \cdot d} \quad (3)$$

Shuningdek zaklepklar soni aniq bo`lsa, uning diametri quyidagicha topiladi.

$$d \geq \frac{F}{[\sigma_{33}] \cdot n \cdot \delta} \quad (4)$$

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

$$F_{\partial on} \leq [\sigma_{33}] \cdot n \cdot d \cdot \delta \quad (5)$$

Parchin mixning hisobi bo`yicha mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$\tau = \frac{F}{A_{kec}} \leq [\tau_{kes}] \quad (6)$$

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

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

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

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

Diametr aniqlanganda zaklepklar soni p , tashqi kuch R berilgan bo`lishi kerak.

Shuningdek mixning diametri berilgan uning soni p quyidagicha topiladi.

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

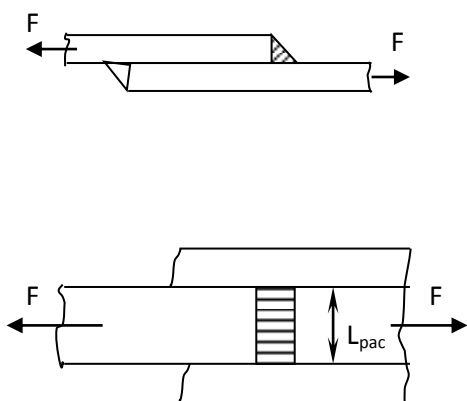
Shuningdek sistemaga kuyilishi mumkin bulgan kuch kuyidagicha topiladi.

$$F_{\partial ol} \leq [\tau_{kes}] \cdot n \frac{\tau d^2}{4} \quad (10)$$

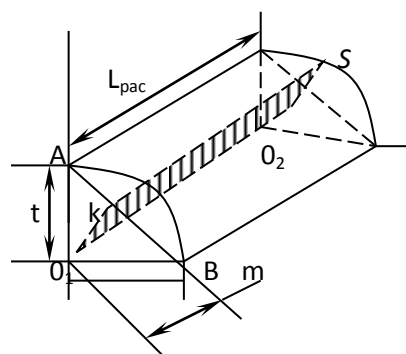
Natijada (4) formula va (8) - formuladan chiqqan natijalar taqqoslanib shulardan kattasi GOST bo`yicha yaqinlashtirilib qabul qilinadi.

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

PAYVAND BIRIKMALARNING HISOBI



44-rasm



45-rasm

Sxemadan ko`rinadiki kesiladigan yuza $F_{kes} = L_{pac} \quad m = 0,7 L_{pac} t$ (1)

Chunki $m=0,7 t$ ΔOAV ning balandligi.

Payvand birikmalarda mustaxkamlik sharti,

$$\tau = \frac{F}{A_{kes}} \leq [\tau_{\text{эл}}] \quad (2)$$

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

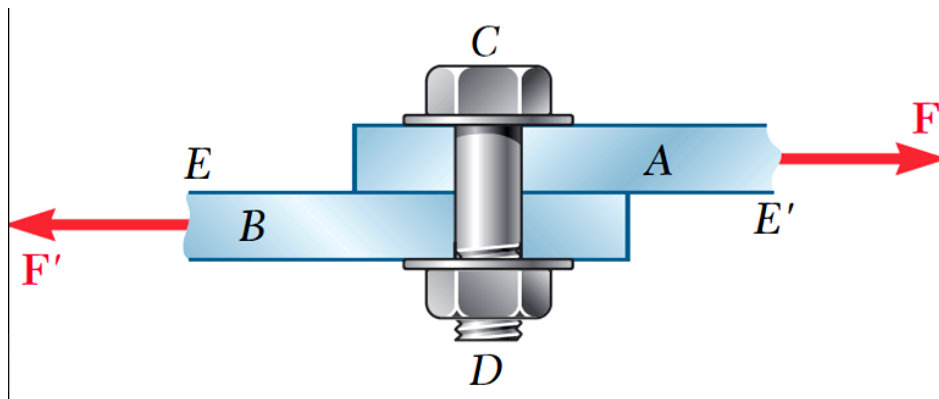
$$L_{pac} \leq \frac{F}{0,7t \cdot [\tau_{\text{sn}}]} \quad (3)$$

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

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

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

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



10

Siljish deformatsiyasi

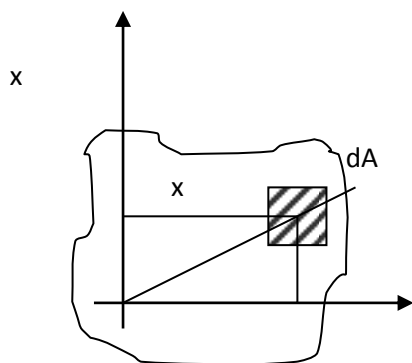
4-MODUL. MA`RUZA №8. TEKIS SHAKLLARNING INERTSIYA MOMENTLARI

REJA:

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

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

QIRQIMNING STATIK MOMENTI.



$$S_x = \int_A y dA \quad (1)$$

$$S_y = \int_A x dA \quad (2)$$

Qirqimning statik momentlari

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

Teng ta'sir qiluvchilar nazariyasiga ko'ra

$$\int_A y dA = A \cdot Y_c; \quad \int_A x dA = A x_c \quad (3)$$

(3) formulada A – figuraning yuzasi X_s, U_s og'irlik markazning koordinatalari.
(3) formuladan

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

INERTSIYA MOMENTLARI HAQIDA TUSHUNCHA

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

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

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

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

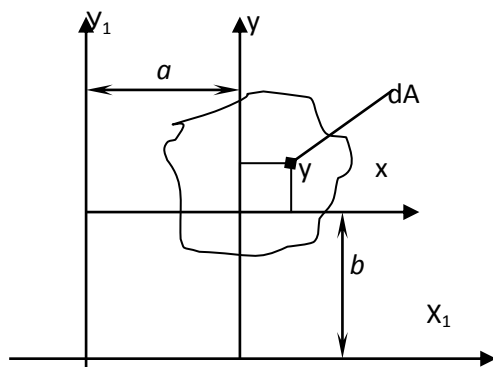
$$J_y = \int_F x^2 dA \quad (6)$$

Polyar inertsia momenti o'lchash birligi musbatdir isboti.

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

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

PARALLEL' O'QLARGA INERTSIYA MOMENTI



0 47-rasm

Yangi o'qlarga x_1, y_1 ga nisbatan koordinatalar

$$\begin{aligned} x_1 &= d + x \\ y_1 &= b + y \end{aligned} \quad (9)$$

Inertsia momentini topish formulasiga qo'ysak:

$$\begin{aligned}
 J_{x_1} &= \int_A y_1^2 dA (b+y)^2 dA = \\
 &= b^2 \int_A dA + 2b^2 \int_A y dA + \int_A y^2 dA = J_x + b^2 A
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

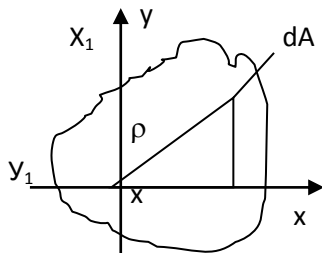
YAngi x_1 o`qiga nisbatan inertsiya momenti (10) chi formulaga ko`ra (o`xsh).

$$J_{y_1} = J_y + a^2 A \tag{11}$$

Shuningdek markazidan qochuvchi inertsiya momentini hisoblaymiz:

$$\begin{aligned}
 J_{x_1 y_1} &= \int_A x_1 y_1 dA = \int_A (a+x)(b+y) dA = ab \int_A dA + \\
 &+ a \int_A y dA + b \int_A x dA + \int_A xy dA = J_{xx} + ab \cdot A
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

BOSH INERTSIYA O`QLARI TO`G`RISIDA TUSHUNCHA



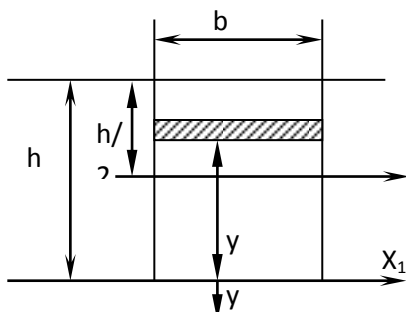
$x_1=y; y_1=-x$ bo'lgani tufayli

$$J_{x_1 y_1} = \int_A y(-x) dA = - \tag{13}$$

48-rasm

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

ODDIY QIRQIMLARNING INERTSIYA MOMENTI



1) to`g`ri to`rtburchak qirqimi uchun inertsiya momenti

$$J_{x_1} = \int_p y^2 dA = \int_0^h y^2 \cdot y \cdot b = \frac{y^3 b}{3} \Big|_0^h = \frac{h^3 b}{3}$$

$$y_{x_1} = \frac{h^3 b}{3} \quad (14)$$

49-rasm

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

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

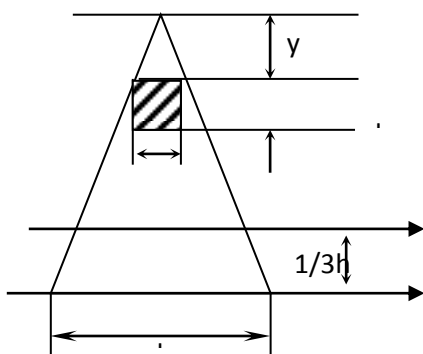
$$J_{x_1} = y_{x_1} - \left(\frac{h}{2}\right) \cdot A = \frac{h^3 b}{3} - \frac{h^2 h}{4} = \frac{h^3 b}{12}$$

$$J_x = \frac{h^3 b}{12} \quad (15)$$

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

$$J_y = -\frac{hb^3}{12} \quad (16)$$

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



$$J_{x_1} = \int_A y^2 \cdot dA \quad (17)$$

(17) formulada $dA = a \cdot dy$ a ning qiymati quyidagi proporsiyada topamiz

50-rasm

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

$$J_{x_1} = \int_A^2 y \cdot \frac{b}{h} y dA = \frac{y^4 b}{4h} \int_0^h = \frac{h^4 b}{4h} = \frac{h^3 b}{4} \quad (19)$$

Parallellik alomatida u_x ni aniqlaymiz

$$J_x = J_{x_1} - \left(\frac{2}{3} h \cdot b\right) = \frac{h^3 b}{4} - \frac{4h^3 b}{18} = \frac{h^3 b}{36}$$

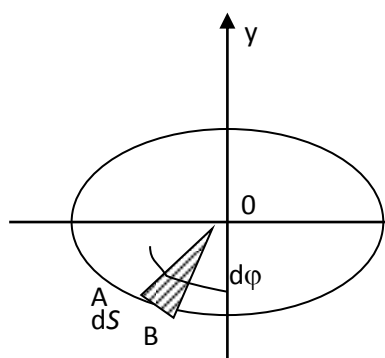
$$J_x = \frac{h^3 b}{36} \quad (20)$$

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

$$J_{x_2} = J_x + \left(\frac{h}{3}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} hb = \frac{h^3 b}{36} + \frac{h^3 b}{18} = \frac{3(h^3 b)}{36} = \frac{h^3 b}{12}$$

$$J_{x_2} = \frac{h^3 b}{12} \quad (21)$$

3. Doira shaklidagi qirqimlarning inertsiya momenti.



Kichkina element yaratib OAB uchun inertsiya momentini (19) formulaga

$$J_p = \int_0^p \frac{z^3}{4} \cdot ds = \int_0^{2\pi} \frac{z^3 z}{4} d\varphi = \frac{z^4}{4} \int_0^{2\pi} d\varphi = \frac{2\pi z^4}{4} =$$

asoslanib yozamiz

11

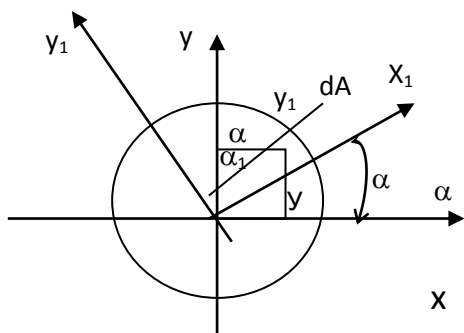
51-rasm

$$J_p = \frac{\pi^4}{32} = 0,1d\varphi \quad (22)$$

yoki o`qlarga nisbatan inertsiya momenti shu formulalar yordamida halqasimon qirquimlarning ham inertsiya momentlari aniqlanadi.

$$J_x = J_y = \frac{J_p}{2} = \frac{\pi d^4}{64} = 0,2d^4 \quad (23)$$

KOORDINATA O`QLARI AYLANTIRILGANDA INERTSIYA MOMENTLARINING O`ZGARISHI



0 qutb atrofida koordinata o`qlari xOy ni burchkka burasak x₁Oy₁ ga nisbatan yangi koordinatalari hosil bo`ladi.

$$\begin{aligned} x_1 &= x \cdot \cos \alpha + y \sin \alpha \\ y_1 &= y \cdot \cos \alpha + x \cdot \sin \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

O`qlarga nisbatan inertsiya momentini aniqlaymiz.

$$\begin{aligned} J_{x_1} &= \int_A Y_1^2 dA = \int_A (y \cdot \cos \alpha - x \cdot \sin \alpha)^2 dA = \cos^2 \alpha \int_A y^2 dA + \\ &+ \sin^2 \alpha \int_A x^2 dA - 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha \int_A xy dA = J_x \cdot \cos^2 \alpha + J_y \sin^2 \alpha - \\ &- 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha \int_A xy dA = \frac{J_x + J_y}{2} \cos 2\alpha - J_{xy} \sin 2\alpha \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{Shuningdek} \quad J_{y_1} = \frac{J_x + J_y}{2} \sin^2 \alpha + J_{xy} \sin 2\alpha \quad (3)$$

Shuningdek markazida qochuvchi inertsiya momentini quyidagicha aniqlaymiz.

$$\begin{aligned} J_{x_1 y_1} &= \int_A x_1 y_1 dA = \int_A (x \cdot \cos \alpha + y \cdot \sin \alpha)(y \cos \alpha - x \sin \alpha) dA = \\ &= \sin \alpha \cdot \cos \alpha \left[\int_A y^2 dA - \int_A x^2 dA \right] + (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \\ &\int_A xy dA = \frac{J_x - J_y}{2} \sin 2\alpha + J_{xy} \cos 2\alpha \end{aligned} \quad (4)$$

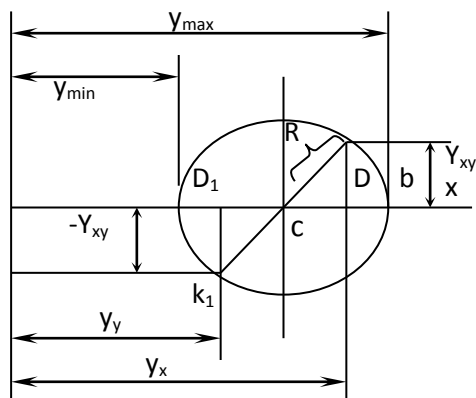
Yangi o`qlarga nisbatan aniqlangan inertsiya momentlarining turliligi quyidagicha tekshiriladi.

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = -\frac{2J_{xy}}{J_x - J_y} \quad (5)$$

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

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

BOSH INERTSIYA MOMENTLARINI MOOR DOIRASI YORDAMIDA TOPISH



Berilgan kesim uchun o`qlarga nisbatan va markazdan qochuvchi inertiya momentlarini hisoblab olib, ma`lum masshtab bilan koordinata boshidan joylashtirib D va D¹(.) nuqtalarini olamiz va markazidan qochuvchi inertiya momentini joylashtirib K va K¹(.) nuqtalarini olamiz. K(.) ni S(.)

53-rasm

topamiz, aylanani x o`qi bilan kesilishida A va V(.) olamiz, shular bosh inertiya momentlarini beradi.

$$J_{mib}^{\max} = OC \pm R = \frac{J_x + J_y}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(Y_x + Y_y)^2 + 4Y_{xy}^2} \quad (7)$$

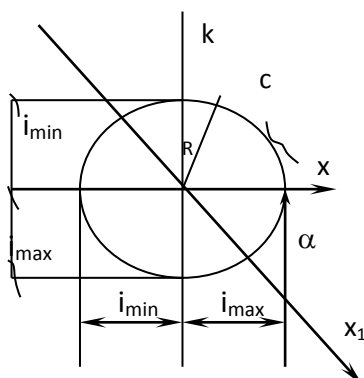
Tushuntirish $R = \sqrt{CD^2 + KD^2} = \sqrt{\left(\frac{Y_x - Y_y}{2}\right)^2 + Y_{xy}^2} = \frac{1}{2} \sqrt{(Y_x - Y_y)^2 + 4Y_{xy}^2}$.

INERTSIYA ELLIPSINI QURISH

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

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

O`lchash birligi m² shu formulaga inertiya radiusini maksimal va minimal qiymatini topamiz.



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

54-rasm

$$J_{x_1} = h^2 \cdot A \quad (10)$$

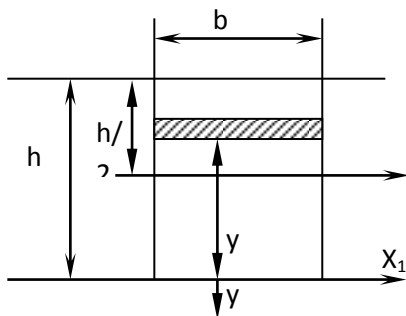
Shuningdek J_{u_1} topish polyar inertsiya momentidan J_{x_1} – ayiramiz

$$J_{y_1} = (J_x + J_y) - J_{x_1} \quad (11)$$

formula markazidan kochuvchi inertsiya momenti

$$J_{x_1 y_1} = h \cdot c \cdot A \quad (12)$$

ODDIY QIRQIMLARNING INERTSIYA MOMENTI



1) to'g'ri to'rtburchak qirqimi uchun inertsiya momenti

$$J_{x_1} = \int_p y^2 dA = \int_0^h y^2 \cdot y \cdot b = \frac{y^3 b}{3} \Big|_0^h = \frac{h^3 b}{3}$$

$$J_{x_1} = \frac{h^3 b}{3} \quad (14)$$

49-rasm

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

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

$$J_{x_1} = y_{x_1} - \left(\frac{h}{2}\right) \cdot A = \frac{h^3 b}{3} - \frac{h^2 h}{4} = \frac{h^3 b}{12}$$
$$J_x = \frac{h^3 b}{12}$$

11 (15)

11th IS. TIMOSHENKO 343. OF MATERIALS PART 2 CHAPTER 1

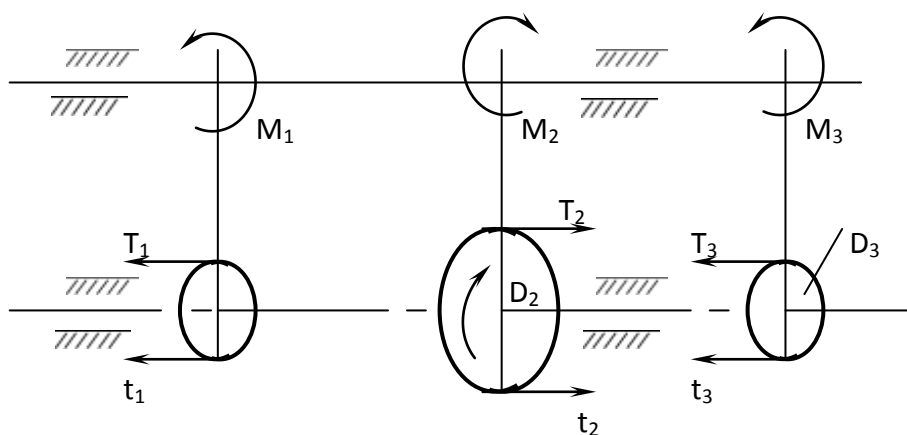
5-MODUL. MA`RUZA №9. BURALISH DEFORMATSIYASI REJA:

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

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

BUROVCHI MOMENTNI HISOBLASH VA ULARNING EPYURASINI QURISH

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



55-rasm

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

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

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

$$M = \frac{75}{V} \cdot \frac{D}{2} = \frac{75 \cdot ND}{\frac{\pi n}{60} \cdot 2} = \frac{30 \cdot 75 \cdot N}{\pi n} = 716,2 \frac{N}{n} \text{ kZ.M} = 7162000 \frac{N}{n} \quad \text{yoki} \quad M_{\text{op}} = 7162 \frac{N}{n} \text{ H} \cdot \text{M}$$

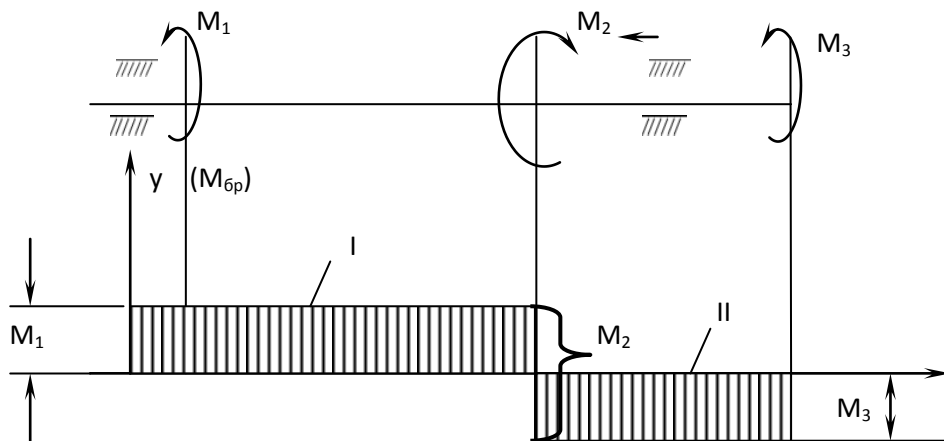
N – quvvat ot kuchida, n aylanishlar soni aylana/min.

Agar valning kuvvati kilovatda berilgan bo`lsa:

$$M_{\text{br}} = 1,36 \cdot 71620 \frac{N}{n} = 97330 \frac{N}{n} \text{ kZCM} = 9733000 \text{ HMM}^3$$

Bunda
$$N = \frac{M \cdot n}{9733000} \text{ KBT}$$

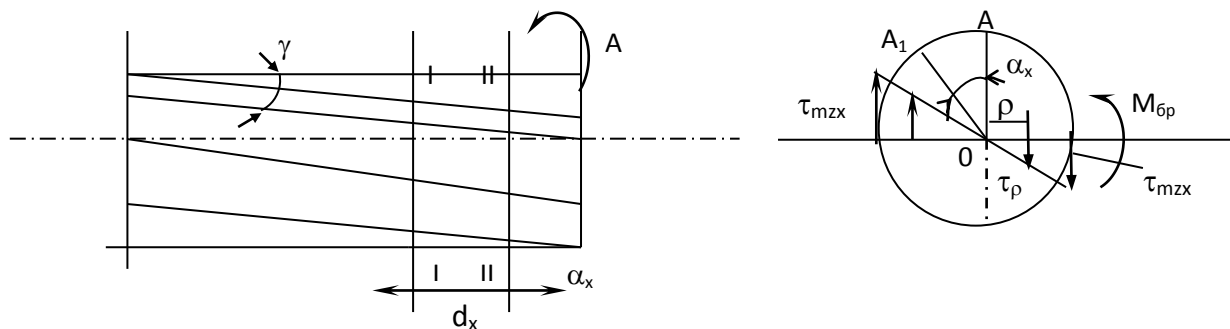
Burovchi momentlar quyidagicha sxemada ko`rsatilishi mumkin.



$$\begin{aligned} \Sigma M_0 &= 0 \\ M_I &= M_1 \\ M_{II} &= M_1 - M_2 = -M_3 \end{aligned}$$

56-rasm.

DOIRAVIY KESIM YUZALI BRUSNING BURALISHDAN DKUCHLANISHI VA DEFORMATSIYASI



57-rasm

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

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

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

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

(1), (2) formulada.

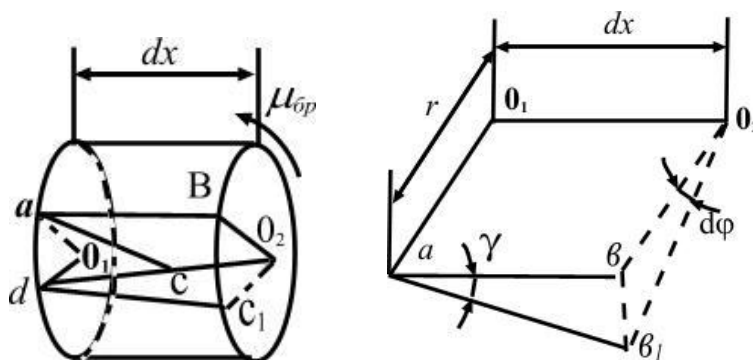
$$J \cdot dx = d\varphi \cdot r \quad J = \frac{d\varphi}{dx} \cdot r \quad (3)$$

Siljidagi Guk qonunining ko`ra

$$\tau = JG = \frac{d\varphi}{dx} \cdot Gr \quad (4)$$

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

$$\tau_\rho = \frac{d\varphi}{dx} \cdot G\rho \quad (5)$$



58 – rasm

Neytral` o`qga nisbatan butun yuza bo`yicha

$$d\mu_{\bar{\sigma}p} = \tau_{\rho} \cdot dA \cdot \rho \quad (6)$$

To`la burovchi moment quyidagicha aniqlanadi.

$$M_{\bar{\sigma}p} = \int_A \tau_p \cdot dA \cdot p \quad (7)$$

(7) formulaga keltirib qo`ysak:

$$M_{\bar{\sigma}p} = \frac{d\varphi}{dx} G \int_A P^2 dA = \frac{d\varphi}{dx} GJ_p \quad (8)$$

(5) formuladan $\frac{d\varphi}{dx} = \frac{T_p}{G_p}$ va (8) formuladan $\frac{d\varphi}{dx} = \frac{\mu_{\bar{\sigma}p}}{GJ_p}$ qiymatlarini o`ng kismini uzaro tenglashtirib olamiz.

$$\frac{T_p}{G_p} = \frac{M_{\bar{\sigma}p}}{GY_p} \text{ shu formuladan } T_p = \frac{M_{\bar{\sigma}p} \cdot p}{J_p} \quad (9)$$

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

$\rho=0$ bo`lganda $\tau_{\rho} = 0$ bo`ladi.

$\rho=Z$ bo`lganda esa

$$\frac{\mu_{\bar{\sigma}p} \cdot r}{\frac{\pi r^2}{2}} = \frac{\mu_{\bar{\sigma}p}}{\frac{\pi r^2}{2}} = \frac{\mu_{\bar{\sigma}p}}{W_p} = \tau_{\max} \quad (10)$$

SHunigdek (8) formuladan deformatsiyani topamiz.

$$d\varphi = \frac{\mu_{\bar{\sigma}p} \cdot dx}{Y_{\rho} G} \quad (11)$$

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

$$\int_0^{\kappa} d\varphi = \frac{\mu_{\bar{\sigma}p}}{J_p G} \int_0^l dx = \frac{\mu_{\bar{\sigma}p} \cdot l}{J_p G}$$

$$\varphi = \frac{\mu_{\bar{\sigma}p} \cdot l}{J_p \cdot G} \quad (12)$$

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

$$\varphi = \frac{\mu_{\bar{\sigma}p} \cdot l}{J_p G} \cdot \frac{180}{\Pi} \quad (13)$$

BURALISH DEFORMATSIYASIDA MUSTAXKAMLIK VA BIKRLIK SHARTI.

A. Mustaxkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$\tau_{max} = \frac{\mu_{\sigma p}}{W_p} \leq [\tau] \quad (14)$$

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

$$W_p \geq \frac{\mu_{\sigma p}}{[\tau]} \quad (15)$$

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

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16\mu_{\sigma p}}{\pi[\tau]}} \quad (16)$$

Shu formuladan aniqlangan diametr GOST bo`yicha yaxlitlashtiriladi (10,15,20,25...mm). Shuningdek (14) formuladigi mustaxkamlik shartiga ko`ra, konstruksiyaga qo`yilgan tashqi kuch (burovchi moment quvvat) geometrik razmerlar berilgan bo`lishi kerak.

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

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

B. BIKRLIK SHARTI. Buralish deformatsiyasida bikrlilik sharti quyidagicha yoziladi.

$$\varphi = \frac{\mu_{\sigma p} \cdot l}{J_p \cdot G} \leq [\varphi] \quad (18)$$

$[\varphi]$ – uzunlik birligini ruxsat etilgan deformatsiyasi.

(18) formula buralishda bikrlilik sharti bo`yicha tekshirish metodidir.

Shu formulaga ko`ra hisoblashni hamma ko`rinishlarni bajarish mumkin.

Konstruksiyaning geometrik o`lchamlari quyidagicha aniqlanadi.

$$J_p \geq \frac{\mu_{\sigma p} \cdot l}{G \cdot [\varphi]} \quad (19)$$

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

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1d^4 \quad \frac{\pi d^4}{32} \geq \frac{\mu_{\sigma p} l}{G[\varphi]} \quad d \geq \sqrt[4]{\frac{32\mu_{\sigma p} l}{\pi G[\varphi]}} \quad (20)$$

(20) formula orqali topilgan diametr yaxlitlanadi.

Shuningdek (18) mustaxkamlik shartiga ko`ra sistemaga qo`yiladi. mumkin bulgan tashqi kuch burrovchi moment topiladi.

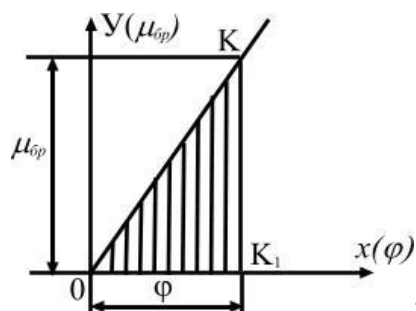
$$M_{\sigma p} \leq \frac{J_p G [\varphi]}{l} \quad (21)$$

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

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

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

BURALISHDA POTENTIAL ENERGIYA



59-rasm

Proportsionallik chegarasida bajarilgan ish yoki potensial energiya quyidagicha topiladi.

$$A = U = \frac{1}{2} \mu_{\sigma p} \cdot \varphi \quad (1)$$

(1) formulaga

$$\varphi = \frac{\mu_{\sigma p} l}{J_p G} \quad (2)$$

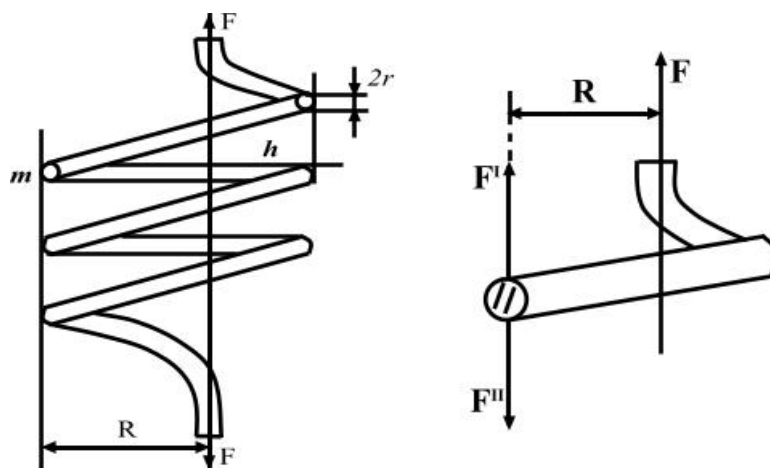
(2) dan φ ning qiymatini keltirib qo`ysak

$$U = \frac{\mu_{\sigma p} \cdot l}{2GJ_p} \quad (3)$$

Ko`pchilik hisoblarda nisbiy potensial energiyani topish maksadga muvofiq. $g_0 = l \cdot F$ (4) deformatsiyaga duch kelsak elementning hajmi bo`lsa, hajmi birligidagi elementning potensial energiyasi quyidagicha topiladi.

$$g = \frac{U}{g_0} = \frac{M^2_{\sigma p} l}{2J_p G \lambda A} = \frac{M^2_{\sigma p}}{2J_{33} G} \quad (4)$$

QADAMI KICHIK VINTLI PRUJINANING HISOBI.

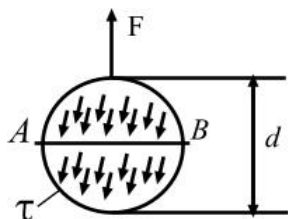


60-rasm

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

Hisoblash sxemasi.

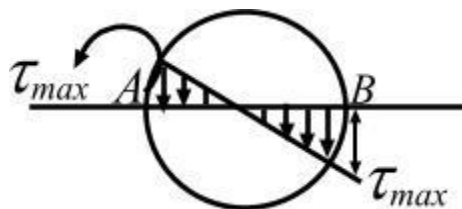
1) Qirquvchi kuch $F^I = F$ hisobiga olsak qirquvchi kuchlanishi quyidagicha topiladi.



$$\tau = \frac{F}{A_{kup}} = \frac{F}{\pi r^2} \quad (1)$$

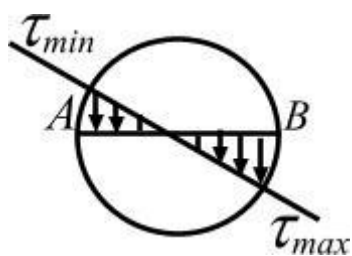
τ - butun qirqimda bir xil taqsimlanadi.

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



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

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



$$\tau_{\max} = \tau_{\sigma p} + \tau = \left(\pm \frac{2FK}{\pi r^3} \right) + \frac{F}{\pi r^3} = \frac{2RF}{\pi r^3} \left(1 + \frac{r}{2R} \right) \quad (3)$$

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

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

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

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

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

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

Prujinaning chukishida bajarilgan ish (potentsial energiya).

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

Shuningdek prujinaning buralishidan hosil bo`lgan potentsial energiya;

$$U = \frac{M^2 l}{2GJ_p} \quad (7)$$

(7) formuladan

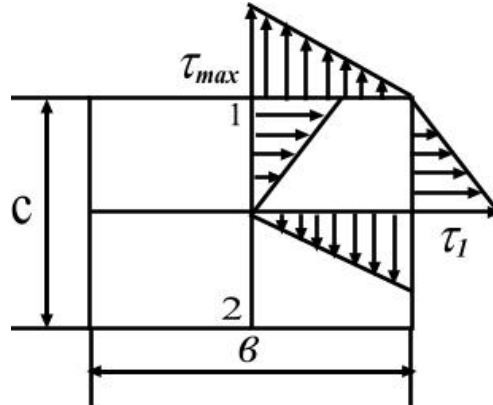
$$l = 2\pi Rn \quad (8)$$

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

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

(9) – dan prujinaning chukishini topish formulasini olamiz.

KO`NDALANG QIRQIMI TO`G`RITURTBURCHAK KO`RINISHIDAGI STERJEN LARNING BURALISHI.



61-rasm

To`g`riturtburchak ko`rinishidagi sterjenlarning urinma kuchlanishlari empirik formulalar yordamida aniqlanadi.

$$\tau_{\max} = \frac{\mu \sigma_p}{\alpha \beta c^2} \quad (10)$$

$$\tau_1 = \frac{\mu \sigma_p}{\alpha_1 \beta c^2} \quad (11)$$

Shuningdek burchakning nisbiy buralishi.

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

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

1	1,5	1,75	2,0	3,0	10	∞
---	-----	------	-----	-----	----	----------

α 0,206	0,231	0,239	0,246	0,307	0,313	0,333
β 0,141	0,196	0,214	0,229	0,307	0,313	0,333
α_1 0,206	0,270	-	0,309	-	-	0,448

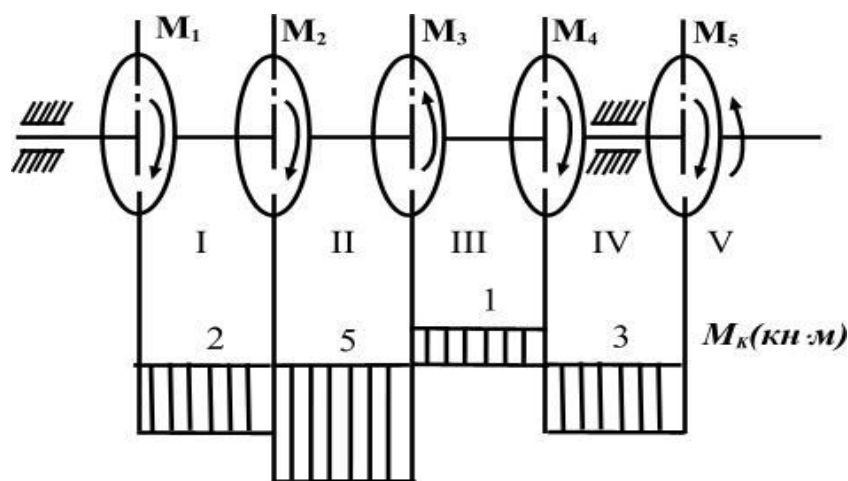
Filonenko - Borodich M.M. i dr.

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

3 – Masala

Sxemada ko`rsatilgan val burovchi momentlar $M_1=2$, $M_2=3$, $M_3=-6$, $M_4=4$ (kN,m) va M_5 ta'sirida statik muvozanatda yotadi.

M_5 moment qiymati topilib val uchun burovchi moment epyurasi qurilsin. Shuningdek pog'onalar bo'yicha diametr aniqlansin. Ruxsat etilgan kuchlanish $[\tau]=60$ MPa.



62-rasm

Val muvozanatda bo`lganligi uchun $M_x=0$

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

Bu tenglamadan noma`lum M_5 topamiz.

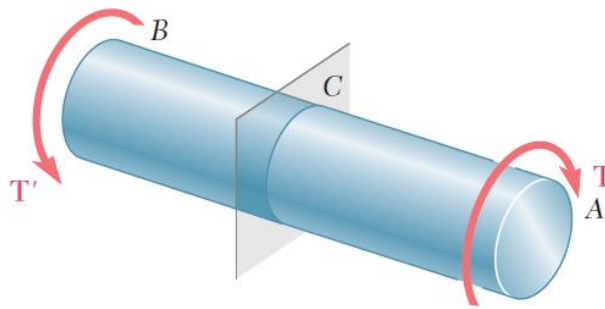
$$+2 + 3 \cdot 2 + 6 + 4 + M_5 = 0, \text{ yoki} \quad M_5 = -23 \text{ kN.M}$$

Shu qiymatlar bilan epyura ko`rdik.

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

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

Formula $\frac{16}{\pi} \approx 5$ deb qabul qilingan.



$$\int \rho(\tau dA) = T \quad (3.1)$$

3.1 O`qda aylanuvchi sterjenning aylanma kesishuvi

3.1 A Valdagi (sterjendagi) bosim

A va B nuqtalarida AB valning bir xil T va T' qarama-qarshi ta'sir etuvchi moment ostida ekanligini tasavvur qiling. Valning o`qiga perpendikulyar bo`lgan qandaydir tasodfiy nuqta C bilan uni kesib o`tamiz. Valning BC qismining erkin-jism sxemasi elemntar itaruvchi dF kuchga ega va u valning radiusiga perpendikulyardir. Ular

val harakatlenganda AC bo'lak qism BC bo'lakka ta'sir etgan vaqtda paydo bo'ladi (3.4a-rasm). BC qismining muvozanati kuchlarning tizimi ichki harakatlanayotgan T momentga va teng hamda qarama-qarshi T' ga ekvivalent bo'lishini talab etadi (3.4b-rasm). Valning o'qi tomon Df kuchdan perpendikulyar p masofani aniqlasak va valning o'qi atrofidagi Df kuchlarini itaruvchi momentlarning qiymati T aylanma moment bilan bir xil deb olinsa, quyidagini yozasiz:

$$\int \rho dF = T$$

$dF = t dA$ bo'lganligi sababli, bu yerda dA maydoni elementlarining itaruvchi bosimini t deb olsak, quyidagini yozish mumkin:

$$\int \rho(\tau dA) = T \quad (3.1) \quad 12$$

Yuqoridagi tenglamalar valning har qanday keltirilgan ko'ndalang kesishuvining itaruvchi bosimni muhim holatini ko'rsatayotgan bir paytda, ular aynan shu bosimlarning ko'ndalang kesishuvda qanday qilib tarqalishini ko'rsata olmaydi. Huning uchun aynan bir nagruzka ostida bosimning aniq tarqalishi *statik jixatdan noaniq* hisoblanadi. Ammo 1.2A qismda o'qqa yo'naltirilgan bosim ostida vujudga kelgan normal bosim bir xil tarqaladi degan fikr yuritilgan bo'lib va bu taxmin 2.10 qismda isbotlangan ammo, tochechniy nagruzka atrofidan tashqari. Valda paydo bo'lgan har qanday deformatsiyani toki u tahlil qilinmaguncha, hukm chiqarishga shoshilmang. Bu keyingi bo'limlarda muhokama qilinadi.

1.4 qismda ko'rsatilgani kabi, val faqatgina bitta tekislikda joylashmaydi. 3.5 rasmda ko'rsatilgan valning kichik elementini tasavvur qiling. Valga nisbatan qo'llangan moment, valning o'qiga perpendikulyar bo'lgan τ itaruvchi bosim, (valning yuqori yuzasida) paydo bo'ladi. Shunday bo'lsa ham, 1.4 qismdagi muvozanatning holati, val o'qi yordamida ikkita tekislaikda shakllangan yuzalarga nisbatan, teng bosimlarni borligini talab etadi. Bunday itaruvchi bosim aslida, 3.b6 rasmda ko'rsatilgan ikkita cheka qismi disklarga tutashtirilgan ikkita qloxida plankalarvalining aylanma harakadan paydo bo'ladi.

12

3.3-rasm. O'qli aylanma harakatga uchragan val va C nuqtadagi kesishuv tekisligi.

MA`RUZA №10.Sof egilish.Normal kuchlanishni aniqlash.

REJA:

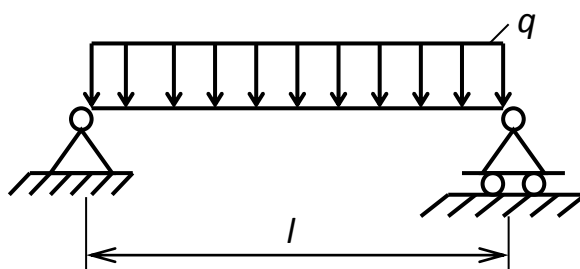
1. Tayanch va tayanch turlari.
2. Egilishda ichki kuch faktorlarini aniqlash.
3. Egiluvchi moment. Ko`ndalang kuch va yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differentsial bog`lanishlar.
4. Egilishda statik aniq balkalar.
5. Egilishda statik noaniq balkalar.
6. Statika tenglamalari orqali reaksiya kuchlarini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

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

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

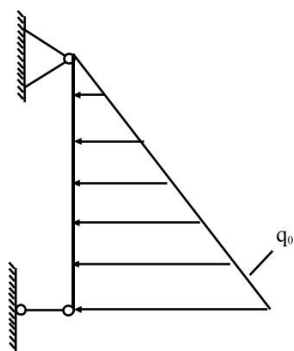
Ayrim balkalarini ko`rinishlarini keltiramiz:

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



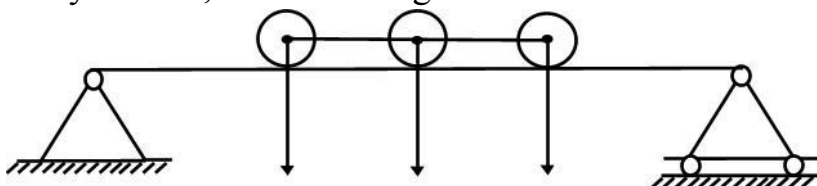
63-rasm

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



64-rasm

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



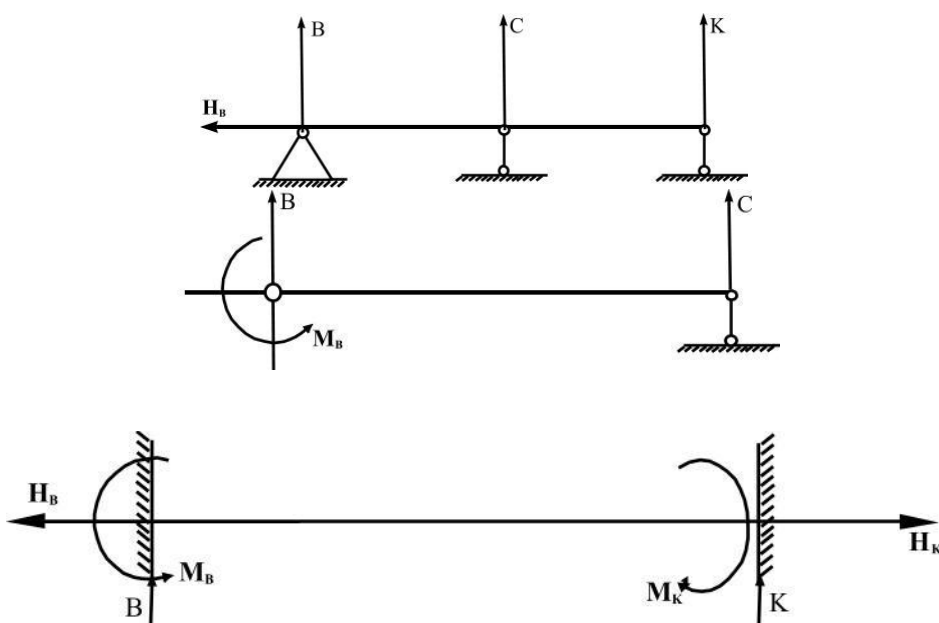
65-rasm

Biz bu temada quyidagi shartni bajaradigan egilishni o`rganamiz:

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

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

Ayrim hollarda balka bir nechta tayanchlarga tiralishi mumkin.



66-rasm

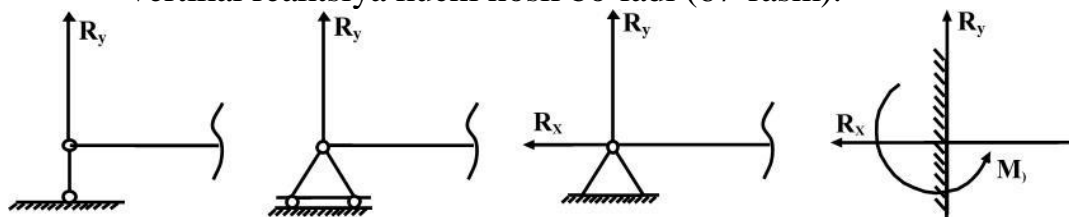
Bu xildagi balkalardagi reaksiya kuchlari soni kamida to`rtta bo`ladi va barcha reaksiya kuchlari bir tekislikda joylashganligi uchun, butun sistemani muvozanat holatini statikani uchta tenglamasini tuzish mumkin. Demak, balkadagi no`malum reaksiya kuchlarini statikani tenglamalari bilan topib bo`lmasa,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

Statik noaniq masalalarni yechish metodikasi, keyinroq ko`rib chiqiladi.

TAYANCH VA TAYANCH TURLARI.

Uch xil tayanch turlari mavjuddir:

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

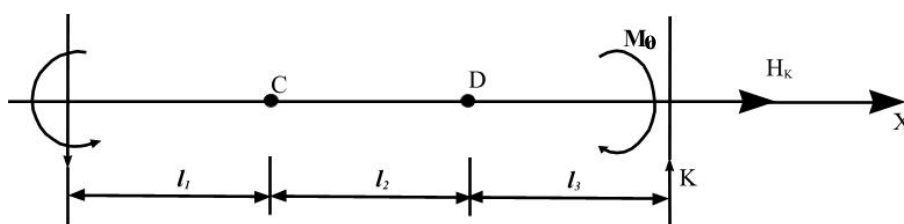


67-rasm

- qo`zg'almas- sharnirli tayanch, sterjenni tayanch kesimini va gorizontal tekisliklardagi harakatini chegaralaydi, aylanish burchagini cheklamaydi. Shuning uchun, bu xil tayanchda vertikal R_y va gorizontal R_x reaksiya kuchlari hosil bo`ladi.

- qo`zg'almas – birk mahkamlangan tayanch, sterjenni tayanch barcha harakatlarini chegaralaydi. Shuning uchun, bu tayanchda, gorizontal reaksiya kuchlari bilan birgalikda reaksiya M_0 hosil bo`ladi (68-rasm).

Reaksiya kuchlarini aniqlash uchun statikani muvozanat shartlaridan foydalanamiz.



68-rasm

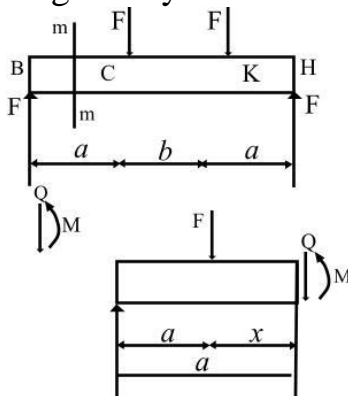
$$\Sigma x = 0; \quad \Sigma y = 0; \quad \text{va} \quad \Sigma M_0 = 0$$

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

EGILISHDA ICHKI KUCH FAKTORLARINI ANIQLASH

To`rtta o`zaro teng bo`lgan F kuch ta`sirida muvozanatda bo`lgan brusni o`rganamiz (69-rasm). Brusni BC uchastkasidagi ixtiyoriy tanlangan m-m kesimini ichki kuchlarini kesish metodidan foydalanib topamiz. Brusni ajratib olingan qismini muvozanatini ta`minlash uchun uni kesilgan yuzasiga tashlab yuborilgan

ta'sirini almashtiruvchi bosh kuch vektori Q va bosh moment vektori M -ni keltirib qo'yamiz. Kuchni ko'ndalang kuch yoki kesuvchi kuch deb qabul qilamiz.



69-rasm

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

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

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

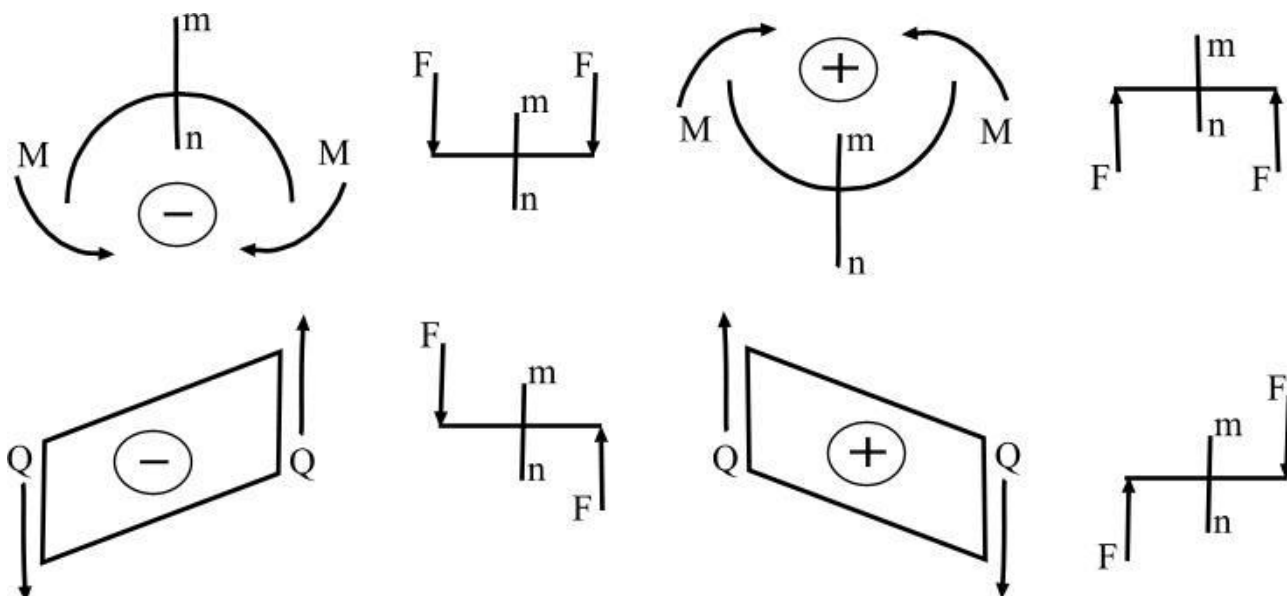
$$F - F - Q = 0 \quad \text{yoki} \quad Q = 0$$

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

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

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

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

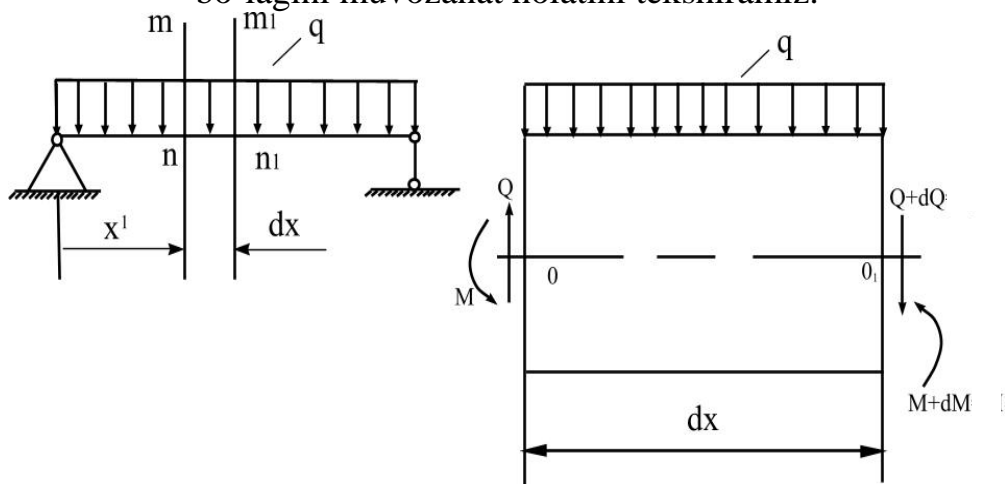


70-rasm

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

EGUVCHI MOMENT. KO`NDALANG KUCH VA YOYILGAN KUCH INTENSIVLIGI ORASIDAGI DIFFERENTIAL BOG`LANISHLAR

Yoyilgan kuch intensivligi ta`sirida bo`lgan balkadan ajratilgan elementar bo`lagini muvozanat holatini tekshiramiz.



71-rasm

Elementar dx uzunlikdagi ajratilgan element yoyilgan kuch intensivligi q balkani tashlab yuborilgan qisimlarini ta`sirini almashtiruvchi ko`ndalang kuchlar Q va $Q_1=Q+dQ$ va momentlar Mx va $M_1=Mx+dMx$ ta`sirida bo`ladi.

Ajratilgan elementi muvozanat sharti quyidagicha yoziladi.

$$\sum y = 0 \quad Q - qdx - (Q + dQ) = 0 \quad (6.1)$$

$$\sum M_{O_1} = 0 \quad Mx + Qdx - qdx \frac{dx}{2} - (Mx + dM) = 0 \quad (6.2)$$

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

Bu erda
$$q = -\frac{dQ}{dx} \quad (6.3)$$

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

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

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

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

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

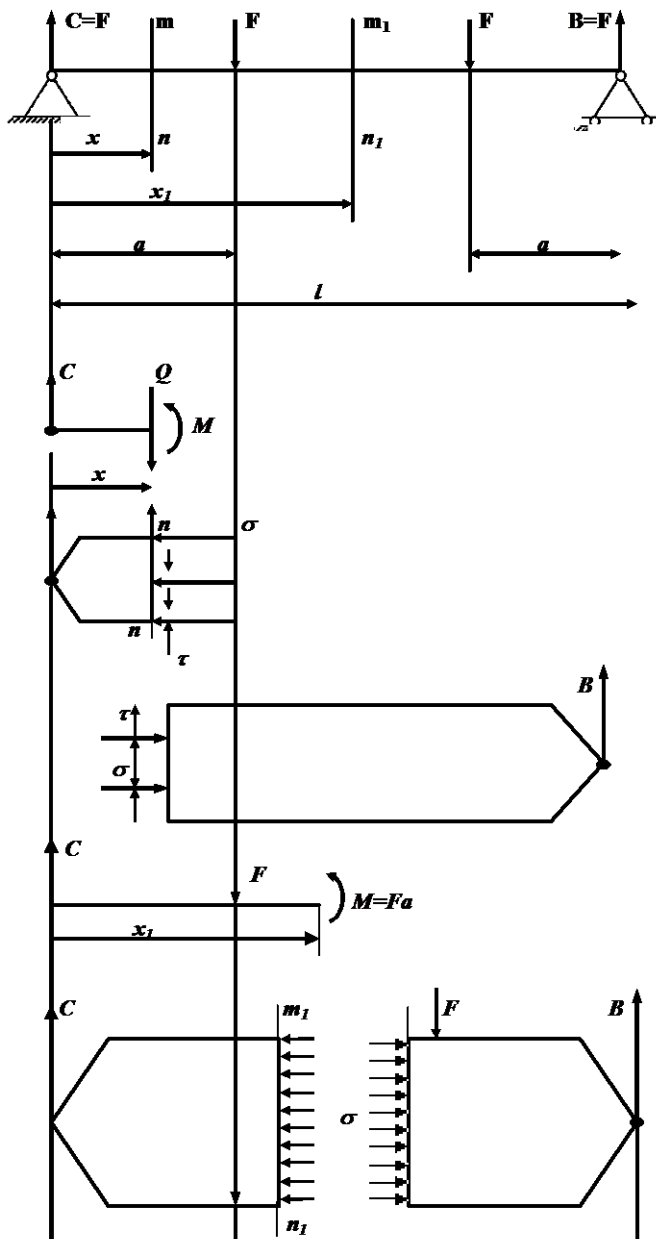
Yoyilgan kuch intensivligi ta`sir qilgan oraliqda ko`ndalang kuch tug`ri chiziqning qonuni bilan o`zgaradi. Q – ni epyurasi abtsissa o`qini kesib o`tadi, ya`ni abtsissaga og`ishish burchak bilan joylashadi. (6.4) differentsial bog`lanishga asosan, agar balkani biror kesimida eguvchi moment o`zgarmas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

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

EGILISHDA NORMAL KUCHLANISHLARNI ANIQLASH

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

Ko`ndalang kuch Q balkani kesilgan yuzasiga, m -n tekislikka urinma bo`lib yo`nalgan. Shuning uchun bu yuzada urinma kuchlanish r hosil bo`ladi.



72-rasm

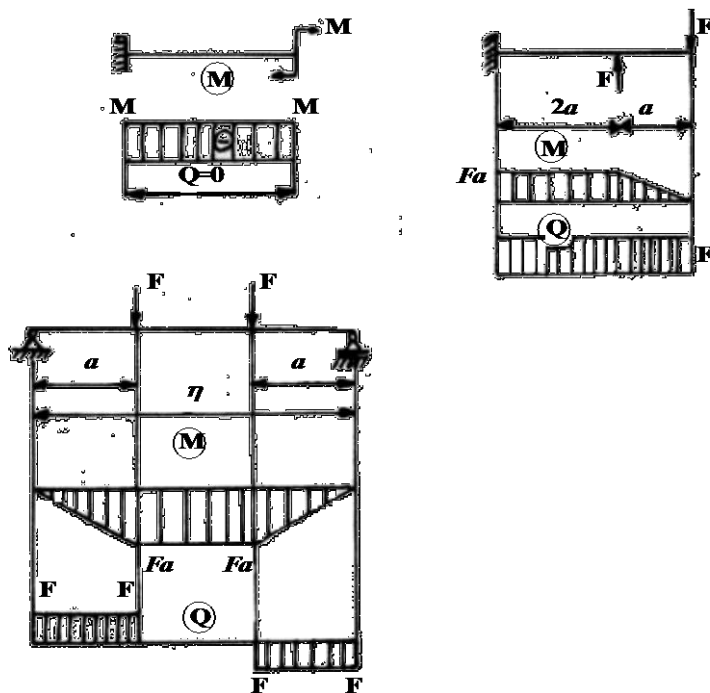
Vertikal tekislikda joylashgan S va Q kuchlari balkani x oraliqidagi $M=Fd$ juft kuch momentini hosil qiladi. Juft kuch momenti M balkani m-n tekisligidagi kesim yuzasida normal kuchlanishlar G-ni keltirib chiqaradi. Demak, balkani S tayanchidan x masofada joylashgan kesim yuzasida T va G kuchlanishlari hosil bo`lib, bu kuchlanishlar balkani bir kesimidan ikkinchi kesimiga uzatiladi. Berilgan balkani m-n kesimidan normal kuchlanish G – ni topish uchun, shu kesimdagi urinma kuchlanishni qiymatini, uni kesim yuzadagi tarqalish xarakterini bilishimiz kerak. Kesim yuzasidagi T no`malum bo`lganligi uchun, normal kuchlanishli balkani bu kesimdagi kuchlanganlik holatidan foydalanib topib olmaymiz, chunki G va T o`zaro bog`lanishda. Demak ikkita kuchlanishdan bittasini topish uchun yoki bittasi berilgan bo`lishi kerak, yoki nol`ga teng bo`lishi kerak. Balkani x oraliqidagi m-n kesimida $Q=C-F=0$ yoki $T_t=0$ bo`lganligi uchun bu kesimda faqat $M=Fd$ eguvchi moment yoki normal kuchlanishlar σ ta`sir qiladi.

egilishdagi kuchlanish holatini ko`ndalang kuch nol`ga teng bo`lgan xususiy holi, sof egilish deyiladi.

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

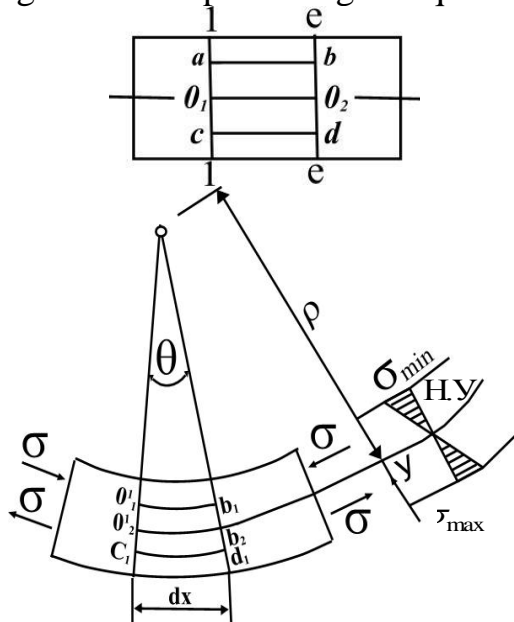
Demak urinma kuchlanish nol`ga teng bo`lib, faqat normal kuchlanishlar ta`siridagi balkani deformatsiyasi sof egilish ekan.

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



73-rasm

Normal kuchlanishni sof egilish holatidan foydalanib topamiz. Buning uchun quyidagi gipotezalardan foydalanamiz: balkaning deformatsiyasigacha tekis boʻlgan koʻndalang kesim yuzasi deformatsiyadan keyin ham tekisligicha qoladi va bir-biriga nisbatan 0 burchakka buraladi (74-rasm). Oʻzaro parallel boʻlgan chiziqlar egrilanadi va parallelligicha qoladi.



74-rasm

Yuqoridagi boʻylama chiziqlar siqiladi, pastdagilari esa choʻziladi. (Teskari holat ham mavjud); balkani materiali Guk qonuniga boʻysunadi: choʻziladigan va siqiladigan tolalar uchun $E = \text{const}$ deb qabul qilinadi: tolalar bir-biriga bosim koʻrsatmaydi.

Demak, 74-rasmdagi av tola siqiladi, cd tola esa choʻziladi. Siqiladigan va choʻzilgan tolalar orasidagi $0_1 0_2$ tola choʻzishmaydi ham, siqilmaydi. Shuning $0_1 0_2$

tolani uzunligi o'zgarmaydi, ya'ni $0_1 0_2 = 0_1^1 0_2^2 = dx$ (deformatsiyadan keyin). Balkani deformatsiyalanishida o'z uzunligini o'zgartirmaydigan tola neytral' tola deyiladi. Neytral' tola bilan ko'ndalang kesim kesishishidan hosil bo'lgan chiziq neytral' o'q deyiladi.

74 - rasmdan cd tolani nisbiy uzatishini topamiz:

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

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

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

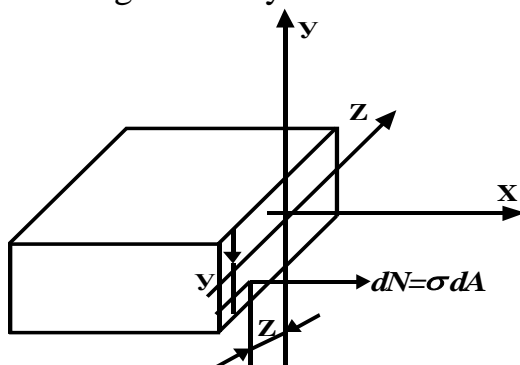
bo'ladi. Bu formula yordamida normal kuchlanishni kesim yuzasining balandligi bo'ylab o'zgarish qonuniyatini aniqlash mumkin.

$$y = 0 \quad \text{bo'lsa} \quad \sigma = 0$$

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

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

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



75-rasm

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

$$\sum x = N = \int_0^A G dA = 0 \quad \text{yoki} \quad \int_0^A \frac{E}{\rho} y dA = 0$$

Integral ostidagi $\frac{E}{\rho}$ - qiymat o'zgarmas miqdor va nolga teng bo'lmaganligi uchun, uni integral ishorasi oldiga chiqaramiz, va butun tenglikni shu qiymatga qisqartiramiz. Unda integral $\int y dA = 0$ kesim yuzasining neytral o'q OZ - ga nisbatan statik momenti bo'lib, nolga tengdir. Shuning uchun OZ o'q kesim yuzasining og'irlik markazidan o'tadi.

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

Shuningdek, dN va M -ni kesim yuzasini Ox va Oy o'qlariga nisbatan momentlari ham ayniyatga aylanganligi uchun $\sum M_x = 0$ va $\sum M_y = 0$ tenglamalaridan foydalanamiz.

Unda $\sum M_z = 0$ tenglamani tuzamiz:

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

Bu ifodadagi integral balka kesim yuzasining OZ – o'qqa nisbatan inertsiya momentini bildiradi:

$$\int^A y^2 dA = J_z \quad \text{shuning uchun} \quad M_z = \frac{E}{\rho} \cdot J_z$$

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

formulani hosil qilamiz.

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

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

$$G_{\max} = \frac{M_{\max} \cdot J_{\max}}{J_z} \quad \text{yoki} \quad G_{\max} = \frac{M_{\max}}{\frac{J_z}{y_{\max}}} = \frac{M_{\max}}{W_z}$$

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

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

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

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

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

2) Konstruktsiyani kesimi topiladi:

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

3) Konstruktsiyani mustahkamlik sharti.

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

Agar, balkani materialni cho'zilish va siqilishga har xil qarshilik ko'rsatsa, ya'ni $[G]_4 \neq [G]_c$ bo'lsa, unda

$$G_{\max \cdot 4} = \frac{M_{\max}}{W_1} \leq [G]_4 \quad G_{\max \cdot c} = \frac{M_{\max}}{W_2} \leq [G]_c.$$

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Necha xil tayanch turlari mavjud.
2. Egilishda ichki kuch faktori deganda nimani tushunasiz.
3. Eguvchi moment, ko`ndalang kuch va yoyilgan kuch intensivligi orasidagi differentsial bog`lanishini ko`rsating.
4. M - eguvchi moment, Q - ko`ndalang kuch ishoralarini ko`rsating.
5. Q va M - brusni o`qi bo`ylab o`zgarishi grafigini chizing.
6. Balkaga yoyilgan kuch intensivligi - q ta`sir qilgan oraliqda M - epyurani ko`rsating.
7. Egilish deganda nimani tushunasiz?
8. Sof egilish nima?
9. Neytral tola nima?
10. Egilishda normal kuchlanish formulasini yozing.
11. Egilishda normal kuchlanish bo`yicha mustahkamlik sharti nimaga teng?

EGILISHDA ICHKI KUCH FAKTORLARINI ANIQLASH

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

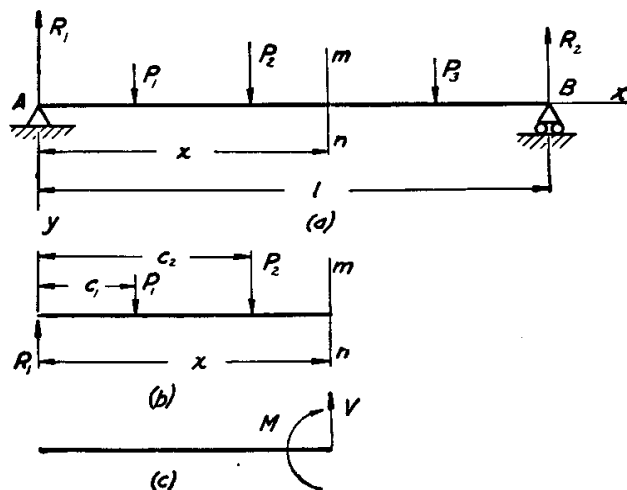


FIG. 56.

EGILISHDA NORMAL KUCHLANISHLARNI ANIQLASH

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

Ko`ndalang kuch Q balkani kesilgan yuzasiga, m - n tekislikka urinma bo`lib yo`nalgan. Shuning uchun bu yuzada urinma kuchlanish r hosil bo`ladi.

$$\sigma_x = \frac{My}{I} \quad 13.$$

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

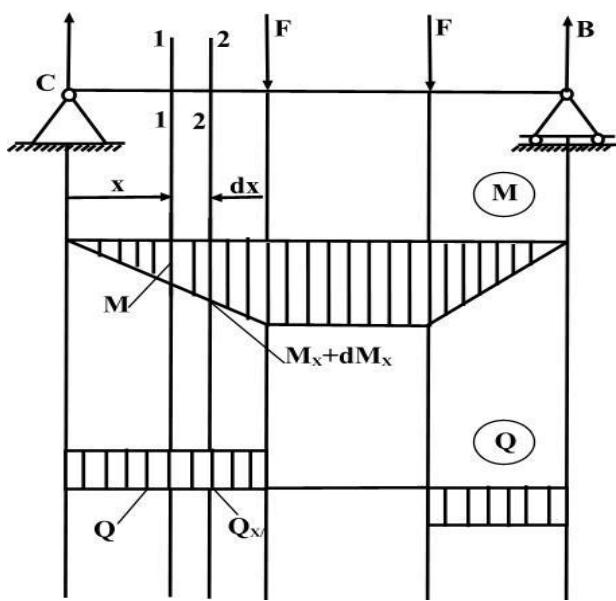
$$\tau_{xy} = \frac{VQ}{It}$$

13.2. Seventh Edition. Mechanics of Materials. 591 page.

Ma`ruza №12. Egilishda urinma kuchlanishni aniqlash.

REJA:

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



8. Ajratib olingan elementning muvozanat sharti.

Shakli to`g`ri burchakli kesimning bo`ylama o`qiga perpendikulyar bo`lgan ko`ndalang yuzadagi urinma kuchlanishni topamiz (76-rasm). Sof egilishdan farqli bu yuzada ham normal G ham urinma kuchlanish z hosil bo`ladi, chunki balkani shu oraliqni eguvchi moment ham, ko`ndalang kuch

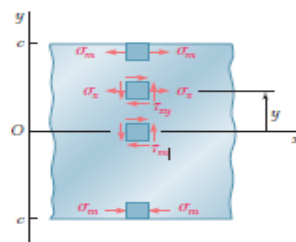
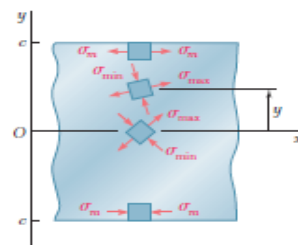


Fig. 8.5 Stress elements at selected points of a beam.



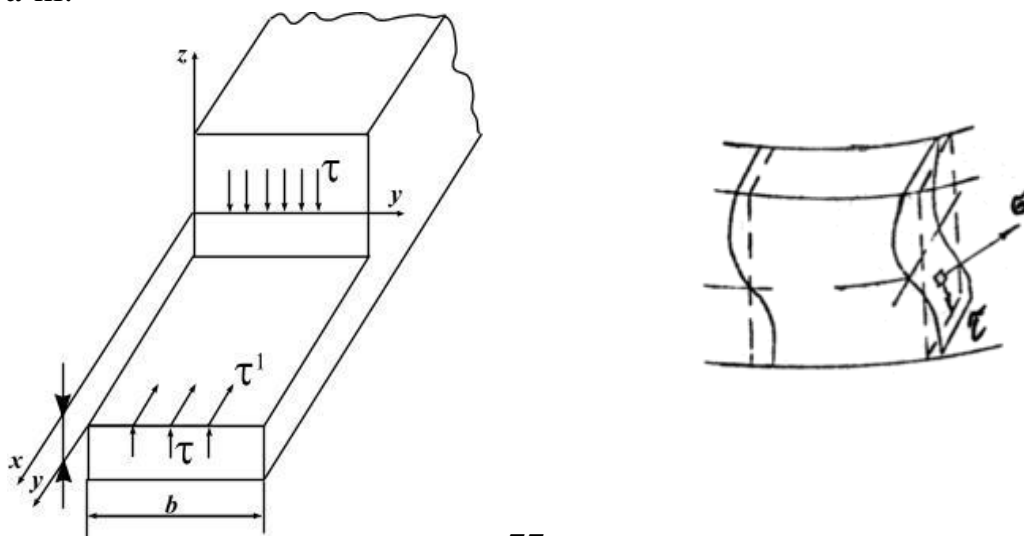
ham nolga teng emas. Urinma kuchlanish to'g'risida quyidagi fikrlarni yuritimiz:

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

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

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

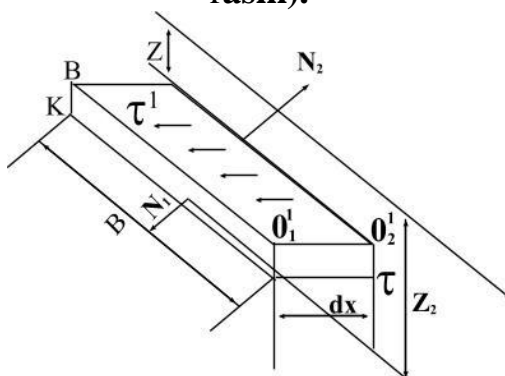
Ya'ni:



77-rasm

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

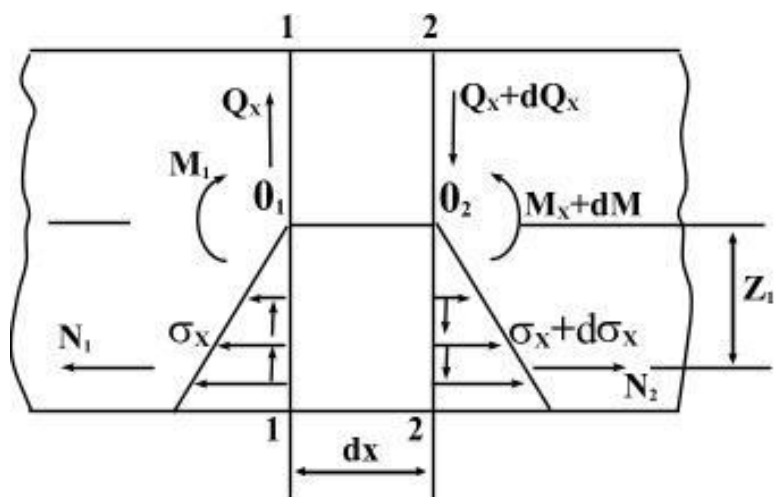
III) Tekis ko'ndalang egilish gipotezasiga asosan deformatsiyaga tekis bo'lgan ko'ndalang kesim yuzalar deformatsiyadan keyin qisman egrilanadi (78-rasm).



78 – rasm

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

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



79-rasm

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

$$N_1 = \int G dA = \frac{M_x}{J_y} \int_0^A E, dA$$

bu erda integral $\int_0^A Z_1 dA$ balkani integral qatlamidan z masofada ajratib olingan
 BKO_1^1 yuzani integral o'q J - ga nisbatan statik momenti, ya'ni

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

$$N_1 = \frac{M_x}{J_y} \cdot S_y^0$$

Unda hosil bo'ladi.

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

$$S_y^o = \int_0^A z_1 dA$$

$$N_1 = \frac{M_x}{J_y} \cdot S_y^o$$

Unda hosil bo'ladi.

V1O2 qirraga ta'sir qilayotgan N_2 ichki bo'ylama kuch $G_x + dG_x$ normal
 kuchlanishlarning teng ta'sir qiluvchisi, ya'ni

$$N_2 = \int_0^A (G_x + dG_x) dA = \frac{M_x + dM_x}{J_y} \int_0^A Z_1 dA = \frac{M_x + dM_x}{J_y} S_y^o$$

Ajratib olingan elementni muvozanat shartiga yozamiz:

$$\sum X = N_1 + dt - N_2 = 0 \quad \text{yoki} \quad \frac{M_x}{J_y} \cdot S_y^0 + \tau^1 b dx \left(-\frac{M_x + dM_x}{J_y} \right) \cdot S_y = 0$$

Ayrim soddalashtirishdan keyin

$$r = \frac{dM_x}{dx} \cdot \frac{S_y^0}{J_y \cdot b} \quad \text{hosil bo`ladi.}$$

Agar $\frac{dM_x}{dx} = Q_x$ differentsial bog`lanishni hisobga olsak $\tau = \frac{Q_x \cdot S_y^0}{J_y \cdot b}$ (6.8) egilishda urinma kuchlanish formulasi kelib chiqadi.

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

b – kuchlanishi tekshirilayotgan nuqtaning joylashgan kesim yuzasining eni.

J_y – balka kesim yuzasining neytral o`q -u- ga nisbatan inertiya momenti.

(6.8) formula Juravskiy formula deyiladi.

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

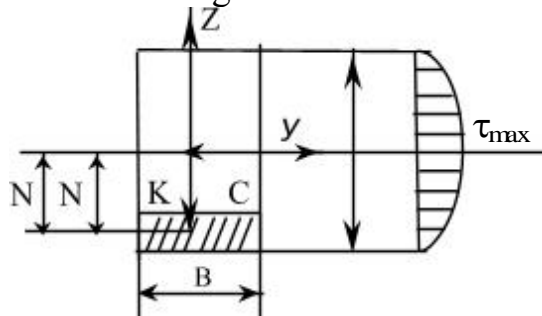
(6.8) formulaga asosan, τ kesimni balandligi bo`ylab egri chiziqli qonuniyat bilan o`zgaradi.

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

YUqoridagi fikrlarga asosan, urinma kuchlanish kesimni neytral qatlamida eng katta qiymatga va kesimni chetki nuqtalarida nol` qiymatga erishar ekan.

Juravskiy formulasini turli kesimlarga tadbiq etish

I. To`g`rito`rtburchak



80-rasm

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Unda} \quad (6.9)$$

$$0 \leq z \leq \frac{h}{2}$$

Bu erda

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

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

Takrorlash uchun savollar

1. Urinma kuchlanish to'g'risida tushuncha bering.
2. Ko'ndalang kuch barcha ichki urinma kuchlanishlari teng ta'sir qiluvchisini ko'rsating.
3. Kesimni neytral' o'qidan bir xil masofada joylashgan yuzalardagi urinma kuchlanishlar o'zaro tengligini ko'rsating.
4. Urinma kuchlanishlarni juftlik alomatiga ko'ra balkani ko'ndalang kesimiga perpendikulyar bo'lgan bo'ylama kesimida urinma kuchlanish hosil bo'lishi mumkinmi.
5. Tekis ko'ndalang egilish gipotezasiga asosan deformatsiyasiga tekis bo'lgan ko'ndalang kesim yuzalar deformatsiyadan keyin qisman egrilanishini ko'rsating.
6. Ajratib olingan to'g'ri burchakli elementni gorizontaal yuzadagi kuchlanishlari nimaga teng bo'ladi.

7. Normal kuchlanishni teng ta'sir etuvchisini ko'rsating.
8. Ajratib olingan element uchun muvozanat shartini yozing.

$$T_{xy} = \frac{VQ}{It} \quad 15$$

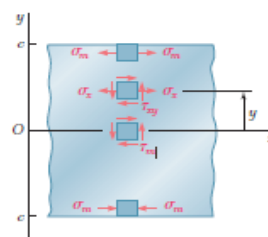
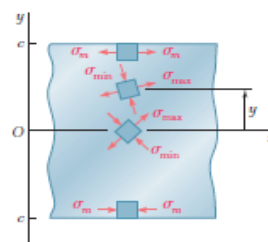


Fig. 8.5 Stress elements at selected points of a beam.

15.2. Seventh Edition. Mechanics of Materials. 591 page.



MA'RUZA №12. EGILISHDA BALKALARNI KO'CHISHINI ANIQLASH

REJA:

1. Salqilik va kesimni aylanish burchagi haqida tushuncha.
2. Θ - orasidagi matematik bog'lanish.
3. Balka egilgan o'qining differentsial tenglamasi.
4. Boshlang'ich parametrlar usuli Universal formula.
5. Balkani deformatsiyasiga ta'sir qilmagan holda uni sxemasini o'zgartirishda elastik egilgan o'qning differentsial tenglamasini integrallashdagi cheklanishlar.
6. Balkani har bir uchastkalari uchun egilgan differentsial tenglamani tuzish va integrallash.
7. Egilishda ko'chishni topishni grafoanalitik usuli.
8. Balka egilgan o'qining taqribiy differentsial tenglamasi.
9. Soxta balkani tanlash shartlari.
10. Soxta balkaning haqiqiy balkadan farqi.

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

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

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

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

BALKANI EGILGAN O'QNING DIFFERENTIAL TENGLAMASI

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

81-rasm

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

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

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

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

Bu formula balka egilgan o'qning taqribiy differentsial tenglamasi deyiladi. (6.12) tenglamani ishorasi M – eguvchi momentni ishorasiga bogliq balka egilgan o'qning differentsial tenglamasidan salkilik tenglamasi $y = f(x)$ ni hosil qilish uchun, (6.12) tenglamani integrallashtirish kerak. (6.12) tenglamani birinchi integrali.

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

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

Shunday qilib, kesimni aylanish burchagi

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

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

tenglamani hosil qilamiz.

Bu erda S va D – integrallashtirish doimiyliklari, balka uchlarini tiralish shartlaridan foydalanib topadi.

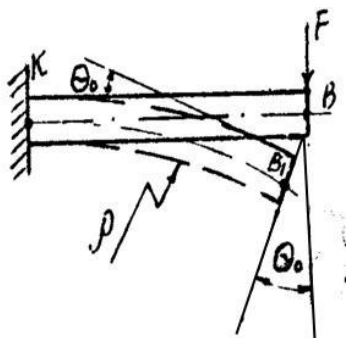
Masalan: Agar, $M=FX$ bo`lsa aylanish burchagi va salkilik tenglamalari quyidagicha ko`rinishga keladi:

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

Integrallash doimiyliklari S va D – ni topish uchun balka uchlarining tralish shartlaridan foydalanamiz:

Agar, $x=0$ bo`lsa, (a) tenglamadan

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



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

(b) tenglamadan

$$Y = Y_B = Y_O = \frac{D}{EJ} \quad \text{yoki} \quad D = Y_O EJ \quad (g)$$

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

Agar, $X \pm l$ bo`lsa, (a) tenglamadan $\theta = \theta_K = 0$ va (b) tenglamadan $Y = Y_K = 0$ hosil bo`ladi.

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

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

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

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

BOSHLANG'ICH PARAMETRLAR USULI.

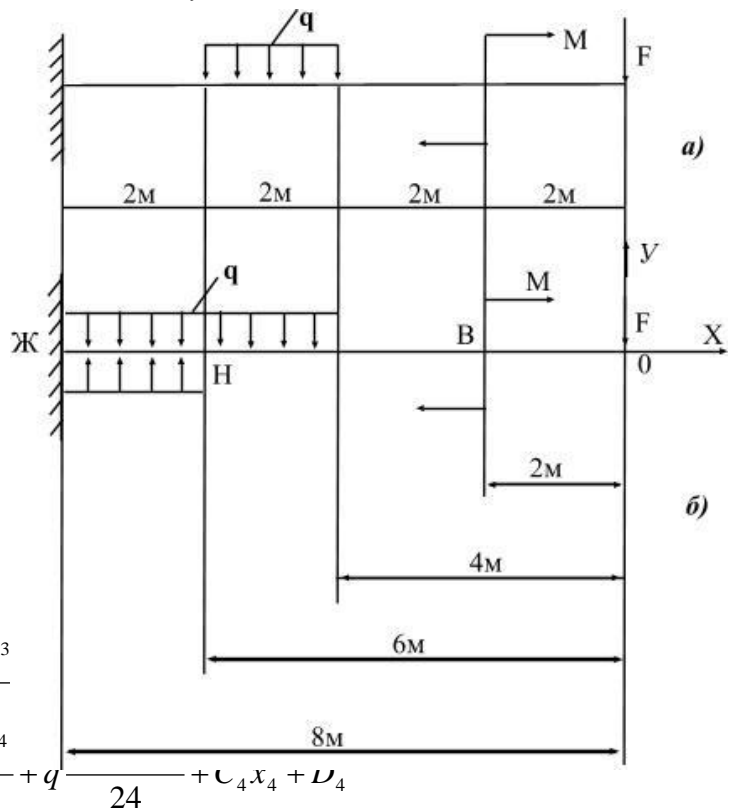
UNIVERSAL FORMULA

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

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

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

a)



b)

82-rasm a) berilgan balka b) o'zgartirilgan balka
Balkani har bir uchaskalari uchun egilgan differentsial tenglamasini tuzamiz va integrallaymiz:

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

$$EJ \cdot y = -F \frac{x_4^3}{6} - M \frac{(x_4 - 2)^2}{2} - q \frac{(x_4 - 4)^4}{24} + q \frac{x_4^4}{24} + C_4 x_4 + D_4$$

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

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

$$\text{va } y = y_0 + 0_0 x + \frac{1}{EJ} \left[-F \frac{x^3}{6} - M \frac{(x - 2)^2}{2} - q \frac{(x - 4)^4}{24} + q \frac{(x - 6)^4}{24} \right]$$

markazi tomonga joylashtiriladi. Hosil bo'lgan tenglama universal formula deyiladi. Formulani universalligi, uni balkani uzunligi bo'ylab hamma uchastkalarini hisobga olishadi. Balkani qaysi uchastkasining deformatsiyasini o'rganish kerak bo'lsa, universal formulada – shu uchastkadagi kuchlar qoldiriladi:

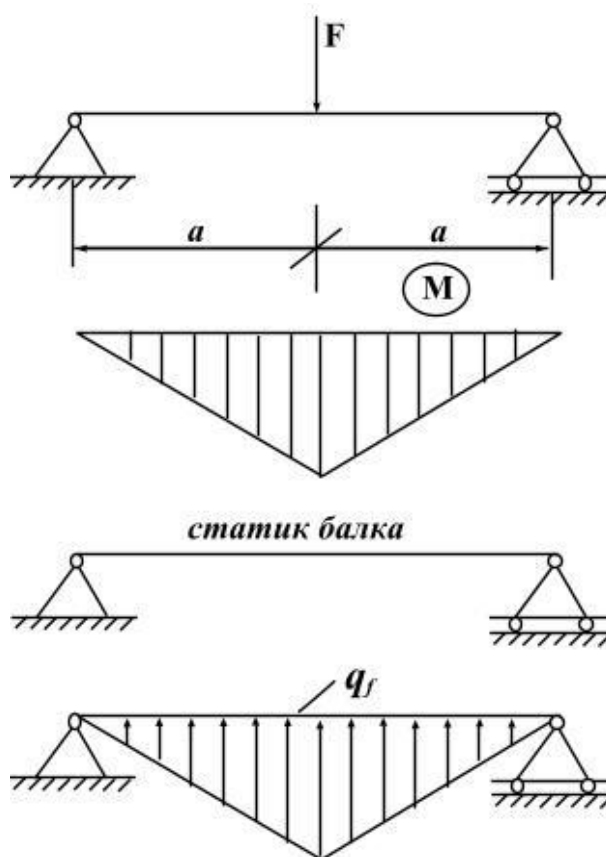
boshqa kuchlar esa tashlab yuboriladi. Balkani barcha uchastkalari uchun – Q_0 va y_0 – lar umumiydir.

EGILISHDA KO`CHISHNI TOPISHNI GRAFOANALITIK USULI.

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

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

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



83-rasm

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

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

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

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

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

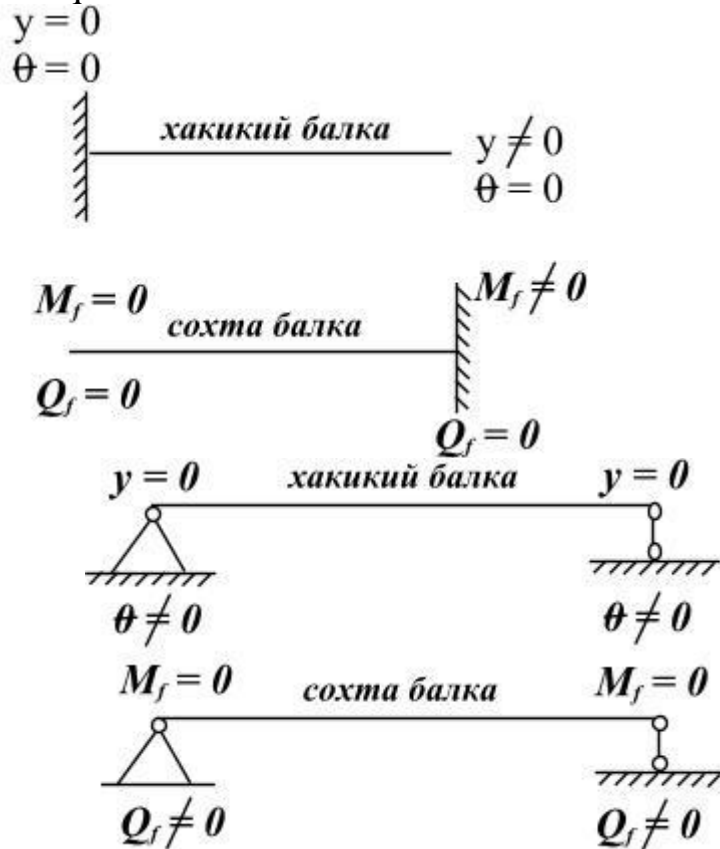
$$\frac{d(EJ \cdot y)}{dx} = EJ \cdot 0 = \frac{dMt}{dx}$$

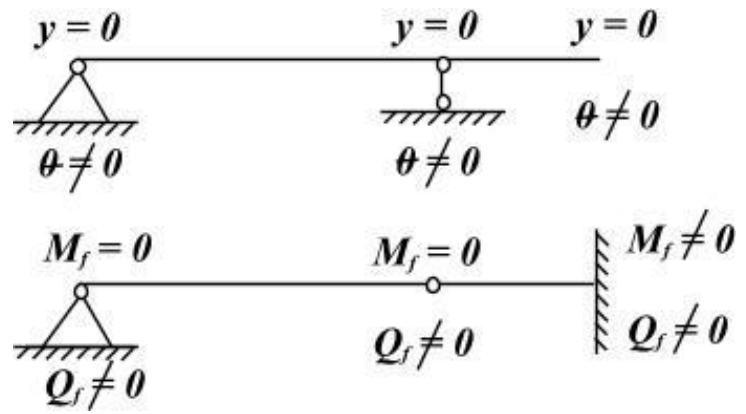
va $EJ \cdot y = Mt$

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

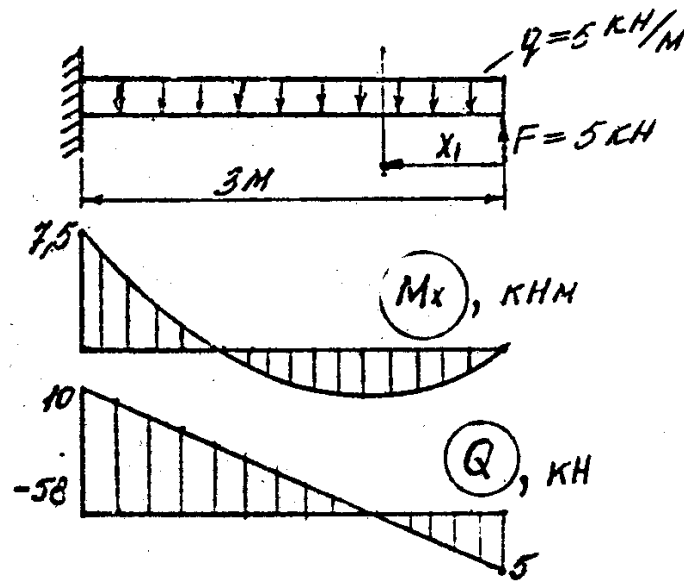
$$y = \frac{Mt}{EJ} \quad (6.19)$$

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





1-Masala. (Sxema –a) Mx va Qx epyuralari qurilsin.



84-rasm

Yechish:

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

Ichki kuch faktorlari:

$$M_{x_1} = Fx_1 - q \frac{x_1^2}{2} \text{ va } Q_{x_1} = -F + qx_1$$

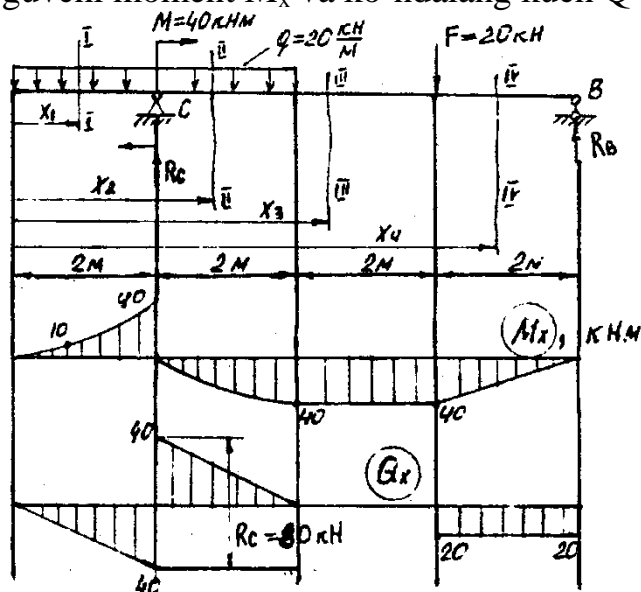
$$x_1 = 0 \text{ da } M_{x_1} = 0 \text{ va } Q_{x_1} = -5kH$$

$$x_1 = 1m \text{ da } M_{x_1} = 2,5kH \text{ va } Q_{x_1} = 0$$

$$x_1 = 2m \text{ da } M_{x_1} = 0 \text{ va } Q_{x_1} = 5kH$$

$$x_1 = 3m \text{ da } M_{x_1} = 7,5kHm \text{ va } Q_{x_1} = 10kH$$

Masala 2. eguvchi moment M_x va ko`ndalang kuch Q epyuralari qurilsin.



85-rasm

Yechish:

Po`latdan tayyorlangan balka S va V nuqtalarida tayanchga tiralib turgan R_S va R_V reaksiya kuchlarini topish uchun sistemani muvozanat holatini kanoatlaniruvchi statikani moment tenglamasidan foydalanamiz.

$$\sum M_C = M + F_1 \cdot 4 + q \cdot \frac{4}{2} - q \cdot \frac{4}{2} - R_B \cdot 6 = 0 \quad \text{bu yyerdan } R_B = 20 \text{ kH}$$

$$\sum M_B = R_C \cdot C + M - F \cdot 2 - q \cdot 4 \left(\frac{4}{2} + 4 \right) = 0 \quad \text{bu yyerdan } R_C = 80 \text{ kH}$$

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

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

I-I uchastka $0 \leq x_1 \leq 2M$

Eguvchi moment $M_{x_1} = -q \frac{x_1^2}{2}$ va ko`ndalang kuch $Q_{x_1} = -qx_1$ tenglamalarini

tuzamiz:

agar $x_1 = 0$ bo`lsa $M_{x_1} = 0$ va $Q_{x_1} = 0$

agar $x_1 = 1M$; $M_{x_1} = -10 \text{ kHM}$; $Q_{x_1} = -20 \text{ kH}$ va

$x_1 = 2M$ bo`lsa $M_{x_1} = -40 \text{ kHM}$; $Q_{x_1} = -40 \text{ kH}$ bo`ladi.

II-II uchastka $2 \leq x_1 \leq 4M$

$$M_{x_2} = -q \frac{x_2^2}{2} + R_C(x_2 - 2) + M; \quad Q_{x_2} = R_C - qx_2$$

Eguvchi moment tenglamasidan juft kuch M qatnashganligi uchun M_{x_2} epyurasida $x_2 = 2x$ kesimda $M = 40 \text{ kNm}$ kiymatga teng sakrash bo`ladi.

$$x_2 = 2M; \quad M_{x_2} = 0; \quad Q_{x_2} = 40 \text{ kH}$$

$$x_2 = 4M; \quad M_{x_2} = 40 \text{ kHM}; \quad Q_{x_2} = 0$$

III-III uchastka $4 \leq x_3 \leq 6M$

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

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

ya`ni ko`ndalang kuch III-III uchastka oralig`ida nolga teng ekan. Demak, Mx ni kiymati $4 \leq x_3 \leq 6M$ oraliqda o`zgarmas va abtissaga parallel` joylashadi.

$$x_3 = 4M \quad \text{da} \quad Mx_3 = 40kHM$$

$$\text{va} \quad x_3 = 6M \quad \text{da} \quad Mx_3 = 40kHM$$

IV-IV uchastka $6 \leq x_4 \leq 8M$

Eguvchi moment tenglamasini tuzamiz.

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

Ko`ndalang kuch tenglamasini tuzamiz.

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

$$x_4 = 6M \quad \text{da} \quad Mx_4 = 40kHM \quad \text{va} \quad Qx_4 = -20kHM$$

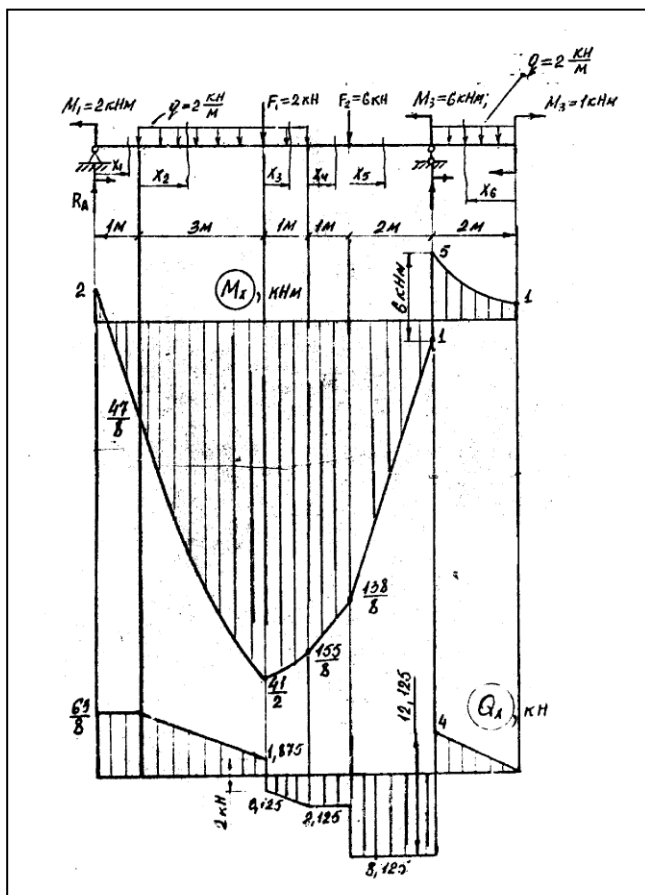
$$x_4 = 8M \quad \text{da} \quad Mx_4 = 0 \quad \text{va} \quad Qx_4 = -20kHM$$

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

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

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

3-Masala. 86–rasmdagi berilganlarga ko`ra “M” va “Q” epyuralari qurilsin.



Yechish:

Reaksiya kuchlarini balkani muvozanat shartlaridan foydalanib topamiz:

$$\sum M_A = -M_1 + 4q\left(\frac{4}{2} + 1\right) + F_1 4 - M_2 + 2q\left(\frac{2}{2} + 8\right) + M_3 - R_B \cdot 8 = 0$$

$$\text{va} \quad R_B = 12,125kH$$

$$\sum M_B = -M_1 - 4q\left(\frac{4}{2} + 3\right) - F_1 4 - F_2 2 - M_2 + q\frac{4}{2} + M_3 + R_A \cdot 8 = 0$$

$$\text{va} \quad R_A = \frac{63}{8}kH$$

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

I-I uchastka

$$0 \leq x_1 \leq 1M$$

$$Mx = R_A x_1 - M_1 \quad \text{va}$$

$$Q_1 = R_A = \frac{63}{8}, kH$$

86-rasm

$$x_1 = 0; \text{ bo`lsa } Mx_1 = -2\kappa Hm \text{ va}$$

$$x_1 = 1m, \quad Mx_1 = 47/8, \kappa Hm;$$

$$\text{II-II uchastka} \quad 0 \leq x_1 = 3m$$

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

$$x_2 = 0 \text{ bo`lsa } Mx_2 = \frac{47}{8}, \kappa Hm \quad \text{va} \quad Q_2 = \frac{63}{8}, \kappa H$$

$$x_2 = 3m; \quad Mx_2 = \frac{41}{82}, \kappa Hm; \quad Q_2 = 1,875, \kappa H$$

$$\text{III-III uchastka} \quad 0 \leq x_3 \leq 6l$$

$$Mx_3 = R_A(4 + x_3) - M_1 - 3q\left(\frac{3}{2} - x_3\right) - q\frac{x_3^2}{2} - F_1x_3$$

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

$$x_3 = 0; \quad Mx_3 = \frac{41}{2} \kappa Hm; \quad Q_3 = -0,125 \kappa H$$

$$x_3 = 1m; \quad Mx_3 = \frac{155}{8} \kappa Hm; \quad Q_3 = -2,125 \kappa H.$$

$$\text{IV-IV uchastka} \quad 0 \leq x_4 \leq 4m$$

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

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

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

$$x_4 = 1m; \quad Mx_4 = \frac{138}{8}, \kappa Hm.$$

$$\text{V-V uchastka} \quad 0 \leq x_5 \leq 2m$$

$$M_5 = R_A(6 + x_5) - M_1 - 4q(3 + x_5) - F_1(2 + x_5) - F_2x_5$$

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

$$x_5 = 0; \quad Mx_5 = \frac{138}{8} \kappa Hm; \quad x_5 = 2m; \quad Mx_5 = 1 \kappa Hm.$$

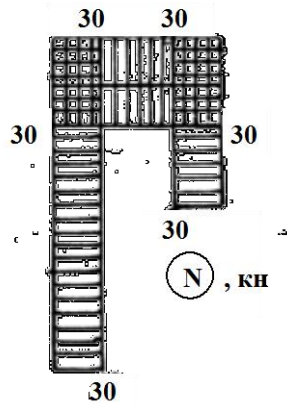
$$\text{VI-VI uchastka} \quad 0 \leq x_6 \leq 2m$$

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

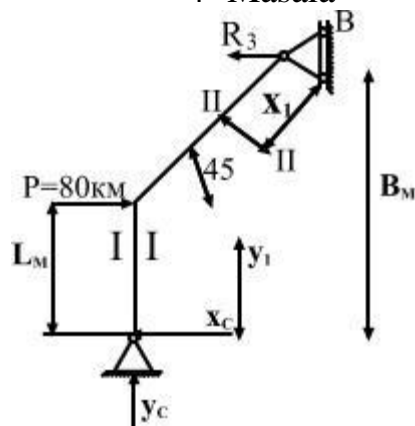
$$x_6 = 0; \quad M_6 = -1 \kappa Hm; \quad Q_6 = 0$$

$$x_6 = 2m; \quad M_6 = -5 \kappa Hm; \quad Q_6 = 4 \kappa H$$

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



4 - Masala

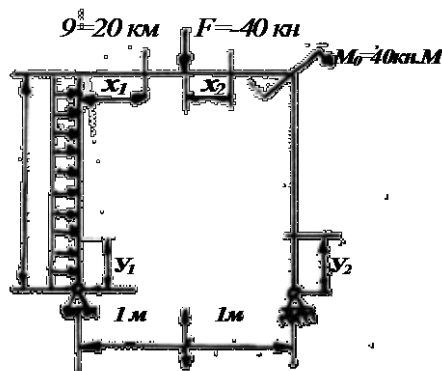


Berilgan siniq chiziqli balka uchun eguvchi moment, ko`ndalang kuch va bo`ylama kuch epyuralari qurilsin.

Yechish:

Siniq chiziqli balkani reaksiya kuchlarini topamiz.

5 - Masala.



Ramani sterjenlari uchun \$M_x\$, \$Q\$ va \$N\$ epyuralari qurilsin.

Yechish: Ramani tayanch nuktalaridagi reaksiya uchlarini topamiz.

$$\sum x = q \cdot 2 - x_c = 0 \quad \text{bu yerdan} \quad x_c = 40\text{ kN}$$

$$\sum M_c = m_0 - R_g \cdot 2 + F \cdot 1 + qe \cdot \frac{e}{2} = 0; R_g = 60\text{ kN}$$

$$\sum M_6 - Y_c \cdot 2 + qc \cdot \frac{e}{2} + M_0 - F \cdot 1 = 0; Y_c = 20 \text{кН}$$

Tekshirish:

$$\sum y = F + R_B - Y_c; \text{ yoki } 2 \cdot 4 + 6 = 0$$

O`suвchi moment, ko`ndalang va bo`ylama kuch tenglamalarini tuzamiz:

I-I-QIRQIM $0 \leq y_1 \leq 2 \text{м}$

$$Mx = X_c \cdot Y_1 - q Y_1 \cdot \frac{Y_1}{2}$$

$$Q_1 = X_c - q \cdot Y_1$$

$$N_1 = Y_c = 20 \text{кН}$$

$$Y_1 = 0, \text{ bo`lsa } Mx = 0 \text{ va } Q_1 = X_c = 40 \text{кН}$$

$$Y_1 = 1 \text{м bo`lsa } Mx = 40 \text{кНм va } Q_1 = 0$$

II-II-QIRQIM

$$0 < x_1 \leq 1 \text{м}$$

$$Mx_2 = Y_c \cdot x_1 + x_c \cdot 2 - y \cdot 2 \cdot \frac{2}{2} = Y_c x_1 + 40$$

$$Q_2 = Y_c = -20 \text{кН};$$

$$N_2 - X_c \cdot q \cdot u = -40 + 20 \cdot 2 = 0$$

$$X_1 = 0 \text{ bo`lsa } Mx_2 = 40 \text{кНм}$$

$$X_1 = 1 \text{м bo`lsa } Mx_2 = 30 \text{кНм}$$

III-III-QIRQIM

$$0 \leq x_2 \leq 1 \text{м}$$

$$Mx_3 = Y_c(1 + x_2) + x_c \cdot 2 - q - q \frac{4}{2} - F \cdot x_2$$

$$Q_3 = -Y_c \cdot F = -20 - 40 = -60 \text{ кН}$$

$$N_3 = 0$$

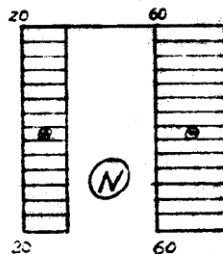
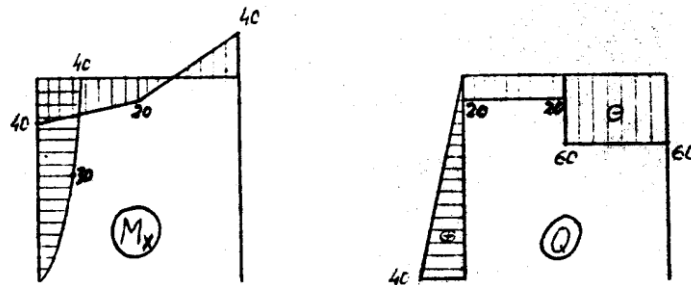
$$X_2 = 0 \quad \text{bo`lsa } Mx_3 = 20 \text{ кНм}$$

$$X_2 = 1 \text{ м} \quad \text{bo`lsa } Mx_3 = -40 \text{ кНм}$$

IV-IV-QIRQIM

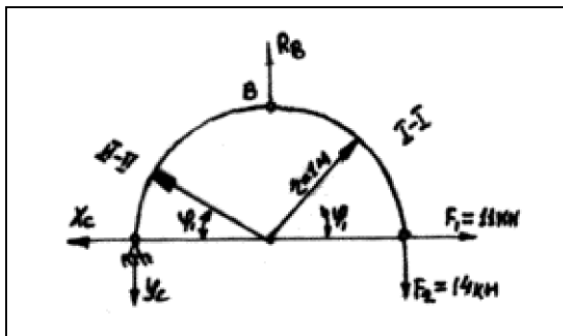
$$0 \leq Y_2 \leq 2 \text{ м}$$

$$Mx_4 = 0; \quad Q_4 = 0; \quad N_4 = R_B = -60 \text{ кН}$$



4-Masala

Berilgan egri eterjen' uchun eguvchi moment, ko`ndalang kuch va bo`ylama kuch epyuralari qurilsin.



Tashqi kuch ta`sirida egri sterjenni kesimida eguvchi moment M_x , ko`ndalang kuch Q va bo`ylama kuch N hosil bo`ladi. M_x , Q va N ni topish uchun kesish metodidan foydalanamiz. Agar, tashqi kuch sterjenni egriligini kattalashtirsa eguvchi momentni ishorasi musbat, kichiklashtirilsa manfiy. egri sterjenni ajratilgan qismini kesim markaziga

nisbatan tashqi kuchni yo`nalishi soat strelkasining yo`nalishi bilan mos bo`lsa, ko`ndalaneg kuchni ishorasi musbat, teskari yo`nalishda manfiy. Musbat ishorala eguvchi moment yo`nalishidan tashqi kuchni soat strelkasi yo`nalishi bo`ylab 90° ga

aylantirganda –hosil bo`lgan ko`ndalang kuch Q – musbat, teskari yo`nalishda – manfiy. Bo`ylama N – cho`zuvchi bo`lsa – musbat, siquvchi kuch bo`lsa – manfiy. N , Q va N epyuralari egri sterjenda quyidagicha quriladi. Musbat ishorali N , Q va N qiymatlarini ma`lum masshtabda sterjenni kesim markazining bo`ylama o`qiga perpendikulyar tekislikda egrilik markazidan tashqariga joylashtiriladi; manfiy ishorali qiymatlar esa egrilik

Yechish: Reaksiya kuchlarini topamiz.

$$\sum x = -x_c + F_1 = 0; \quad X_c = 11 \text{ kH}$$

$$\sum M_c = -R_b \cdot r + F_2 \cdot 2z = 0; \quad R_b = 28 \text{ kH}$$

$$\sum M_b = X_c \cdot 2 - Y_c \cdot 2 + F_2 \cdot z - F_1 \cdot 2 = 0$$

Bu yerdan: $Y_c = F_2 = 14 \text{ kH}$

Tekshirish: $\sum y = -Y_c + R_b - F_2 = 0$

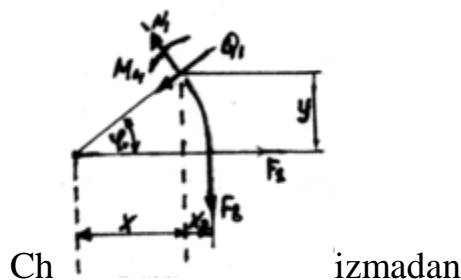
$$-14 + 28 - 14 = 0$$

Ichki kuch faktorlarini topish uchun egri sterjenni φ burchak orqali uchatkalarga bo`lamiz.

I – I *QIRQIM* $0 < \varphi_1 \leq 90^\circ$

Eguvchi moment tenglamasini quyidagicha tuzamiz.

$$Mx_2 = F_2 \cdot X_0 - F_1 Y$$



$$X_0 = 2 - x = z - z \cdot \cos \varphi$$

$$X_0 = \varepsilon(1 - \cos \varphi)$$

$$Y = z \cdot \sin \varphi$$

Unda $Mx_1 = F_2 r (1 - \cos \varphi) - F_1 r \cdot \sin \varphi$

Ko`ndalang kuch Q_1 va bo`ylama kuch N_1 – teng lamalarini tuzish uchun, F_2 va F_1 tashqi kuchlarni egri sterjenni kesilgan ko`ndalang kesim yuzasiga urinma va perpendikulyar joylashgan tekisliklarga proektsiyalaymiz.

$$Q_1 = F_2 \cdot \sin \varphi - F_1 \cos \varphi;$$

$$N_1 = F_2 \cos \varphi_1 + F_1 \sin \varphi;$$

Hisoblashni quyidagi jadvalda bajarish qulaydir.

Burchak φ_1 , grad	Eguvchi moment, knM	Ko`nadalang kuch, kn	Bo`ylama kuch, kn
0	0	-11,0	14,0
45	-3,75	2,12	17,675
90	3,0	14,0	11,0

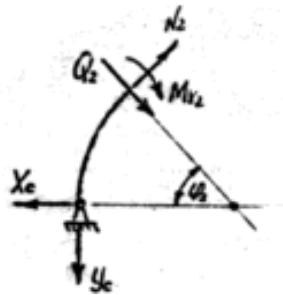
II-II-QIRQIM

$$0 \leq \varphi_2 \leq 90^0$$

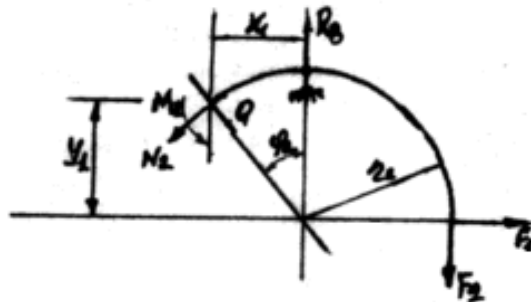
$$Mx_2 = Xc \cdot r \cdot \sin \varphi_2 + Yc \cdot z(1 - \cos \varphi_2)$$

$$Q_2 = Xc \cdot \cos \varphi_2 - Yc \sin \varphi_2$$

$$N_2 = Yc \cdot \cos \varphi_2 + Xc \cdot \sin \varphi_2$$



Agar II – II uchastka V tayanch tomondan qaralsa hisoblash sxemasi quyidagicha bo`ladi.



$$X_1 = r \cdot \sin \varphi_2$$

$$Y_1 = r \cdot \cos \varphi_2$$

$$0 \leq \varphi_2 \leq 90^0$$

Chizmadan

$$Mx_2 = F_2(r + x_1) - F_1 \cdot V_1 - R\theta \cdot x_1 = F_2 z(1 + \sin \varphi_2) - F_1 r \cos \varphi_2 - R\theta \cdot r \cdot \sin \varphi_2$$

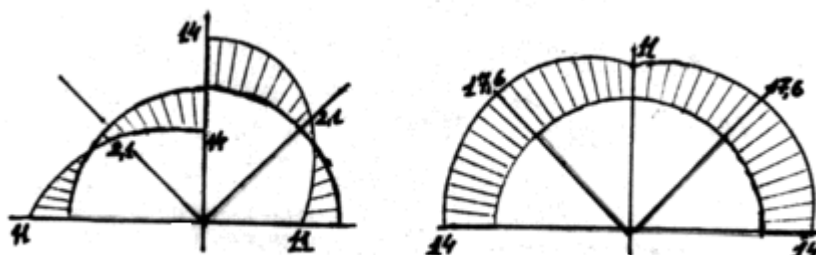
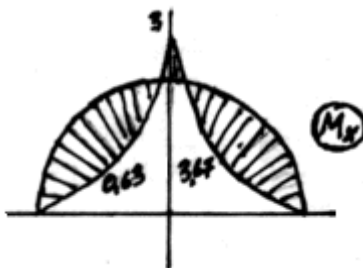
$$Q_2 = (F_2 - R\theta) \cdot \cos \varphi_2 + F \sin \varphi_2$$

$$N_2 = (R\theta - F_2) \sin \varphi_2 - F \cdot \cos \varphi_{21}$$

II – II uchastkani ikkala xisoblash sxemalari uchun Mx; Q va N kiyamatlarini quyidagi jadvalda keltiramiz:

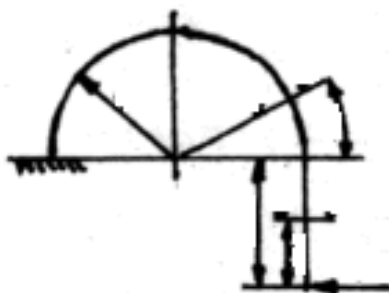
Burchak φ_2 , grad.	Eguvchi moment, kNm	Kundalang kuch, Kn	Buylama kuch, kN
Birinchi xisoblash sxemasi			
0			
45			
90	0	11,0	14,0
	-3,675	-2,121	17,675
Ikkinchi xisoblash sxemasi	3,6	11,0	11
0			
45			
90	3	-14	11
	-3,675	-2,121	17,675

	0	11,0	14,0
--	---	------	------



3-masala

Egri sterjenni radiusi $\eta=1m$ M_x ; Q va N epyuralari kurilsin.



I-I-QIRQIM

$$0 \leq y_1 \leq 1m$$

$$Mx_1 = F \cdot y_1 \quad Q \leq y_1 \leq 1m; \quad N_1 = 0$$

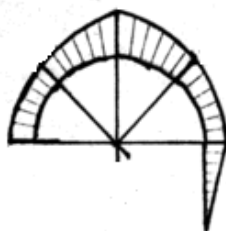
$$y_1 = 0 \quad \text{bo`lsa } Mx_1 = 0 \text{ va}$$

$$y_{14} = 1m \quad \text{bo`lsa } Mx_1 = 20kNm$$

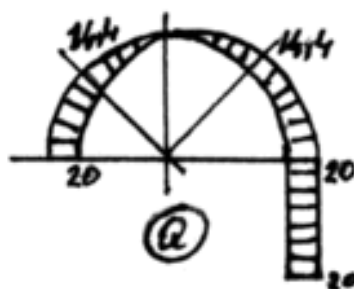
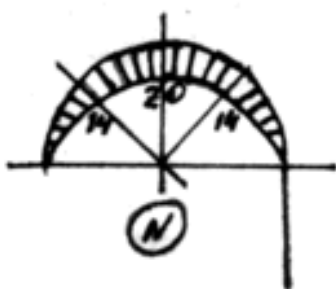
II-II-QIRQIM

$$0 \leq \varphi_1 \leq 180^0$$

$$Mx_2 = F(t + r \cdot \sin \varphi_1) \quad Q_1 = F \cos \varphi_1$$



φ_2	Mx_2	Q_2	N_2
0	20	20	0
45	34,14	14,14	-14,14
90	40	0	-20
135	34,14	-14,14	-14,14
180	20	-20	0



TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Salqilik va kesimni aylanish burchagi deganda nimani tushunasiz?
2. Θ - orasidagi matematik bog'lanish formulasini yozing.
3. Balka egilgan o'qining differentsial tenglamasini yozing.
4. Egrilik radiusi- ρ bilan X va U koordinatalar orasidagi bog'lanishlarni ko'rsating.
5. Balkani deformatsiyasiga ta'sir qilmagan holda uni sxemasini o'zgartirishda elastik egilgan o'qining differentsial tenglamasini integrallashdagi cheklanishlarni tushuntiring.
6. Balkani har-bir uchastkalari uchun egilgan differentsial tenglamani tuzing va integrallang.
7. Egilishda ko'chishni topishni grafoanalitik usulini tushuntiring.
8. Balka egilgan o'qining taqribiy differentsial tenglamasini yozing.
9. Soxta balkani tanlash shartlarini ayting.
10. Soxta balkaning haqiqiy balkadan farqi nimada?
11. Universal formula deganda nimani tushunasiz?

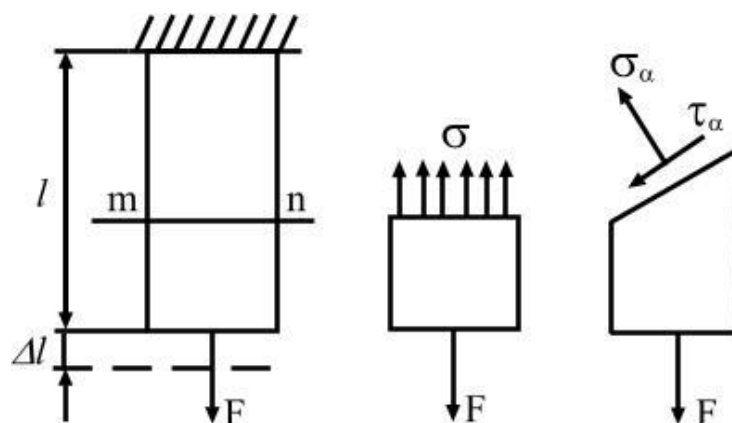
REJA:

1. Sterjen mustahkamligini turli yo`l bilan tekshirish.
2. Quyidagi keng tarqalgan nazariyalar haqida tushuncha.
3. Eng katta normal kuchlanishlar nazariyasi.
4. Mustahkamlik nazariyasiga ko`ra hisoblash formulasi.
5. Ikkinchi mustahkamlik sharti. eng katta nisbiy deformatsiyalar nazariyasi.
6. Hajmiy kuchlanganlik holati uchun mustahkamlik sharti.
7. Tekis kuchlanganlik holati uchun mustahkamlik sharti.
8. Mustahkamlik shartlari bo`yicha geometrik razmerlarni hisoblash
9. Uchinchi mustahkamlik nazariyasi. eng katta urinma kuchlanishlar nazariyasi.
10. Eng katta urinma kuchlanishlar nazariyasi bo`yicha mustahkamlik sharti.

Turli xildagi konstruktsiya elementlarini murakkab kuchlanish holatida hisoblashga to`g`ri keladi. Nuqta holati bitta, ikkita yoki uchta bosh kuchlanish bilan hisoblashga to`g`ri keldai, bu kuchlanishlarning qiymati esa ta`sir kuchining oshishi bilan oshadi. Bunday kuchlanishlar tajribalar orqali aniqlanadi va oddiy cho`zilish yoki siqilish holati uchun osonlik bilan bajarish mumkin, tekis yoki hajmiy kuchlanganlik holati uchun bu masala ancha murakkabdir.

Demak, konstruktsiyaning biror elementining mustahkamligini belgilash, asosan oddiy cho`zilishdagi yoki siqilishdagi tajribaga asoslanadi, hisoblash natijasida kuchlanish holatini xavfli darajasini belgilashga imkon beradi.

Bu masala, mustahkamlik nazariyasi deb atalgan nazariya yordamida amalga oshiriladi; demak istalgan bir konstruktsiya elementining mustahkamligi, shu nazariya yordamida tekshiriladi.



87-rasm

Shu berilgan sterjenning mustahkamligini turli yo`l bilan tekshirish mumkin:

- Eng katta normal' kuchlanishlar bo`yicha:
- Eng katta urinma kuchlanishlar bo`yicha:

- Eng katta potentsial energiya bo'yicha:
- Moor nazariyasi bo'yicha.

Hamma sharoitda ham yuqorida aytilgan parametrlar bosh kuchlanishlar bilan hisoblanadi. Bu hol yagona umumiy mustahkamlik nazariyasini yaratish imkonini bermadi, natijada har biri o'zining chegaraviy kuchlanishlar holatini paydo bo'lish sababi haqidagi gipotezasiga ega bo'lgan ko'p nazariyalar yuzaga keladi. Bunday gipotezaga asosan zarur hisoblash shartlari va o'rganilayotgan kuchlanish holatining (tekis yoki hajmiy) bosh kuchlanishlarini chiziqli kuchlanishdagi bosh kuchlanishlar bilan bog'lovchi formulalar tuziladi.

QUYIDAGI KENG TARQALGAN NAZARIYALAR HAQIDA TUSHUNCHA. ENG KATTA NORMAL KUCHLANISHLAR NAZARIYASI

Bu mustahkamlik nazariyasiga ko'ra, konstruktsiya elementining emirilishi eng katta normal kuchlanishlar hisobiga bo'ladi deb tushuntiriladi. Shu mustahkamlik nazariyasiga ko'ra mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$-\sigma_0 \leq \sigma_1 \leq \sigma_0$$

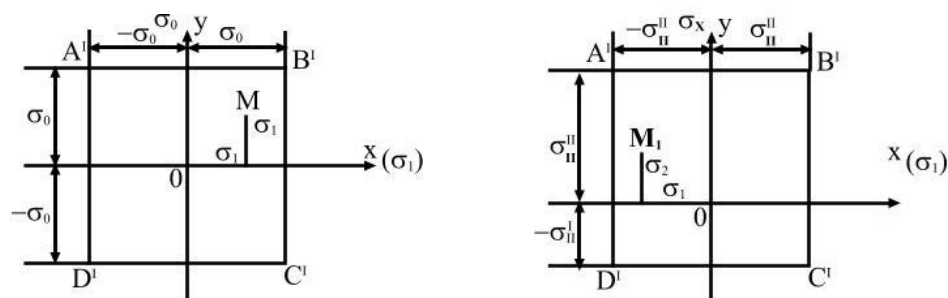
$$-\sigma_0 \leq \sigma_2 \leq \sigma_0 \quad (7.1)$$

$$-\sigma_0 \leq \sigma_1 \leq \sigma_0$$

$$-\sigma_0 < \sigma_1 < \sigma_0$$

$$-\sigma_0 < \sigma_2 < \sigma_0 \quad (7.2)$$

(7.1) tekis kuchlanganlik holati uchun (7.2) bilan belgilanadi. (7.2) mustahkamlik shartining geometrik mohiyatini quyidagicha ko'rsatiladi.



88-rasm

Demak, cho'zilish va siqilish deformatsiyasiga mustahkamlik chegarasi bir xil bo'lsa va $M(\cdot)$ koordinatalari to'rt burchak AVSD ichida yotsa, birinchi mustahkamlik sharti bajarilgan hisoblanadi.

Agar absolyut qiymati jihatidan mustahkamlik chegarasi cho'zilishga (σ_0'') va siqilishga (σ_0') har xil bo'lsa, mustahkam qarshilik ko'rsatuvchi oblast' A V S D dan iborat bo'ladi.

Shu mustahkamlik nazariyasiga ko`ra hisoblash formulasi quyidagicha bo`ladi.

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}[\sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}] \leq \sigma_0$$

$$\sigma_3 = \frac{1}{2}[\sigma - \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}] \leq \sigma_0 \quad (7.3)$$

Bosh kuchlanish (7.3) formula bilan aniqlanib, mustahkamlik sharti (7.2) qo`yiladi va geometrik kattalik

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M}{\pi\sigma_0}} \quad (7.4)$$

formula bilan belgilanadi.

IKKINCHI MUSTAHKAMLIK SHARTI. ENG KATTA NISBIY DEFORMATSIYALAR NAZARIYASI

Shu mustahkamlik shartiga ko`ra, konstruktsiya elementining emirilishiga sabab, eng katta nisbiy deformatsiyalar sabab bo`ladi deb tushuntiriladi.

Hajmiy kuchlanganlik holati uchun shart quyidagicha yoziladi.

$$\begin{aligned} -\varepsilon_0 < \varepsilon_1 < \varepsilon_0 \\ -\varepsilon_0 < \varepsilon_2 < \varepsilon_0 \\ -\varepsilon_0 < \varepsilon_3 < \varepsilon_0 \end{aligned} \quad (7.5)$$

Bu formulada E_1, E_2, E_3 bosh kuchlanishlar $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ yo`nalishidagi nisbiy deformatsiyalarni beradi; Mustahkamlik sharti (7.5) tekis kuchlanganlik holati uchun quyidagicha yoziladi:

$$\begin{aligned} -\varepsilon_0 < \varepsilon_1 < \varepsilon_0 \\ -\varepsilon_0 < \varepsilon_3 < \varepsilon_0 \end{aligned} \quad (7.6)$$

$$\pm \varepsilon_0 = \frac{\pm \delta_0}{E} \rightarrow \quad (7.7)$$

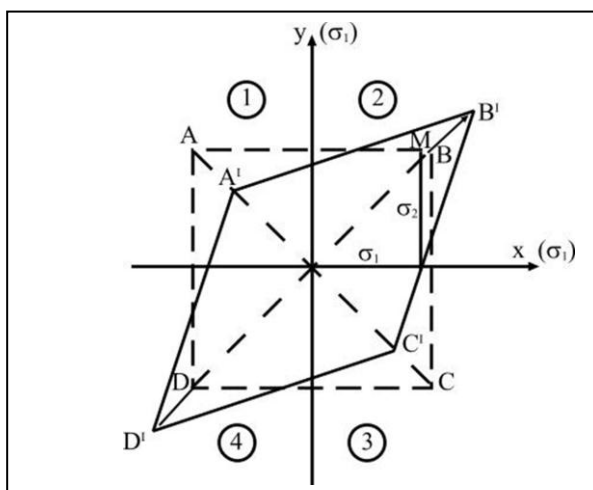
(7.7) formulasi bilan va nisbiy deformatsiya Gukning umumlashgan qonuni bilan aniqlansa

$$\varepsilon = \frac{1}{E}[\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)] \quad (7.8)$$

Ikkinchi mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$-\varepsilon_0 < \sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3) < \varepsilon_0 \quad -\varepsilon_0 < \sigma_2 - \mu(\sigma_1 + \sigma_3) < \varepsilon_0 \quad (7.9)$$

(7.9) formulani geometrik mohiyati quyidagicha ko`rsatiladi.



Ikkinchi mustahkamlik shartiga ko`ra $M^{(0)}$ koordinatalari teng qarshilik ko`rsatuvchi oblast' A V S D chegarasida yotishi shart. Deformatsiya hisobiga (1) va (3) chorakda kichrayish bo`ladi. (2) va (4) chorakda bir xil ishoradagi kuchlanishlar hisobiga siljish bo`ladi.

Shu mustahkamlik nazariyasiga ko`ra geometrik razmerlarni hisoblash formulasi quyidagicha bo`ladi.

89-rasm

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16M(1+\mu)}{\pi\sigma_0}} = 2,783 \sqrt[3]{\frac{M}{\pi\sigma_0}} \quad (7.10)$$

UCHINCHI MUSTAHKAMLIK NAZARIYASI. ENG KATTA URINMA KUCHLANISHLAR NAZARIYASI

Shu nazariyaga ko`ra instruktsiya elementining emirilishi, eng katta urinma kuchlanishlar hisobiga bo`ladi deb tushuntiriladi, shu nazariyaga ko`ra mustahkamlik sharti quyidagicha yoziladi:

$$\tau_0 < \tau_1 < \tau_0$$

$$\tau_0 < \tau_2 < \tau_0 \quad (7.11)$$

$$\tau_0 < \tau_3 < \tau_0$$

(7.11) Shart tekis kuchlanganlik holati uchun quyidagicha yoziladi:

$$\tau_0 < \tau_1 < \tau_0$$

$$\tau_0 < \tau_3 < \tau_0 \quad (7.12)$$

O`z navbatida

$$\pm \tau_1 = \frac{\sigma_0}{2};$$

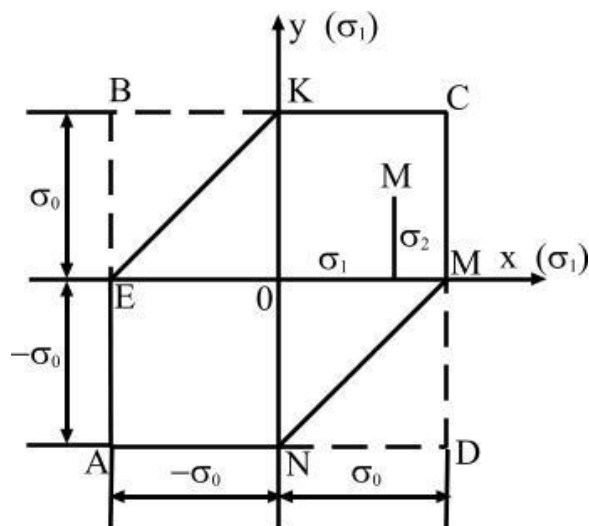
$$\tau_1 = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2}; \quad \tau_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}; \quad \tau_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}; \quad (7.13)$$

(7.13) formulaga muvofiq o`rin almashtirishlarni (7.12) formulaga qo`yib tekis kuchlanganlik holati uchun quyidagi shartni yozamiz:

$$-\sigma_0 < \sigma_2 < \sigma_3 < \sigma_0$$

$$-\sigma_0 < \sigma_1 < \sigma_3 < \sigma_0 \quad (7.14)$$

$$-\sigma_0 < \sigma_2 < \sigma_1 < \sigma_0$$



90-rasm

(7.14) formulada ko`rsatilgan shart grafikada quyidagicha ko`rsatiladi. III mustahkamlik nazariyasiga ko`ra M^0 ko`p burchak AEKSMN ichida yotadi. Shu mustahkamlik nazariyasiga ko`ra hisoblash formulasi quyidagicha bo`ladi.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi\sigma_0}} = 3,17\sqrt[3]{\frac{M}{\pi\sigma_0}} \quad (7.15)$$

Shunday qilib umumiy holda diametr klassik mustahkamlik nazariyalari bo`yicha $d \geq K\sqrt[3]{\frac{32M}{\pi\sigma_0}}$ (7.15.) formulasi bilan aniqlanadi, bunda formuladagi koeffitsient $K=2,52; 2,78; 3,17$ miqdorida birinchi, ikkinchi va uchinchi mustahkamlik nazariyalariga ko`ra o`zgaradi.

Mustahkamlik nazariyasi qanchalik mukammal bo`lsa, shunchalik ehtiyotlik koeffitsienti kichkina bo`ladi, demak ruxsat etilgan kuchlanish shunchalik katta bo`ladi. III mustahkamlik nazariyasi I va II mustahkamlik nazariyasiga ko`ra bir muncha avzalliklarga ega bo`ladi.

III mustahkamlik nazariyasini takomillashtirish natijasida Mor mustahkamlik nazariyasi olingan.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Sterjen mustahkamligini necha usul bilan tekshirish mumkin?
2. Eng katta normal kuchlanish nima?
3. Tekis kuchlanganlik holati uchun eng katta normal kuchlanish formulasini yozing.
4. Konstruktsiya elementining emirilishiga sabab nima?
5. Nisbiy deformatsiyani Gukning umumlashgan qonuni bilan aniqlang.
6. Ikkinchi mustahkamlik sharti formulasini yozing.
7. Ikkinchi mustahkamlik nazariyasining geometrik mohiyati nimadan iborat?
8. Uchinchi mustahkamlik nazariya mohiyati nimadan iborat?
9. SHu nazariyaga ko`ra mustahkamlik shartini yozing.
10. Uchinchi mustahkamlik nazariyasiga ko`ra geometrik o`lcham topilsin.

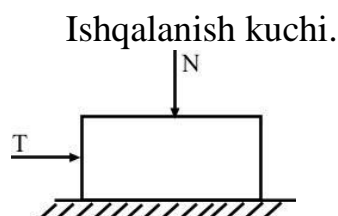
MA`RUZA №14. MOOR MUSTAHKAMLIK NAZARIYASI

REJA:

1. Moor nazariyasining kashf etilishi.
2. Hajmiy holatini Moor doirasi yordamida ko`rsatish.
3. Moor doirasiga ko`ra mustahkam qarshilik ko`rsatuvchi oblastni ko`rsatish.
4. Energetik mustahkamlik nazariyasi.
5. Hajmiy kuchlanganlik holatida to`la potentsial energiya.
6. Forma o`zgarishi uchun sarf bo`lgan energiya.
7. O`rtacha normal kuchlanishni aniqlash.
8. Forma o`zgartiradigan kuchlanishni topish.
9. Hajmiy kuchlanganlik holati uchun tekshirilayotgan element formasini o`zgarishidan hosil bo`lgan potentsial energiya.
10. Energetik mustahkamlik nazariyasiga ko`ra kuchlanishni hisoblash.

Hamma materiallar ham cho`zilish va siqilish deformatsiyasiga bir xil qarshilik ko`rsatmasligini Moor nazariyasi hisobga oladi.

Bu nazariya 1882 yilda taklif etilib 1900 yilda rivojlantirilgan.



91-rasm

$$T = f \cdot N \quad (7.16)$$

(7.16) formulada f - ishqalanish koeffitsienti

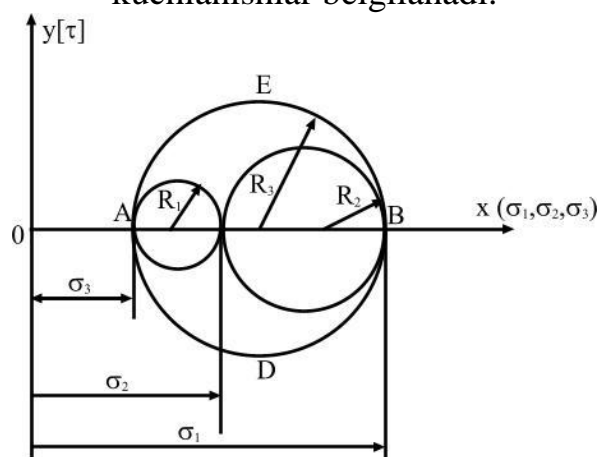
Ichki ishqalanish materialning elastiklik chegarasidan keyin siljish natijasida sodir bo`ladi. Demak, siljishga ko`rsatiladigan qarshilik faqatgina urinma kuchlanish kabi normal` kuchlanishdan ham bog`liq bo`ladi.

Demak urinma kuchlanishdan hosil bo`lgan qarshilik kuchi jismning siquvchi normal` kuchlanish mavjud bo`lgan nuqtalarida kattaroq bo`lib ho`zilish mavjud bo`lgan nuqtalarda ancha past bo`ladi.

Yuqoridagi fikrlash Moor nazariyasining asosida yotadi va urinma kuchlanishlar birinchidan materialning o`zaro bog`lanish natijasida, ikkinchidan esa birinchi siljish bog`lanishdagi emirilish (razrusheniya) sababidan bog`liqdir.

Yuqoridagilar asosida Moor nazariyasi quriladi.

Umuman hajmiy kuchlanganlik holatini Moor doirasi yordamida shunday ko`rsatish mumkin. $(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$ Hamma vaqt $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ tartibida bosh kuchlanishlar belgilanadi.

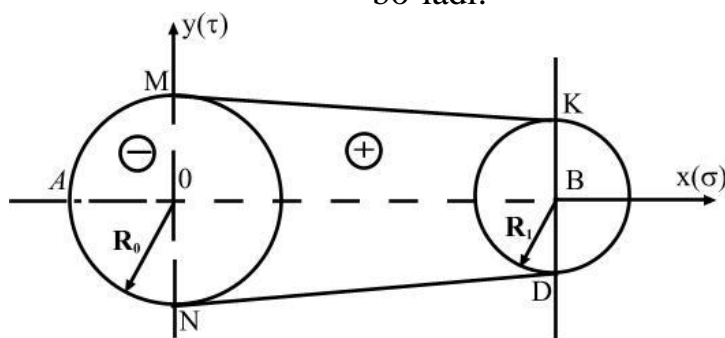


92-rasm

Urinma kuchlanishlar esa shtrixlangan yuzaning birorta nuqtasida ifoda etiladi va eng kattasi AEVD aylanadi, urinma kuchlanishning o`rta qiymati hech qanay rol` o`ynamaydi, Shuning uchun kuchlanganlik holatini $\sigma_3 - \sigma_1$ tarkib topgan aylana bilan ko`rsatamiz.

Yana shu narsa aniq-ki, materiallar siqilish deformatsiyasiga ko`rsatadigan qarshiligi, cho`zilishdagi qiymatidan kattaroq bo`ladi.

Moor doirasiga ko`ra mustahkam qarshilik ko`rsatuvchi oblast` quyidagicha bo`ladi.



93-rasm

Cho`zilish deformatsiyasidan siqilishga o`tganda qarshilik ko`rsatuvchi oblast' kattalashadi. Demak, Moor nazariyasiga ko`ra mustahkam qarshilik ko`rsatuvchi oblastni belgilash uchun siqilish zonasida R_0 radiusi bilan, cho`zilish zonasida R_p radiusi bilan aylanalar o`tkazib ularni umumiy urinmalar bilan tutashtiramiz, natijada AMKGDNA mustahkam qarshilik ko`rsatuvchi oblastni olamiz.

Demak, Moor nazariyasi I, II, III mustahkamlik nazariyadaridagidek σ , ε , τ (bitta) faktordan bog`liq bo`lmasdan bir vaqtda normal' (σ) va urinma (τ) kuchlanishlar ta`sirini hisobga oladi.

Moor mustahkamlik nazariyasiga ko`ra shart quyidagicha bo`ladi.

$$\sigma_1 - V\sigma_3 = (1 - V)\frac{\sigma}{2} + (1 + V)\sqrt{\frac{\sigma^2}{4} + \tau^2} < \sigma_0^I$$

$$\sigma_3 - V\sigma_1 = (1 - V)\frac{\sigma}{2} - (1 + V)\sqrt{\frac{\sigma^2}{4} + \tau^2} < \sigma_0^I$$

$V = \frac{\sigma_0^I}{\sigma_0^{II}}$ bunda σ_0^I - cho`zilishdagi mustaxkamlik chegarasi, σ_0^{II} - siqilishdagi mustaxkamlik chegarasi.

ENERGETIK MUSTAHKAMLIK NAZARIYASI

Hozirgi zamonda yaratilgan mustaxkamlik shartlari klassik mustaxkamlik nazariyasi bilan birga qo`llanilmoqda. Shular jumlasiga energetik mustaxkamlik nazariyasi kiradi. Bu nazariyaning asosi Bal`trama tomonidan 1885 yilda berilgan bo`lib, shunga ko`ra materialni emirilishigacha olib keluvchi hajm biriligiga to`g`ri keladigan kuchlanganlik bog`liq bo`lmagan potentsial energiya asos qilib olinadi (chiziqli, tekis va hajmiy kuchlanganlik).

Demak bu nazariyaga ko`ra material emirilishigacha to`la nisbiy potentsial energiya emirilish chegarasigacha etishi quyidagicha bo`ladi.

$$U < U_0 \quad (7.17)$$

U - hajmiy kuchlanganlik holatida to`la potentsial energiya quyidagicha aniqlanadi.

$$U = \frac{1}{2E} \left[\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\mu(\sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_1 \cdot \sigma_3 + \sigma_2 \cdot \sigma_3) \right] \quad (7.18)$$

U oddiy cho`zilishdagi potentsial energiyaning mustaxkamlik chegarasiga to`g`ri keladigan qiymati. Uning qiymati tajribalar yo`li bilan topiladi.

$$U_0 = \frac{\sigma_0^2}{2E} \quad (7.19)$$

(7.18) va (7.19) formulalardan qiymatlarini 7.17 formulaga qo`ysak soddalashtirib quyidagi formulani olamiz.

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\mu(\sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_1 \cdot \sigma_3 + \sigma_2 \cdot \sigma_3)} < \sigma_0 \quad (7.20)$$

Tajribada shu narsa tasdiq bo`lmadi. Lekin energetik nazariyani yangi holatigacha ko`ra forma o`zgarishi hisobiga olinsa hosil bo`lgan potentsial energiyaga ko`ra shu nazariyani tuzish mumkin.

$$U_f < U_{f0} \quad (7.21)$$

U_f hisoblash yo`li bilan topilgan energiya. U_{f0} oddiy cho`zilishdagi tajriba yo`li bilan topilgan energiya.

$U = U_v + U_f$ umumiy nisbiy potentsial energiya element formasini va hajmini o`zgarishidan iborat bo`ladi, yoki formani o`zgarishi uchun sarf bo`lgan energiya

$$U_f = U - U_v \quad (7.22)$$

U_v hajmini o`zgarishi uchun sarf bo`lgan potentsial energiya.

Agar urtacha normal kuchlanish quyidagicha topilsa,

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \quad (7.23)$$

Bu kuchlanish yordamida forma o`zgarmaydi. Hajm o`zgaradi deb qaraladi.

Formani o`zgartiradigan kuchlanish esa quyidagicha aniqlanadi.

$$\sigma_1^1 = \sigma_1 - \sigma_{cp} : \sigma_2^1 = \sigma_2 - \sigma_{cp} : \sigma_3^1 = \sigma_3 - \sigma_{cp} \quad (7.24)$$

(7.18) formulalarga e`tibor qilinib o`z navbatida hajmning o`zgarishidan bog`liq potentsial energiya quyidagicha topiladi.

$$U_v = \frac{1 - 2\mu}{2E} 3\sigma_{cp} \quad (7.25)$$

(7.25) formula qiymati 7,23 ga qo`ysak quyidagini olamiz.

$$U_v = \frac{1 - 2\mu}{6E} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2 \quad (7.26)$$

Hajmiy kuchlanganlik holati uchun tekshirilayotgan element formasini o`zgarishidan hosil bo`lgan potentsial energiya quyidagicha aniqlanadi.

$$U_\phi = \frac{1 + \mu}{3E} \left[\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - (\sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_1 \cdot \sigma_3 + \sigma_2 \cdot \sigma_3) \right] \quad (7.27)$$

(7.27) dagi ifodani boshkacharak yozsak

$$U_\phi = \frac{1 + \mu}{6E} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right] \quad (7.28)$$

(12) formula yordamida hajmiy kuchlanganlik holatidagi forma o`zgarishdan hosil bo`lgan nisbiy potentsial energiya shu oddiy cho`zilish holati uchun quyidagicha bo`ladi.

$$U_\phi = \frac{1 + \mu}{6E} 2\sigma_p^2 \quad (7.29)$$

(7.28) va (7.29) formulalarning chap kismlarini takkoslab olsak

$$\left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right] < 2\sigma_0^2 \quad (7.30)$$

(7.30) qiymatdan hisoblab topiladigan kuchlanish σ_{his} .

$$\sigma_{xuu} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right]} \leq R \quad (7.31)$$

(7.31) formula faqatgina bosh kuchlanishlar mavjud bo`lganda ishlatiladi.
 Urinma kuchlanishlar bo`lganda esa

$$\sigma_{xuc} = \sigma_{xuc} \sqrt{\left[\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \right)^2 + 3 \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + 3\tau^2 \right]} \leq R \quad (7.32)$$

energetik mustahkamlik nazariyasiga ko`ra hisoblash formulasi quyidagicha bo`ladi.

$$\sigma_{xuc} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq R \quad (7.33)$$

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Moor nazariyasi nechanchi yilda kashf etilgan?
2. Moor nazariyasining mohiyatini tushuntiring?
3. Moor mustahkamlik nazariyasiga ko`ra shartni yozing.
4. Energetik mustahkamlik nazariyasi qachon kashf etilgan?
5. Material emirilishigacha to`la nisbiy potentsial energiya emirilish chegarasini tushuntiring.
6. Hajmiy kuchlanganlik holatiga to`la potentsial energiya formulasini yozing.
7. Forma o`zgarishidagi sarf bo`lgan potentsial energiya nimaga teng?
8. Hajmiy kuchlanganlik holati uchun tekshirilayotgan element formasini o`zgarishidan hosil bo`lgan potentsial energiyani aniqlang.
9. Forma o`zgarishidan hosil bo`lgan nisbiy potentsial energiya oddiy cho`zilish holati uchun yozing.
10. Energetik mustahkamlik nazariyasiga ko`ra hisoblash formulasini yozing.

6-Modul. MA`RUZA №15. MURAKKAB QARSHILIKLAR REJA:

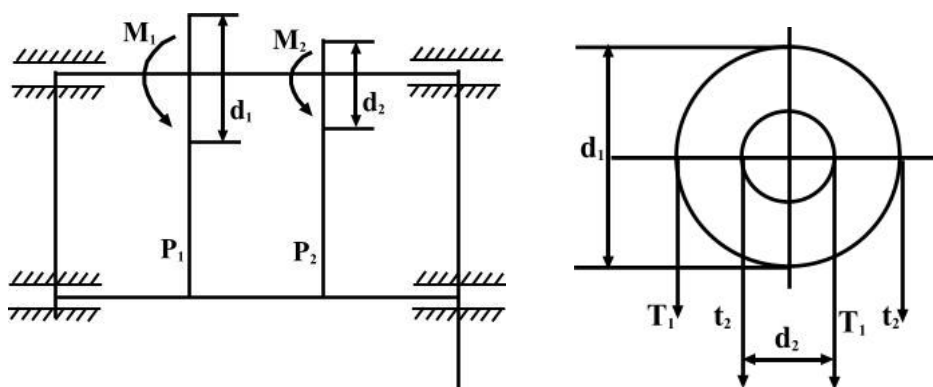
1. Murakkab deformatsiya turlari.
2. Egilish bilan buralishni birgalikda ta`siri.
3. Val kesimini markaziga nisbatan momentlari.
4. Val mustahkamligini III va IV mustahkamlik nazariyalari bo`yicha tekshirish.
5. Qiyshiq egilish.
6. Qiyshiq egilishda normal kuchlanish formulasi.
7. Kesimni turli nuqtalari uchun topilgan kuchlanishlarni qiymatlari yordamida egilishdagi kuchlanish epyurasini qurish.
8. Tekis ko`ndalang egilishda normal kuchlanish neytral qatlam nolga tengligi.
9. Qiyshiq egilishda normal kuchlanishdagi qarshilik momenti.
10. Qiyshiq egilishdagi mustahkamlik sharti.

Texnikada ishlaydigan hamma detallar ham oddiy deformatsiyalar ya`ni cho`zilish va siqilish, siljish buralish yoki egilish deformatsiyalari uchramasdan balki bir paytda shu oddiy deformatsiyalarning kamida ikkitasi ta`sirida bo`lishi mumkin. Bunday holda konstruktsiya qismi murakkab defomatsiyaga duch keladi.

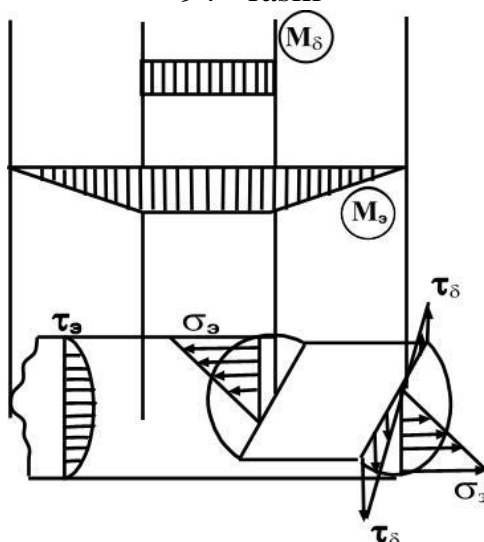
Shuning uchun mashina yoki inshoot qismlarning ko`ndalang kesimida bir vaqtda ikkita va undan ortiq ichki kuch faktorlari hosil bo`ladi. Natijada kesim yuzasida shunday kuchlanganlik holati kelib chiqadi. Kuchlarni mustaqillik printsipligiga asosan bu kuchlanganlik holati oddiy kuchlanganliklar yig`indisidan iborat deb qarash mumkin. Kuchlarni mustaqil printsiplini murakkab deformatsiyaga tadbiiq etish uchun elementni deformatsiyani kichik va uning materiali Guk qonuniga asosan bo`ysunishi kerak. Murakkab deformatsiyaga valni bir vaqtda buralish bilan egilish ta`sirida bo`lishi qiyshiq egilish markazdan tashqari siljish yoki cho`zilish va h. k. misol bo`ladi.

EGILISH BILAN BURALISHNI BIRGALIKDAGI TA`SIRI

Buralishga ishlaydigan sterjen val deyiladi. Val mashina stanok va mexanizmlarning harakatga keltiruvchi asosiy elementi bo`lib ko`pincha buralish bilan egilish deformatsiyalarning birga ta`siri natijasida ishlaydi. Shkivga o`rnatilgan remenlarning taranglik kuchlarini valga bosimi (R) ta`sirida egilish deformatsiyasi remenni etaklovchi va etaklanuvchi qismlarining taranglik kuchlarini val kesimini markaziga nisbatan momentlarini (M_1, M_2) ta`sirida buralish deformatsiyasi hosil bo`ladi.



94 - rasm



95-rasm

$$M_1 = T_1 R_1 - T_1 R_1 = T_1 R_1$$

$$M_2 = T_2 R_2$$

$$P_1 = T_1 + t_1 = 3t$$

$$P_2 = 3t_2$$

Demak valni kesimida buralishdagi burovchi moment va ko`ndalang kuch faktorlari hosil bo`ladi. Buruvchi moment ta`sirida valni ko`ndalang kesimida buralishdagi urinma kuchlanish hosil bo`ladi.

$$\tau_{\delta} = \frac{M\delta}{W_{\rho}}$$

Urinma kuchlanish va kesimini chetki nuqtalarida eng katta qiymatga erishadi. Kundalang kuch Q ta`siridagi urinma kuchlanish burovchi momentdan hosil bo`lgan urinma kuchlanishga nisbatan kichikdir.

Bu kuchlanish va kesimining markazida eng katta qiymatga erishadi. Lekin valni hisoblashda bu kuchlanishni ta`siri sezilarli emas.

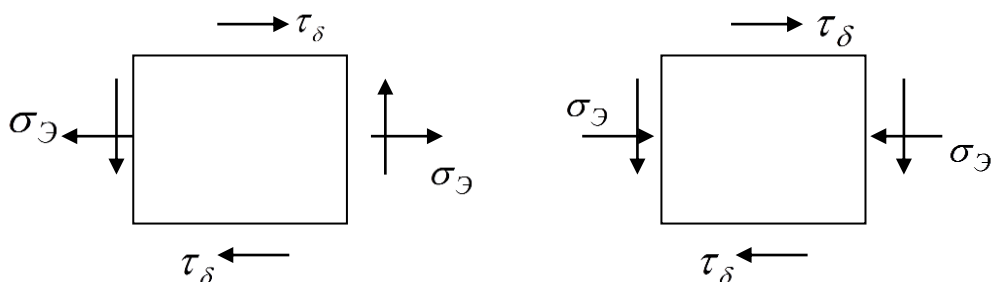
Eguvchi moment ta`sirida valni ko`ndalang kesimida egilishdagi normal kuchlanish hosil bo`ladi.

$$\sigma_{\vartheta} = \frac{M_{\vartheta}}{W} \quad (8.2)$$

Normal kuchlanish val kesimini chetki nuqtalarida eng katta qiymatga erishadiva kesim markazida nolga teng.

Demak val kesimini chetki nuqtasida $\tau_{\delta} = \tau_{\max}$ va $\sigma_{\vartheta} = \sigma_{\max}$ bo`lib bu nuqta atrofida ajratilgan elementar yuza xavfli holatda va murakkab kuchlanganlik holatiga ekan.

Ajratilgan elementni old qismi unga parallel bo`lgan orqa tomoni har qanday kuchlanishlar ta`siridan ozod. Shuning uchun bu yuza bosh yuza ekan va bu yuzadagi bosh normal kuchlanish $\sigma_2 = 0$ uchta bosh kuchlanishlardan bittasi nolga teng bo`ladigan holatdagi elementni kuchlanganlik holati tekis kuchlanganlik holatidir. Tekis kuchlanganlik holatidagi elementni mustaxkamligi elementni boshqa yuzalaridagi bosh kuchlanishlarga bog`likdir.



96 – rasm

Bu kuchlanishlar quyidagi formula bilan topiladi.

$$\sigma_{1,3} = \frac{1}{2} \left[\sigma_{\vartheta} \pm \sqrt{\sigma_{\vartheta}^2 + 4\tau_{\delta}^2} \right] \quad (8.3)$$

Murakkab kuchlanganlik holatidagi valni mustaxkamlik nazariyalari asosida tekshiriladi. Po`latdan tayyorlanadigan valni mustaxkamligi nazariyalari bo`yicha tekshiriladi.

III – nazariyaga ko`ra

$$\sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma]$$

Agar formulani $\sigma_{\vartheta} = \frac{M_{\vartheta}}{W}$ va $\tau_{\delta} = \frac{M_{\delta}}{W\rho} = \frac{M_{\delta}}{2W}$ kuchlanishlarini hisobga olib III nazariyaga keltirib qo`ysak quyidagi ifoda hosil bo`ladi.

$$\frac{\sqrt{M_{\vartheta}^2 + M_{\delta}^2}}{W} \leq [\sigma] \quad (8.4)$$

bu erda $\sqrt{M_{\vartheta}^2 + M_{\delta}^2} = M_{\text{kel}}$ keltirilgan moment deb qabul qilamiz.

$$\text{Mustaxkamlik sharti } \frac{M_{\text{kel}}}{W} \leq [\sigma]^{III}$$

Valning kesim o`lchamlari quyidagicha topiladi.

$$W = \frac{M_{\text{kel}}}{[\sigma]^{III}} \text{ agar } W = \frac{\Pi d^3}{32} \text{ bo`lsa,}$$

$$d = \sqrt{\frac{32M_{\text{kel}}}{\Pi[\sigma]^{III}}} \quad (8.5)$$

IV- nazariya

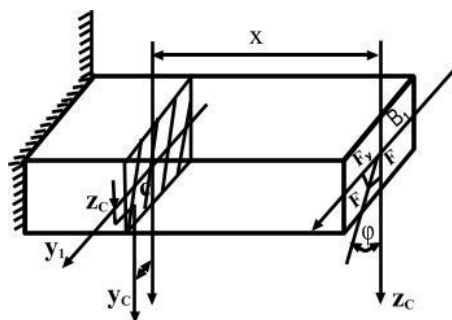
$$\sqrt{\sigma_3^2 + 3\tau_\delta^2} \leq [\sigma] \quad (8.6)$$

$\sigma_e - \tau_\delta$ - larni ifodalarini hisobga olsak:

$$\frac{\sqrt{M_\delta^2 + 0,75M_\delta^2}}{W} = \frac{M_{kel}}{W} \leq [\sigma] \quad \text{ea} \quad W = \frac{M_{kel}}{[\sigma]} \quad (8.7)$$

QIYSHIQ EGILISH

Amaliyotda shunday konstruktsiya qismlari uchraydiki bu holatda elemenga ta'sir qilayotgan tashqi kuchni ta'sir chizig'i elementni bo'ylama o'qiga perpendikulyar joylashib uni ko'ndalang kesimini birorta ham bosh inertiya o'qlari tekisligidan o'tmaydi. Bunday sterjenni egilishi tashqi kuchni ta'sir qilish tekisligida yotmaydi. Qiyshiq egilish sodir bo'ladi. Masalan, bino tomidagi tunuka ostiga qoqiladigan taxtalar qiyshiq egilishga ishlaydi.



97-rasm

F kuch β Z bosh inertiya o'qiga nisbatan φ burchak ostida joylashgan. F kuchini Z va U o'qlaridagi ajratuvchilarni topamiz.

$$F_z = F \cos \varphi \quad \text{va} \quad F_U = F \sin \varphi$$

Ixtiyoriy X masofada joylashgan bosh inertiya o'qlari Z_1 va U_1 ga nisbatan F_z va F_y kuchlarini eguvchi momentlari quyidagicha yoziladi.

$$\begin{aligned} M_y &= -F_x \cdot X = -F_x \cos \varphi \quad \text{ea} \\ M_z &= -F_y \cdot X = -F_x \cdot \sin \varphi \end{aligned} \quad (8.8)$$

agar $M = F_x$ deb qabul qilsak, $|M_y| = M \cdot \cos \varphi$ ea $|M_z| = M \cdot \sin \varphi$ hosil bo'ladi.

Demak, sterjenni ko`ndalang kesimiga ikkita eguvchi moment paydo bo`lar ekan. M_u va M momentlari sterjenni ikkita bosh inertsiya tekislarida egadi.

Kuchlarini mustaxkamlik printsiptiga asosan sterjenni koordinata o`qlarini musbat choragida joylashgan ixtiyoriy S nuqtasini kuchlanishining formulasini yozamiz.

$$\sigma_c = \frac{M_y Z_c}{J_y} - \frac{M_z \cdot Y_c}{J_z} = -M \left(\frac{\cos \varphi \cdot Z_c}{J_y} + \frac{\sin \varphi \cdot Y_c}{J_z} \right) \quad (8.9)$$

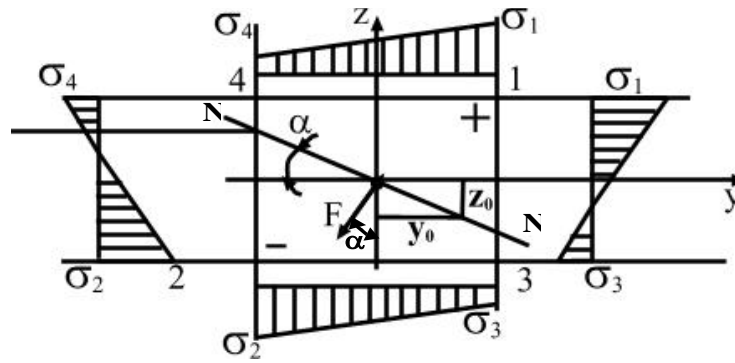
bu erda: J_y va J_z - sterjen kesimini u , z o`qlariga nisbatan inertsiya momenti. Z_c va Y_c - sterjen kesimida ajratilgan S nuqtaning koordinatalari.

S nuqta sterjenni siqiladigan tolalari tomonidan joylashganligi uchun σ_c normal kuchlanish manfiy. Agar S nuqtani koordinata o`qlarini manfiy tomoniga yoki sterjen materialini cho`ziladigan tolalariga o`tkazsak normal kuchlanish musbat bo`ladi. Tekis ko`ndalang egallanganidek qiyshiq egilishda ham normal kuchlanishni qiymati asosan Z va U koordinatalariga bog`liq qiyshiq egilishda kesimni aylanishida netra o`qdan eng uzoqda joylashgan tolasi eng katta deformatsiyaga uchraydi. Shuning uchun qiyshiq egilishda xafli holatdagi nuqtani aniqlash uchun avvalo sterjen kesimini neytral o`qining holati va undan eng uzoqda joylashgan nuqta topiladi. Tekis ko`ndalang egilishdan ma`lumki, normal kuchlanish neytral qatlamda nolga teng, ya`ni

$$-M \left(\frac{\cos \varphi \cdot Z_0}{J_y} + \frac{\sin \varphi \cdot Y_0}{J_z} \right) = 0 \quad \text{yoki}$$

$$\frac{Z_0 \cdot \cos \varphi}{J_y} + \frac{Y_0 \cdot \sin \varphi}{J_z} = 0 \quad (8.10)$$

Bu erda Z_0 va U_0 normal kuchlanishi nolga teng bo`lgan holatga to`g`ri keluvchi nuqtaning koordinatalari (formulaga asosan neytral o`q koordinata boshidan o`tuvchi to`g`ri chiziq ekan. Neytral o`q U o`qiga α burchak ostida joylashgan.



98-rasm

(8.10) formuladan $\left| \frac{Z_0}{Y_0} \right| = \operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{J_y}{J_z}$ (8.11) ni hosil qilamiz. 98-rasmdan

ko`rinishicha $\frac{Z_0}{Y_0} = \operatorname{tg} \alpha$ unda (8.11) formulani quyidagicha yozamiz. $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{J_y}{J_z}$

(8.12) yoki $\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{J_z}{J_y}$ (8.13) formuladan qiyshiq egilishda kesimni neytral

o`qining holati tashqi kuchni qiymatiga emas balki kuchni Z o`qiga ogishgan burchagi φ ga va kesimni shakliga bog`liq ekan.

Masalan inertsia momentlari ikkala o`qga nisbatan bir-biriga teng bo`lgan doiraviy kvadrat kesimlarda neytral o`q tashqi kuchni ta`sir chizig`iga perpendikulyar joylashadi. YA`ni $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi$ qolgan barcha kesimlarda neytral o`q kuch chizig`iga perpendikulyar bo`lmaydi. Tomonlari h va b, bo`lgan to`g`ri to`rtburchak kesim uchun kuchni ta`sir chizig`i kesimni, dioganali bo`yicha joylashsa, neytral o`q kesimni ikkinchi dioganaldan o`tadi.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{bh^3 \cdot 12}{hb^3 \cdot 12} \cdot \frac{b}{h} = \frac{h}{b}$$

Shunday qilib qiyshiq egilishda normal kuchlanish quyidagi formuladan topiladi;

$$\sigma = \pm M \left(\frac{\cos \varphi}{J_y} \cdot Z + \frac{\sin \varphi}{J_z} \right) \quad (8.14)$$

Kesimni neytral o`qdan eng uzoqda joylashgan I va II nuqtalarida normal kuchlanish maksimal qiymatga va neytral o`q ustidagi barcha nuqtalarida normal kuchlanish nolga teng.

Ya`ni $Z=0$ va $U=0$ bo`lsa $\sigma = 0$

$$Z = Z_{\max} \text{ va } Y = Y_{\max} \text{ bo'lsa } \sigma = \sigma_{\max}.$$

Neytral o'qqa yaqin joylashgan nuqtalarda (3 va 4) $\sigma = \sigma_{\min}$.

Kesimni turli nuqtalari uchun topilgan kuchlanishlari qiymati yordamida qiyshiq egilishdagi kuchlanish epyurasisini ko'rish mumkin.

(8.14) formulada ko'pincha

$$\frac{J_Y}{Z_{\max}} = W_Y \text{ va } \frac{J_Y}{Y_{\max}} = W_Z \text{ ifoda bilan almashtiriladi.}$$

$$\text{Unda} \quad \sigma = \pm M \left(\frac{\cos \varphi}{W_Y} + \frac{\sin \varphi}{W_Z} \right) \quad (8.15)$$

formula hosil bo'ladi.

$$\sigma_{\max} = M_{\max} \cdot \left(\frac{\cos \varphi}{W_Y} + \frac{\sin \varphi}{W_Z} \right) \leq [\sigma] \quad (8.16)$$

qiyshiq egilishida mustaxkamlik sharti.

Mustaxkamlik shartidan kesimni tanlash talab kilinsa $\frac{W_Y}{W_Z}$ nisbat berilishi kerak.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Murakkab deformatsiya qaysi vaqtda sodir bo'ladi?
2. Qanday murakkab deformatsiya turlari mavjud?
3. Egilish bilan buralishni birgalikdagi ta'siriga misol keltiring.
4. Val kesimini markaziga nisbatan momentlari nimaga teng?
5. Val mustahkamligini III va IV mustahkamlik nazariyalari bo'yicha tekshiring.
6. Qiyshiq egilish qachon sodir bo'ladi?
7. Qiyshiq egilishda normal kuchlanish formulasini yozing.
8. Kesimni turli nuqtalari uchun topilgan kuchlanishlarni qiymatlari yordamida egilishdagi kuchlanish epyurasini quring.
9. Tekis ko'ndalang egilishda normal kuchlanish neytral qatlam nolga tengligini ko'rsating.
10. Qiyshiq egilishda normal kuchlanishdagi qarshilik momenti.

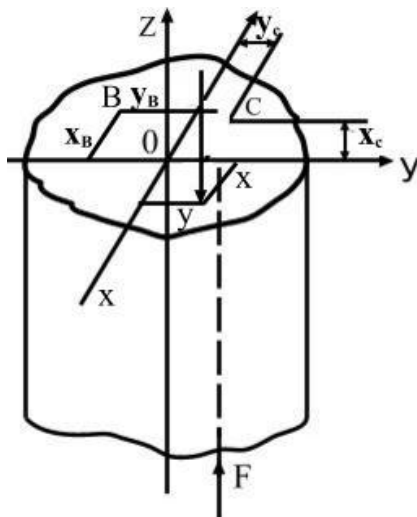
MA`RUZA №16. MARKAZIY BULMAGAN SIQILISH (CHO`ZILISH)

REJA:

1. Markaziy bo`lmagan siqilishga misollar.
2. Ixtiyoriy tanlangan V nuqtadagi kuchlanish.
3. Ko`ndalang egilishdan neytral o`qda normal kuchlanishning nolga tengligi.
4. Neytral o`qgacha bo`lgan masofa X_0 va U_0 larni topish.
5. Markaziy bo`lmagan cho`zilish va siqilishda normal kuchlanishni topish formulasi.
6. Kesim yadrosi.
7. Turli xil geometrik qirquimlar uchun kesim yadrosini tanlash.
8. Egilish bilan cho`zilishni yoki siqilishni birgalikdagi ta`siri.
9. Egilish bilan cho`zilish birgalikda kelganda to`la kuchlanishni aniqlash.
10. Balkani ko`ndalang kesim yuzasida teng tarqalgan siquvchi normal kuchlanish hosil bo`lishi.

Markaziy bo`lmagan siqilish ko`prik qurilishida, ko`prik tayanchlarini hisoblashda, hamda grajdan qurilishida bino ustunlarini hisoblashda ko`p uchraydi. X_0 va U_0 o`qlariga nisbatan X va U masofalarida joylashgan F kuch ta`siridagi brusni markaziy bo`lmagan siqilishini ko`rib chiqaylik (99-rasm).

F kuch ta`siri istalgan kesimida $N = -F$ siquvchi bo`ylama kuch va $M_x = -F \cdot y$ va $M_u = -F \cdot x$ eguvchi momentlari hosil bo`ladi.



99-rasm

Brus M_u eguvchi momenti ta'sirida OU neytral o'qi atrofida ZOY tekisligida egiladi. Kesimdan ajratilgan ixtiyoriy nuqta S brusni siqiladagantlilarida joylashgnligi uchun bu nuqtadagi normal kuchlanish musbat ishorali bo'ladi. $M_x=F \cdot U$ momenti ta'siridan brus ZOU tekisligida OX neytral o'qi atrofida egiladi.

S nuqta brus cho'ziladigan tolalarida joylashgan. Shuning uchun normal kuchlanish - musbat.

Unda S nuqtadagi kuchlanish quyidagicha topiladi.

$$G = -\frac{F}{A} - \frac{F Y_F Y_C}{J_X} - \frac{F X_F X_C}{J_y} \quad (8.17)$$

Agar $\frac{J_X}{A} = i_x^2$ va $\frac{J_y}{A} = i_y^2$ brus kesimni X va U o'qlariga nisbatan inarstiya radiuslarini hisobga olsak (8.17) ni quyidagicha yozamiz:

$$G_c = -\frac{F}{A} \left(1 + \frac{Y_F Y_c}{i_x^2} + \frac{X_F X_c}{i_y^2} \right) \quad (8.18)$$

(8.18) formuladan ko'rinishicha sikilgan brusni istalgan nuqtani kuchlanishini topish mumkin. Buning uchun nuqtaning koordinatalari X va U ishoralarini hisobga olish kerak. Masalan: koordinatalari $-X_a$ va $-U_v$ bo'lgan kesimdan ixtiyoriy tanlangan V nuqtadagi kuchlanishni ishorasi musbatdir, chunki

$$G_B = -\frac{F}{A} \left(1 - \frac{Y_F Y_B}{i_x^2} - \frac{X_F X_B}{i_y^2} \right) \quad (8.19)$$

bu nuqta brusni cho'ziladigan tolalarida joylashgan. Demak, markazdan tashkari siqilishda ham oddiy kundalang yoki qiyshiq egilishda kabi normal kuchlanish nuqtasi kaysi chorakida yoki kaysi tolalarida joylashganligiga bog'liq ekan. Markaziy bo'lmagan siqilishda brusni xavfli holatdagi materiallarni aniqlash uchun avvalo brus kesimini neytral o'qining holati va undan eng uzoqda joylashgan nuqtani topamiz. Kungdalang egilishdan ma'lumki neytral o'qlar normal kuchlanish nolga teng, ya'ni

$$G = -\frac{F}{A} \left(1 + \frac{X_F X_O}{i_y^2} + \frac{Y_F Y_C}{i_x^2} \right) = 0$$

bu yerda X_0 va U_0 - neytral o'q ustida joylashgan nuqtaning koordinatalari.

$\frac{F}{A} \neq 0$ bo'lmaganligi uchun

$$1 + \frac{X_F X_O}{i_y^2} + \frac{Y_F Y_O}{i_x^2} \quad (8.20)$$

hosil bo'ladi.

(8.20) tenglama neytral o'q tenglamasi. Neytral o'q koordinata boshidan neytral o'qgacha bo'lgan masofalar X_0 va U_0 -larni topish mumkin.

$$U_0 = 0 \text{ bo'lsa, (8.20) dan } 1 + \frac{X_F X_a}{i_y^2} = 0$$

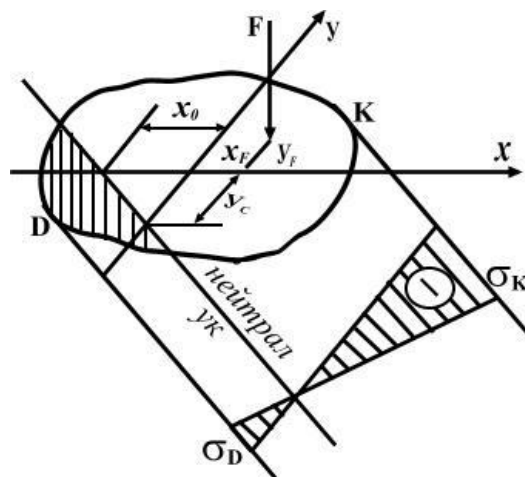
Ifodani olamiz.

$$\text{Shuningdek, } X_0 = 0 \text{ bo'lsa } 1 + \frac{Y_F Y_C}{i_x^2} = 0 \text{ hosil bo'ladi.}$$

$$\text{Bu tenglamani echib } X_0 = -\frac{i_y^2}{X_F} \text{ va } Y_0 = -\frac{i_x^2}{Y_F} \quad (8.21) \text{ neytral o'qni}$$

koordinata o'qlarini kesishdan hosil bo'lgan kesmalarni topamiz.

Demak, neytral o'q X va U o'qlarini X_0 va U_0 masofalardan kesib o'tar ekan (100-rasm). Neytral o'q kesim yuzasini ichki qismiga, chiziladigan va siqiladigan tolalarga ajratadi. Agar kesimni konturiga neytral o'qqa parallel qilib urinmalar o'tkazsak, brus kesimini neytral o'qidan eng uzoqda joylashgan nuqtalarini (D,K) aniqlaymiz. Kesimdagi eng katta chuzuvchi va siquvchi normal kuchlanishlari D va K nuqtalarda hosil bo'ladi. D nuqtada brus cho'zilgan tolasida joylashganligi uchun normal kuchlanish musbat, K nuqtada esa manfiy.

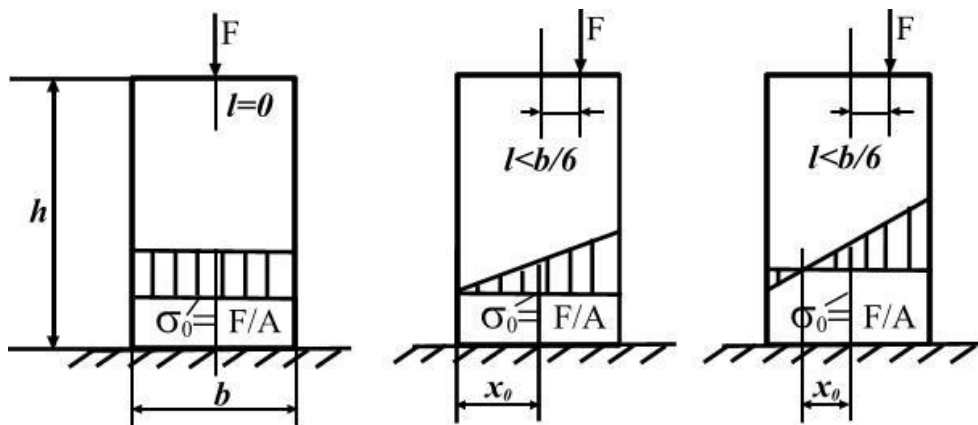


100-rasm

$$\sigma_{D,K} = \pm \frac{F}{A} \left(1 \pm \frac{X_F X_{D,K}}{i_Y^2} + \frac{Y_F Y_{D,K}}{i_X^2} \right) \quad (8.22)$$

Normal kuchlanish kesish yuzasidato`g`ri chiziqli qonuniyat asosida o`zgaradi va kesimni konturida eng katta qiymatga erishadi.

Kesim yuzasi to`g`ri to`rtburchakdan iborat bo`lgan brusni markaziy bo`lmagan siqilishda kesimni neytral o`qini turli hollarda o`zgartirib ko`ramiz (101-rasm).



101-rasm

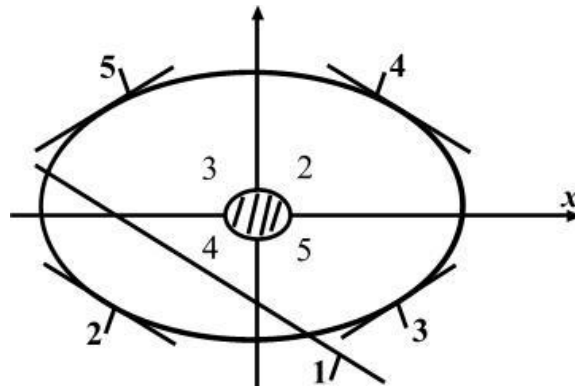
Kuch SU o`qi bo`ylab ($X_F = l$; $U_F = 0$) yunalgan. (8.22) formuladan quyidagini topamiz;

$$\sigma = -\frac{F}{A} \pm \frac{M_Y}{W_Y} = -\frac{F}{A} \pm \frac{Fl \cdot 6}{hb^2} = -\frac{F}{A} \left(1 + \frac{6l}{b} \right) \quad (8.23)$$

Bu formuladan ko`rinib turibdiki, $l=0$ bo`lganda kesimning barcha nuqtalarida bir xil kuchlanish paydo bo`ladi. Agar $l \leq b/6$ bo`lsa, kesim yuzida bir xil ishorali (siqilish) kuchlanish paydo bo`ladi. Brusni buylama o`qida joylashgan materialida $\sigma_0 = -F/A$ normal kuchlanishi ta`sir qiladi. Neytral o`q bo`ylama o`qida X_0 masofada joylashadi. Agar $l=b/6$ bo`lsa formulaga asosan $X_0=b/2$ masofadan ya`ni brusni chap yon sirtidan neytral o`q o`tadi. Shuning uchun brusni bu nuqtasida kuchlanish nolga teng bo`ladi. $l=b/6$ bo`lsa neytral o`q kesim ichida yotadi. U kesimni ikki qismga bo`ladi. Brusning kesim yuzasida chuzuvchi musbat va siquvchi manfiy ishorali kuchlanishlar hosil bo`ladi.

KESIM YADROSI

Texnikada va qurilishda uchraydigan ayrim materiallar (beton kirpich, yog'och, cho'yan, shisha) cho'zilish va siqilishiga bir xil qarshilik ko'rsata olmaydi. Bunday materiallarni kesim yuzasida ikki xil ishorali kuchlanish hosil bo'lishi noqelaydir. YA'ni maqsadga muvofiq emas. Masalan mo'rt materiallar siqilishga nisbatan cho'zilishda tez emiriladi. Shuning uchun mo'rt materiallar tayyorlangan brus markazdan tashqari siqilishga uchrashsa, ko'ndalang kesim yuzasida bir xil ishorali kuchlanish hosil bo'lgani ma'qul. Buning uchun kesimni neytral o'qi egallagan o'rnini o'zgartirish kerak. Masalan (8.25) formulaga asosan X_0 va U_0 masofalarni shunday tanlash mumkinki, bu holatda neytral o'q kesimni konturiga D nuqtada urinma bo'lib qoladi. Unda F kuch kesimni markaziga yaqinlashadi va 2 nuqtada joylashadi.



102-rasm

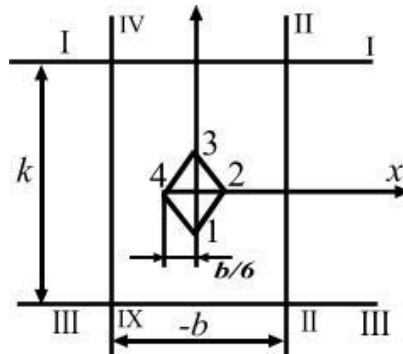
Xuddi shunday 3,4,5 nuqtalarni kesimni markazi atrofida joylashtirsak, bu nuqtalarga xos ravishda 3,4,5 chiziqlar ya'ni neytral o'qlarning holatlari to'g'ri keladi. Neytral o'qlar kesimni sirtiga urinma bo'lib joylashadi. Neytral o'qlarini bu holatlariga to'g'ri keladigan cheksiz nuqtalarni kesimni markazi atrofida aylantirishda hosil bo'lgan egri chiziqli chegara kesim yadrosi deb aytiladi. Kesim yadrosi ichiga kuyilgan xar kandy tashqi kuch kesim yuzasida bir xil ishorali kuchlanishni yuzaga keltiradi.

Masalan: tomonlari h va b bo'lgan to'g'ri turtburchakli kesim uchun kesim yadrosini topamiz. Buning uchun kesimni tomonlariga urinmalar o'tkazamiz. I-I urinmani X_0 koordinata sistemasidagi koordinatalari

$$x_0 = \infty; \quad y_0 = \frac{h}{2}$$

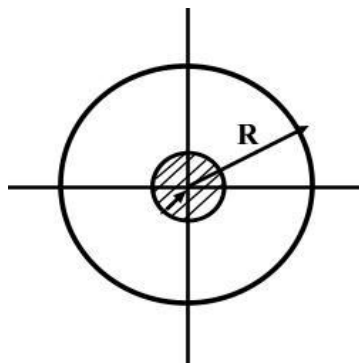
Fomuladan foydalanib kesim yadrosini koordinatalarini topamiz.

$$X_f = X_9 = -\frac{I_Y^2}{\infty} \epsilon a Y_0 = -\frac{I_x^2}{Y}$$



103 – rasm

Shunday kilib I-I urinmalarga to`g`ri keluvchi kesim yadrosini I nuqtasi O_u ukida Ox ukidan $u = -h/6$ masofada joylashadi. III-III urinmaga to`g`ri keladigan kesim yadrosini 3 nuqtasi ham O_u ukida Ox ukidan $Y = -h/6$ masofada joylashadi. II-II urinmalar uchun $U=0$ va $X = -\frac{h}{6}$ hosil bo`ladi.

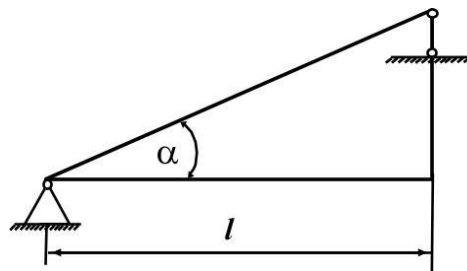


104-rasm

Doiraviy kesim uchun kesim yadrosi doirani markazi atrofida joylashgan va radiusi $r = \frac{R}{4}$ bo`lgan doira bo`ladi. $X=U = -\frac{I}{R} = \frac{I}{A} = \frac{R}{4}$

EGILISH BILAN CHO`ZILISHNI YOKI SIQILISHNI BIRGALIKDAGI TA`SIRI

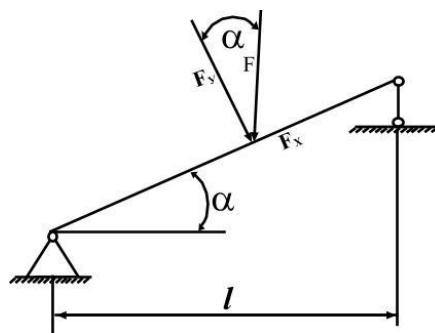
Tashqi F kuch bilan yuklangan balki zanjirli tayanchga tiralgan va gorizontga nisbatan α burchakda joylashgan.



105-rasm

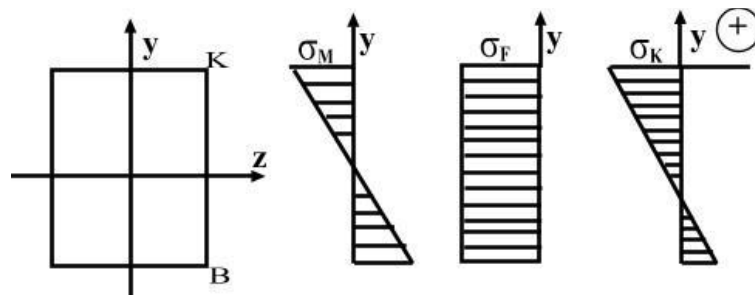
F kuchni balka o`qiga parallel' va normalga proektsiyalash mumkin.

$$F_y = F \cdot \cos \alpha \text{ va } F_x = F \cdot \sin \alpha$$



106-rasm

F_y kuch ta`sirida balka oddiy kundalang egilishda bo`ladi. Natijani balkada kundalang kesimida egilishdagi ya`ni eguvchi moment ta`siridagi normal kuchlanish hosil bo`ladi.



107-rasm

$$G = \frac{M \cdot Y}{Z} \text{ ёки } G = \frac{M}{W}$$

F kuch taʼsirida balka siqiladi. Natijada balkani koʻndalang kesim yuzasida teng tarqalgan siquvchi normal kuchlanish hosil boʻladi. $G = -\frac{F}{A}$ Balka kesimini chetki nuqtalaridagi tulik kuchlanish G va G_1 kuchlanishlarini yigindisiga teng boʻladi.

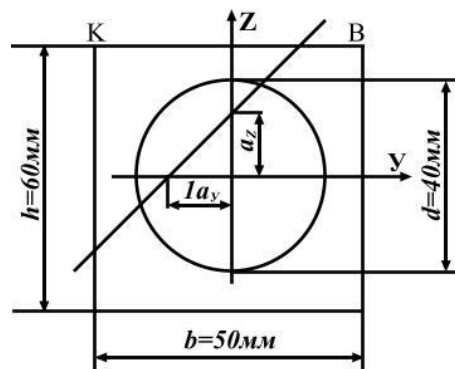
$$\sigma = \pm \frac{M}{W} \pm \frac{F}{A} \quad \sigma_K = -\frac{M}{W} - \frac{F}{A} \quad \text{ёки} \quad \sigma_B = \frac{M}{W} - \frac{F}{A}$$

Demak egilish va choʻzilishni yoki siqilishni birgalikdagi taʼsirini kesim yuzada ikkita kuchlanish hosil boʻladi.

1 - masala

Chugundan tayyorlangan kalta sterjen S nuqtaga kuyilgan buylama F kuch bilan siqiladi. Sterjen kutarilishi mumkin boʻlgan kuchni ruxsat etilgan qiymati topilsin. Sterjen kesim yuzasini Y va Z nuqtalarida nisbatan inertsiya momentini topamiz.

$$I = \frac{bh}{12} - \frac{\Pi d}{64} = \frac{5 \cdot 2K}{12} - \frac{3,14 \cdot 256}{64} = 77,44 \text{ см}$$



108-rasm

$$\text{Sterjenni kesim yuzini } A = bh - \frac{\Pi d}{4} = 6 \cdot 5 - \frac{3,14 \cdot 16}{4} = 17,44$$

Y va Z nuqtalarda nisbatan inertsiya radiusi

$I = \frac{I_Y}{A} = \frac{77,44}{17,44} = 4,44 \text{ cm}$ $I = \frac{49,94}{17,44} = 2,86 \text{ cm}^2$ sterjenni markazdan tashkari cho`zilish va siqilishidagi mustaxkamlik shartini yozamiz:

$[\sigma]_c = 100 \text{ MPa}$ sterjenni markazdan tashkari siqilishiga ruxsat etilgan kuchlanish.

$[\sigma]_4 = 30 \text{ MPa}$ sterjenni markazdan tashkari cho`zilishga ruxsat etilgan kuchlanishi.

Y_F va Z_F kuch qo`yilgan nuqtani koordinatasi.

Nol chiziqda normal kuchlanishga nolga tenglashishidan foydalanib neytral qatlam holatini aniqlaymiz.

$$\sigma = \frac{F}{A} \left(1 + \frac{Y_f \cdot Y}{i_z^2} + \frac{Z_f \cdot Z}{i_y^2} \right) = 0 \quad \text{bu yerdan}$$

demak $1 + \frac{Y_f \cdot Y}{i_z^2} + \frac{Z_f \cdot Z}{i_y^2} = 0$ chiziq teyglamasi.

Agar $y=0$ bo`lsa tengamadan $z=a_z$ va

$$a_z = -\frac{i_y^2}{z_F} = \frac{-4,44}{-3} = 1,48 \text{ cm}$$

Agar $Z=0$ bo`lsa $U = a_y = -\frac{2,86}{2,5} = -1,15 \text{ cm}$

a_z va a_y qiymatlar nol chiziqni Y va Z o`qlaridagi koordinatalari. Demak nol chiziq U va Z nuqtalar koordinata boshlaridan $a=1,48$ sm va $a_y=-1,15$ sm masofalardan kesib utadi. Sterjen kesimini A V S nuqtalari siqilish zonalarida va K nuqtasi cho`zilish zonasida yashaydi. Sxemaga asosan K va S nuqtalar nol chiziqdan eng uzoqda joylashgan nuqtalar bo`lib shu nuqtalarda normal kuchlanish eng katta qiymatiga erishadi.

K nuqta koordinatalari $Y_K=-2,5 \text{ cm}$ va $Z_K=3 \text{ cm}$

S nuqta koordinatalari $Y_S=-2,5 \text{ cm}$ va $Z_S=3 \text{ cm}$

$$\delta_K = -\frac{F}{A} \left(1 + \frac{Y_F \cdot Y_K}{I^2_K} + \frac{Z_F \cdot Z_K}{I^2_y} \right) \leq [\delta]_4$$

$$\delta_n = \frac{F_4}{17.44} \left[1 + \frac{2.5(-2.5)}{2.86} + \frac{-3 \cdot 3}{4.44} \right] = 3 \frac{H}{sm^2}$$

yoki
$$F_4 = \frac{3 \cdot 17.44}{3.18} = 16.453 KH$$

$$\delta_c = -\frac{F_c}{17.44} \left(1 + \frac{2.5 \cdot 2.5}{2.86} + \frac{(-3)(-3)}{4.4} \right) = 10 \frac{KH}{sm^2}$$

va
$$F_c = -\frac{10 \cdot 17.44}{5.18} = -33.67 KH$$

2 – masala

KVSD lardan tayyorlangan sterjen V nuqtaga kuyilgan tashki F kuch ta`sirida markazdan tashkari cho`zilish va sikishda sterjen kesimini K, V, S va D nuqtalaridagi kuchlanishlar topilsin va epyurasi qurilsin.

Berilgan: $F=15 kn$, shveller kesim yuzasi $A=8,98 sm^2$

$$J_y = 89.4cm^2; J_z = 12.8cm^4; Y_z = 1.31cm$$

Yechish: F kuch joylashgan nuqta koordinitalarini topamiz:

$$Y_F = b - y_0 = 4 - 1.31 = 2.69cm$$

$$Z_F = \frac{h}{2} = \frac{8}{2} = 4cm$$

Markazdan tashqari siqilish va cho`zilishdagi normal kuchlanish formulasi

$$\sigma = \frac{F}{A} \left(1 + \frac{Y_F \cdot Y}{I^2_y} \right)$$

dan $\sigma=0$ bu holatni qondiruvchi nol chiziq tenglamasini

$$1 + \frac{2.69 \cdot y}{i_z^2} + \frac{4 \cdot z}{i_y^2} = 0$$

hosil qilamiz.

Y va Z o`qlariga nisbatan inertsiya radiuslarini topamiz.

$$i_z^2 = \frac{12,8}{8,98} = 1,4254cm^2; i_y^2 = \frac{89,4}{8,98} = 9,955cm^2$$

Nol chiziqni Z va Y o`qlaridagi koordinatalarini quyidagicha topamiz.

Agar $u=0$ bo`lsa tenglamadan

$$a_z = z = -\frac{9,955}{4} = -2,49\text{cm} \quad \text{va}$$

$$z = 0 \quad \text{bo`lsa,} \quad a_y = y = -\frac{1,4254}{2,59} = -0,53\text{cm}$$

Demak nol chiziq Y va Z o`qlarini manfiy tomonidan $Z = -2,49\text{cm}$ va $y = -0,53\text{cm}$ masofada kesib utadi.

Shvellarni K, V va S nuqtalari cho`zilish va D nuqtasi siqilish zonasida joylashgan.

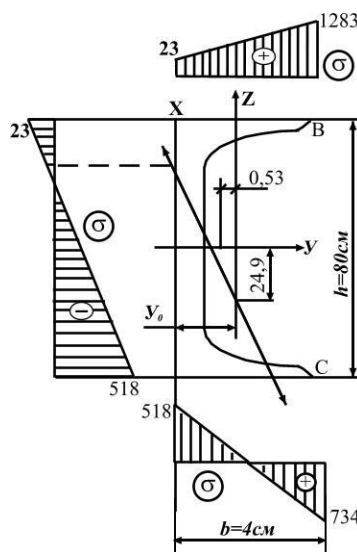
Shveller nuqtalarini koordinatalari

$$Y_k = -1,31\text{cm}; \quad Z_c = 4\text{cm}; \quad Y_z = 2,69\text{cm}; \quad Z_B = 4\text{cm}$$

$$Y_c = 2,69\text{cm} \quad Z_c = -4\text{cm}; \quad Y_D = -1,31\text{cm}; \quad Z_D = -4\text{cm} .$$

$$\sigma_k = \frac{1500}{8,98} \left(1 + \frac{2,69(-1,31)}{1,42} + \frac{4 \cdot 4}{9,95} \right) = +23\text{kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = 167,04 \left(1 + \frac{2,69 \cdot 2,69}{1,42} + \frac{4 \cdot 4}{9,95} \right) = 1283\text{kg/cm}^2$$



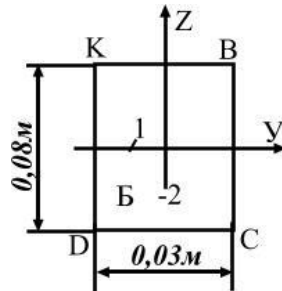
109-rasm

$$\sigma_c = 167,04 \left(1 + \frac{2,69(-1,31)}{1,42} + \frac{4(-4)}{9,95} \right) = 734\text{kg/cm}^2$$

$$\sigma_D = 167,04 \left(1 + \frac{2,69(-1,31)}{1,42} + \frac{4(-4)}{9,95} \right) = 734 \text{кгс/см}^2$$

3–Masala.

Uzunligi $l=1,5$ m bo`lgan to`g`ri burchakli kesimli po`lat sterjen $F=60\text{kn}$ kuch bilan cho`ziladi. F kuch kesimni B nuqtasiga qo`yilgan. Sterjen kesimini K,V,S,D nuqtalarini kuchlanishlari topilsin.



110-rasm

Yechish. Kesimni B nuqtasini koordinatalari va $U_V=-1\text{sm}$; $Z_B=-2\text{sm}$ ($U_B=U_F$ va $Z_B=Z_F$). Sterjen ko`ndalang kesim yuzasining geometrik xarakteristikasini topamiz.

$$\text{Kesim yuzasi } A=3 \cdot 8=24\text{sm}^2=2,4 \cdot 10^{-3}\text{sm}^2$$

Inertiya radiuslari:

$$i_y = \frac{Yy}{A} = \frac{0,03(0,08)^3}{12 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3}} = 0,0534 \cdot 10^{-3}\text{M}^2$$

$$i_z^2 = \frac{J_z}{A} = \frac{0,08(0,03)^3}{12 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3}} = 0,075 \cdot 10^{-3}\text{M}^2$$

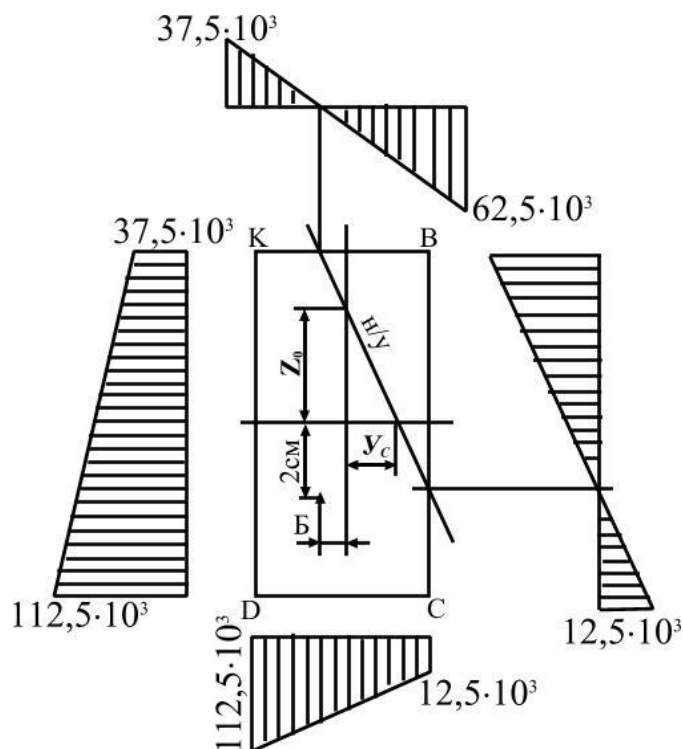
Kesimni neytral o`qini holatini quyidagi tenglamadan topamiz.

$$1 + \frac{Y_F Y_0}{i_z^2} + \frac{Z_F Z_0}{i_y^2} = 0$$

$$\text{Bu yerdan agar } Z=0 \text{ bo`lsa, } y_0 = -\frac{i_y^2}{Y_F} = \frac{0,075 \cdot 10^{-3}}{0,01} = 7,5 \cdot 10^{-3}\text{M}$$

$$\text{Agar } Y_0=0, \text{ bo`lsa, } Z_0 = -\frac{i_z^2}{Z_F} = \frac{0,0534 \cdot 10^{-2}}{0,02} = 2,67 \cdot 10^{-2}\text{M}$$

Demak neytral o`q kesimni ZOY koordinata o`qlarini musbat choragidan $Y_0 = 7,5 \cdot 10^{-3}$ va $Z_0 = 2,07 \cdot 10^{-2} M$ masofadan kesib o`tar ekan.



111-rasm

Kesimni K,V,S,D nuqtalaridagi normal kuchlanishi quyidagi formuladan topamiz.

$$\sigma = \frac{F}{A} \left(1 + \frac{Y_F Y}{i_z^2} + \frac{Z_F \cdot Z}{i_y^2} \right)$$

K nuqta kuchlanishi ($Z_k = 0.04m; Y_k = 0.015m;$)

$$\sigma_k = \frac{60}{2.4 \cdot 10^{-3}} \left[1 + \frac{(-0.01)(-0.015)}{0.075 \cdot 10^{-3}} + \frac{(-0.02) \cdot 0.04}{0.0534 \cdot 10^{-2}} \right] = 37.5 \cdot 10^3 \frac{km}{m^2}$$

B nuqta kuchlanishi ($Z_b = 0.04m; Y_b = 0.015m;$)

$$\sigma_b = \frac{60}{2.4 \cdot 10^{-3}} \left[1 + \frac{(-0.01) \cdot 0.015}{0.075 \cdot 10^{-3}} + \frac{(-0.02) \cdot 0.04}{0.0534 \cdot 10^{-2}} \right] = 62.5 \cdot 10^3 \frac{km}{m^2}$$

C nuqta kuchlanishi ($Z_c = 0.04m; Y_c = 0.015m$)

$$\sigma_c = \frac{60}{2.4 \cdot 10^{-3}} \left[1 + \frac{(-0.01) \cdot 0.015}{0.075 \cdot 10^{-3}} + \frac{(-0.02) \cdot (0.015)}{0.0534 \cdot 10^{-2}} \right] = 12.5 \cdot 10^3 \frac{km}{m^2}$$

D nuqta kuchlanishi ($Z_d = -0.04m; Y_d = 0.015m$)

$$\sigma_c = \frac{60}{2.4 \cdot 10^{-3}} \left[1 + \frac{(-0.01) \cdot 0.015}{0.075 \cdot 10^{-3}} + \frac{0.02 \cdot 0.04}{0.0534 \cdot 10^{-2}} \right] = 112.5 \cdot 10^3 \frac{km}{m^2}$$

Kesimni KB; BC; CD va DK tomonlarining kuchlanish epyurasi, 111-rasmda ko`rsatilgan.

7-MODUL. MA`RUZA №17. SIQILGAN STERJENLARNI USTUVORLIKKA HISOBLASH

USTUVORLIK HAQIDA TUSHUNCHA

REJA:

1. Ustuvorlik shartlari.
2. Sterjenni ustuvor muvozanat holati buzilishi.
3. Kritik kuchlanish.
4. Kritik kuchni aniqlash.
5. Eyler formulasi.
6. Sterjen uchlarini tiralish shartlari.
7. Sterjen bo`ylama egilishga oldidagi siquvchi kuchni minimal qiymatiga to`g`ri kelishi.
8. Elastik chegarasida ishlaydigan sterjen uchun kritik kuch sterjenning geometrik o`lchamlari va material elastikligiga bog`liqligi.
9. Sterjen uchlarini mahkamlanish shartini kritik qiymatiga ta`siri.
10. Barcha hollar uchun kritik kuch formulasini yozish.

Ko`pgina injenerlik inshootlarini hisoblashda (loyihalashda), ularning mustahkamlik sharti bilan bir qatorda ustuvorlik sharti ham mavjud.

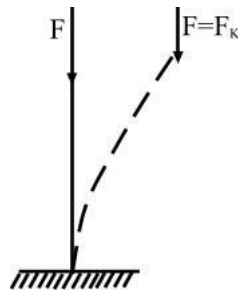
Botiq yoki qabiriq sirti ustida yotgan sharning muvozanat holati ustuvor yoki noustuvor muvozanatga misol bo`ladi (112-rasm).



112-rasm

Botiq sirtida joylashgan shar istalgan holatga og'irilganda ham o'zining dastlabki vaziyatiga qaytadi. Shuning uchun shar botiq sirtida muvozanat holatda. Qabariq sirtida joylashgan shar kichik miqdorda og'irilganda pastga dumalab ketadi. Shuning uchun bu shar noustuvor holatda.

Sekin-asta o'suvchi kuch ta'sirida sterjin siqilsa, kuchni biror kritik qiymatida sterjen o'zining to'g'ri chiziqli holatini yo'qotadi. (113-rasm).



113-rasm

Sterjenni ustuvor muvozanat holati buziladi. Agar kuchni shu qiymatida ushlab turilsa, sterjenda muvozanat holat yuzaga keladi va sterjenni yangi ustuvor uvozanati sodir bo'ladi. Agar siquvchi kuch kattalashtirilsa, sterjenni noustuvorligi oshadi va yana kuchni qiymati oshsa emirilishi mumkin. Demak, sterjenni to'g'ri chiziqli holatidan chetga chiqishi - noustuvordir. Noustuvor sterjen bo'ylama egilish holatida bo'ladi.

Bo'ylama egilish juda xavflidir, chunki siquvchi ozgina og'irilganda sterjenni egilishi tez ortadi. Natijada egilish bo'ladigan kuchlanish ham tez ortadi, sterjen emirilishi mumkin.

Siquvchi kuchni kritik qiymatida sterjenni ko'ndalang kesimida kritik kuchlanish hosil bo'ldi.

$$\sigma_K = \frac{F_k}{A} \quad (9.1)$$

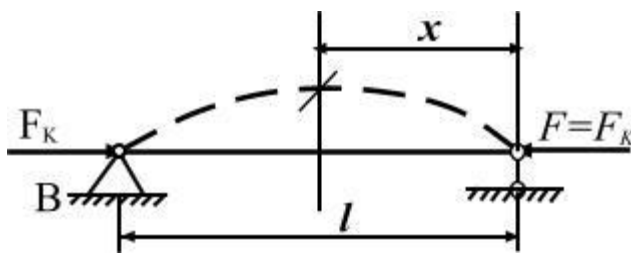
Ustuvorlikka noto'g'ri hisoblash oqibatida juda ko'p konstruktsiyalarni emirilishi sodir bo'lgan.

Masalan: 1907 yili AQSHda, shimoliy Levrentiya daryosida qurilgan, bosh proleti 549 m boʻlgan konsol sistemali katta koʻrik agʻdarilib tushgan. 9000 tonnali konstruktsiya butunlay ishdan chiqqan; konstruktsiyani katta qismi suvga, 40m chuqurlikka choʻkib ketgan, 74 kishi halok boʻlgan. Shunday voqea Kvebek daryosidagi koʻrikda ham ikki marotaba sodir boʻlgan.

1891 yil may oyida Shveysariyaning Menxenshteyn qishlogʻidagi koʻrikda boʻlgan halokatli hodisa siqilgan sterjenlarni ustuvorlikka puxta hisoblash naqadar zarur va muhimligini koʻrsatuvchi saboqdir. Halokat roʻy bergan paytda koʻrikdan uzunligi 42 m boʻlgan va 12 vagondan iborat boʻlgan passajir poezdi oʻtgan. Paravoz koʻrikdan utib boʻlgan, lekin daryoga qulagan 6 vagon uni ham tortib ketgan. Falokatda 74 kishi oʻlgan va 200 kishi yarador boʻlgan. Falokat fermaning siqilgan tirgovichlaridan biri ustuvorligini yoʻqotishi natijasida sodir boʻlgan.

KRITIK KUCHNI ANIQLASH. EYLER FORMULASI

Ikki uchi sharnirli tayanchga tiralgan ℓ uzunlikdagi oʻzgarmas kesimli siqilayotgan sterjendagi kritik kuchni topish uchun, sterjen egilgan oʻqining differentsial tenglamasidan foydalanamiz (114-rasm). Siqilayotgan sterjenni koʻndalang kesimida hosil boʻlgan kuchlanish sterjen materialining proporsionallik chegarasidagi kuchlanishidan katta boʻlmaydi.



114-rasm

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{F \cdot Y}{EJ} \quad \text{yoki} \quad \frac{d^2y}{dx^2} + k^2 \cdot y = 0$$

bu yerda
$$k^2 = \frac{F}{EJ} \quad (9.2)$$

(9.2) differentsial tenglamaning integrali quyidagicha yoziladi:

$$y = a \cdot \sin kx + b \cdot \cos kx \quad (9.3)$$

bu yerda a, b-integrallash doimiyligi, sterjen uchlarini tiralish shartlaridan topiladi.

Masalan: I) Birinchi shart: $x=0$ da $y = y_c = 0$ bo`lganda $b=0$ bo`ladi. Unda sterjen egilgan o`qining tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$y = a \cdot \sin kx \quad (9.4)$$

Bu tenglamadan aniqki, sterjenni egilgan o`qi sinusida bo`yicha egiladi.

II) Ikkinchi shart : $x = \ell$ da $y = y_b = c$ bo`lganda $a \cdot \sin k\ell = 0$ bo`ladi. Bu yerda $a \neq c$, demak $\sin k\ell = 0$. Bu had uchun $k\ell = \pi, 2\pi \dots \pi$ ekanligini topamiz.

Agar, $K = \frac{\pi n}{\ell}$ yoki $K^2 = \frac{n^2 \pi^2}{\ell^2}$ ni hisobga olsak,

$$F_n = \frac{n^2 \pi^2 E \cdot J_{\min}}{\ell^2} \quad (9.5)$$

hosil bo`ladi.

n ixtiyoriy butun son.

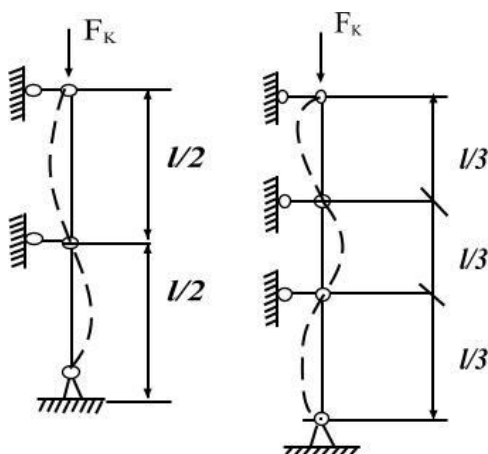
(9.5) formula eyler formulasi. Shunday kilib, engil egilgan sterjenni munozanatda ushlaydigan kuchni bir nechta qiymatga ega bo`lishi mumkin ekan. Sterjenni buylama egilishga oldidagini sikuvchi kuchni minimal (eng kichik) qiymati n to`g`ri keladi. Unda

$$F_K = \frac{\pi^2 EJ}{\ell^2} \quad (9.6)$$

F_K kuchni bu qiymatiga sterjenni yarim tulkinli sinusoida egilish to`g`ri keladi:

$$y = a \cdot \sin \frac{\pi x}{\ell} \quad (9.7)$$

Agar $\pi = 2$ va $\pi = 3$ bo'lsa, sterjen egilishi ikkita va uchta yarim to'liqlik sinusida chiziq bo'ladi:



115-rasm

$$K = 2\pi / \ell; \quad F_k = \frac{4\pi^2 E}{\ell^2}; \quad K = \frac{3\pi}{\ell}; \quad F_k = \frac{9\pi^2 EJ}{\ell^2};$$

sterjenni bunday egilishlari noustuvordir. eyler formulasidan kurinishicha, RK sterjenni berkligiga to'g'ri proporsional, sterjen uzunligi kvadratiga teskari proporsionaldir.

Elastiklik chegarasida ishlaydigan sterjen uchun kritik kuch sterjenning geometrik o'lchamlari va materialining elastiklik moduliga bog'liq: sterjen tayyorlangan materialning mustaxkamlik xarakteriskalariga bog'liq emas.

Masalan: yumshoq va yuqori sifatli po'lotlarda E qiymati taxminan bir xil bo'lganligi uchun, ular kritik kuchda ustuvorligini yo'qotadi.

Ikkita sharnirli tayanchli sterjenni egilishdagi eng katta salqilligi $x = \ell / 2$ masofadagi nuqtada hosil bo'ladi:

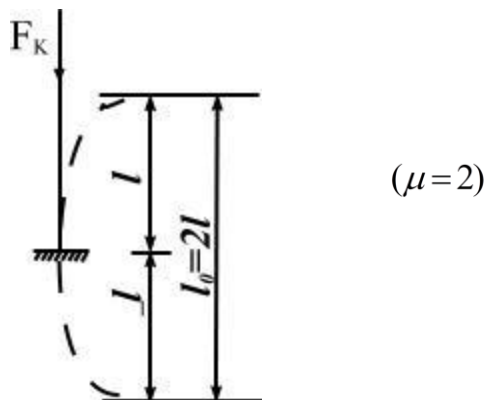
$$y_{\max} = a \cdot \sin kx = u \cdot \sin \frac{\pi}{\ell} \cdot \frac{\ell}{2} = a$$

STERJEN UCHLARINI MAHKAMLANISH SHARTINI KRITIK QIYMATIGA TA'SIRI

Sterjen uchlari maxkamlanish shartini kritik kuch qiymatiga ta'sirini aniqlash uchun, har xil tayanchlarga tiralgan sterjenlarni buylama egilishdagi

deformatsiyalarni ikkita sharikli tayanchga tiralgan sterjenni deformatsiyasi bilan taqqoslaymiz.

Masalan, bir uchi kesib maxkamlangan sterjenning deformatsiyasi ikkala uchi sharnirli maxkamlab kuyilgan sterjen deformatsiyasini yarmisiga teng (116-rasm).



116-rasm

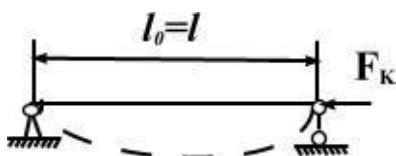
Demak, bir uchi kesib maxkamlangan, har birini uzunligi l bo'lgan ikkita sterjenlar egilgan o'qlarining erkin uchlari orasida ulchangan yarim to'lqin (sinusida) uzunligi ikki uchi sharnirli maxkamlangan sterjen egilgan o'qining ikkita nuqtasi orasidagi yarim tulkin uzunligiga teng ekan, ya'ni $l_0 = 2l$.

Eyler formulasi:
$$F_k = \frac{\pi^2 EJ}{l^2} \quad (9.8)$$

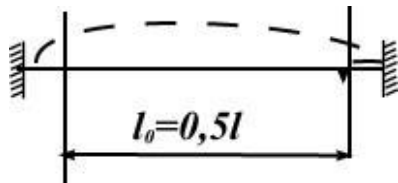
yoki
$$F_k = \frac{\pi^2 EJ}{(2l)^2} = \frac{\pi^2 EJ}{4l^2} \quad 16$$

Sterjen uchlarini maxkamlanish shartlariga ko'ra kritik kuch formulalarini yozamiz (117-rasm).

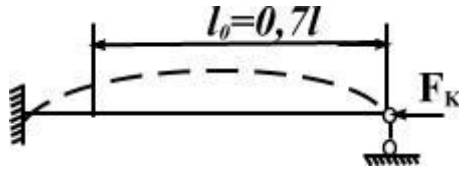
16.1S.Temoshenko.Strength of Materials.Part2.184page.



$$F_k = \frac{\pi^2 EJ}{l_0^2} \quad \mu = 1$$



$$F_k = \frac{4\pi^2 EJ}{\ell^2} \quad (\mu = \frac{1}{2}) \quad 18$$



$$F_k = \frac{\pi^2 EJ}{(0,7\ell)^2} \quad (\mu = 0,7)$$

117-rasm

Barcha hollar uchun kritik kuch formulasini quyidagicha yozamiz:

$$F_k = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu\ell)^2} \quad (9.9)$$

bu yerda μ keltirilgan uzunlik koeffitsienti; $\ell_0 = \mu\pi$ keltirilgan uzunlik.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Ustivorlik shartlarini tushuntiring.
2. Sterjenni ustuvor muvozanat holat buzilishini tushuntiring.
3. Kritik kuchlanish deb nimaga aytiladi.
4. Kritik kuch formulasini yozing.
5. Eyler formulasini tushuntiring.
6. Sterjen uchlarining mustaxkamlanish shartlariga ko`ra kritik kuch formulasini yozing.
7. μ – koeffitsientni ta`riflang.
8. Keltirilgan uzunlik deb nimaga aytiladi.
9. Barcha hollar uchun kritik kuch formulasini yozing.
10. $\lambda_0 = 2\lambda$ Mohiyatini tushuntiring.

18.1.S.Temoshenko. Strength of Materials.Part2.185 page.

.MA`RUZA №18. EYLER FORMULASINI ISHLATISH CHEGARASINI ANIQLASH

REJA:

1. Eyler formulasini ishlatish mumkin bo`lgan chegarani aniqlash.

2. Sterjen egiluvchanlik.
3. σ_k – sterjen egiluvchanligiga bog'liqligi.
4. $\lambda = \lambda_0$ bo'lsa, eyler formulasidan foydalanish.
5. $\lambda \geq 100$ sterjenlar uchun eyler formulasini ishlatish mumkinligi.
6. Egiluvchanlik 0 dan 40-50 gacha bo'lganida sterjenlar mustahkamligi yo'qolishi.
7. 50...90 $50 \leq \lambda \leq \lambda_0$ oraliqda ustuvorlik yo'qotishi.
8. Yasinkiy formulasi.
9. a, v, s, koeffitsientlar haqida tushuncha.
10. Siqilgan sterjenlarni ustuvorlikka amaliy hisoblash.

Kritik kuchni aniqlash uchun eyler formulasi sterjen materialining Guk konuni kuchga ega bo'lgan chegarasida keltirib chikarilgan edi. Shuning uchun eyler formulasi yordamida topilgan kritik kuchlanishni materialni proportsionallik chegarasidagi kuchlanishdan katta bo'lgan mumkin bo'lgan hollardan foydalanib bulmaydi. eyler formulasini ishlatish mumkin bo'lgan chegarani aniqlaymiz:

$$\sigma_k = \frac{F_K}{A} = \frac{\pi^2 EJ}{Al^2} = \frac{\pi^2 E}{(\mu l)^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

bu yerda : 12 inertsia radiusi: $i^2 = \frac{J}{A}$

$\lambda = \mu \frac{l}{i}$ - sterjenni egiluvchanligi.

(9.10) formuladan aniqki, σ_K sterjenni egiluvchanligiga bog'liq. Ingichka va uzun sterjenlarda kritik kuchlanish kichik bo'ladi. Mustaxkamlik chegarasi $\sigma_b = 400$ MPa bo'lgan St. 3 po'lat uchun: $E = 2,10^5$ MPa : $A = 150$ bo'lsa

$$\sigma_K = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{(150)^2} = 87,7 \text{ MPa} < 160 \text{ MPa}$$

agar $\lambda = 50$ bo'lsa:

$$\sigma_K = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{(50)^2} = 800 \text{ MPa} > [6] = 180 \text{ MPa}$$

siqilayotgan sterjendagi kuchlanish kritik kuchlanishdan kichik kuchlanishda emirilish sodir bo'ladi.

Agar $\sigma_{\kappa} = \sigma_n$ deb olinsa, (9.10) formuladan egiluvchanlikdan chegaraviy qiymatini topamiz.

$$\gamma_0 = \sqrt{\pi^2 E \delta_n} \quad (9.11)$$

Agar $\lambda = \lambda_0$ bo'lsa, eyler formulasidan foydalanish mumkin. Agar $\lambda = \lambda_0$ bo'lsa, eyler formulasidan foydalanib bo'lmaydi. St.3 po'lat uchun: $\delta_n = 200 \text{ MPa}$

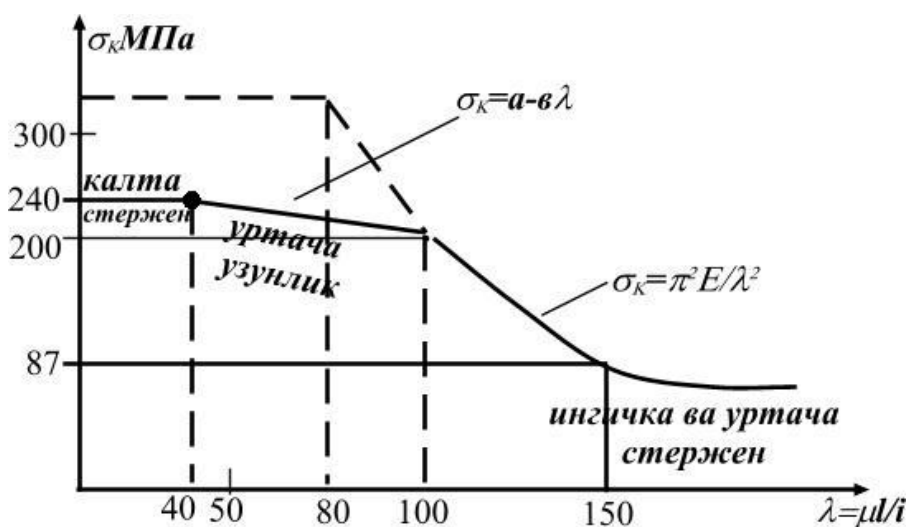
$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{200}} = 100$$

St. 5 po'lat uchun $\lambda = 90$.

Shunday qilib, egiluvchanligi $\lambda \geq 100$ sterjenlar uchun eyler formulasi ishlatilishi mumkin (-rasm).

Egiluvchanlik 0 dan 40-50 gacha bo'lganida sterjen juda qisqa bo'ladi. Bunday sterjenlar mustaxkamligi yo'qolishi bilan emiriladi. Shuning uchun, kritik kuchlanish oquvchanlik (plastik material) yoki mustaxkamlik chegarasidagi kuchlanish (mo'rt material)ga teng qilib olinadi (22-rasm).

Egiluvchanligi 50 90 $50 \leq \lambda \leq \lambda_0$ oraliqda bo'lgan sterjenlar elastik-plastik deformatsiyalanib, ustuvorligini yo'qotadi. Bunda kritik kuchlanish sterjen materialini proportsionallik yoki oquvchanlik chegaralaridagi kuchlanishga teng bo'ladi. Kritik kuchlanishi bunday o'zgarishi to'g'ri chiziq bo'lib, YAsinkiy formulasiga bo'sunadi (118-rasm).



118-rasm

Yasinskiy empirik formulasi quyidagicha yoziladi:

St. 3 po`lat uchun: $\sigma_K = 3110 - 11,4\lambda$

Yog`och uchun: $\sigma_K = 293 - 194\lambda$

Cho`yan uchun: $\sigma_K = a - v\lambda + c\lambda^2$

Bu erda a,v,s – empirik koeffitsientlar.

Ayrim materiallar uchun a,v,s koeffitsientlar:

Material	λ	a	V	s
St.2; St. 3	100	3100	11,4	-
St. 5	100	4640	32,6	-
Stal' 40	90	3210	11,6	-
Kremni s stal'	100	5890	38,2	-
Sosna	110	293	1,94	-
Cho`yan	80	7760	120	0,53

SIQILGAN STERJENLARNI USTUVORLIKKA AMALIY HISOBLASH

Siqilgan sterjenlarni mustaxkamlikka hisoblashda, - o`lchamlarini shunday tanlash kerakki, ularni ekspluatatsiya qilish jarayonida kuch ta`siridan ustuvorligi yo`qotilmasligi kerak. Buning uchun siqilgan sterjenni kesimidagi normal kuchlanish kritik kuchlanishdan kichik bo`lishi kerak:

$$\sigma = \frac{N}{A_{\delta}} < \frac{F_K}{A_{\delta}} = \sigma_K \quad (9.12)$$

bu yerda N – siquvchi kuch;

$A\delta$ - sterjenni zaiflashgan kesim yuzasi.

Kritik kuchlanish materialini oquvchanlik chegarasidan-plastik material uchun yoki mustaxkamlik chegarasidan mo`rt material uchun, xavfli bulishi mumkin. Shuning uchun sterjenni ustuvorlikka amaliy hisoblashda kritik kuchlanishni hosil bo`lishini cheklash kerak. Ya`ni ustuvorlikka ehtiyotlik shartini ta`minlash kerak:

$$\sigma = \frac{F_K}{A_\delta} \leq [\sigma]_y \quad (9.13)$$

Ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanish.

$$[\sigma]_y = \varphi[\sigma]$$

Ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanish $[\sigma]_y$ ustuvorlikka ehtiyotlik koefitsienti (n_y) orqali topiladi:

$$[\sigma]_y = \frac{\sigma_K}{n_y}$$

Ustuvorlikka ehtiyotlik koefitsienti n_y mustaxkamlikka ehtiyotlik koefitsienti n - dan katta qabul qilinadi: Yog`och - $n_y = 2,8$ 3,2 po`lat $n_y = 1,8$ 3,0 cho`yan $n_y = 55,5$.

$[\sigma]$ - sterjenni mustaxkamlikka ruxsat etilgan kuchlanish;

φ - mustaxkamlikka ruxsat etilgan kuchlanishni kamaytirish koefitsienti.

Koeffitsient - φ - materialni egiluvchanligiga bog`liq ravishda topiladi:

$$\lambda = \mu \frac{l}{i}$$

Yog`och uchun koefitsient φ quyidagi formula topiladi:

$$\lambda \leq 75 \text{ bo`lsa} \quad \varphi = 1 - 0,8\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2$$

$$\lambda > 75 \text{ bo`lsa} \quad \varphi = \frac{3100}{\lambda}$$

(9.13) ustuvorlik sharti quyidagicha yoziladi.

$$\sigma = \frac{F_K}{A_\delta \cdot \varphi} \leq [\sigma] \quad (9.14)$$

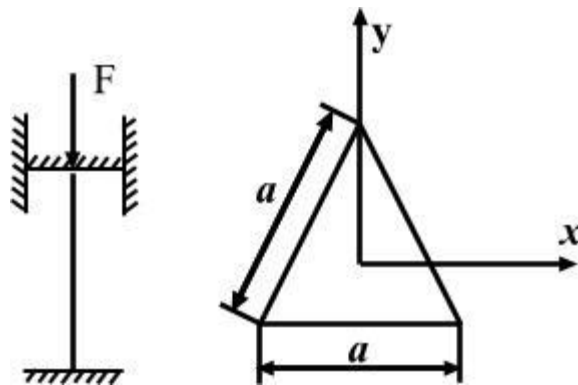
Bu shart orqali sterjenni ko`ndalang kesimi tanlanishi mumkin. Koeffitsienti φ sterjen kesimining ulchamlariga bog`liq bo`lganligi uchun uni qiymati oldindan berilgan bo`lmaydi. Shuning uchun kesimni o`lchamlari asta-sekin yaqinlashish usuli bilan topiladi. Birinchi marotaba $\varphi = 0,5$ deb olinadi. Keyingi yaqinlashishda λ ga bog`liq holda koeffitsient φ interpolyatsiya usuli bilan topiladi:

$$\varphi_1 = \varphi^1 - \frac{\varphi^1 - \varphi^{11}}{10} k$$

Topilgan φ yordamida kuchlanish aniqlanishi va uni kuchlanishni ruxsat etilgan qiymati bilan solishtiriladi. Ikkala kuchlanish orasida farq bo`lishi mumkin. Agar $\sigma < [\sigma]$ bo`lsa, kesim o`lchamining qiymati kichiklashtirilishi kerak; agar $\sigma > [\sigma]$ bo`lsa kesim o`lchamlarini oshirish kerak. Hisoblangan kuchlanish σ bilan kuchlanishni ruxsat etilgan qiymati orasidagi farq 3-5% olib borilishi kerak.

1-Masala

Uzunligi $\ell = 4,0$ metr bo`lgan va ikkita tomoni biki maxkamlangan pulatdan tayyorlangan sterjen $F = 10^5 \cdot 4$ kuch bilan siqiladi. Siqilishga ruxsat etilgan kuchlanishi $[\sigma] = 16 \cdot 10^7 \text{ MIIa}$ dan foydalanib sterjen kesimini o`lchamlari topilsin.



119-rasm

Sterjenlar sikuvchi kuch ta`sirida uz shaklini, ya`ni ustuvor muvozanatini yo`qotishi natijasida emirilishi mumkin. Siqilayotgan sterjenni ustuvor holati sterjenni materialiga va egiluvchanligi katta bo`ladi, natijada elastiklik xossasi

ortadi, kuchni ko`tarib bilish qobiliyati yaxshilanadi. Shuning uchun kesimining o`lchamlarini sterjen materialini egiluvchanligi bilan bog`liq ravishda topamiz.

1) Kesimni minimal inertsia momentini topamiz.

$$J_{MIN} = \frac{a(0.866a)^3}{36} = 0.018a^4$$

2) Kesim yuzasi $A=0,5xa = 0,433a^2$ bu yerdan

$$a = \sqrt{\frac{A}{0.433}} = 1.5\sqrt{A} \text{ hosil bo`ladi (119-rasm)}$$

3) Kesimni minimal inertsia radiusini aniqlaymiz.

4) Sterjinni egiluvchanligini topamiz:

$$\lambda = \mu \frac{l}{i_{min}} = 0.5 \frac{4}{0.375\sqrt{A}} = \frac{6.5}{\sqrt{A}} \quad (\delta)$$

(δ) formula sterjenni egiluvchanligi λ - ni ko`ndalang kesimi teng tomonli uchburchakni o`lchamlari a bilan bog`laydi. a - qiymatini uzluksiz hisoblash usuli bilan topamiz.

I - HISOBLASH

Ustuvorlik shartidan sterjen kesimini topamiz.

$$A = \frac{F}{\varphi_1[\delta]} = \frac{10^5}{0.5 \cdot 16 \cdot 10^4} = 0.00125.M^2$$

φ_1 - siqilishga ruxsat etilgan kuchlanish $[\delta]$ ni kamaytirish koeffitsientni, birinchi hisoblashda $\varphi = 0,5$ qabul qilinadi.

(δ) formula yordamida sterjenni egiluvchanligini topamiz:

$$\lambda = \frac{6,5}{\sqrt{0,00125}} - 185,71$$

Tablitsadan foydalanib $\lambda = 185,71$ egiluvchanlikka to'g'ri keladigan φ koeffitsient qiymatini interpolyatsiya usuli bilan topamiz.

$$\lambda = 180 \text{ da } \varphi^1 = 0,23$$

$$\text{va } \lambda = 100 \text{ da } \varphi^{11} = 0,21$$

$$\varphi_2 = 0,23 - \frac{0,23 - 0,21}{10} \cdot 5,71 = 0,208$$

qabul qilingan φ bilan $\lambda = 185,71$ Egiluvchanlikka to'g'ri keluvchi $\varphi_2 = 0,208$ koeffitsienti orasidagi farq katta.

II-HISOBLASH

$$A = \frac{F}{\varphi_3[\delta]} = \frac{10^5}{0,354 \cdot 16 \cdot 10^7} = 0,001765 \text{ M}^2$$

bu yerda
$$\varphi_3 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = \frac{0,5 + 0,208}{2} = 0,354$$

(δ) formula orkali egiluvchanlikni topamiz:

$$\lambda = \frac{6,5}{\sqrt{A}} = \frac{6,5}{\sqrt{0,001765}} = 151,16$$

jadvaldan

$$\lambda = 150; \quad \varphi^1 = 0,32$$

$$\lambda = 160; \quad \varphi^{11} = 0,29 \text{ va}$$

$$\varphi_4 = 0,32 - \frac{0,32 - 0,29}{10} \cdot 1,16 = 0,3165$$

Topilgan φ_3 va φ_4 orasidagi farq katta.

III-HISOBLASH

$$A = \frac{10^5}{0,316 \cdot 16 \cdot 10^7} = 1,971 \cdot 10^{-3} \text{ M}^2$$

Egiluvchanlikni topamiz:

$$\lambda = \frac{6,5}{\sqrt{0,001971}} = 146,41$$

jadvaldan $\lambda = 140; \quad \varphi^1 = 0.36$

$$\lambda = 150; \quad \varphi^{11} = 0.32$$

$$\varphi_5 = 0.334$$

Ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanish.

$$[\delta]_{\mu} = \varphi[\delta] = 0,334 \cdot 16 \cdot 10^7 = 5,34 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

Haqiqiy kuchlanishni topamiz:

$$\delta_{\mu} = \frac{F}{A} = \frac{10^5}{1,97 \cdot 10^{-3}} = 5,076 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

Haqiqiy va ruxsat etilgan kuchlanishlar orasidagi farqni topamiz:

$$\delta = \frac{[\delta]_{\mu} - \delta_{\mu}}{[\delta]_{\mu}} \cdot 100\% = \frac{5,34 \cdot 10^7 - 5,076 \cdot 10^7}{5,34 \cdot 10^7} \cdot 100\% = 4,94 < 5\%$$

Farq $\delta < 5\%$. Demak hisobni davom ettiramiz. δ ni qiymatini yana ham kamaytirish mumkin.

IV - HISOBLASH

$$A = \frac{10^5}{0,334 \cdot 16 \cdot 10^7} = 1,87 \cdot 10^{-3} \text{ M}^2$$

Egiluvchanlikni topamiz: $\lambda = \frac{6,5}{\sqrt{1,87 \cdot 10^{-3}}} = 150,25$

jadvaldan: $\varphi_6 = 0,32 - \frac{0,32 - 0,29}{10} \cdot 0,25 = 0,31925$

φ_5 va φ_6 orasidagi farq katta:

V - HISOBLASH

$$A = \frac{10^5}{0,311925 \cdot 16 \cdot 10^7} = 0,001957 \text{ m}^2$$

Egiluvchanlik

$$\lambda = \frac{6,5}{0,001957} = 146,32; \quad \varphi_7 = 0,332$$

Ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanish

$$[\delta]_{\mu} = 0,332 \cdot 16 \cdot 10^7 = 5,312 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

Haqiqiy kuchlanish

$$\delta_y = \frac{10^5}{1,957 \cdot 10^{-3}} = 5,11 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$[\delta]_{\mu}$ va δ_y orasidagi farqni topamiz.

$$\delta = \frac{(5,312 - 5,11) \cdot 10^7}{5,312} \cdot \frac{10^7}{10^7} \cdot 100\% = 3,8\% \text{ hisobni to'xtatamiz.}$$

Kesimni o'lchami

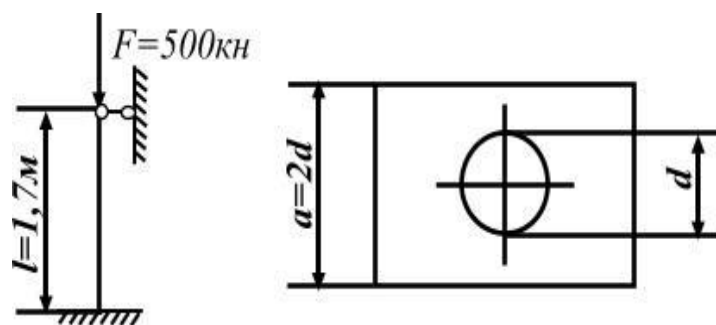
2-Masala.

Po'latdan tayyorlangan sterjen F kuch bilan siqilyapti:

$[\delta] = 160 \text{ MPa}$ kuchlanishdan foydalanib sterjen kondalang kesimini geometrik o'lchamlarini toping;

kritik kuch aniqlansin.

$$F = 500 \text{ kH}$$



120-rasm

Yechish. Sterjen kondalang kesimini geometrik xarakteristikasi:

$$A = 2d \cdot 2d - \frac{\pi d^2}{4} = 3.215d^2$$

$$J_{\min} = \frac{a^4}{12} - \frac{\pi d^4}{64} = \frac{(2d)^4}{12} - \frac{\pi d^4}{64} = 5.27d^4$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{5.27d^4}{3.215d^2}} = 1.28d$$

II - HISOBLASH

$$(\varphi = 0.5)$$

$$A = \frac{F}{\varphi[\sigma]} = \frac{500}{0.5 \cdot 160 \cdot 10^3} = 0.00625 \text{ m}^2$$

Unda

$$d = \sqrt{\frac{a}{3.215}} = \sqrt{\frac{0.00625}{3.215}} = 0.0441 \text{ m}$$

Sterjenni egiluvchanligi

$$\lambda = \tilde{u}^7 \frac{1.7}{0.0564} = 21.2$$

Tablitsadan po`lat materiali uchun:

$$\lambda = 20 \quad \text{da} \quad \varphi_1 = 0.06$$

$$\lambda = 30 \quad \text{da} \quad \varphi^4 = 0.94 \text{ topamiz.}$$

Interpoltsiya usuli bilan $\lambda = 21,1$ egiluvchilik uchun φ ni qiymatini topamiz.

$$\varphi_1 = 0,96 - \frac{0,96 - 0,94}{10} \cdot 1,1 = 0,9578$$

φ -birinchi marotaba qabul qilingan $\varphi = 0,5$ dan farq qiladi.

II - HISOBLASH

$$\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = \frac{0,5 + 0,9578}{2} = 0,7289$$

$$A = \frac{500}{0,7289 \cdot 160 \cdot 10^3} = 0,0042872 M^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0,0042872}{3,215}} = 0,036 M$$

$$I_{min} = 1,28 \cdot 0,036 = 0,046 M$$

Sterjenni egiluvchanligi.

$$\lambda = 0,7 \frac{1,7}{0,046} = 15,87$$

Tablitsadan sterjenni materialiga va egiluvchanligiga qarab

$$\lambda = 20 \quad \text{da} \quad \varphi' = 0,96 \quad \text{va}$$

$$\lambda = 30 \quad \text{da} \quad \varphi'' = 0,94 \quad \text{ni topamiz.}$$

Topilgan $A = 0,0042872 \text{ m}^2$ kesim yuzasi va $\varphi_3 = 0,94826$ qiymatda ustuvorlikni ta'minlash kerak bo'lgan ruxsat etilgan kuchlanishni topamiz.

$$\sigma_n = \frac{500}{0,948 \cdot 0,0043} = 122,6 \cdot 10^3 \frac{km}{M^2} < [\sigma]$$

Demak, sterjen tashqi siquvchi kuch bilan to'liq yuklanmagan. φ - ni yangi qiymatini topamiz:

III – HISOBLASH

Sterjen' o'lchami $d = 0.03M$ qabul qilamiz. Unda

$$A = 3.215d^2 = 3.215 \cdot (0.03)^2 = 0.00289M^2$$

Ko`ndalang kesimni inertsiya radiusini topamiz:

$$\lim in = 1.28 \cdot 0.03 = 0.0384M$$

Sterjenni egiluvchanligi

$$\lambda = 0.7 \frac{1.7}{0.0384} = 30.98$$

Tablitsadan po`lat sterjen uchun.

$\lambda = 30$ da $\varphi^1 = 0.94$ va $A = 40$ da $\varphi^4 = 0.92$ ni qabul qilamiz.

Anterpolyatsiya usuli bilan $\varphi_4 = 0.938$ ni topamiz.

IV- HISOBLASH

$$\varphi_5 = \frac{0.9452 + 0.938}{2} = 0.943$$

Ustuvorlik shartidan sterjenni ko`ndalang kesim yuzasi

$$A = \frac{500}{0.943 \cdot 160 \cdot 10^3} = 0.00331M^2$$

va o`lchami

$$d = \sqrt{\frac{0.00331}{3.215}} = 0.032M$$

ko`ndalang kesimni inertsiya radiusi $i = 1.28 \cdot 0.032 = 0.04096M$

Sterjenni egiluvchanligi $\lambda = 0.7 \frac{1.7}{0.04096} = 29.05$ tablitsadan

$\lambda = 20$ da $\varphi^1 = 0.96$ va

$\lambda = 30$ da $\varphi^4 = 0.94$;

interpolyatsiya usuli bilan $\varphi_6 = 0.942$ topamiz.

$\varphi_6 = 0.942$ qiymatda ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanish

$$[\sigma]_y = 0.942 \cdot 160 \cdot 10^3 = 150.72MIIa \text{ bo`lib}$$

$$\sigma_y = \frac{500}{0.942 \cdot 0.00331} = 160.36MIIa$$

tenglashadi. δ_y ni qiymati oddiy cho`zilish va siqilishga ruxsat etilgan kuchlanishidan 0,22% katta bo`lib, $[\delta]_y$ dan esa 9,638 MPa farq qiladi. Shuning uchun sterjenni o`lchamini $d = 0.033M$ olib ko`ramiz.

V- HISOBLASH

$$d = 0.033M \text{ va } A = 3.033 = 0.04225M$$

Sterjen kesimini inertsiya radiusi.

$$i_{\min} = 1,28 \cdot 0,033 = 0,04225 \text{ m} \quad \text{va}$$

egiluvchanligi

$$\lambda = 0.7 \frac{1.7}{0.04225} = 28.16$$

qiymatida tablistadan

φ - ni yangi qiymatini topamiz:

$$\varphi_7 = 0.96 - \frac{0.96 - 0.94}{10} \cdot 8.16 = 0.9437$$

Ustuvorlikka ruxsat etilgan kuchlanish

$$[\sigma]_y = 0.9437 \cdot 160 = 151.000 \text{ MPa} \quad \text{va}$$

$$\sigma_y = \frac{500}{0.9437 \cdot 0.0035} = 151.379 \text{ MPa}$$

Po`lat materiali uchun egiluvchanlik ($\lambda_0 = 100$) 100 dan kichik bo`lsa, kritik kuchni topish uchun empirik formuladan foydalanamiz:

$$F_{kp} = A(a - b\lambda) = 0.0035(310 - 1.14 \cdot 28.16) \cdot 10^3 = 972.65 \text{ kN}$$

Ustuvorlikka extiyotlik koeffitsienti

$$H_y = \frac{F_{kp}}{F} = \frac{972.65}{500} = 1.95$$

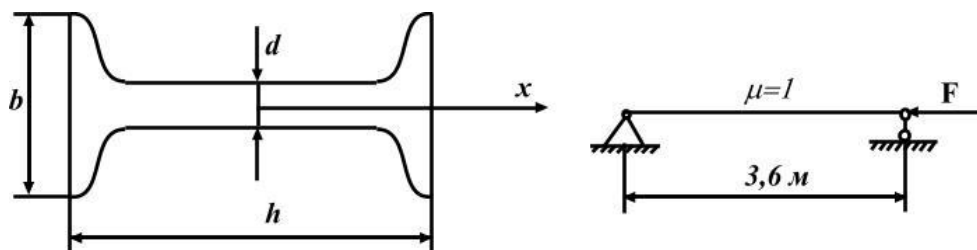
Sterjenga kuyilishi mumkin bo`lgan kuchni ruxsat etilgan qiymati

$$[F] = \varphi A [\delta] = 0.9437 \cdot 0.0035 \cdot 160 \cdot 10^3 = 528.472 \text{ kN}$$

3 - Masala

Po`latdan tayyorlangan sterjen' (qo`shtavrli profil) G*28t. bilan siqilayapti. Sterjenni ustuvorlik shartidan foydalanib kesimi tanlansin.

Ruxsat etilgan kuchlanishi $[\delta_b = 1600 \text{ k}z / \text{cm}^2$.



121-rasm

Yechish.

I-HISOBLAS

Sterjenni hisoblangan kesim yuzasini topamiz:

$$A = \frac{F}{\varphi \cdot [\delta]} = \frac{2800}{\varphi \cdot 1600} = \frac{17.5}{\varphi};$$

$$\varphi = 0,5 \text{ unda } A = 35 \text{ cm}^2.$$

Kesim yuzasi $A=35 \text{ cm}^2$ bo`lgan qo`shtavrli katalogdan tanlaymiz. Qo`shtavr 24; $A = 34.8 \text{ cm}^2$; $J_y = 198 \text{ cm}^4$.

Kesimni minimal inertsiya radiusini topamiz:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{198}{34.8}} = 2,385 \text{ cm}$$

Sterjenni egiluvchanligi: $\lambda = 1 \cdot \frac{360}{2.385} = 150.94$ Jadvaldan St.3. materiali uchun φ -ni qiymatini topamiz:

$$\begin{array}{ll} \lambda = 150 & \varphi^1 = 0.32 \\ \lambda = 160 & \varphi^4 = 0.29 \end{array}$$

Interpolyatsiya usuli bilan

$$\varphi_1 = 0,32 - \frac{0,32 - 0,29}{10} \cdot 0,94 = 0,317 \text{ va}$$

$$\varphi = \frac{0,5 + 0,317}{2} = 0,4085 - \text{ni topdik.}$$

$\varphi > \varphi_2$ Shuning uchun:

II - HISOBLASH

$A = \frac{17,5}{0,4085} = 42,84 \text{sm}^2$ kesim yuza № 27a qo'shtavni kesim yuzasiga yaqin:

$$A = 43,2 \text{sm}^2 \quad J_y = J_{\min} = 337 \text{sm}^4$$

Sterjenni egiluvchanligi

$$\lambda = \frac{360}{\sqrt{\frac{337}{43,2}}} = 128,89$$

jadvaldan

$$\lambda = 120; \varphi^1 = 0,45$$

$$\lambda = 130; \varphi^4 = 0,4$$

$$\text{Unda } \varphi_3 = 0,45 - \frac{0,45 - 0,4}{10} \cdot 8,89 = 0,406$$

Haqiqiy kuchlanishni topamiz:

$$\sigma_x = \frac{28000}{43,2} = 648,15 \text{ kg/sm}^2$$

Ruxsat etilgan kuchlanish: $[\sigma]_y = 0,406 \cdot 1600 = 649,6 \text{ kg/sm}^2$; $\sigma_x < [\sigma]$ Shuning uchun №27a qo'shtavrli kesimni tanlaymiz. Cterjenni egiluvchanligi $\lambda > 100$. Kritik kuchni eyler formulasi yordamida topamiz:

$$F_{kp} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{\ell^2} = \frac{(3,14)^2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 337}{(360)^2} \approx 52006 \text{kg}$$

Koeffitsient

$$K_y = \frac{F_k}{F} = \frac{52006}{28000} \approx 1,86$$

8-MODUL.MA`RUZA №19

DINAMIK KUHLAR. UMUMIY TUSHUNCHALAR

REJA:

1. Dinamik kuch ta`sirida element zarrachalarini harakat tezlanishi vaqt oralig`ida sezilishi.
2. Inertsia kuchi haqida tushuncha.
3. Tekis tezlanishli harakatda kuchlanishni aniqlash.
4. Trosni ixtiyoriy tanlangan ko`ndalang kesimidagi dinamik kuchlanish.
5. Sistemani mustahkamlik sharti.
6. Zarb ta`sirida kuchlanish.
7. F_g – kuchni topish uchun energiyaning saqlanish qonuni.
8. Dinamik deformatsiya kuchlanish va kuch statik deformatsiyasiga bog`liqligi.
9. K_g – koeffitsientni aniqlash formulasi.
10. Zarbga sinash.

Materiallar qarshiligi fanini asosiy massasi-konstruktsiya qismlarini ko`ndalang kesimini o`lchamlari yoki ularni materialini tanlashni, shu paytgacha faqat, statik yuk ta`sirida o`rgandik. Nol`dan o`zining oxirgi qiymatiga sekin-asta o`sadigan kuch, statik yukga misol bo`ladi. Statik yuk ta`sirida element deformatsiyasini tezligi vaqt oralig`ida sezilarli bo`lmaydi, chunki bunda inshoot qismlarida paydo bo`ladigan harakat tezlanishi juda kichik bo`ladi. O`zgarmas tezlik bilan ko`tarilayotgan yukni kanat (ip) ga ta`siri statik kuch; agar yuk ma`lum tezlanish bilan ko`tarilsa - dinamik (ta`sir) kuch bo`ladi. Dinamik kuch ta`siridagi element zarrachalarini harakat tezlanishi vaqt oralig`ida sezilarli bo`ladi. Dinamik yuk o`zining qiymati va holatini o`zgartirib turishi mumkin.

Dinamik yuk ta`siridagi element Dalamber printsipiga asosan xar daqiqa tashqi va inertsia kuchlari ta`sirida muvozanatda deb qarash mumkin. Inertsia kuchlari element materialining sifatida zarrachalarni harakatining tezlanishi asosida qo`shimcha kuch hosil bo`ladi va shu zarrachalarga qo`yilgan deb qabul qilinadi. elementni xususiy og`irligi kabi, inertsia kuchi ham hajmiy kuch deb karalishi mumkin.

Har bir zarrachaga taʼsir qiluvchi elementar inertsiya kuchini qiymati dP_i , zarrachani massasi dm - ni uni tezlanishi a ga kupyatmasiga tengdir va tezlanishga teskari tomonga yunaladi:

$$dP_i = dm \cdot a \quad (10.1)$$

elementar zarracha massasi $dm = \frac{dG}{g}$ ni hisobga olsak

$$dP_i = \frac{dG}{g} \cdot a = \frac{\lambda dv}{g} \cdot a \text{ hosil boʻladi.}$$

$dG = \lambda dv$ zarrachani xususiy ogʻirligi;

g - erkin tushish tezlanishi, $9,81 \text{ m/sek}^2$;

λ - materialni hajmiy ogʻirligi; kn/m^3 ;

dv - zarrachani elementar hajmi, m^3

Sterjenli sistemalarni hisoblashda hajmiy inersiy kuchlari, sterjinni oʻqi boʻylab tarqalgan inertsiya kuchlari bilan almashtiriladi. elementlar uzunlik dx boʻylab tarqalgan unersiya kuchi

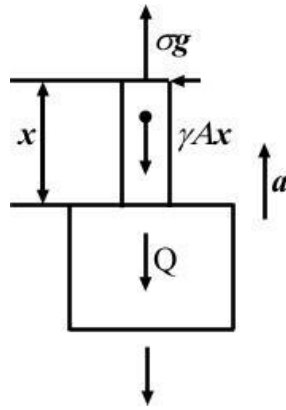
$$dP_i = \frac{\gamma dx}{g} \cdot a \quad (10.2)$$

(10.2) formula bilan topiladi.

Ichki yozuv dvigatellarining kimlari, tebranma xarakatlarida qatnashuvchi kontruksiyalar, zarb tasirida ishlaydigan mexanizm dinamik yuklar taʼsirida boʻladi.

TEKIS TEZLANISHLI HARAKATDA KUCHLANISHNI ANIQLASH (STATIK HISOBLASHGA KELITIRILADIGAN DINAMIK MASALALAR.)

1.Trosni hisoblash.



122-rasm

a - taezlanish bilan yuqoriga harakat qilayotgan og'irligi K bo'lgan yuk po'latdan tayyorlangan trosga osilgan. Trosni ixtiyoriy x uzunlikdan kesib, pastki qismini muvozanat holatini o'rganamiz. Tros o'zini xususiy og'irligi γAx , K yuk va yukni yuqoriga a tezlanish bilan harakat qilishda hosil bo'lgan qo'shimcha inertsiya kuchi $\frac{Q + \gamma Ax}{g} \cdot a$ ta'sirida bo'ladi. Trosni ixtiyoriy tanlangan ko'ndalang kesimidagi dinamik kuchlanishi quyidagicha topiladi:

$$\sigma g = \frac{Ng}{A} = \frac{1}{A} \left(Q + \gamma Ax + \frac{Q + \gamma Ax}{g} \cdot a \right) = \frac{Q + \gamma Ax}{A} \left(1 + \frac{a}{g} \right) \quad (10.3)$$

trosni harakatlanmayotgan, ya'ni yukni qo'zgalmas bo'lgan holatidagi kuchlanish - σ_{sm} (10.4)

demak

uchlarini

$$\sigma_g = \sigma_{cm} \left(1 + \frac{a}{g} \right) = K_g \cdot \sigma_{cm} \quad (10.4)$$

$K_g 1 + \frac{a}{g}$ dinamik koeffitsent deyiladi.

SHunday qilib, yukni tekis tezlanishda harakatlantirsak dinamik kuchlanish statik mikdordan katta bo'lar ekan. Sistemani mustaxkamlik sharti.

$\sigma_{g, \max} = \sigma_{sm, \max} K_g \leq [\sigma]$ - dan quyidagini hosil kilamiz

$$\sigma_{cm, \max} = \frac{[\sigma]}{K_g} \quad (10.5)$$

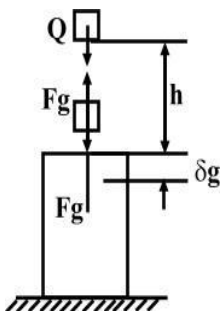
demak koeffitsientni nazariy usul bilan topish mumkin bo`lmasa, faqat tajribaviy Kg ishlatilsa, dinamik masalalar statik hisoblash bilan almashtiriladi.

ZARB TA`SIRIDA KUCHLANISH

Konstruksiya qismini yoki bir bo`lagini juda kichik davr davrida, tezligini o`zgarishi hodisasi – zarb ta`sirida sodir bo`ladi. Zarb ta`sirida zarblanuvchi va zarb beruvchi qismlar orasida juda katta bosim hosil bo`ladi. Zarb ta`sirini tezligi qisqa vaqt oralig`ida o`zgaradi va xususiyl holda nolga kadam yakinlashadi. Chunki zarblanuvchi elementda, zarb beruvchi elementni teskari yunalishga xarakatini o`zgartiruvchi reaksiya Fg hosil bo`ladi, ya`ni.

$$Fg = \frac{Q}{g}$$

Bu erda Q zarb beruvchi elementni og`irligi.



123-rasm

Zarb davomida zarb beruvchi va zarblanuvchi elementlaridagi Fg reaksiyalar o`zaro teng. Agar Fg kuch ma`lum bo`lsa zarblanuvchi elementlardagi kuchlanishni topamiz. Lekin zarbni davom qilish vaqti noma`lum bo`lganligi uchun (Q yukni – zarb ta`sirida tezligini nolga qadam tushish davri) tezlanishi topib bo`lmaydi. Shuning uchun Fg kuchni qiymati ham noma`lum. Fg kuchni topish uchun energiyani saqlanish qonunidan foydalanamiz:

1) Zarbni kinetik energiyasi zarblanuvchi element deformatsiyasini potentsial energiyasi aylanadi, ya`ni

$$T = U_g \quad (10.6)$$

2) kuchlanishni va deformatsiyani zarblanuvchi elementni hajmida teng tarkalgan deb qabul qilinadi.

Zarb ta'sirini oxirida Q yuk $h + \delta_g$ masofani bosib o'tadi. Unda Q yukni kinetik energiyasi bajarilgan ishga teng bo'ladi:

$$T = A_g = (h + \delta_g) \cdot Q \quad (10.7)$$

Zarblanuvchi element deformatsiyasini potentsial energiyasini topish uchun, statik deformatsiyani potentsial energiyasidan foydalanamiz:

$$u_c = \frac{1}{2} Q \cdot \delta c \quad (10.8)$$

bu erda $\delta c = \frac{Q}{c}$ yoki $Q = c \cdot \delta c$

C – elementni bikirlik koeffitsienti; elementni shakli, o'lchamlari va materialiga, deformatsiya turiga bog'liq.

Unda
$$Uc = \frac{1}{2} Q \delta c = \frac{c}{2} \cdot \delta c^2$$

Zarblanuvchi elementni deformatsiya elastik bo'lsa, dinamik kuchlanish σ_g materialni proportsionallik chegarasidan katta bo'lmaydi, Guk qonunidan foydalanish mumkin:

$$\delta_g = \frac{Fg}{c}$$

va
$$Ug = \frac{Fg \delta g}{2} = \frac{c}{2} \cdot \delta_g^2 = \frac{Q}{2\delta c} \cdot \delta_g^2 \quad (10.9)$$

bu erda
$$c = \frac{Q}{\delta c}$$

Topilgan T va Ug – larni ifodalarini (10.6) formulaga keltirib qo'ysak

$$Q(h + \delta g) = \frac{Q}{2\delta c} \cdot \delta_g^2 \quad (10.10)$$

yoki
$$\delta_g^2 + 2\delta c \delta g - 2h\delta c = 0 \quad (10.11)$$

hosil bo'ladi.

Bu yerdan $\delta g = \delta c \pm \sqrt{\delta c^2 + 2h\delta c}$

va
$$\delta g = \delta c \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta c}} \right] = Kg \cdot \delta c \quad (10.12)$$

Guk qonuniga asosan kuchlanish va kuch deformatsiyaga proporsional, unda

$$\sigma_g = \sigma_c \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta c}} \right] = Kg \cdot \sigma_{sm} \quad (10.13)$$

va
$$Fg = Q \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta c}} \right] = Kg \cdot Q \quad (10.14)$$

YUqoridagi formulalardan ko`rinishicha dinamik deformatsiya, kuchlanish va kuch statik deformatsiyaga bog`liq ekan.

Kg - dinamik koeffitsient.

Agar, Q yuk $h=0$ masofadan tushib zarb bersa $\delta g = 2\delta c$; $\sigma_g = 2\sigma_{cm}$ va $Fg=2Q$ hosil bo`ladi.

Agar, h masofa δc deformatsiyadan katta bo`lsa, $2h/\delta c$ qiymatga nisbatan ildiz octidagi birini hisobga olmasak ham bo`ladi, ya`ni

$$Kg = 1 + \sqrt{\frac{2h}{\delta c}} \quad (10.15)$$

bu erda $\frac{2h}{\delta c} > 10$ bo`lsa, xatolik 5% katta bulmaydi.

Unda
$$\delta g = \delta c \left(1 + \sqrt{\frac{2h}{\delta c}} \right) \text{ va } \sigma_g = \sigma_c \left(1 + \sqrt{\frac{2h}{\delta c}} \right)$$

Agar, $\frac{2h}{\delta_{cm}}$ qiymatni juda katta deb qabul kilsak, Kg -ni quyidagicha taqribiy formula bilan topamiz:

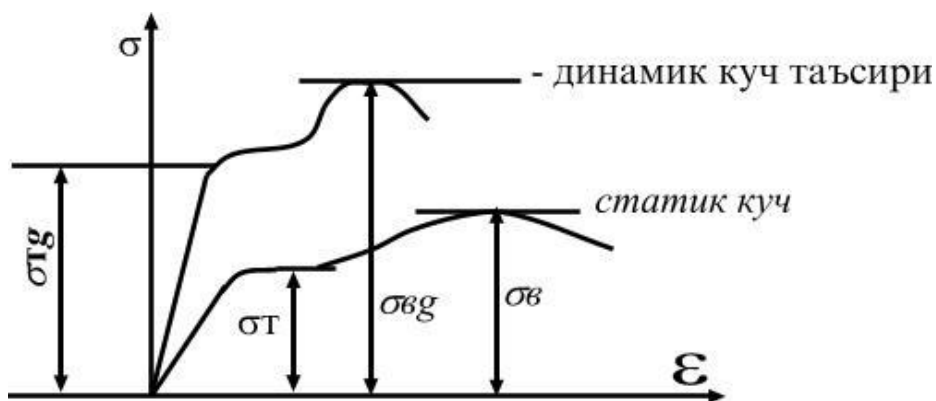
$$Kg = \sqrt{\frac{2h}{\delta c}} \quad (10.16)$$

bu erda $\sigma_g = \sigma_{cm} \sqrt{\frac{2h}{\delta c}}$ kuchlanishni hisoblashda, (10.16) formulaga nisbatan kuyilgan xatolik 10% oshib ketmasligi uchun $\frac{2h}{\delta c} > 110$ bo`lishi kerak.

ZARBGA SINASH

Tajribalar natijasiga ko`ra, bir xil materialdan tayyorlangan namunalar statik va dinamik kuchlarga har xil qarshilik ko`rsatishi aniqlangan. MASALAN: namunalarni cho`zilishiga katta tezlikda sinashda olingan diagramma statik kuch ta`siridagi diagrammadan farq qiladi (124-rasm).

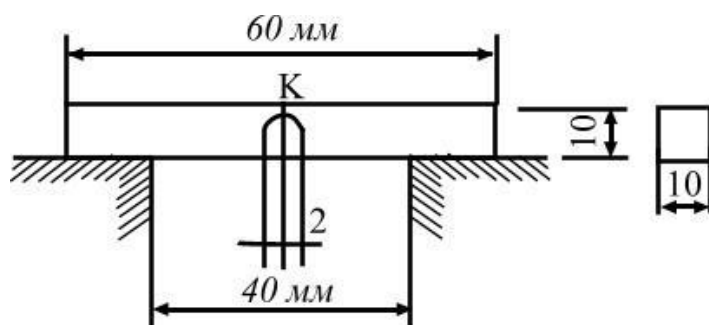
1) Dinamik kuch ta`sirida materialni oquvchanlik va mustaxkamlik chegaralari kattalashadi;



124-rasm

- 2) emirilishdagi qoldiq deformatsiya kamayadi;
- 3) diagramma σ o`qi tomonga siljiydi;
- 4) oquvchanlik chegarasi kamayadi;
- 5) materialni elastiklik moduli kattalashadi.

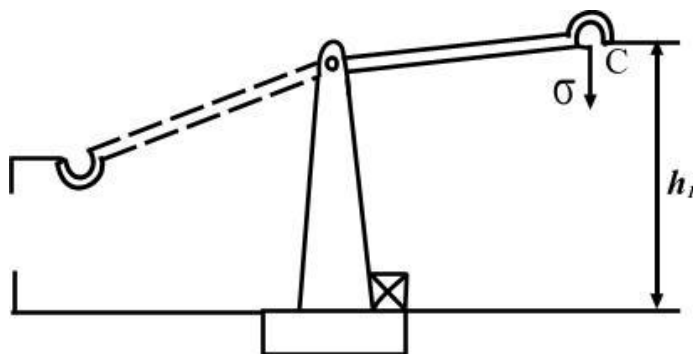
Zarb ta`siridan plastik materialda mo`rtlik namoyon bo`lishi mumkin, ya`ni plastik material mo`rt materialdek emiriladi. Davshenko N. N. tajribasiga asosan, zarb ta`siridan oquvchanlik chegarasi 20-70% ga; mustaxkamlik chegarasi 10-30%ga ortadi. Materialni zarbga sinash uchun maxsus namuna tayyorlanadi (125-rasm).



125-rasm

Materialni og'irroq vaziyatda ishlatish uchun namunada o'lchamlari 2 mm bo'lgan kanal tayyorlanadi. Mayatnik tipidagi koperda namunaga K nuqtadan zarb beriladi (126-rasm).

C mayatnik h_1 balandlikdan tushib namunani emiradi va ortiqcha qolgan energiya hisobiga $h_2 < h_1$ balandlikka ko'tariladi. Mayatnikni bajargan ishi $W = \sigma(h - h_2)$ -ni bir qismi namunani emirishga sarflanadi. Ishni bir qismi – ishqalanishga, havoni qarshiligini engishga sarflanadi.



126-rasm

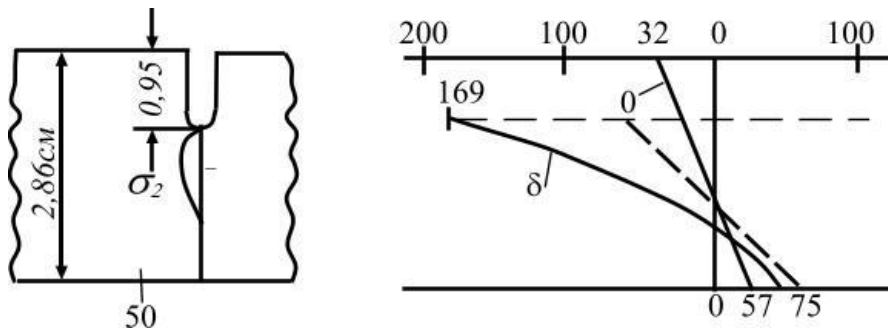
Materialni zarb ta'siriga qarshilik ko'rsatib bilish qobiliyatini – zarbga qovushqoqlik xarakteristikasi aniqlaydi:

$$a = \frac{W_1}{A} = \frac{W - \Delta W}{A} \quad (10.17)$$

a xarakteristika qancha katta bo'lsa, materialni zarb ta'siriga qarshilik ko'rsatish qobiliyati shuncha yaxshi bo'ladi.

a -ni qiymati tajribani o'tkazish sharoitiga, namunani o'lchamlariga bog'liq bo'ladi.

Namunani zaiflashgan kesimini kuchlanishni tarqalish qonuniyati 127- rasmda ko`rsatilgan.



127- rasm

(a) Diagramma namunada kanalcha bo`lmagan paytdagi kuchlanish epyurasi.

(b) Diagramma namunani zarb ta`siridan egilishdagi normal kuchlanish (σ_{13}) epyurasi. Punktlar chiziqlar epyura kanal yonida kuchlanishni mahalliy to`plami hosil bo`lmagan paytdagi kuchlanishni tarqalish qonuniyati. Diagrammadan ko`rinishicha, namunani balandligini 0,95 sm ga kamaytirganda kuchlanish mahalliy to`plami bilan 5,22 marotaba kattalashar ekan.

Kanalchani asosida joylashgan materiallar hajmiy kuchlanganlik holatida bo`ladi. (2 kuchlanish namunani o`qiga parallel, σ_1 perpendikulyar joylashgan. Bu material oquvchanlik chegarasidan katta bo`lgan $\sigma_1=1,25 \sigma_T$ plastik deformatsiya oladi, va mo`rt holatda bo`ladi.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

1. Dinamik kuch deganda nimani tushunasiz?
2. Dalamber printsipiga asosan inertsiya kuchini toping.
3. Trosni ixtiyoriy tanlangan ko`ndalang kesimidagi dinamik kuchlanish formulasini yozing.
4. Dinamik koeffitsient nimaga teng?
5. Zarb ta`sirida kuchlanish deganda nimani tushunasiz?
6. – kuchni topish uchun energiyaning saqlanish qonunini tushuntiring.
7. Dinamik deformatsiya kuchlanish va kuch statik deformatsiyaga bog`liqligi.
8. Bir xil materialdan tayyorlangan namunalarning statik va dinamik kuchlarga har xil qarshilik ko`rsatishi.
9. Qovushqoqlik deganda nimani tushunasiz?
10. Materialni zarbga sinash uchun maxsus namunani chizib ko`rsating

O`ZGARUVCHAN KUHLANISHLAR

REJA:

1. O`zgaruvchan kuchlanishlarni materialni mustahkamligiga ta`siri.
2. O`zgaruvchan yuklar ta`sirida material strukturasi o`zgarishi.
3. Darz asosida materiallar hajmi kuchlanganlik holati.
4. O`zgaruvchan yuklar ta`sirida emirilish.
5. Kuchlanishlar tsikllarining turlari.
6. Ishlash jarayonida kuchlanishlar tsikllari juda ko`p davom etishi mumkin va turlicha bo`lishi.
7. TSikl xarakteristikasi.
8. TSikl ko`rinishini amplitudasi.
9. Simmetrik tsiklda chidamlilik chegarasini aniqlash.
10. Nosimmetrik tsiklda chidamlilik chegarasini aniqlash.

Materiallarni, sistematik ravishda qiymatini yoki qiymati va ishorasini o`zgartirib turadigan yuklarga qarshiligi, ularni statik yoki zarb tasiriga qarshiligidan farq qiladi. Shuning uchun materialni o`zgaruvchan yuklar ta`siridagi mustahkamlikni o`rganish masalasi alohida ahamiyatga ega. Qiymatni jihatidan o`zgaruvchan va juda ko`p va takrorlanadigan yuklar ta`sirida mashinalarni qismlari, tasodifan va sezilarli darajada qoldiq deformatsiya hosil qilmay emirilishi, ancha oldindan aniq edi. Injenerlarni, sinovlarda uzayishini, qisqarishni ifodalovchi plastiklik xossalari bo`lgan materialdan tayorlangan mashina qismlarini mo`rt materiallarday emirilishi qiziqtirib qolgan edi. O`zgaruvchan yuklar ta`sirida materiallarni strukturasi o`zgaradi, Shuning uchun materialda "toliqish"- charchash" hosil bo`lib emiriladi - degan fikr paydo bo`lar edi. XX asr boshlarida materiallarni strukturasi va mexanik xossalari o`zgaruvchan kuchlanishlar ta`sirida o`zgarmas ekanligi isbotlandi. Masalan: parovoy mashinani shtoki yoki poezd vagonining o`qi uzoq vaqtlar o`zgaruvchan kuchlanishlar ta`sirida ishlasa ham o`zining strukturasi va plastiklik xossalarini o`zgartirmaydi. Ko`plab o`tkazilgan tajribalar shuni ko`rsatadiki, o`zgaruvchan yuklar mikro darz (yorilish) paydo bo`ladi. Mikro darz, o`sib boshqa mikro darzlar bilan qo`shiladi va detalni ichkari tomon rivojlanadi. O`zgaruvchan yuklar ta`sirida darz ketgan yuzalar o`zaro yaqinlashadi va bir-biriga bosim ta`sirini o`tkazadi. Natijada darz yuzalari silliqlashadi. Yangi rivojlangan darz yuzasi esa qo`pol va donador bo`ladi. Bu holat mo`rt emirilishga yaqindir. O`zgaruvchan yuklar ta`siridagi emirilishni bunday mexanizmi darz rivojlanishi bilan detalni kesma va detalni mustahkamligi kamayib borayotganini to`g`ri tushintiradi.

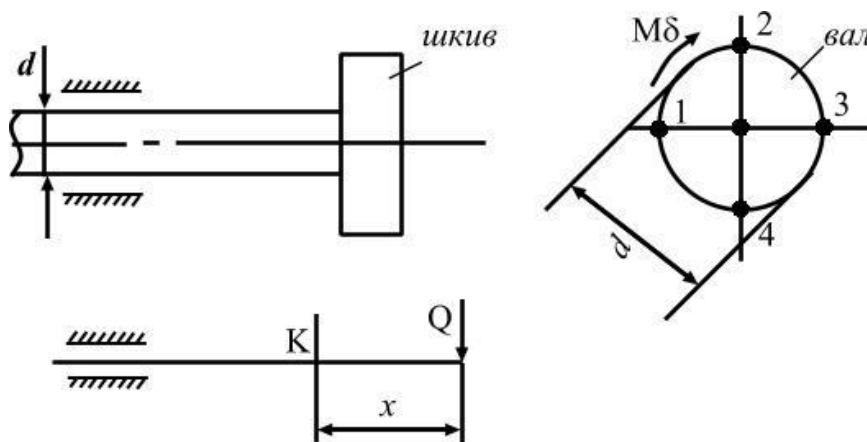
Darzni asosidagi materiallar hajmi kuchlanganlik holatida bo`ladi. Bunday emirilish va kuchlanganlik holati mahaliy xarakteriga ega chunki darz va kuchlanganlik holati materialni hamma qismida ham hosil bo`lmaydi.

Demak texnikani fanni rivojlanishining yangi etapida materiallarni o`zgaruvchan yuklar ta`sirida emirilishiga asosiy sabab, uning "toliqishi" - "charchashi" emas ekan, balki detalni sirtida hosil bo`lgan darz yuzasi ekan. Shuning uchun, toliqish terminida-materiallarni asta-sekin rivojlanadigan mikrodarz ta`siridan emirilishi tushuniladi.

KUHLANISHLAR TSIKLLARINING TURLARI

Bir uchiga shkiv o`rnatilgan valni sirtidan ajratilgan K nuqtani valni aylanishlariga turli holatlariga to`g`ri keladigan kuchlanishni topaylik (128- rasm).

Agar val shkivni og`irligi Q ta`siridan egiladi deb qabul qilsak, valni ko`ndalang kesim yuzasidan egilishdagi normal kuchlanishlar hosil bo`ladi. Kesim yuzasidan 1 va 3 nuqtalar



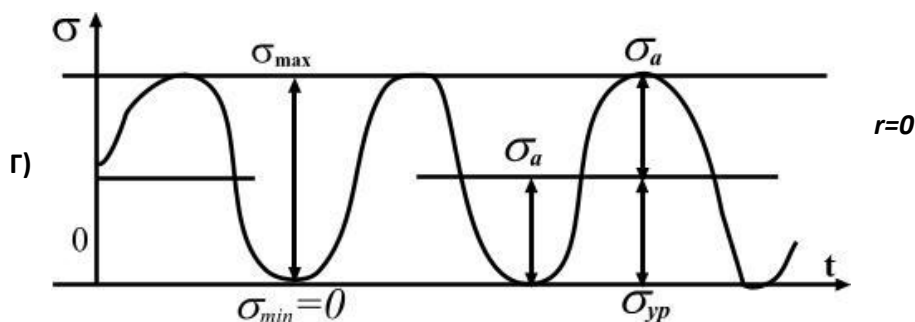
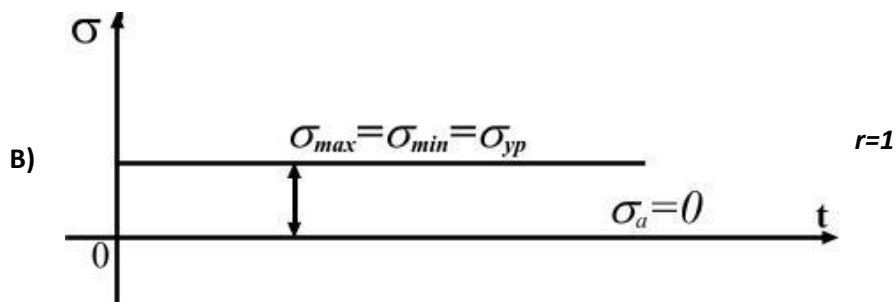
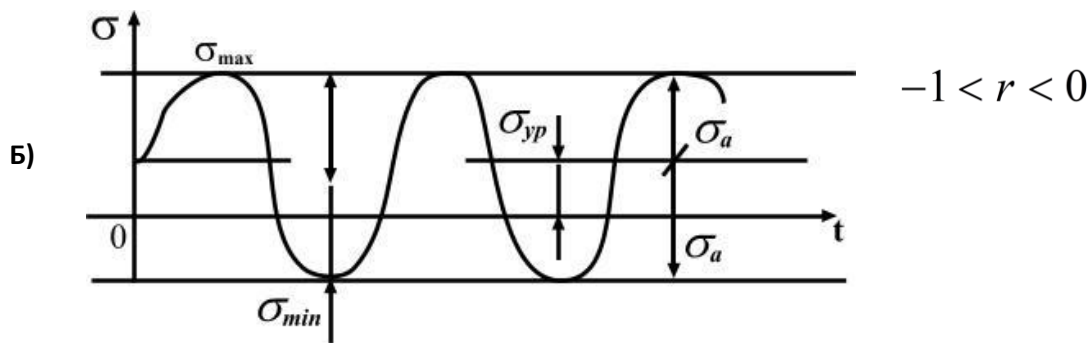
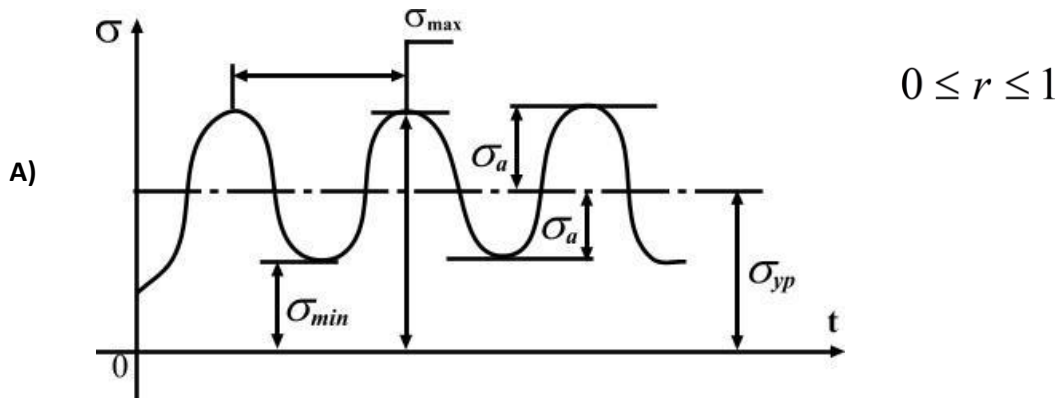
128-rasm

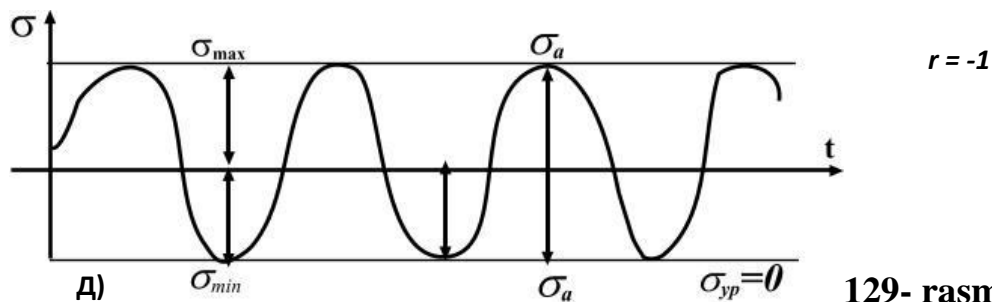
neytral o`q ustida joylashadi. Shuning uchun bu nuqtalarda egilishdagi normal kuchlanish nolga teng ($\delta = 0$). 2 va 4 nuqtalar val materialini cho`ziladigan va siqiladigan tolalarda joylashgan. Bu nuqtalardagi normal kuchlanishlar o`zaro teng va qarama-qarshi ishoralidir.

Agar, valni aylanishini hisobga olsak, vaqt oralig`ida, ya`ni ma`lum bir davrda (T) bu nuqtalarni o`rni almashib turadi. Demak, K nuqtani holati 1,2,3 va 4 nuqtalar holati bilan mos tushishi mumkin ekan. Natijada, K nuqtani kuchlanishi vaqt

oralig'ida qiymatini va ishorasini o'zgartiradi. Bir davr ichida kuchlanishni o'zgarishiga kuchlanish tsikli deyiladi.

Konstruktsiya qismlarini ishlash jarayonida kuchlanishlar tsikllari juda ko'p davom etishi mumkin va turlicha bo'ladi (129-rasm).





129- rasm

MASALAN: 1) nosimmetrik o`zgaruvchan kuchlanishlar (129-rasm a,b,v,g);
 2) simmetrik tsikli o`zgaruvchan kuchlanish. Nosimmetrik o`zgaruvchan kuchlanishlar bir xil ishorali (129-rasm a); har xil ishorali (129-rasm b) va noldan boshlanadigan tsikl bo`ladi.

Agar kuchlanishlarni ($\sigma_{\max} = \sigma_{\min}$) maksimal va minimal qiymatlari teng va bir xil ishorali bo`lsa – o`zgarmas kuchlanishlar deyiladi. (129-rasm v). Simmetrik tsikli o`zgaruvchan kuchlanishlarni maksimal va minimal qiymatlari bir-biriga teng va har xil ishoralidir.

Kuchlanishlarni ishorasini hisobga olganda, minimal kuchlanishni maksimal kuchlanishga nisbati tsikl xarakteristikasi deyiladi ya`ni

$$r = -\frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \text{ va } r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

TSikli o`rtacha kuchlanishi quyidagicha topiladi:

$$\sigma_{yp} = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2};$$

TSikl kuchlanishini amplitudasi

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

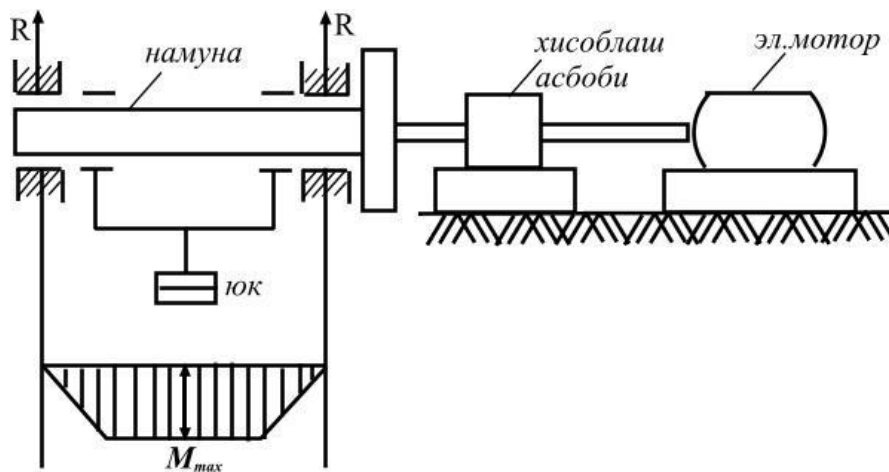
SIMMETRIK TSIKLDA CHIDAMLILIK CHEGARASINI ANIQLASH.

Materialda darz paydo bo`lib emirilishi uchun faqat uni toliqishi kifoya qilmasdan, balki eng katta kuchlanish materialini chidamlilik chegarasidan oshib ketishi kerak.

Chidamlilik chegarasi deb tsikllar soni juda ko`p bo`lganda detallarni toliqib emirilishiga sabab bo`lmaydigan eng katta kuchlanishga aytiladi. Simmetrik tsikllarni chidamlilik chegarasi σ_{-1} oddiy cho`zilish va siqilishda σ_{+1} bilan belgilanadi.

Simmetrik tsikllarni chidamlilik chegarasi boshka tsikllardagi chidamlilik chegarasidan kichik va uni tajribada aniqlash mumkin. Buning uchun bir xil materialdan 6-10 ta namuna tayyorlab olinadi. Namuna doiraviy kesimli bo`lib shariko podshibnik orqali shunaqa yuklanadiki uni o`rta qismi sof egilishga ishlasin (bu holatda $\tau=0$). Namuna $\omega=(2000\dots3000)$ ayl/min. tezlik bilan aylanadi (130 - rasm).

Namunada mahalliy kuchlanishlar to`plami hosil bo`lmasligi uchun - uni shaklli silliq etib tayyorlanadi. Birinchi namuna mashinaga o`rnatiladi va tashqi kuch bilan shunday yuklanadiki, uning ko`ndalang kesimidagi eng katta normal kuchlanish materialni mustaxkamlik chegarasidagi kuchlanishini 0,5... 0,6 qismini tashkil qilsin.



130-rasm

Mashina ishlashi bilan namuna ham aylana boshlaydi va $+\sigma^1$ dan $-\sigma^1$ gacha o`zgaruvchi kuchlanishlar ta`sirida bo`ladi. Tajriba namuna emirilguncha davom ettiriladi. Namuna emirilishi bilan mashina to`xtatiladi. Moslamani hisoblash asbobi, namunani emirilishiga qadar aylangan tsikl N_1 sonini ko`rsatadi. Ikkinchi namuna σ^1

kuchlanishdan kichik σ'' kuchlanishi bilan yuklanadi va emirilish tsikli N_2 yozib olinadi. Uchinchi namunaga $\sigma''' < \sigma''$ kuchlanishi beriladi va h. k.

Har bir tajribada tsikl soni yozib olinadi. Kuchlanish kamayib borishi bilan tsikl soni ortib boradi. YA`ni $\sigma^I > \sigma^II > \sigma^III > \sigma^IV > \dots$ kuchlanishlar uchun $N_1 < N_2 < N_3 < \dots$ tsikllar soni to`g`ri keladi. Kuchlanishlarni kamaytirilaverib, shunaka tsikl sonini topamiz-ki, bunda namuna emirilmaydi. Tajribalar shuni ko`rsatadi, agar po`lot materialidan tayyorangan namuna $N = 10 \cdot 10^6$ tsiklda emirilmasa, $N = 100 \cdot 10^6 - 200 \cdot 10^6$ tsiklda ham emirilmas ekan. Tajriba natijalarini grafikada ifodalash mumkin (131-rasm). Buning uchun, ordinataga har bir namunada hosil qilingan $\sigma^I; \sigma^II; \sigma^III; \dots$ kuchlanishlari, abtsissada esa tsikl sonlari joylashtiriladi.



131- rasm

Egri chiziqqa o`tkazilgan gorizontall urinmani chidamlilik chegarasini aniqlaydi.

Po`lot materialini egilishdagi chidamlilik chegarasi oddiy cho`zilish va siqilishdagi mustaxkamlik chegarasi bilan bog`liq:

$$\sigma_{-1}^3 = 0,4\sigma_8$$

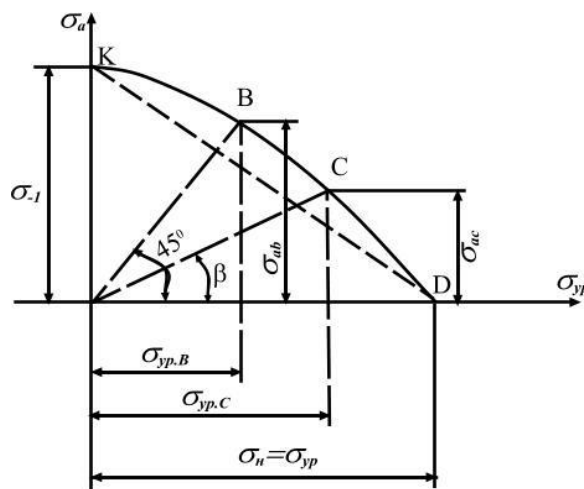
O`zgaruvchan cho`zuvchi yoki siquvchi kuch ta`siridagi po`lotni chidamlilik chegarasi $\sigma_{-1}^0 = 0,7\sigma_{-1} = 0,28\sigma_8$ chunki cho`zilish va siqilishda kesimni hamma nuqtasi bir xil kuchlanish ta`sirida bo`ladi. egilishda – eng katta kuchlanish, kesimni chetki tolalarida hosil bo`ladi, qolgan materialda kuchlanishni qiymati kichiklashadi. Bu holat darz emirilishni qiyinlashtiriladi.

Buralishda chidamlilik chegarasi $\tau_{-1}^{\delta} = 0.55\sigma_{-1}^{\delta} = 0.22\sigma_{\epsilon}$ va rangli materiallar uchun $\sigma_{-1}^{\delta} = (0,24...0.50)\sigma_{\epsilon}$

NOSIMMETRIK TSIKLDA CHIDAMLILIK CHEGARASINI ANIQLASH

Nosimmetrik tsiklda materialni chidamlilik chegarasini aniqlash bir oz murakkab. Chunki namunani egilishi bilan bir qatorda uni cho`zuvchi va siquvchi kuch bilan ham yuklash kerak. Bu holat sinov mashinalarini murakkablashtirishga, qo`shimcha moslamalar tayyorlashga olib keladi. Shuning uchun, nosimmetrik tsikllarda materialni chidamlilik chegarasini aniqlash uchun, tajribalar asosida qurilgan diagrammadan foydalanamiz (132-rasm).

Diagrammani abtissasida urtacha kuchlanish va ordinatasida kuchlanishlar amplitudasi joylashtiriladi, har xil tsikllardagi kuchlanishlar yordamida KVSD egri chiziq o`tkazilgan.



132-rasm

Birorta tsikl xarakteistikasi r - ni qiymati uchun chidamlilik chegarasini topish uchun, koordinatani O nuqtasidan abtissaga β burchak ostida OS chiziqni utkazamiz:

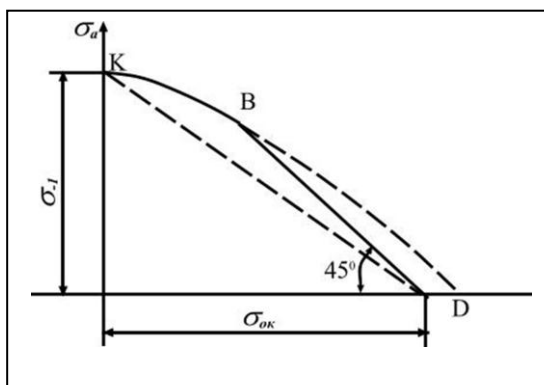
$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\sigma_a}{\sigma_{yp}} = \frac{1-r}{1+r}$$

SS₁ va OS₁ masofalarni va tegishli σ_{ac} va $\sigma_{yp.c}$ kuchlanishlarini yig'indisi, chidamlilik chegarasini qiymatini beradi, ya'ni

$$\sigma_{zc} = \sigma_{\max} = \sigma_{ac} + \sigma_{yp.c}$$

Abtsissasi $\sigma_{yp} = 0$ bo'lgan K nuqtani ordinatasi $CK = \sigma_a = \sigma_{-1}$ simmetrik tsiklda chidamlilik chegarasini; ordinatasi $\sigma_a = 0$ bo'lgan D nuqtani abtsissasi $OD = \sigma_{yp} = \sigma + 1 = \sigma_{\epsilon}$ o'zgarmas kuchlanishdagi chidamlilik chegarasini aniqlaydi. $\beta = 45^\circ$ burchak ostida joylashgan V nuqta noldan boshlanadigan tsiklni chidamlilik chegarasini aniqlaydi. Siquvchanlik chegarasi bo'lmagan materiallar uchun chidamlilik chegarasi, statik yuk ta'siridagi mustaxkamlik chegarasiga o'xshagan xavfli hisoblanadi. Agar material plastik bo'lsa, statik yuk ta'sirida oquvchanlik chegarasi va o'zgaruvchan kuchlanishlarda chidamlilik chegarasi xavfli hisoblanadi. Bunday materiallarda toliqish emirilishi bilan barcha plastik deformatsiyalar paydo bo'lishi ham xavflidir. Bunda tsiklning eng katta kuchlanishi

$$\sigma_{\max} = \sigma_a + \sigma_{yp} = \sigma_{oK} \text{ bo'ladi.}$$



133-rasm

β burchak bilan utkazilgan to'g'ri chiziq KV chiziqni kesib o'tsa, detal' toliqish emirilishiga uchraydi (133-rasm); VD chiziqni kesib o'tsa, plastik deformatsiya paydo

bo'lishi bilan ishdan chiqadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Nabiev. A. Xasanov. S. Materiallar karshiligi Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. T. Fan texnologiyasi.2005-380b.
2. Mansurov K. M. – «Materiallar qarshiligi» T., 1983-. 504b

3. N.S.Bibutov.Materiallar karshiligi asoslari. Toshkent-2003-.560b.
4. Matkarimov.P.X.Materiallar karshiligi.T.O'qituvchi ,2004.-354b.
5. Yakubov. Sh. M. va boshkalar. Materiallar karshiligi.Xisob Loyihalash ishlari.2-kism.O'quv qo'llanma,T.O'qituvchi,2007.-305b.

Computational Mechanics of Materials and Structures

Introduction

Resting on rather abstract mechanical principles with a strong “artificial touch”, such as principles of virtual work, computational mechanics may be viewed, in a metaphorical sense, as a golem – an artificial creation of enormous strength. It was the advent of the digital computer that has opened the door to computational mechanics which has become a scientific discipline with a tremendous influence on our lives. Hence, it is justified to characterize computational mechanics more precisely, again in a metaphorical sense, as an electronic golem. In any case, it is a field that is full of “interdisciplinary aspects of human-machine co-existence and co-operation”, to quote the title of the workshop to which this paper was invited.

Institute for Mechanics of Materials and Structures (IMWS) is the new name of the former Institute for Strength of Materials of Vienna University of Technology. The new designation stands for an old scientific program, which can be described as symbiosis of material and structural mechanics. Material mechanics without challenging applications to real-life structures may degenerate to *l'art pour l'art*. Structural mechanics with material laws that are not based on sound physical principles, on the other hand, may result in inadequate modeling of the mechanical behavior of structures. More recently, multiscale methods have gained momentum in material mechanics. Such methods may require information from the atomistic level. Homogenization strategies then serve the purpose to finally arrive at a constitutive law on the macroscopic level.

Mechanics is not the only scientific discipline that governs the behavior of engineering structures. Frequently, it is necessary to consider the interaction of several scientific fields such as chemistry, heat conduction, and mechanics, to capture this behavior. Consideration of such an interaction is commonly referred to as “multiphysics approach”.

This paper contains a report on a selection of recent research projects carried out at the IMWS of Vienna University of Technology. The aim of this report is to demonstrate that Computational Mechanics of Materials and Structures is indeed a scientific field with many characteristics of an e-golem.

2 Computational Mechanics at the Institute for Mechanics of Materials and Structures

This Chapter contains four Subchapters. Each one of them is devoted to a pertinent research topic. Some of these topics have an industrial background. Their treatment

involves both basic and applied research.

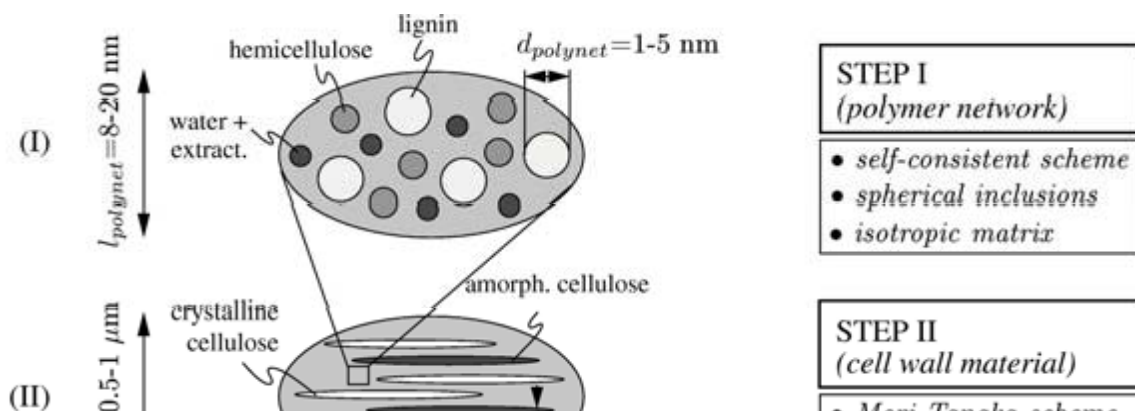
2.1 Revealing Universal Principles of Micromechanical Design in Biological Materials – Wood, Bone, Skin

Biological materials are characterized by an astonishing variability and diversity. Their hierarchical organizations are often well suited and seemingly optimized to fulfill specific mechanical functions. This has motivated research in the fields of bionics and biomimetics. The aforementioned optimization is primarily driven by selection during the evolution process. However, it is of great importance to notice that selection is realized at the level of the individual plant or animal (and not at the material level). Therefore, material optimization in the strictest sense of the word does not take place. Rather, once a (hierarchical) composite material has been adopted within a living organism, its fundamental building principles (morphologies or universal patterns of architectural organization [1]) remain largely unchanged during evolution. Hence, entire material classes of biological materials exhibit common (universal) principles of (micro)mechanical design.

These principles can be qualitatively derived from experiments. In this way, the human skin can be characterized as a multiphased material: Intertwined networks of collagen and elastin are embedded in a viscous matrix containing proteoglycans [2]. By varying the direction of the principal components of strain, incrementally increased to different levels, one can separate the elastic and viscous contributions to the stress components. The strain level-dependent visco-elastic behavior of skin can be correlated to the structure of the collagen fiber networks of skin samples from different body sites [3].

Based on the evaluation of mechanical and chemical experiments, the bones of all vertebrates were shown to be hydroxyapatite mineral foams reinforced, at a characteristic length of some microns, by collagen strands and perforated, at an observation scale of several hundred microns, by prolate pores [4,5]. Hellmich et al. [6,7] recently expressed this building principle in quantitative terms, allowing for a prognosis of tissue-specific (inhomogeneous and anisotropic) elasticity properties from tissuespecific mineral, collagen, and micropore content. It is based on universal elastic properties of collagen, hydroxyapatite, and water. Related material models were developed in the framework of continuum micromechanics.

In continuum micromechanics [8], a material is understood as a microheterogeneous body filling a representative volume element (RVE) of characteristic length l , $d \ll l$, d standing for the characteristic length of inhomogeneities within the RVE. The 'homogenized' mechanical behavior of the material, i.e. the relation between homogeneous deformations acting on the boundary of the RVE and resulting (average) stresses, can then be estimated from the mechanical behavior of different homogeneous phases (representing the inhomogeneities within the RVE), their dosages within the RVE, their characteristic shapes, and their interactions. If a single phase exhibits a heterogeneous microstructure itself, its mechanical behavior can be estimated by introduction of RVE's within this phase, with dimensions $l_2 \ll d$, comprising again smaller phases with characteristic length $d_2 \ll l_2$, and so on, leading to a multistep



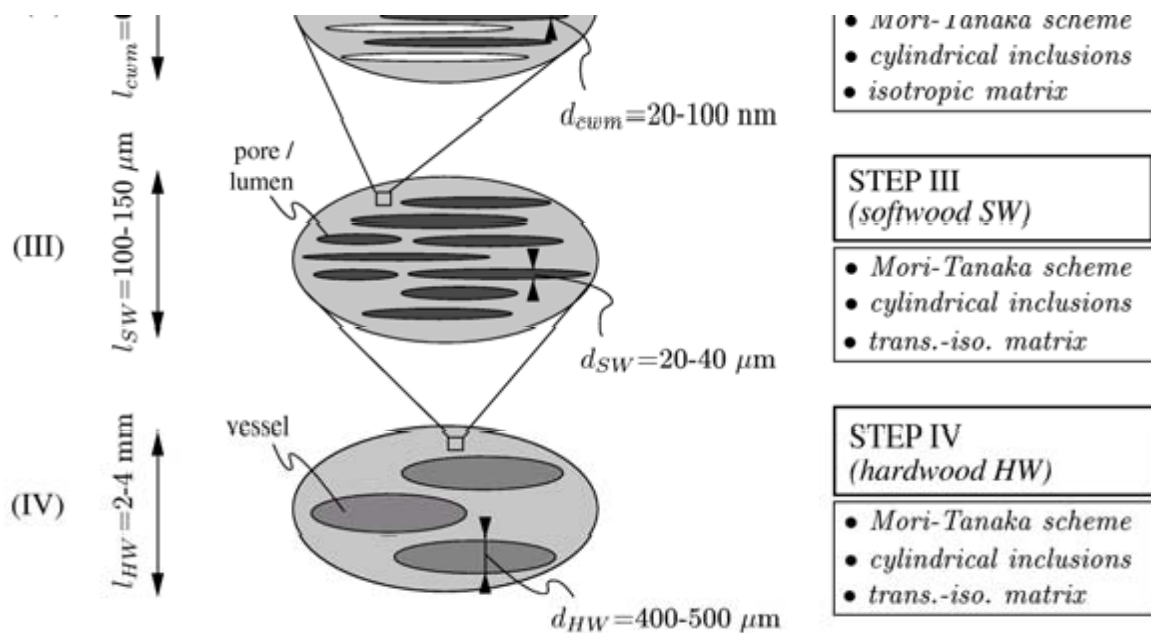


Fig. 1. Four-step homogenization scheme for wood

Such a multistep homogenization scheme, developed by Hofstetter et al. [9], suitably represents the intrinsic structural hierarchy of another class of biological materials, namely wood across all different tree species [10]. The nanoscaled components of the wood cell wall, namely crystalline cellulose, amorphous cellulose, hemicellulose, lignin, and water, exhibit universal elastic properties inherent to all wood species.

They allow for prediction of wood tissue-specific macroscopic elastic properties from tissue-specific chemical composition and microporosity, by means of the four-step homogenization scheme of Fig. 1 [9].

Validation of such a micromechanical model rests on statistically and physically independent experiments: The macroscopic stiffness values predicted by the micromechanical model on the basis of tissue-independent ('universal') phase stiffness properties of hemicellulose, amorphous cellulose, crystalline cellulose, lignin, and water (*experimental set I*) for tissue-specific composition data (*experimental set IIb*) are compared to corresponding experimentally determined tissue-specific stiffness values (*experimental set IIa*) [5,6,7,9]. For the elastic moduli in the longitudinal direction (aligned with the stem axis), E_L , and in the transversal direction (in the crosssectional plane of the stem), E_T , as well as for the longitudinal shear modulus, G_L , model estimates and experimental results show good agreement over a large variety of softwood and hardwood species (Fig. 2).

This micromechanical model for wood is expected to support optimization processes in wood drying technology as well as structural analyses of wood structures [11] (Fig. 3a,b). Validation of such analyses is preferably done by structural testing [12] (Fig. 3c).

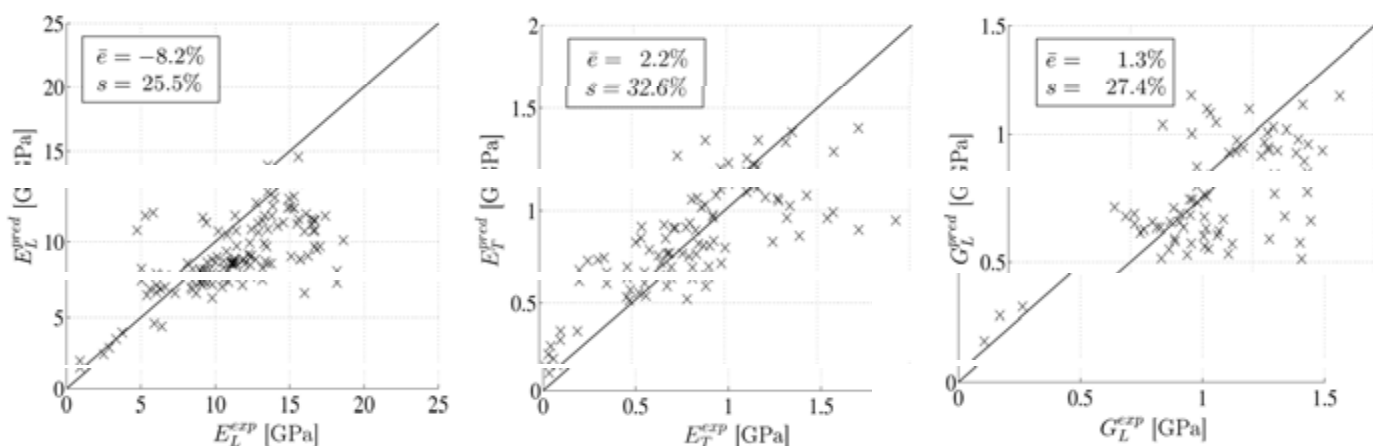


Fig. 2. Comparison of predicted and measured elastic constants

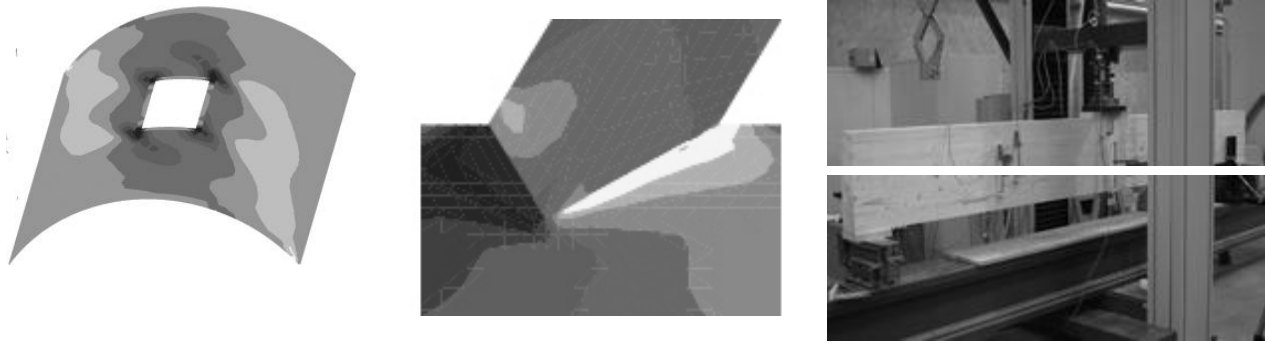


Fig. 3. Experimental investigation and FE analyses of realistic wooden structures

2.2 Computational Model for Assessment of Protection Systems for Buried Steel Pipelines Endangered by Rockfall

The climate change in the last decades has led to an increasing number of rockfalls in the European Alps. This has raised the need for designing rockfall protection systems. Such systems commonly consist of a load-carrying structure buried by an energy-absorbing and load-distributing layer made of gravel.

FE analyses of such structures require realistic modeling of the material behavior of gravel, i.e., failure laws for gravel under quasi-static mechanical loads and penetration laws for boulders impacting onto gravel. The former were based on (macroscopic) multisurface elasto-plasticity theory [13], the latter were developed in dimensionless form, based on knowledge about projectiles impacting onto soil and concrete targets [14]. The material parameters were identified from related experiments, including dynamic stiffness measurements in gravel [15] and large-scale rock impact experiments on gravel [14].

Considering gravel-buried pipelines endangered by rockfall, a 3D, quasi-static, elasto-plastic FE model was developed. This model was validated by comparing FE-predicted stresses in the pipe with stresses determined in a real-scale structural impact experiment onto a gravel-buried steel pipe (see Fig. 4). This test is *independent* of the experiments used for identification of the material parameters representing input for the FE model [16]. Accordingly, the developed FE model is well suited for prognoses of the loading of a gravel-buried pipeline also for modes of impact, which were not considered in the experiments. Therefore, the FE model was used for studying the structural behavior of gravel-buried steel pipelines subjected to rockfall and for assessing the performance of different rockfall protection systems for such pipelines [17].

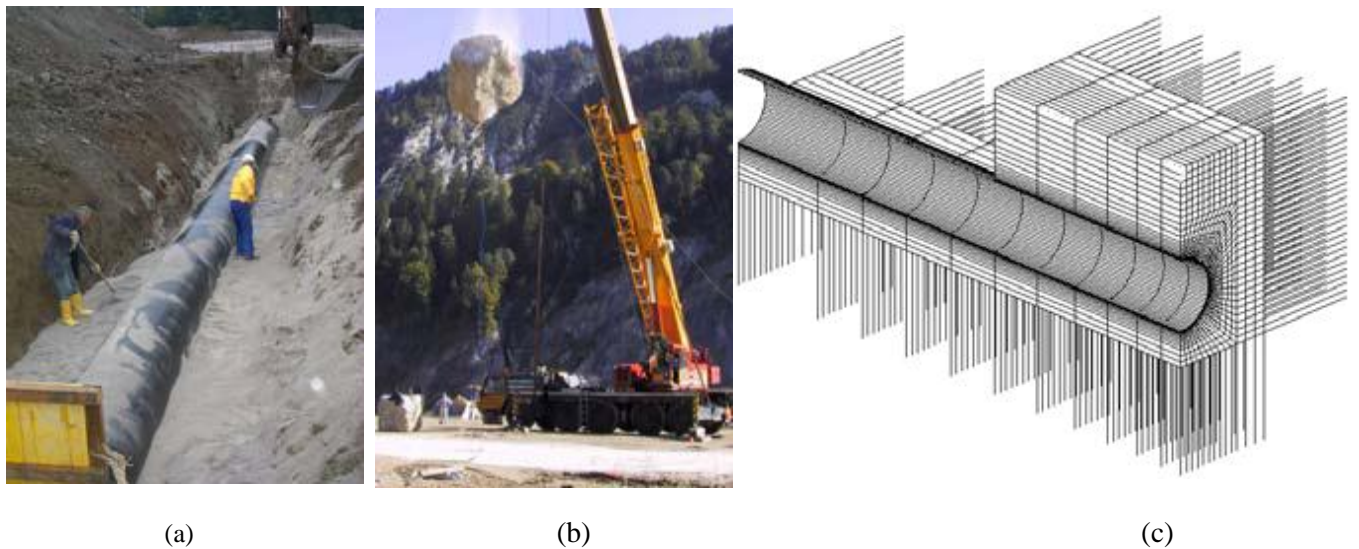


Fig. 4. Validation of the developed 3D FE model based on a real-scale structural impact test: (a) installation of the pipe for real-scale test, (b) real-scale impact test: 18260kg boulder falling down from a height of 18.85m onto the gravel-buried pipe, (c) 3D FE mesh used for validation of the FE model

2.3 Innovative Methods for Durability Assessment in Civil Engineering

For the solution of a large range of engineering problems, such as transport tunnels subjected to fire load (see Fig. 6), the degradation of road infrastructure, quality assessment during ground improvement (jet grouting), early-age cracking of cement-based materials, etc., techniques formulated exclusively at the macroscale are not able to provide a basis for the development of engineering solutions. Instead, treatment of these problems requires, on the one hand, a multiscale approach, taking into account fundamental material characteristics (building blocks and their arrangement) as well as their changes in the course of time, and, on the other hand, a multiphysics approach, covering the main couplings (e.g., thermo-chemo-hydro-mechanics) within these structures.

The development of models and solution techniques accounting for processes at different scales of observation and their verification by experimental techniques represent a central part of ongoing research at the IMWS. Four examples are given in the following.

Multiscale Modeling of Cement-Based Materials – Fine-Scale Optimization with Structural Impact.

A multiscale model for cement-based materials focusing on autogenous shrinkage has recently been developed. Hereby, elastic, shrinkage, and creep parameters are related to finer scales of observation. The model accounts for:

- (a) hydration kinetics of clinker phases and the microstructural composition of the cement-based material,
- (b) the effect of capillary depression of the liquid material phase, entailing membrane-type internal forces at the solid-liquid-vapor interface, and
- (c) crystallization pressure of hydration products, resulting, e.g., from the formation of ettringite in the early stages of hydration.

The identification of creep properties at the nano and microscale of cement paste is part of ongoing work. Hereby, experimental results from nanoindentation are analyzed by means of finite-element and analytical back-calculation of the obtained load-penetration-time data.

The results from multiscale modeling, i.e., intrinsic material functions (related to the degree of hydration) permit for structural analyses on the macroscale [18,19].

Heat Release and Reaction Kinetics of Early-Age Concrete – Innovative Methods for Quality Control in Ground Improvement. The temperature in concrete members influences the hydration kinetics via thermo-chemical couplings and, thus,

the early-age properties of cement-based materials. Recently, these couplings were exploited to specify properties of jet-grouted soil obtained from ground improvement [20]. During hydration, both the amount of heat as well as the rate at which this heat is released depends on the chemical reactions taking place in early-age concrete. The development of an analysis tool for determination of properties of jet-grouted columns (see Fig. 5) comprises:

(a) Differential calorimetry – heat flux differential calorimetry: water and cement (or binders used for jet grouting) are mixed in the test chamber, then the heat flux [J/g] and the heat-flux rate [J/(g h)] required to keep the hydrating sample at a prespecified temperature are recorded.

(b) Micromechanical hydration model – kinetic laws for clinker phases: the degree of hydration represents the set of chemical reactions taking place during hydration [20]. The hydration process can be divided into three main stages: (a) induction, (b) nucleation/growth, and (c) diffusion considered for the four main clinker phases (C3S, C2S, C3A, and C4AF) [21]. In order to assess the performance of these kinetic laws for the different clinker phases, the rate of heat flow monitored in differential calorimetry tests was re-analyzed.



Fig. 5. Process of jet-grouting: (a) drilling rig, (b) jet-grouting columns

(c) Temperature measurements in jet-grouted columns on site: temperature measurements are started immediately after the end of the grouting process. Temperature sensors are located at the center of the jet-grouted column.

(d) Finite element simulation: the temperature history measured at the site is analyzed and compared to FE-simulated data to estimate the aforementioned properties of jetgrouted columns.

Concrete Subjected to High Temperatures – Safety Assessment of Tunnels

under Fire Load. When concrete is subjected to high-temperature loading, thermohydro-chemo-mechanical processes cause (a) degradation of stiffness and strength of the lining materials, i.e., concrete and steel, and (b) spalling of near-surface concrete

layers. As a consequence, the load-bearing capacity of the tunnel structure is reduced.



Fig. 6. Large-scale fire experiments: heated surface after fire loading

Large-scale fire experiments on concrete blocks (see Fig. 6) represented the starting point for the research work at the IMWS, consisting of

(a) Large-scale fire experiments: the main objective was to investigate spalling of different concrete mix designs under different temperature and mechanical loading. The obtained results showed a strong influence of the amount of PP-fibers on the spalling behavior [22].

(b) Material characterization: in order to assess the influence of PP-fibers on the transport properties of concrete, permeability tests are conducted on concrete with and without PP-fibers [23]. Additionally, mercury intrusion porosimetry and thermogravimetric measurements were conducted. Nanoindentation experiments provide insight into temperature-dependent changes of the mechanical properties.

(c) Coupled thermo-hydro-chemo-mechanical analysis: the effect of changing material properties with temperature on the loading of the concrete microstructure is investigated by means of a fully-coupled finite element program developed at the University of Padua. This program is based on the governing energy and mass-balance equations outlined in [24].

(d) Structural safety assessment: the influence of the loading of the concrete microstructure and, thus, of the spalling behavior on the structural performance of concrete tunnel shells is determined by finite element simulations [25]. Hereby, layered finite elements are employed. They account for both different material properties in the layers (depending on the temperature profiles) and spalling by de-activation of the layers.

The described research endeavor provides the necessary tools for a performancebased optimization of concrete tunnel linings within a fire-safety assessment.

Multiscale Modeling of Creep of Asphalt – Performance-based Optimization of Flexible Pavements. The rapid degradation of the road infrastructure was a reason for installing the Christian-Doppler Laboratory for “Performance-based optimization of flexible pavements” at TU Vienna. In this laboratory, a multiscale model for asphalt is currently developed, allowing identification of fundamental mechanisms of asphalt at several observation scales. By means of application of advanced upscaling methods, the gain in understanding at the finer scales is translated to the structural scale, and finally used for the design of new pavement structures and the assessment

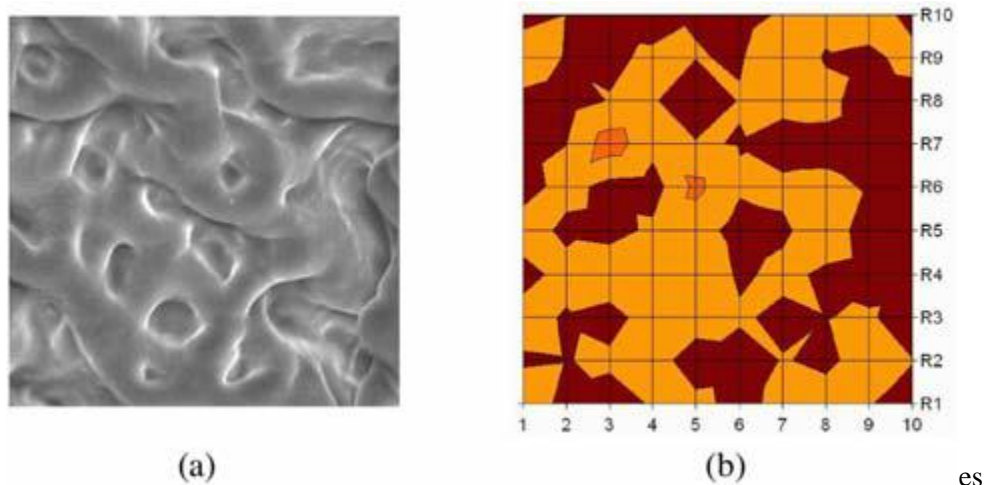


Fig. 7. Bitumen microstructure by means of (a) ESEM and (b) NI (50x50 μm)

The binder material of asphalt is bitumen. It is responsible for the time and temperature-dependent behavior of asphalt. Bitumen itself is a multicomposed material emerging from the wide range of hydrocarbon molecules. The microstructure built up by these molecules was observed earlier by means of Atomic Force Microscopy (AFM) [26] and Environmental Scanning Electron Microscopy (ESEM) [27,28].

According to the ESEM results, the microstructure of bitumen consists of string-like structures with a diameter of about 10 μm embedded into a matrix material. In order to detect the viscoelastic behavior of the different bitumen phases, nanoindentation (NI) was employed, providing the spatial distribution of the mechanical properties at different temperatures.

The observed material phases, the identified microstructure (see Fig. 7), and the mechanical properties of the individual phases will serve as input for upscaling within a multiscale model, aimed at assessing the effect of the bitumen microstructure on the macroscopic properties of asphalt.

2.4 Rubber Materials and Products

The treatment of rubber materials and products is characterized by a synthesis of experimental and numerical investigations and the consideration of the raw material as well as industrial products made thereof. Currently, main issues are the frictional behavior of rubber tread blocks and the viscoelastic behavior of rubber blends during extrusion. The respective projects are performed in cooperation with industrial partners. Rubber tread blocks establish contact between a car tire and the road. Thus, the frictional properties of these blocks are of crucial importance for the performance of tires in braking events and in rolling turns. Investigation of the frictional sliding behavior by means of numerical simulations using the Finite Element Method allows for a detailed analysis of the sliding process and for comprehensive parameter studies. Application of the numerical simulation tools for industrial product development enables considerable cost savings because of the possible reduction of prototype tests. Rubber tread blocks undergo very large deformations close to the contact zone, resulting in a curling of the front edges of the blocks in the worst case. Figure 8 shows this deformation behavior for a sliding tread block with parallelogram-shaped base and three sipes (parameters of the simulation as in [29]) together with the distribution of vertical normal stress σ_y in a middle cross-section of the block.

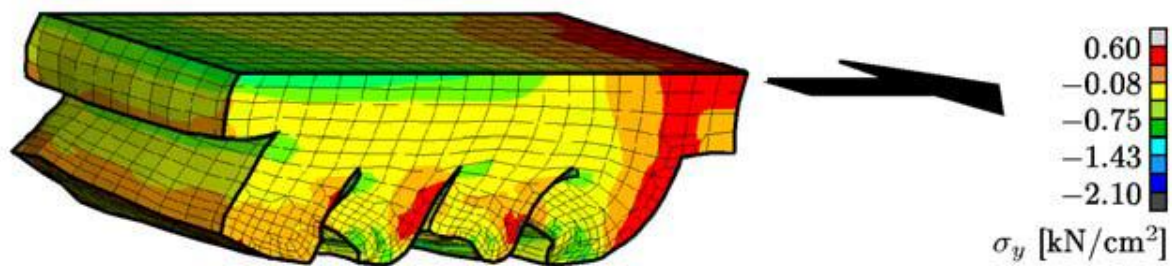


Fig. 8. Distribution of vertical normal stress in rubber tread block with parallelogram-shaped base and three sipes during frictional sliding

Reproduction of the sliding behavior in the numerical simulations is a challenging task, in particular with respect to the numerical stability of the simulation procedure and the appropriate description of the material behavior [30].

Complementary to numerical simulations, the sliding behavior of the tread blocks is also investigated experimentally. Experiments are performed at a test rig at the Laboratory of the Institute, the so-called *Linear Friction Tester* [31]. At this device, rubber blocks are pulled over various friction surfaces (e.g. asphalt, concrete, ice, snow). Measurement of the reaction forces in tangential and vertical direction allows for evaluation of the average friction coefficient. In addition, the temperature distribution at the bottom surface of the rubber block can be scanned by means of a radiation pyrometer, which is installed at the end of the friction surface. Experimentally determined friction coefficients serve as the basis for identification of frictional parameters of the numerical model. In addition, measured temperature distributions and observed deformations of the rubber blocks allow for validation of the simulation procedure.

In another research project, the material behavior of rubber blends was investigated. Standard material characterization methods do not allow for a realistic determination of the viscoelastic properties. Because the die swell is the determinant criterion for the production of rubber profiles by means of extrusion, its experimental investigation and numerical treatment are necessary. In order to characterize the materials, several experiments were performed by means of a capillary-viscometer and the rubber process analyzer. According to these experiments, two different nonlinear solution algorithms were adopted. With the help of the generalized Newton-Raphson procedure the coupling between the viscosity and the shear strain rate can be considered. For validation, a genetic algorithm was adopted [32]. Furthermore, consideration of the die swell is planned.

2.5 Conversion from Imperfection-Sensitive into Imperfection-Insensitive Elastic Structures

In case of loss of stability by means of symmetric bifurcation, a qualitative improvement of the postbuckling behavior of originally imperfection-sensitive elastic structures is their conversion into imperfection-insensitive structures by means of modifications of the original design. Such a conversion is restricted to symmetric bifurcation. Designation of a structure as either imperfection sensitive or insensitive depends on the initial postbuckling behavior which is often relevant to the entire postbuckling response. The search for specific modes of stiffening that result in the aforementioned conversion is of fundamental as well as of practical importance.

Koiter's initial postbuckling analysis is applied in the framework of the Finite Element Method (FEM) to deduce mathematical relations associated with the transition from imperfection sensitivity to insensitivity [33]. This mode of analysis primarily serves the purpose of deducing important theoretical results which facilitate the verification of specific numerical results. New mathematical conditions for symmetric bifurcation from nonlinear prebuckling paths are presented [34].

Attempts to achieve the aforementioned conversion include the increase of the thickness of the structure and of the stiffness of a spring attached to the structure (see Fig. 9), respectively, and the reduction of the rise of the undeformed structure [34].

The results of this investigation include different modes of conversion from imperfection-

sensitive into imperfection-insensitive structures as well as failure to achieve such a conversion.

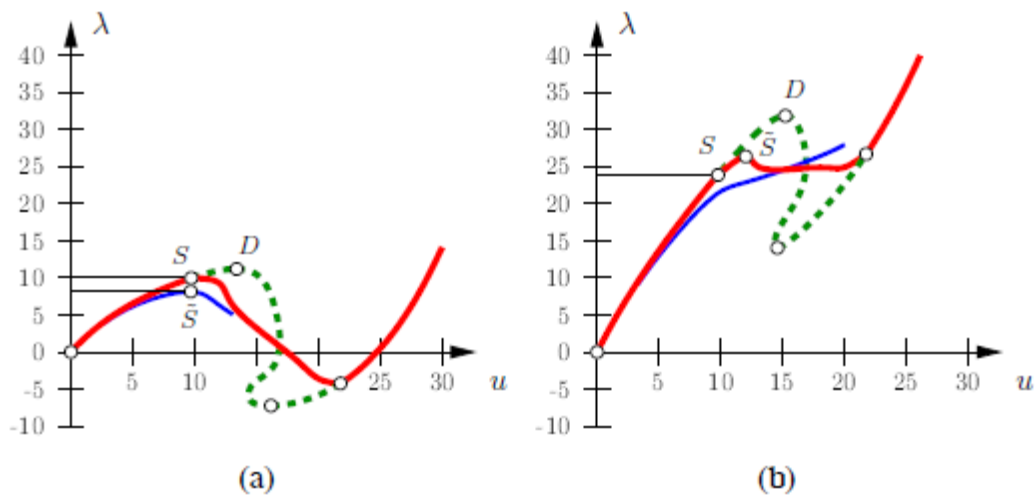


Fig. 9. Load-displacement path for a perfect as well as for an imperfect cylindrical shell (a) without and (b) with a spring attached to the shell [33]

An important ingredient of the numerical investigation are accompanying linear eigenvalue analyses based on the so-called consistently linearized eigenproblem [33, 34]. At the transition from imperfection sensitivity to insensitivity, the resulting eigenvalue curve, in general, has specific geometric properties (saddle points or planar points) at the bifurcation point.

One of the conclusions is that increasing the stiffness of a structure by means of a uniform increase of its thickness does not result in the conversion from imperfection sensitivity into insensitivity. Another one is that reducing the initial rise of an imperfection-sensitive structure eventually results in the transition from bifurcation buckling to no loss of stability. Unfortunately, such a reduction is associated with a decrease of the stability limit. Increasing the stiffness of an elastic spring, suitably attached to the structure, however, usually enables its conversion from an imperfectionsensitive into an imperfection-insensitive structure. Hence, additional supports of a structure may be effective means to achieve the desired conversion [34].

References

1. Gould, S.J., Lewontin, R.C.: The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proc. Royal Soc. London, B* 205/1161 (1979) 581-598
2. Partington, F.R., Wood, G.C.: The Role of non-collagenous components in the mechanical behavior of tendon fibers. *Biochem. Biophys. Acta* (1963) 485-495
3. Reihnsner, R., Menzel, E.J.: On the orthogonal anisotropy of human skin as a function of anatomical region. *Conn. Tiss. Res.* (1996) 145-160
4. Hellmich, Ch., Ulm, F.-J.: Are mineralized tissues open crystal foams reinforced by crosslinked collagen? - some energy arguments, *J. Biomechanics* 35 (2002) 1199-1212.
5. Hellmich, Ch., Ulm, F.-J., Dormieux, L.: Can the diverse elastic properties of trabecular and cortical bone be attributed to only a few tissue-independent phase properties and their interactions? – Arguments from a multiscale approach, *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology* 2 (2004) 219-238
6. Hellmich, Ch., Barthélémy, J.-F., Dormieux, L.: Mineral-collagen interactions in elasticity

- of bone ultrastructure - a continuum micromechanics approach, *European J. Mechanics A/Solids* (2004) 783-810
7. Hellmich, Ch.: Microelasticity of bone, (Ed.: Dormieux, L., Ulm, F.-J.) *Applied Micromechanics of Porous Media*, CISM-series, Springer Wien New York (2005) in print.
 8. Zaoui, A.: Continuum micromechanics: Survey. *ASCE J. Eng. Mech.* 128 (2002) 808-816
 9. Hofstetter, K., Hellmich, Ch., Eberhardsteiner, J.: Development and experimental verification of a continuum micromechanics model for the elasticity of wood. *European J. Mechanics A/Solids* (2005) submitted for publication
 10. Fengel, K., Wegener, G.: *Wood. Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Verlag Kessel, Remagen (2003)
 11. Mackenzie-Helnwein, P., Müllner, H.W., Eberhardsteiner, J., Mang, H.A.: Analysis of layered wooden shells using an orthotropic elasto-plastic model for multiaxial loading of clear spruce wood. *Comp. Meth. Appl. Mech. Eng.* 194/21-24 (2005) 2661-2685
 12. Fleischmann, M.: Numerische Berechnung von Holzkonstruktionen unter Verwendung eines realitätsnahen orthotropen elasto-plastischen Werkstoffmodells. PhD thesis, Vienna University of Technology (2005) in German
 13. Kropik, C.: Three-dimensional elasto-viscoplastic finite element analysis of deformations and stresses resulting from the excavation of shallow tunnels. PhD thesis, Vienna University of Technology (1994)
 14. Pichler, B., Hellmich, Ch., Mang, H.A.: Impact of rocks onto gravel - Design and evaluation of experiments. *Int. J. Impact Engineering* 31 (2005) 559-578
 15. Pichler, B.: Parameter identification as the basis for prognoses in geotechnical engineering. PhD thesis, Vienna University of Technology (2003)
 16. Pichler, B., Hellmich, Ch., Mang, H.A., Eberhardsteiner, J.: Loading of a gravel-buried steel pipe subjected to rockfall – development and assessment of a structural model. *ASCE J. Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* (2005) tent. accepted for publication
 17. Pichler, B., Hellmich, Ch., Eberhardsteiner, J., Mang, H.A.: Assessment of protection systems for buried steel pipelines endangered by rockfall. *Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering* 20 (2005) 331-342
 18. Lackner, R., Pichler, Ch., Mang, H.A.: Computational concrete mechanics. *Encyclopedia of Computational Mechanics*, 2 (Ed.: E. Stein, R. deBorst, T. Hughes) Wiley, Chicester (2004)
 19. Pichler, Ch., Lackner, R., Spira, Y., Mang, H.A.: Thermochemomechanical assessment of ground improvement by jet grouting in tunneling. *ASCE J. Eng. Mech.* 129 (2003) 951-962
 20. Tennis, P.D., Jennings, M.: A model for two types of calcium silicate hydrate in the microstructure of Portland cement pastes. *Cement & Concrete Research* 30 (2000) 855-863
 21. Bernard, O., Ulm, F.-J., Lemarchand, E.: A multiscale micromechanics-hydration model for the early-age elastic properties of cement-based materials. *Cement & Concrete Research* 33 (2003) 1293-1309
 22. Kusterle, W., Lindlbauer, W., Hampejs, G., Heel, A., Donauer, P.-F., Zeiml, M., Brunnsteiner, W., Dietze, R., Hermann, W., Viechtbauer, H., Schreiner, M., Vierthaler, R., Stadlober, H., Winter, H., Lemmerer, J., Kammeringer, E.: Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton, Tech. Rep. 544 ("Straßenforschung"), Austrian Federal Ministry of Transportation, Infrastructure and Technology, Vienna (2004) in German
 23. Zeiml, M., Leithner, D., Lackner, R., Mang, H.A.: How do polypropylene fibers improve the spalling behavior of in-situ concrete? *Cement & Concrete Research* (2005) submitted for publication
 24. Schrefler, B.A.: Multiphase flow in deforming porous material. *Int. J. Num. Meth. Eng.* 60 (2004) 27-50
 25. Savov, K., Lackner, R., Mang, H.A.: Stability assessment of shallow tunnels subjected to fire load. CD-ROM Proc. 7th Int. Conf. on Computational Plasticity (Ed.: E. Oñate, D.R.J. Owen), CIMNE, Barcelona (2003) 17 p
 26. Jäger, A., Lackner, R., Eisenmenger-Sittner, C., Blab, R.: Identification of four material phases in bitumen by atomic force microscopy. *Int. J. Road Materials and Pavement Design* (2004) 9-24
 27. Loeber, L., Sutton, O., Morel, J., Valleton, J.-M., Muller, G.: New direct observations of asphalt and asphalt binders by scanning electron microscopy and atomic force microscopy. *J. Microscopy* (1996) 32-39
 28. Stangl, K.: Bitumen chemistry and its impact on morphology at the nano/micrometer range. PhD thesis, Vienna University of Technology, in preparation
 29. Hofstetter, K., Grohs, Ch., Eberhardsteiner, J., Mang, H.A.: Sliding behaviour of simplified tire tread patterns by means of FEM. *Computers & Structures* (2005) in print

30. Eberhardsteiner, J., Fidi, W., Liederer, W.: Experimentelle Bestimmung der adhäsiven Eigenschaften von Gummi. *Kautschuk Gummi Kunststoffe* 51/11 (1998) 773-781
31. Hofstetter, K.: Thermo-mechanical simulation of rubber tread blocks during frictional sliding. PhD thesis, Vienna University of Technology (2004)
32. Müllner, H.W., Eberhardsteiner, J., Wiczorek, A.: Constitutive characterisation of rubber blends by means of genetic algorithms. *Proc. 4th European Conf. on Constitutive Models for Rubber* (2005) in print
33. Mang, H.A., Schranz, Ch., Mackenzie-Helnwein, P.: Conversion from imperfectionsensitive into imperfection-insensitive elastic structures I: Theory, *Comp. Meth. Appl. Mech. Eng.* (2005) in print
34. Schranz, Ch., Krenn, B., Mang, H.A.: Conversion from imperfection-sensitive into imperfection-insensitive elastic structures II: Numerical investigation, *Comp. Meth. Appl. Mech. Eng.* (2005) in print

[View publication](#)
