TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

A.I. Aşyrow

MATERIALLARYŇ GARŞYLYGY

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

A.I. Aşyrow, MATERIALLARYŇ GARŞYLYGY.

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby, Aşgabat – 2010 ý.

Kitapda inžener-tehniki konstruksiýalar taslananda onuň bölekleriniň berkligine, gatylygyna, durnuklylygyna baha bermek meseleleri öwrenilýär. Konstruksiýa ulanylýan wagtynda ýüze çykyp biljek deformasiýalar giňişleýin öwrenilýär we olaryň hasaplanyş usullary barada maglumat berilýär. Materialyň fiziki mehaniki häsiýetleri öwrenilýär. Konstruksiýanyň dartgynlyk ýagdaýy öwrenilýär we oňa baha berilýär. Konstruksiýanyň bölekleriniň durnykly işlemekligi derňelýär we hasaplama usullary görkezilýär. Konstruksiýanyň bölekleriniň statiki we dinamiki güýçlerde işleýşi derňelýär, hasaplaýyş usullary görkezilýär. Maýyşgak esasda işleýän pürslere baha berilýär. Ähtimallyk modeliniň esasynda konstruksiýanyň ygtybarly berkligi öwrenilýär.

Okuw kitaby ýokary okuw mekdepleriniň inžener-tehniki hünärlerini öwrenýän talyplaryna niýetlenen.

Awtor kitaby toplamakda uly goşant goşan GMÖGÖ hünäriniň talyby Atdaýew Isgendere we kafedranyň labarandy Geldibaýewa Amangüle öz minnetdarlygyny bildirýär.

SÖZBAŞY

Garaşsyz, baky Bitarap Türkmenistan döwletimizde geljegimiz bolan ýaşlaryň dünýäniň iň ösen talaplaryna laýyk gelýän derejede bilim almagy üçin ähli işler edilýär.

Hormatly Prezidentimiz döwlet başyna geçen ilkinji gününden bilime, ylma giň ýol açdy, Türkmenistan ýurdumyzda milli bilim ulgamyny kämilleşdirmek boýunça düýpli özgertmeler geçirmäge girişdi.

Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň "Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek hakynda" 2007-nji ýylyň 15-nji fewralyndaky Permany bilim ulgamyndaky düýpli özgertmeleriň başyny başlady.

Häzirki wagtda milli bilim ulgamyndaky döwrebap özgertmeler ýaş nesliň ýokary derejede bilim almagyna we terbiýelenmegine, giň dünýägaraýyşly, edep-terbiýeli, tämiz ahlakly, kämil hünärmenler bolup ýetişmeklerine uly ýardam edýär.

Okuw maksatnamasynyň esasynda ýazylan bu kitaby Täze Galkynyş we Beýik özgertmeler zamanasynda ýokary bilimli hünärmenleri taýýarlamaklyga bildirilýän talaplary göz öňünde tutup taýýarlanyldy.

Materiallaryň garşylygy dersi konstruksiýalar we desgalar taslananda onuň bölekleriniň berkligini, gatylygyny durnuklylygyny öwrenýär. Ondan başgada konstruktiw böleklerde döreýän deformasiýalary öwrenip olary hasaplamagy öwredýär. Materiallaryň garşylygy matematika, fizika, nazary mehanika ýaly dersler bilen baglanyşyklydyr. Görkezilen dersleri özleşdirmän bu sapagy öwrenmek mümkin däldir. Materiallaryň garşylygynda nazary mehanikanyň usullary ulanylýar esasy hem statika diýlen bölümi şeýlede matematikanyň usullary giňden ulanylýar. Talyplaryň wagtynyň çäklidigini göz öňünde tutmak bilen, kitap ýazylanda gysgaldylan görnüşde berildi. Şol bir wagtda, ýokary kärli inžener-tehniki taýýarlygy üpjün etmek üçin Materiallaryň garşylygy dersiniň ähli usullary gysga görnüşde görkezildi. Şeýlede goşmaça gollanma diýen böleginde özbaşdak işlemek we bilimini artdyrmak üçin birnäçe wariantlar hödürlendi.

1. ESASY DÜŞÜNJELER

1.1. Materiallaryň garşylygy ylmynyň seredýän meseleleri we onuň ösüş ýoly

Gurulýan desgalaryň we konstruksiýalaryň ýük göteriji böleginiň berkligini, gatylygyny we durnuklylygyny hasaplaýan ylyma **gurluşyk mehanikasy** diýilýär. Bu hasaplamalarda ulanylýan esasy düşünjeleri we ýörelgeleri öwrenýän derse **materiallaryň garşylygy** diýilýär. **Materiallaryň garşylygy** dersi esasy hem konstruksiýalaryň aýratyn bölekleriniň berkligini, gatylygyny we durnuklylygyny hasaplaýar, we onuň işlemäge ukyplylygyny ýa-da däldigini görkezýär.

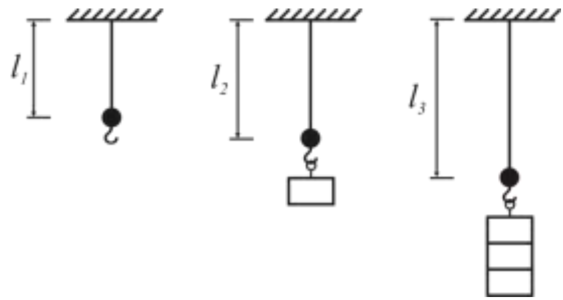
Berklik. Ýasalan konstruksiýanyň we desganyň goýlan güýji döwülmän göterip bilmek ukybyna onuň berkligi diýilýär.

Gatylyk. Konstruksiýanyň belli bir çäkde goýlan ýüki özüniň geometriki ölçegini we şekilini üýtgemän göterip bilmek ukybyna onuň gatylygy diýilýär.

Durnuklylyk. Konstruksiýanyň ýa-da onuň bölekleriniň goýlan güýjiň täsiri netijesinde başky maýyşgak, deňagramlyk şekilini saklap bilmek ukybyna onuň durnuklylygy diýilýär.

Islendik konstruksiýa ýa-da onuň bölegi güýjiň täsiri netijesinde başlangyç şekilini we geometriki ölçegini üýtgetmäge ukyplydyr. Bu ýagdaýda **deformasiýa** diýilýär. Mysal hökümünde iň ýönekeý konstruksiýany getirmek bolar.

Meselem: Potologa asylan sima seredip geçeliň.



1-nji surat.

Suratdan görnüşi ýaly ýüküň artmagy bilen simiň uzynlygy hem artýar, ýagny deformirlenýär.

Eger-de ýüküň aýrylmagy bilen konstruksiýa özüniň başlangyç şekilini alyp bilýän bolsa onda oňa **absolýut** deformasiýa diýilýär. Eger ol ýüküň aýrylmagy bilen başlangyç şekilini alyp bilmeýän bolsa onda bu ýagdaýda **galyndy** deformasiýa diýilýär. Galyndyly deformasiýanyň emele gelmegi bilen konstruksiýa döwülmeýär, emma şondada du ýagdaýy döwülme ýagdaý bilen deň seredilýär. Ýagny bu ýagdaýda konstruksiýa özüne goýlan talaby doly ýerine ýetirip bilmeýär. Bu ýagdaýda konstruksiýanyň berkliginiň bozulan ýagdaýy hököminde seredilýär.

Konstruksiýa kadaly ýagdaýda işlemek üçin onuň ähli bölekleri berklik, gatylyk we durnuklyk şertini kanagatlandyrmalydyr. Materiallaryň garşylygy dersiniň gutarnykly **maksady** ýasalýan konstruksiýa, az çykdaýjy edip onuň kadaly işlemegini gazanyp bolar ýaly geometriki ölçegleri saýlamakdan ybaratdyr.

Bu ylym özüniň nazaryýet bölüminde, nazary mehanika, matematika, fizika we materiallaryň laboratoriýa şertinde alnan mehaniki häsiýetlerine daýanýar. Bu ylmy esaslandyryjy hököminde beýik italiýan alymy Galileo Galileý hasaplanýar. Ol birnäçe konstruksiýalaryň berkligini derňemek işlerini amala aşyrypdyr.Güýç bilen deformasiýanyň arasyndaky baglanşygy hasaplamak iňlis alymy Robert Guk başarypdyr. Matematikanyň we mehanikanyň ösmegi, materiallaryň garşylygy ylmynyň hem ösmegine getiripdir. Bu ýerde Peterburg akademiýasynyň beýik alymy L. Eýleri agzaman geçmek bolmaz. Materiallaryň garşylygy ylmynyň ösmeginde uly goşant goşan beýik alymlary agzaman geçmek asla mümkin däl. Olardan Sen-Wenany, Koşini, Naweni, Puasany, Mory, D.I. Iwranowsiki, A.Ç. Golowini, F.S. Ýasinskini, S. Timosenkany görkezek bolar. Soňky ýyllarda bu ylymy ösdürmekde uly goşant goşan alymlaryň birnäçesini belläp geçeliň W.Z.

Wlasow, N.N. Dawidenko, S.W. Serenden, A.D. Dinnik, Ýu.N. Rabotnow, A.A. Umanskiý, A.A. Ilýuşin, S.D. Ponomarew, W.Y. Feodoseew, A.F. Smirnow, N.Y. Bezuhow, A.B. Darkow, S.Y. Nikiforow.

1.2. Materiallaryň gurluşy we deformasiýasynyň häsiýeti baradaky esasy çaklamalar

Tebigatda öwrenilýän ähli materiallar dürli fiziki-mehaniki häsiýetlere eýedirler. Olaryň baryny hasaba alýan modeli düzmek örän kyn bolýar. Eger-de düzülendede ol örän çylşyrymly hasaplamalara alyp barýar. Beýle model ähli materiallara degişli ýeke-täk nazaryýeti döretmäge mümkinçilik bermeýär. Şol sebäpden materiallar üçin şu saklamalary ulanýarys.

☛ **ÜNS BERIŇ**

Material deň düzümli we üznüksiz hasaplanýar. Ýagny materialyň ähli nokatlarynda onuň fiziki-mehaniki häsiýetleri bir meňzeş, we materialyň ähli göwrümi boşluksyz doldurylan. Meselem: beton, kerpiç, agaç ýaly materiallar bu saklama doly gabat gelmeselerem biz ony şeýle kabul edýäris.

Konstruksiýanyň materiallary izotrop häsiýete eýedir. Ýagny material hemme ugurda deň işleýär. Meselem: agaç material üçin bu saklama doly ulanyp bolmaýar, sebäbi ol dürli ugurda dürli işleýär.

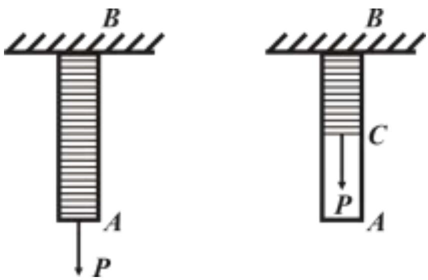
Daşky güýjiň täsiri netijesinde döreýän deformasiýa (jisimiň öz ölçegine görä) örän kiçi hasaplanýar.

Güýçler ulgamynyň jisime täsiri her haýsy güýçleriň aýratynlykdaky täsiriniň jemine deňdir (superpozisiýa ýörelgesi).

Bu çaklamany, eger ýük ýüklenýän material maýygşak bolanda we deformasiýa örän kiçi bolanda ulanyp bolýar. Çaklamalardan görnüşi ýaly materiallaryň garşylygynda çözülýän meseleler takyk bolman ýakynlaşma görnüşinde bolýar, şol sebäpli deformirlenýän jisimlerde bolup geçýän käbir ýagdaýlara materiallaryň garşylygy doly jogap berip bilmeýär. Ýöne barlaglaryň netijeleri materiallaryň garşylygynda çözülýän meseleleriň önümçilikde ulanylýan konstruksiýalara gerek takyklygy berýändigini görkezýär.

☛ **ÜNS BERIŇ!**

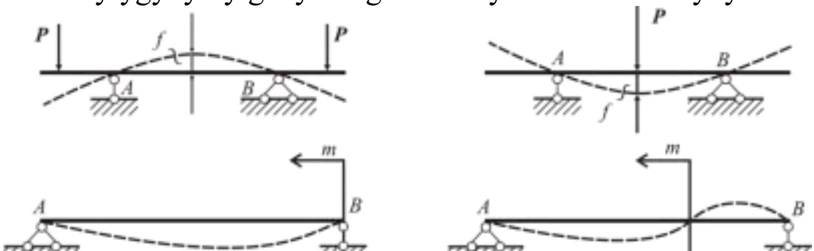
* Güýji täsir edýän çyzygynyň ugrunda islendik ýere süýşürip bolmaýar. Ol deformasiýanyň häsiýetini we ulylygyny üýtgedýär.



2-nji surat

Nazary mehanikada bolsa muňa mümkinçilik berilýär sebäbi jisimi absolýut gaty hasaplaýarys.

* Güýji täsir etýän çyzygynyň ugrunda islendik ýere süýşürip bolmaýar. Ol deformasiýanyň häsiýetini we ulylygyny üýtgedýändigini berk ýatsda saklamalydyr.

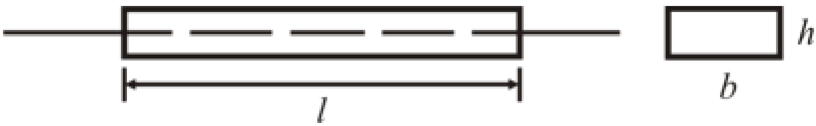


3-nji surat

"P" güýji onuň deň täsir edijisi "R" bilen çalyşsak düýpden başga görnüşli deformasiýa berýär.

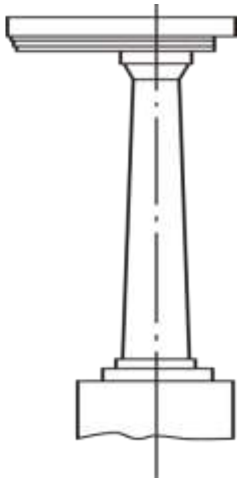
1.3. Materiallaryň garşylygy dersinde öwrenilýän konstruksiýanyň bölekleri

Pürs. Bir ölçegi kese kesiginiň beýleki iki ölçeginden has uly bolan konstruksiýanyň bir bölegi.



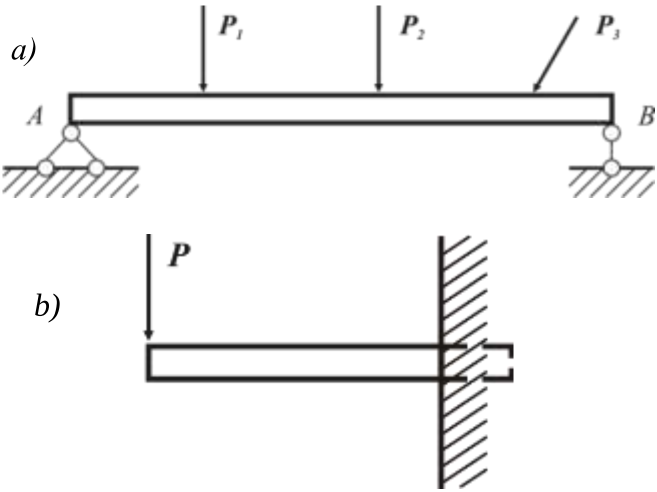
4-nji surat Pürs

Syryk (sterženj). Ýuka we uzyn pürse syryk diýilýär. Onuň ulanşyna görä sütün hem diýilýär.



5-nji surat Sütün

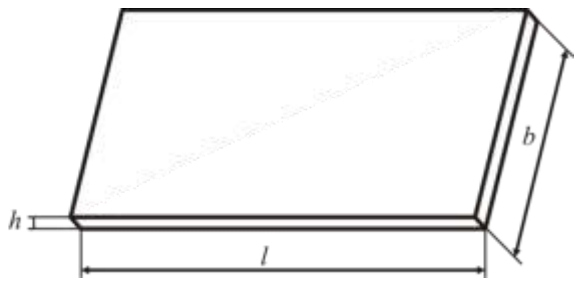
Balar (balka). Daýançda ýatan pürsiň okyna perpendikulýar ýa-da kese güýç goýulsa onda oňa balar diýilýär.



6-njy surat

a) Ýönekeý balar, *b)* Ganatly balar (konsol)

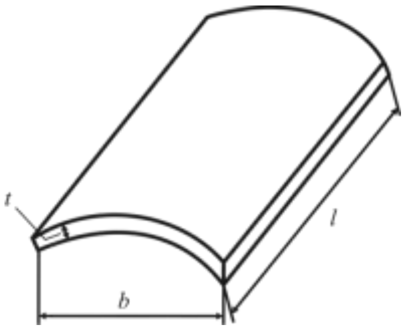
Tekizgabyk (plastinka). Eger galyňlygy beýleki iki ölçeginden örän kiçi bolsa onda oňa plastinka diýilýär.



7-nji surat Tekizgabyk (plastinka)

Gabyk (oboloçka)

Oky egri görnüşde bolan tekizgabyga gabyk diýilýär. Mysal hökmünde rezerwuary, baky, silosy getirmek bolar.



8-nji surat Gabyk (oboloçka)

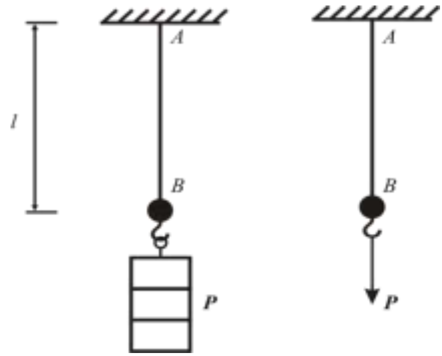
Massiw jisim. Eger ähli ölçegleri deň ýa-da oň golaý bolan jisimlere massiw jisimler diýilýär. Bu konstruksiýanyň bölekleri maýyşgaklyk teoriýasynda giňişleýin seredilýär.

1.4. Konstruksiýanyň hasaplaýyş şekili we oňa täsir edýän güýçler

Hasaplaýyş şekili. Konstruksiýanyň işleýşine az täsir edýän faktorlary hasaba alman sadalaşdyrylyp düzülen iş modeline hasaplaýyş şekli diýilýär.

Oňa täsir edýän güýçlere we olaryň toparlara bölüşine seredip geçeliň.

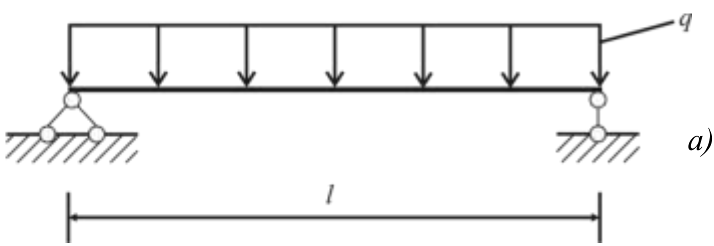
Bir nokatda goýlan güýçler. Eger konstruksiýa täsir edýän güýç onuň örän kiçi meýdanyna täsir edýän bolsa onda oňa bir nokatda goýlan güýç diýilýär.



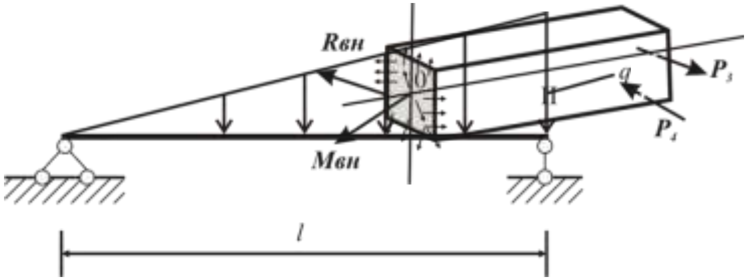
9-njy surat Bir nokatda goýlan güýçler

Sen Wenanyň ýörelgesiniň esasynda güýjiň goýlan nokadyndan uzaklaşan nokatlardaky içki güýçleriň bahasy güýjiň goýluşyna bagly däldir.

Ýaýran güýçler. Eger konstruksiýa täsir edýän güýç onuň meýdanynyň köp bölegini tutýan bolsa onda oňa bir nokatda goýlan güýç hökmünde seredip bolmaýar. Olara ýaýran güýç hokmünde seretmeli, deňagramly we deňagramsyz ýaýran güýçlere bölünýärler.

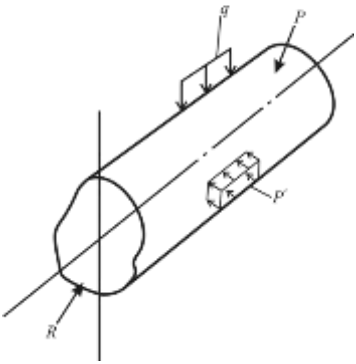


b)



10-njy surat

a) Deňagramly ýaýran güýçler, *b)* deňagramsyz ýaýran güýçler.



P – bir nokatda goýlan güýç
q – çyzgyda ýaýran güýç
P′ – belli bir üste ýaýran güýç
R – bir nokatda goýlan daýanç güýji

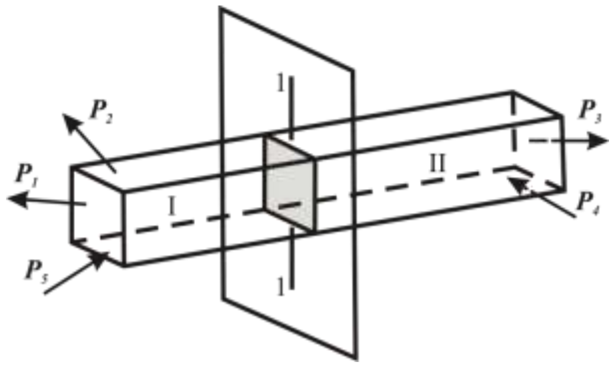
11-nji surat

Güýçleriň konstruksiýa täsir edişine görä iki topara bölünýärler. Birinjisi **statiki ýükler**, ikinjisi **dinamiki ýükler.** Statiki güýç diýilip wagta görä üýtgemeýän güýje aýdylýar, ýa-da üýtgesede örän haýal üýtgeýän we onuň üýtgeýiş täsirini hasaba alynmaýan güýçler. Dinamiki güýç bolsa tizlenmäniň hasabyna inersiýa güýjini döretmäge ukyply güýçler bolýarlar.

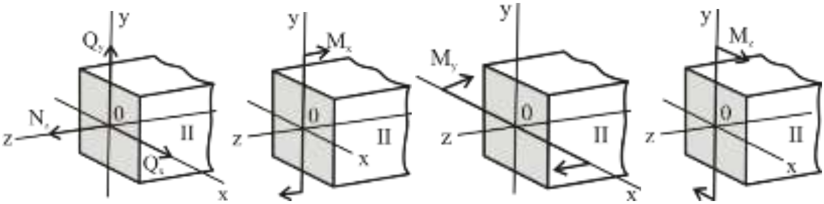
Ondan başgada wagtlaýyn we üýtgeýän, wagta görä sikleýin üýtgeýän güýçler bolýarlar.

1.5. Deformasiýalar we içki güýçler barada düşünje

Konstruksiýa güýç täsir edende ol konstruksiýada deformasiýa bolup geçýär. Ony şeýle göz öňüne getirip bolar, ýagny jisim birnäçe kiçi böleklerden durýar, güýjiň täsiri netijesinde olar biri-birinden süýşýärler olary yzyna getirmäge synanşýan güýje **içki güýç** diýilýär. Diýmek içki güýjiň bahasy daşky güýje bagly bolýar, ýöne içki güýç tükeniksiz artyp bilmeýär, şol sebäpden konstruksiýada döwülme prosesi bolup geçýär. Diýmek içki güýjiň nähili bahalara eýe bolýanyny bilmezden konstruksiýanyň berkligine baha berip bolmaýar. Içki güýçler **kesikler** usuly bilen hasaplanýar.

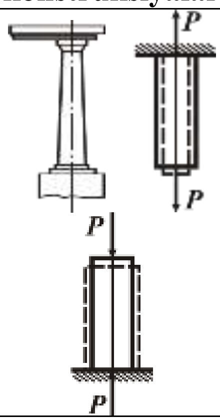
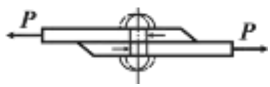
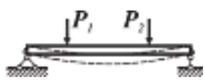
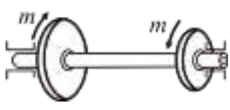


N_z – boý güýç
Q_x, Q_y – kese güýç
M_x, M_y, M_z – egilme momenti
M_t – towlanma momenti



12-nji surat

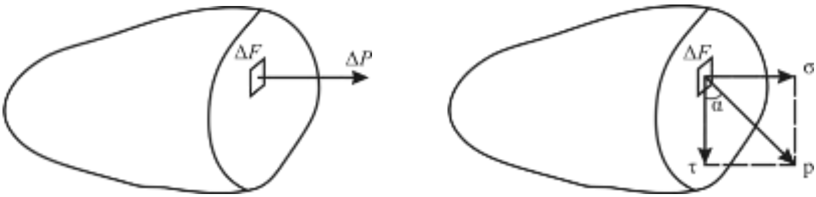
Içki güýçleriň döredýän deformasiýalary

№	**Içki güýçler**	**Içki güýçleriň döretýän deformasiýalary**	**Şol deformasiýalara işleýän konstruksiýalar**
1	Normal ýa-da boý güýç N	Süýnme we gysylma	
2	Kese güýç ýa-da Q	Süýşme ýa-da orun üýtgeme	
3	Egiji moment Me	Egilme	
4	Towlaýjy moment Mt	Towlanma	

1.6 Güýjenme (naprýaženiýe) barada düşünje
Güýjenme (dartgynlylyk).

Içki güýjüň birlik meýdana düşýän bahasyna güýjenme diýilýär. Onuň orta bahasy şeýle hasaplanýar:

$$Por = \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad (\mathbf{1}) \qquad Por = \lim_{AA\to 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad (\mathbf{2})$$



13-nji surat

$$\sigma = P \cdot sin\ \alpha \ \ (\mathbf{3}) \quad \tau = P \cdot cos\ \alpha \ \ (\mathbf{4})$$

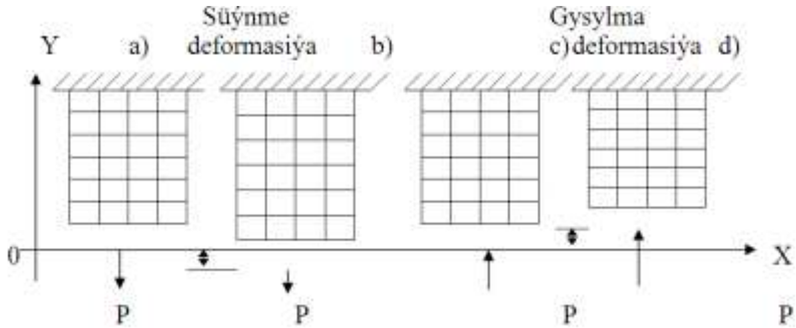
Doly güýjenme $P = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$ $(\mathbf{5})$

Bu ýerde: P – doly güýjenme σ – normal güýjenme
τ – gatlaşma güýjenme

2. SÜÝNME WE GYSYLMA DEFORMASIÝALARY

2.1. Süýnmede we gysylmada döreýän içki güýçler. Kese-kesikdäki normal güýjenme

Eger konstruksiýa täsir edýän güýç onuň ok simmetriýasynda goýulan bolsa, onda onuň goýulan ugruna görä süýnme we gysylma deformasiýasy döreýär.



1-nji surat

Kese-kesikde döreýän içki güýçleri tapmak üçin **kesikler usuly** ulanylýar.

2-nji surat

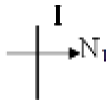
Kesikler usulynyň manysy konstruksiýanyň bölegini tekizligiň kömegi bilen iki bölege bölýäris. Bir bölegini alyp galyp beýleki böleginiň galan bölegine edýän täsirini içki güýçler hököminde görkezýäris. Hasaplanylýan şekiliň deň agramlylygyny kanagatlandyrýarys, we şonuň esasynda içki güýçleri ($\sum x=0$ $N-P=0$ $N=P$) tapýarys. Şekilde görnüşi ýaly kese-kesikdäki güýjenme deňagramly ýaýraýanlygy sebäpli içki güýji ($N=\sigma F$) görnüşde tapmak bolýar.

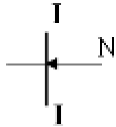
Güýjenme bolsa $\sigma = \frac{N}{A}$ formula bilen tapylýar.

Içki güýjiň we güýjenmäniň okyň ugruna görä nähili üýgeýändigini görkezýän grafige onuň epýury diýilýär.

☞ **Üns beriň!**

Alamatyň goýlyşy * kesikden gaýdýan içki güýç položitel alynýar (+)





kesige gaýdýan içki güýç otrisatel alynýar.(-)

☞ Epýurdaky geçirilýän çyzyklar boý oka perpendikulýar bolmaly.

☞ Epýuryň kordinatalarynda san bahalar bolmaly bütin epýuryň meýdany hem (+) ýa-da (-) aňlatma bilen görkezilmeli.

☞Eger epýur bir nokatda dürli baha alýan bolsa, onda ol okdan bir tarapda bolsa olaryň san bahasynyň tapawudy daşky güýje deň bolmaly. Eger okdan dürli tarapda bolsa, onda san bahasynyň jemi daşky güýje deň bolmaly.

☞Eger konstruksiýa gysylma deformasiýasyna işleýän bolsa, onda onuň berklik kanuny hasaplamakda içki güýjiň moduly alynýar. /-N/=N

Materiallaryň garşylygyny hasaplamak boýunça seredilýän meseleleri üç topara bölmek bolýar:

1-nji topar. Göni işlenýän meseleler, ýa-da barlag hasaplamalary. Bu meselelerde belli ýüklerden we geometriki ölçeglerden döreýän güýjenmeler, deformasiýalar hasaplananyp ony bu parametleriň çäkleri bilen deňeşdirýärler. $\sigma_{max} \leq R$ (1)

2-nji topar. Taslama meseleleri. Konstruksiýa goýulan ýükleri göterip biljek materialyň kese-kesiginiň minimal ölçegleri hasaplanylýar. $A = \frac{N_{max}}{R}$ (2)

3-nji topar. Konstruksiýany ekspluatirlemek meseleleri. Konstruksiýanyň ýasalan materialy we onuň geometriki ölçegleri berlen ýagdaýda oňa goýulýan güýjiň çäginiň maksimal bahasyny hasaplamak meseleleri. $N_{max} \leq AR$ (3)

N_{max} - içki güýjiň maksimal bahasy.

A – kese-kesigiň meýdany.

R – materialyň hasaplaýyş garşylygy.

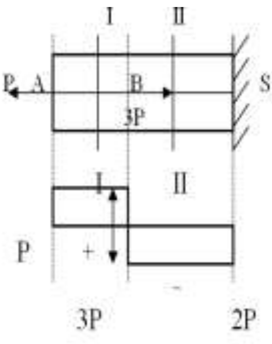
Mysallara seredip geçeliň

<u>Mysalyň şerti:</u>

Diametri Ø2sm bolan syryga (sterjžene) goýup boljak güýjiň (P) çägini hasaplamaly. Materialyň hasaplaýyş garşylygy R=210MПa.

<u>Çözülişi:</u>

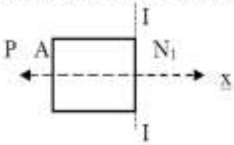
Bu mesele konstruksiýany ekspluatirlemek toparyna degişli.



Hasaplanýan konstruksiýa ganatly pürs (konsolnaýa balka) bolany üçin daýanç güýç-lerini hasaplamagyň manysy ýok. Sebäbi ganatly pürsler hasaplananda içki güýçler kese-kesigiň daýançsyz tarapyndan hasaplanýar.

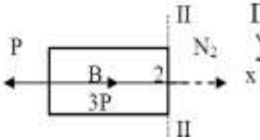
3-nji surat

AB bölek (I-kese- kesik.)



Deňagramlyk deňlemesini kanagatlandyrýarys.
$\sum x=0$ N_1-P=0 N_1=P (sünmä işleýär)

BS bölek (II-kese- kesik.)



Deňagramlyk deňlemesini kanagatlandyrýarys.
$\sum x=0$ N_2+3P-P=0 N_2=P-3P= - 2P (gysylma işleýär)

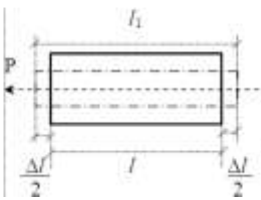
☞Epýuryň bökýän ýerinde içki güýçleriň her biri onuň bir tarapyna ýerleşýär we şol sebäpli ol ikisiniň jemi daşky güýje deň. N_{max} =/-2P/=2P ol sag bölekde işleýär.

Kese kesikde rugsat berip bolýan boý güýjiň maksimal bahasyny onuň berklik kanunyndan tappyp bolýar ($\sigma_{max} == \frac{N_{max}}{A} \le R$) $N_{max} = R \times A = 210 \times 10^6 \times \frac{3{,}14(2\times102)2}{4}$= 66 kH

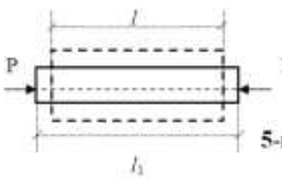
Howuply kesikde 2P deň bolan güýç täsir edýär, onda rugsat berýän güýç $P=\frac{N_{max}}{2}$ = 33 kH

2.2. Süýnmede we gysylmada döreýän deformasiýa Gukyň kanuny Maýyşgaklyk koeffisiýenti

Laboratoriýada geçirilýän tejribeleriň görkezilişi ýaly sünýän konstruksiýanyň böleginde sünme wagtynda onuň uzynlygynyň ulanýandygy ininiň bolsa kiçelýändigi görünýär. Gysylmada bolsa oňa ters proses bolup geçýär.



4-nji surat



5-nji surat

Pürsüň täsir edýän güýji netijesinde uzalamagyna absolýut uzalma diýilýär. Ol Δl bilen bellenilýär. Ölçegi (m,sm,mm) görkezip bolýar. Absolýut deformasiýanyň pürsiň uzynlygyna bolan gatnaşygyna otnositel deformasiýa diýilýär. $\varepsilon = \Delta l \div l$ (4)
Bu deformasiýanyň ölçeg birligi bolmaýar. Materiallaryň garşylygynda güýji we onuň döredýän deformasiýasynyň arasyndaky baglanşygy öwrenmek örän wajyp. Absolýut deformasiýa bilen ony döredýän güýjiň arasynda şeýle baglanşyk bar

Bu ýerde: Δl - Absolýut deformasiýa;

$\Delta l = \frac{Pl}{EA}$ (5) P- Goýulan güýç; l - uzynlyk

E - maýyşgaklyk koeffisiýenti;

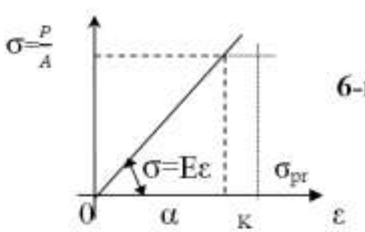
A - Kese kesigiň meýdany.

Eger, konstruksiýa köp güýç täsir edýän bolsa, onda hasaplanylýan kesikdäki içki güýjiň bahasy alynyp formula şeýle görnüşe geçýär. $\Delta l = \frac{Nl}{EA}$ (6)

Formulanyň iki tarapyny hem bölsek $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ (7)

Bu (7) formula **Gukyň kanuny** diýilýär.

☞Normal güýjenme otnositel boý deformasiýa göni proporsionaldyr.



6-njy surat

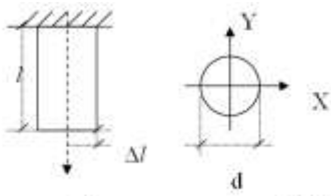
6-njy suratda görnüşi ýaly Gukyň kanuny diňe güýjenmäniň proporsionallyk çägine çenli dogrydyr.

Mysallara seredip geçeliň

Mysalyň şerti:

Uzynlygy l=5m, kese kesiginiň diametri Ø16mm bolan tegelek syrygyň absolýut we otnositel deformasiýasyny tapmaly.

Berilisi:
d=16mm
l=5m
P=40kH
σ_{pr}=200MH/m^2
E=2·10^{5}MH/m^2
Öz agramyny hasaba almaly däl.



7-nji surat

Çözülişi:

Ilki bilen $\Delta l=\frac{Nl}{EA}$ formulany ulanyp bolýan ýa-da bolmaýandygyny kesgitlemeli. Şonuň üçin işçi güýjenme proporsionalylyk çäginden kiçi bolmaly. $\sigma=\frac{P}{A}\leq\sigma_{pr}$

P=40kH=40×10^3 H=40×10^2 kg=4000kg

$$A=\frac{\pi d^2}{4}=\frac{3{,}14(1{,}6)^2}{4}=2{,}01sm^2$$

σ=4000÷2,01=1990,04kg/ sm^2

σ_{pr}=200MH/m^2=2000kg/sm^2

Içki güýjenme proporsionalylyk çäginden kiçi bolan soň deformasiýany görkezilen formula arkaly hasaplap bolýar. Δl=

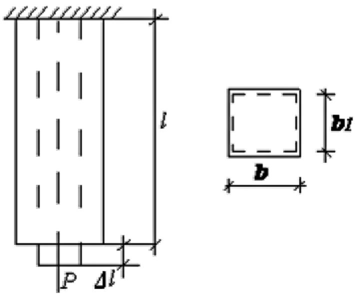
$$\frac{4000\times500}{20\times106\times2{,}01}=\frac{20\times105}{4{,}02\times106}=\frac{2\times106}{4{,}02\times106}=\frac{2}{4{,}02}=0{,}5sm^2$$

Onda otnositel deformasiýa $\varepsilon=\frac{\Delta l}{l}$ =0,5:500=0,000995=0,001sm

2.3 OTNOSITEL KESE DEFORMASIÝA

Puassonyň koeffisiýenti (kese deformasiýa koeffisiýenti)

Eger pürsüň deformasiýa wagtynda boý uzynlygy uzalýan bolsa, onda az mukdarda bolsa-da onuň kese-keseginiň ölçegi hem üýtgeýär. Ýagny kese-keseginiň daralmagyna getirýär. Eger-de gysylma deformasiýasyna işlese kesiginiň giňelmegine getirýär. Şonuň üçin matirialyň umumy häsiyetini bilmek üçin onuň maýyşgaklyk koeffisiýentini bilmeli. Şonuň üçin materialyň umumy häsiýetini bilmek üçin maýyşgaklyk koeffisiýentinden, başga-da, onuň kese-keseginiň üýtgemegini bilmek zerur bolýar.



Kese-kesegiň geometriki ölçeginiň üýtmegi:

$\Delta b = b - b_1$ **(8)**

Eger bu ululygy uzynlyga paýlasak onda:

$$\varepsilon' = \frac{\Delta b}{b} \quad \textbf{(9)}$$

E'-kese-kesigiň otnositel deformasiýasy.

8-nji surat

Puassonyň koeffisiýenti: $\mu = \left|\frac{\varepsilon'}{\varepsilon}\right|$ ***(10)***

Onda Puassonyň koeffisiýenti kese deformasiýa boý deformasiýanyň näçe bölegini düzýändigini görkezýär. Ylmy barlaglar bu koeffisiýentiň bahasynyň dürli materiallar üçin 0≤ μ ≤0,5 aralykda bolýandygyny görkezdi.

Dürli materiallar üçin Puassonyň koeffisiýenti

№	Materiallar	μ
1	Polat	0,25÷0,33
2	Çoýun	0,23÷0,27
3	Alýumin	0,26÷0,36
4	Beton	0,08÷0,18
5	Aýna	0,25
6	Daş	0,16÷0,34

☞*Üns beriň:*

☞Puassonuyň koeffisiýenti we maýyşgaklyk koeffisiýenti diňe izotrop materiallar üçin hemişelik baha eýedir.

☞Anizotrop materiallar üçin (adaç, aýna) dürli ugra görä bu koeffisiýentiň bahalary aýratyndyr.

Mysal:

Mysalyň şerti:

Diametri d=2sm bolan polat çaty (stropila) dartgysy P = 50*kN* güýç bilen süýndirilýär. Deformasiýadan soňky ýagdaýyndaky dartgynyň diametrini hasaplamaly

Berlişi

d=2*sm*

P=50*kN*=50·10²*kg*

μ=0,25

$E=2\cdot10^5\frac{MN}{\mu^2}=2\cdot10\frac{kg}{sm^2}$

Materialy –polat

d_1=?

Çözülişi:

1. Dartgynyň kese-kesigininň meýdanyny hasaplamaly.

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14(2)^2}{4} = 3,14sm^2$$

2. Dartgynyň otnositel deformasiýasyny hasaplamaly.

$$\varepsilon = \frac{P}{AE};$$

$$\varepsilon = \frac{5000}{2{\cdot}10^6{\cdot}3,14} = \frac{5}{2{\cdot}10^3{\cdot}3,14} = \frac{5}{6280} = 0,0008$$

3. Kesikdäki otnositel gysylma deformasiýasyny kesgitlemeli.

$\varepsilon' = \mu \cdot \varepsilon = 0,25 \cdot 0.0008 = 0,0002$

4. Kese gysylmanyň absolýut bahasyny kesgitleýäris.

$\Delta d = \varepsilon 1d = 0,0002 \cdot 2 = 0,0004sm.$

5. Dartgynyň deformasiýadan soňky diametrininň üýtgeýşini hasaplaýarys.

$d_1 = 2 - 0,0004 = 1,9996sm.$

Mysaldan görnişi ýaly kese-kesikde döreýän deformasiýa örän ujypsyz baha eýe bolýar. Onuň başlangyç diametri üýtgemeýär, şol sebäpden praktiki meselelerde onuň bahasyny hasaba almaýarlar.

2.4 LABORATORIÝA ŞERTINDE MATERIALLARYŇ MEHANIKI SYNAGY

Süýnme we gysylma deformasiýasyna işleýän materiallary laboratoriýa şertinde döwülme çägine çenli synag geçirip, onuň özüni nähili derejede alyp barýanlygy öwrenilýär. Materiallary onuň mehaniki häsiýeti boýunça 2 topara bölmek bolar:

1. Maýyşgak materiallar.

2. Port materiallar.

Maýyşgak materiallar birnäçe galyndyly deformasiýa emele gelenden soň döwülýär. Port materiallar bolsa, örän az deformasiýada döwülýärler.

☞*Üns beriň:*

☞ Emma ýene bir belläp geçmeli zat: şol bir material iş şertine görä maýyşgak ýagdaýdan port ýagdaýa geçip biler. Meselem: Polat, normal polozitel temperaturada özüni maýyşgak material hökmünde alyp barýar, pes otrisatel temperaturada bolsa özüni port material hökmünde alyp barýar.

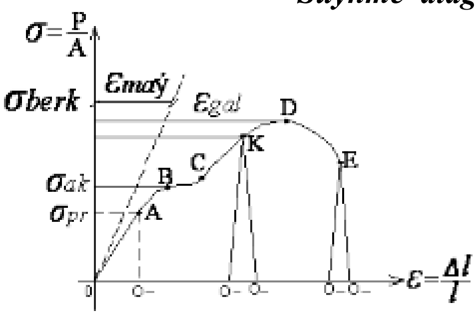
Materiallaryň mehaniki häsiýeti

№	Materiallaryň ady	Mehaniki häsiyetleri	
1	Az uglerodly polat	Maýyşgak	_____
2	Çoýun	_____	Port
3	Mis	Maýyşgak	_____
4	Beton	_____	Port
5	Bürüç	Maýyşgak	_____
6	Daş	_____	Port
7	Alýumin	Maýyşgak	_____
8	Kerpiç	_____	Port

Materiallaryň süýnmä synagy

Standart şekilli nusganyň uçlaryny döwüji maşyna berkitýärler. Soňra maşyny işledip, nusgany süýndirip başlaýarlar. Süýndirilýän nusga urgy we itergi düşmez ýaly, güýji ýuwaş artdyrýarlar. Eksperimendiň dowamynda goýulýan güýji we onuň berýän uzalmasyny ölçäp durýarlar. Synag maşynynda ýörite diagrammany çyzýan guraly bolup, ol eksperimendiň netijesini çyzgyda görkezýär. Başlangyç momentde σ=0; ε=0. Güýjiň ýuwaşdan artmagynyň esasynda käbir aralyga çenli güýjenme bilen deformasiýa göni çyzykly kanuna boýun bolup, artmagyny dowam edýär. Işiň bu oblastlarynda prosses Gukyň kanuny boýunça bolýar. Ol çyzgynyň OA bölegidir. Gönininiň gutarýan nokadyndaky güýjenmä güýjenmäniň ***proporsianallyk çägi*** diýilýär we ol σ_{pr} diýip belllenilýär. Çyzgynyň AB böleginde σ we ε arasyndaky göni çyzykly baglanyşyk bozulýar we deformasiýa güýjenmeden köp öçüp başlaýar. Bu oblastda eýýäm Gukyň kanuny işlemeýär. BC-bölekde deformasiýa oka parallel bolup, güyjenme artmazdan deformasiýa artýar. Bu ýagdaýa material akýar diýilýär. Gorizontal gönüniň duran ýerine ***güýjenmäniň akmak çägi*** diýilýär we σak diýip bellenilýar. Materialyň akýan ýagdaýynda nusgada çala görünýän ştrihler emele gelýär. Olar kese-kesege takmynan 35° töweregi bolýar. Bu ştrihe ***Lýuders-Çernowyň çyzygy*** diýilýär. Ony nusgada emele gelen galyndyly deformasiýa döredýär.

Süýnme diagrammasy



9-njy surat

Galyndyly deformasiýany bolsa galtaşma güýjenmesi döredýär. C nokatdan D nokada çenli güýjenme bilen deformasiýanyň arasyndaky göni çyzykly baglanyýyk ýitýär. Nusgada maýyşgak deformasiýadan başga-da galyndyly deformasiýa döredýär. D nokatda nusganyň alýan iň uly ýüki bolýar, oňa degişli güýjenmä ***materialyň berklik çägi*** diýilýär.

Ol σ_{berk} diýip bellenilýar. Bu ýagdaý materialyň berlen kese-keseginde göterip bilýän iň uly ýüküne ýetilende nusganyň belli bir ýerinde kese-keseginiň kesilmegi emele gelýär. Nusganyň bu nokadynda bogunjyk emele gelýär. Bogunjyk inçelip, grrafigini E nokadynda nusganyň üzülmegi bolup geçýär

P - 3 polat materialynyň synagda alan netijelerini mysal hökmünde görkezeliň.

Poladyň mehaniki häsiýeti

Materiallaryň ady	**Mehaniki häsiýetleri (kg/sm²)**					
	σ_o-başlangyç	**σ_{pr}**	**σ_{ak}**	**σ_{berk}**	**δ**	**ψ**
Polat - 3	**0**	**2000**	**2400**	**4200**	**8-28%**	**30-70%**

Eger ýük aýrylanda synag nusgasy öňki ölçegini almaga ukypply bolsa, onda oňa maýyşgak deformasiýa diýilýär. Eger ýük aýrylanda deformasiýanyň bir bölegi galyp, synag nusgasy öňki uzynlygyndan uzalsa, onda oňa galyndyly deformasiýa diýilýär. Bu oblastda işleýän nusganyň deformasiýasy şeýle hasaplanýar:

$$\varepsilon = \varepsilon_{maýş} + \varepsilon_{gal} \quad (11)$$

Materialyň maýyşgaklyk derejesi aşakdaky parametrler bilen hasaplanýar:

$$\delta = \frac{\Delta l_{gal}}{l} \cdot 100\% \quad (12) \qquad \psi = \frac{A - A_0}{A} \cdot 100\% \quad (13)$$

Bu ýerde:

δ - üzülen wagtyndaky galyndyly deformasiýa.
Δ_{lgal} - galyndyly absolýut deformasiýa.
l - başlangyç uzynlyk.
ψ - otnositel galyndyly daralmak.
A - kese-kesegiň başlangyç meýdany.
A_o - üzülen ýerindäki, ýagny bogunjygyň meýdany.

δ we **ψ** uly bolsa materialyň has maýyşgakdygyny görkezýär. **A** nokatdan azyrak ýokarda güýjenmäniň maýyşgaklyk çägi ýerleşýär. Onda bolýan galyndyly deformasiýa örän az (0,001÷ 0,005%), şonuň üçin $\sigma_{maýş} = \sigma_{pr}$ hasaplanýar.

☞Üns beriň:

☞σ_{pr} - güýjenmäniň proporsionallyk çägine çenli Gukyň kanuny işläp bilýär.

☞$\sigma_{maýş}$ - güýjenmäniň maýyşgaklyk çäginden galyndyly deformasiýa başlaýar, ýöne onuň başlaýan ýerini σ_{pr} bilen deň hasaplanýar. Sebäbi bu nokatda deformasiýa örän az bolýar we $\sigma_{maýş} = \sigma_{pr}$ hasap etmäge mümkinçilik berýär.

☞σ_{ak} - güýjenmäniň akmak synag edilýän nusganyň deformasiýanyň güýje bagly bolmazdan artýan bölegidir.

☞σ_{berk} - güýjenmäniň berklik çägi nusganyň başlangyç meýdanynda göterip bilýän aňry baş çägidir. Käbir materiallar üçin eksperementiň berýän netijelerini tablisa görnüşde görkezeliň:

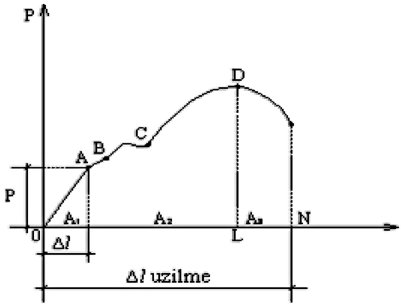
Güýjenmäniň çäkleri

Materialyň ady	Güýjenmäniň akmak çägi		Güýjenmäniň berklik çägi	
	Mn/m²	*kg/sm²*	*Mn/m²*	*kg/sm²*
Polat – 3;4	210 ÷ 260	2100 ÷ 2600	380 ÷ 520	3800 ÷ 5200
Beton (gysylanda)	———	———	7 ÷ 50	70 ÷ 500
Kerpiç	———	———	8 ÷ 30	80 ÷ 300
Agaç (sosna) süýnmede	———	———	80 ÷ 300	800 ÷ 3000
Alýumin erginine dürli himiki elementleriň goşulmagyndan alynýan materiallar				
Amg 61 - M	280	2800	390	3900
D 16 - T	280	2800	430	4300

2.5 SÜÝNMEDE WE GYSYLMADA, DAŞKY WE IÇKI GÜÝÇLERIŇ ÝERINE ÝETIRÝÄN IŞI. MATERIALLAR ÜÇIN RUGSAT GÜÝJENMESI. BERKLIGIŇ ÄTIÝAÇLYK KOEFFISIÝENTI

Süýnme we gysylma deformasiýanyň diagrammasyndan ýene bir häsiýetnama alyp bolýar. Bu häsiýetnama synag edilýän nusganyň üzülmegi üçin sarp edilin işdir. Bu parametr bilen belli bir materialyň ugra bolan garşylygyny häsiýetlendirýäris. Eger ýetilen işiň ululygy näçe uly bolsa, şonça-da materialyň ugra bolan çydamlylygy uly bolýar.

__Güýç bilen deformasyýanyň arasyndaky baglanşyk.__



10-njy surat

Synag edilýan nusganyň üzülmä çenli çyzan grafiginiň meýdany onuň üzmek üçin sarp eden işi hasaplanýar. Onda OBDEN grafigiň meýdany onuň eden işidir we ony A1 beleýaris.

☞Üns beriň:

Eger materiallaryň işleýşiniň maýşgaklyk çägindäki iş hasaplanýan bolsa onda Δ OAK urbypçylygyň meýdany hasaplanýar.

$$A_1 = \frac{P \cdot \Delta l}{2} = \frac{P \cdot \Delta l}{2EA} = \frac{P^2 \cdot l}{2EA} \quad (14)$$

☞Umumy meýdan bolsa

$$A_{uzil} = A_1 + A_2 + A_3 \quad (15)$$

Onda edilýan işiň meýdany näçe uly bolsa şonçada onyň maýşgaklyk häsiýeti ulydyr. Deformasiýanyň potensial energiýasy edilen işe deňdir.

$$U = A = \frac{P^2 l}{2EA} = \frac{\sigma^2 A l}{2E} \quad (16)$$

Maýşgak deformasiýanyň udel işi şeýle hasaplanýar.

$$u=\frac{\sigma^2}{2E};\quad u=\frac{P^2}{2EA^2} \qquad (17)$$

☞Deformasiýanyň potensial energiýanyň şeýle göz öňine getirmek bolýar. Maýşgak jisiwden ýük aýrylanda iş potensial energiýanyň hasabyna erine etirilýar.

Materiallar üçin rugsat güýjenmesi tutuş konstruksiýanyň berkligini gazanmak üçin onuň her bir aýratyn bollegi hem berkligi kanagatlandyrmalydyr.

Güýjenme we deformasiýany öwrenimizden soň konstruksiýanyň bölegini berkligi baradaky pikirimizi hasta giň eltmäge mümkinçilik alýarys. Materialyň berkligini gazanmak üçin oňa rugsat berilýan güýjenmeden az bolmalydyr. Ýagny ol ätiýaçlyk koeffisentine bölinip alynmalydyr.

Ol maýyşgak materiallar üçin

$$[\sigma]=\frac{\sigma_{ak}}{K} \qquad (18)$$

Port materiallar üçin

$$[\sigma]=\frac{\sigma_{berk}}{K} \qquad (19)$$

K - ätiýaçlik koeffisenti.

Süýnme we gysylma deformasiýalarynda maýşgak materiallaryň akmak çäge biri birine özüň ýakynlygy üçin şeýle şerti goýmak bolýar.

$$[\sigma]_{sunme}=[\sigma]_{gysylma}=\frac{\sigma_{ak}}{K} \qquad (20)$$

☞Üns beriň:

*Port materiallaryň örän az galyndyly deformasiýasy bolany üçin we akmak meýdançasy bolmanlygy üçin, ol birden döwülýär. Şol sebäpli onuň ätiýaçlyk koeffisentini uly etmeli.

*Ýüküň ýükleniş häsieti ätiýaçlyk koeffisentini saýlananda onyň ähmiýeti bar.

*Eger konstruksiýa statiki güýje işleýan bolsa onda onuň rugsat güýjenmesi dinamiki güýje işlenende uly alynýar.

*Konstruksiýanyň takyk hasaplanmasy hem rugsat güýjenmesi saýlananda uly ähmiete eýedir.

*Maýşgak materiallar üçin ätiýaçlyk koeffisenti K= $\frac{1,4}{2,0}$

*Port materiallar üçin ätiýaçlyk koeffisenti K= $\frac{2,5}{5,0}$

*Aralyk materiallar üçin (port - maýşgak) K=$\frac{1,6}{2,5}$

Käbir materiallar üçin rugsat güýjenmesiniň bahalary

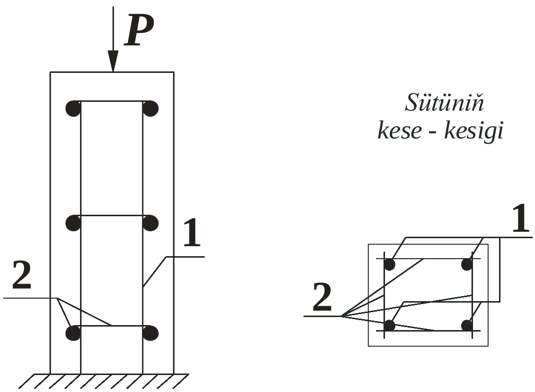
№№	Materiallaryň ady	Rugsat güýjenmesi akmak			
		Sünme		Gysylma	
		Mn/m²	*kg/sm²*	*Mn/m²*	*kg/sm²*
1	Polat - 3	160	1600	160	1600
2	Mis	30 ÷ 120	300 ÷ 1200	30 ÷ 120	300 ÷ 1200
3	Alýümin	30 ÷ 80	300 ÷ 800	30 ÷ 80	30 ÷ 80
4	Çoýn	28 ÷ 80	280 ÷ 800	120 ÷ 150	1200 ÷ 1500
5	Agaç(sosna)	7 ÷ 10	70 ÷ 100	10 ÷ 12	100 - 120
6	Kerpiç	0,2 çenli	2 çenli	0,6 ÷ 2,5	6 - 25
7	Beton(düzümine baglylykda)	0,1 - 0,7	1 - 7	1 - 9	10 - 90

2.6 ÝÜK GÖTERIJI KONSTRUKSIÝALARYNYŇ MATERIALLARY,WE OLARYŇ HÄSIÝETLERI

Häzirki wagtda biziň Garaşsyz, Bitarap döwletimizde örän köp gurluşyk işleri ýerine ýetirilýar. Ol gurluşyk meýdançalarynda ulanylýan materiallary öwrenmek we konstruksiýada ulanmak örän wajyp meseleriň biridir. Şol sebäpden gurluşykda ulanylýan esasy materiallaryň häsiýetini öwreneliň.

Gurluşyk polady. Gurluşyk polady demir we uglerodyň eredelinden ýasalýan materialldyr. Eger poladyň **uglerodyny** artdyrsaň onuň berkligi artýar, ýone onuň maýşgaklyk häsiýetini azaltýar, şeýlede ony kebşirlemek (swarka) kynlaşýar. Şonuň üçin kebşirlemeli konstruksiýada polat ulanýan bolsa onuň düşümindäki uglerody düzümi 0,25% köp bolmaly däl. GOST 380-71* boýunça polat üç toparda geterilýar A, B, W. Gurluşykda B topary ulanylýar. Olar BP-1, BP-2, BP-3, BP-4, BP-5.

Gurluşykda polatdan ýasalan armaturalar ulanylýar. Olar suryk (sterjen) görnüşinde bolup, dürli görnüşde bolýarlar. Armaturalar daşky görnüşi boýunça ekiz we periodiki profilli bolýarlar.



1 - Boý işçi armatura

2-Baglanşdyryjy konstruktiw armatura

11-nji surat.

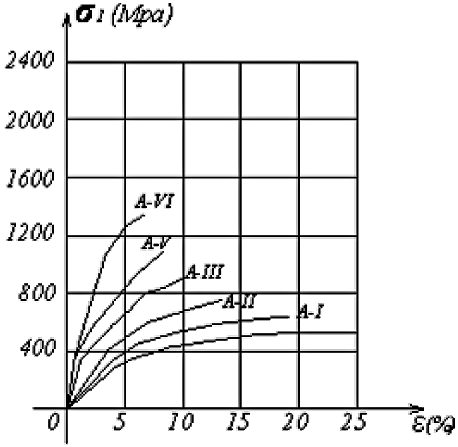
Ulanylyşyna görä armaturlar iki görnüşde bolýar. **Birinji** göni ulanylýan armaturlar. **Ikinji** öňünde dartylan armaturlar. Armaturalar mehaniki häsiýetine görä derejelere bölünýärler.

Armaturyň häsiýeti

Armaturyň klasslary	Daşky görnişleri	Deformirlen mäge ukyby	Konstruksiýada ulanylşy
A - I	Tekiz	25%	Montaj armaturasy hökiminde
A - II	Hyrly	19%	Güşlendirilmeýan işçi armatury hökiminde
A - III	Hyrly	14%	Güşlendirilmeýan işçi armatury hökiminde
A - IV	Hyrly	10%	Güşlendirilmeýän işçi armatury hökiminde
A - V	Hyrly	7%	Güşlendirilmeýan işçi armatury hökiminde

Dürli klasly armaturlaryň güýjenmesi bilen deformasiýasynyň arasyndaky baglanşyk ptosent hasabynda.

Güýjenme bilen deformasiýanyň arasyndaky baglanşyk (% hasabynda)



12-nji surat

Beton we demirbeton - häzirki wagtda gurluşyk öncmçiliginde esasy ulanylýan material hököminde beton we gurluşyk polat bolan armaturlaryň görkezmek bolar. Bu iki material bilelikde demir beton konstruksiýasyny emele getirýär.

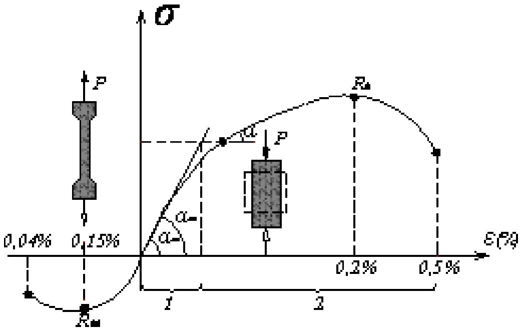
Beton - emele material bolup, ol sementden iri, meýdan garyndylardan we suwdan ybaratdyr.

Betonyň berkligi onuň düzümindäki suwuň we sementiň gatnaşygyna baglydyr $\frac{suw}{sement}$=0,6 ÷ 0,8 bolanda hereket etmäge galyba gowy ýerleşmäge ukyply beton hasap edilýar. Betonyň düzüminiň deň däldigi hatda örän az gysylmadan çylşyrymly güýjenmeli ýagdaýy döredýär.

Beton fiziki mehaniki häsiýeti

Beton	Fiziki mehaniki häsiýeti.	
	Dykyzlygy	Konstruksiýada häsiýetleri
Gaty agyr beton	2500 kg/m³	Konstruksiýany dürli hilli şol belenmekden goraýar
Agyr beton	2200 ÷2500 kg/m³	Konstruksiýany ähli ýük göteriji böleginde ulanylýar.
Ýeňileşdirilen beton	1800 ÷2200 kg/m³	Konstruksiýany ýük göteriji böleginde ulanylýar.
Ýeňil beton	500 ÷1800 kg/m³	Germew konstruksiýasynda ulanylýan 1200 kg/m³ ýokarsy ýük göteriji konstruksiýada ulanylýar.
Has ýeňil beton	500 kg/m³ çenli	Konstruksiýanyň izolirleýji böleginde ulanylýar.

Beton güýjenmesi bilen deformasiýasynyň arasyndaky baglanşyk (ptosent hasabynda).



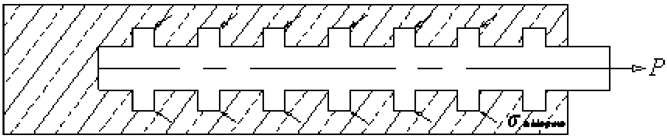
R_b - Betonyň berkligi
R_{bt} - Betonyň sünme bolan berkligi
1 - Betonyň maýşgak işleýan bölegi
2 - Betonyň maýşgak işlemeýan bölegi

13-nji surat.

Betonyň armatura bilen birleşip işlemegine demir beton konstruksiýa diýilýar.
Betonyň armatura bilen birleşmegi.

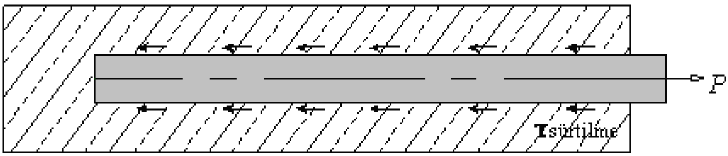
Armaturanyň çykyndysynyň hasabyna birleşme (periodiki proffili armatyrlarda)

a)



Armaturanyň üst tekizliginiň sürtilme güýjiniň hasabyna birleşme (tekiz armatyrlarda)

b)



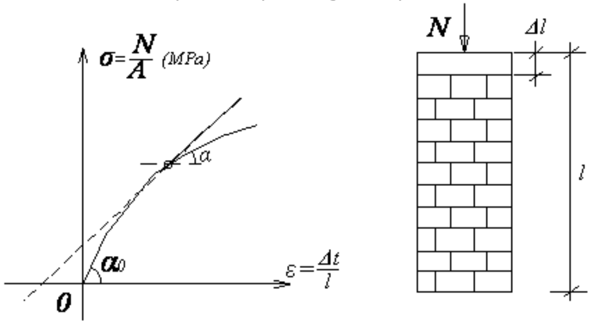
14-nji surat

Daş we kerpiç materiallary - şu materiallar hem gurluşyk önümçiliginde giňden ulanylýar. Bu materiallary goýulýan talaplar, berklik, sowyga çydamlyk, suwa çydamlyk we gerek dykyzlygyny almak. Bu materiallar güýjini täsir netijesinde maýyşgak şeýlede maýyşgak däl deformasiýaly almaga ukyplydyr.

Kerpiç berklik çägi (gysylmada)

Kerpiçiň markasy	Gurluşyk palçugynyň markasy				
	75	50	25	10	4
150	2	1,8	1,5	1,3	1,2
100	1,7	1,5	1,3	1,0	0,9
75	1,4	1,3	1,1	0,9	0,7
50	1,1	1,0	0,9	0,9	0,6

Kerpiç öriminde güýjenme bilen deformasiýanyň arasyndaky baglanşyk.



15-nji surat

2.7 SÜÝNME WE GYSYLMA DEFORMASIÝASYNA IŞLEÝÄN KONSTRUKSIÝALARYŇ BERKLIGE HASAPLANŞY

Häzirki döwürde süýnmä we gysylma işleýän konstruksiýalar iki görnüşde hasaplanýar.

Birinji - Güýjenmäniň çägi boýunça.

Ikinji - Pridel ýagdaýy boýunça.

Birinji hasaplama

Eger konstruksiýa ekspluatasiýa edilýän wagtynda, oňa örän kiçi maýşgak deformasiýa almaga mümkinçilik berilýän bolsa onda birinji usul bilen hasaplanýar. Bu usulyň manysy her nokatdaky ýüze çykýan hakyky güýjenme, ulanylýan material üçin goýulýan güýjenmäniň güýjinden uly bolmaly däldir.

$$\sigma=\frac{N}{A}\leq[\sigma] \qquad (21)$$

Bu ýerde: σ - işçi güýjenme.

N - işçi güýç.

A - kese - kesegiň meýdany.

[σ]- güýjenmäniň çägi.

☞**Üns beriň:**

Eger hasaplamada ýüze çykýan işçi güýjenme onuň çäginde uly çyksa onda kese – kesigiň meýdany ulaltmaly, ýa-da ýüki azaltmaly.

*Hakyky güýjenmäniň çäginden ± 5% uly ýada kiçi almaga rugsat berilýar.

*Işçi güýjenmäni onuň çäginden 5% - den artyk almaga rugsat berilmeýar.

*Işçi güýjenmäni onuň çäginden 5% - den has kiçi bolsa onda material çykdaýjy bolýar.

*Görkezilen formular bilen hasaplamalar, eger pürsiň uzynlygy onuň kese - keseginden gaty uly bolmady hilde dogry işleýar.

*Eger pürs kese - keseginden gaty uly bolsa onda gapdala sigma ýgny, durnykly- lyga hasaplamaly bolýar.

Ikinji hasaplama

Konstruksiýa öziniň ekspluatasiýa talabyny kanagat landyrman başlan döwrüne onuň pridel ýagdaýy diýilýar. Pridel ýagdaýy iki topara bölünýar.

Birinji topar - Konstruksiýa öziniň göteribilijilik ukybyny ýitirenligi sebäpli ony ulanyp bolmaýanlygy üçin.

Ikinji topar - Konstruksiýa örän uly jaýryklaryň, uly egilme deformasiýasynyň, beýleki deformasiýalarynyň örän uly bolan eýe bolýanlygy sebäpli ony ulanyp bolmaýanlygy sebäpli.

Hasaplamanyň maksady iki topardaky pridel ýgdaýyň hem ýüze çykmagyna mümkinçilik bermeli däl.

Bu hasaplama raýat şol senagat desgalarynyň hasaplamalarynda ulanylýar.

P < Pp.ý (22) Pp.ý. - pridel ýagdaýdaky güýç. *(Ol döwiji güýç bolýar, ýada konstruksiýany ulanyp bolmaýan deformasiýa getirýan güýç bolýar).*

Mysal:

<u>Mysalyň şerti:</u>

Başnýaly kranyň göterýan ýükinden onuň trosyna düşän güýji tapmaly. Eger trosyň bir seminiň diametri d=2mm bolsa trosda näçe sim bardygyny hasaplamaly.

Berlişi

d=2sm

[σ]= 1600kg/m² (trosyň güýjenmesiniň çägi)

<u>Çözülişi:</u>

Ilki *AB* - trosyň uzynlygyny kesgitläliň.

Pifogoryň teoremasynyň esasynda.

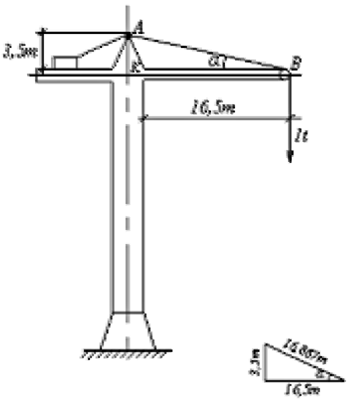
$AB^2=AK^2+KB^2=3{,}5^2+16{,}5^2=12{,}25+272{,}25=284{,}5m^2$

$AB=\sqrt{284{,}5}=16{,}867\,m$

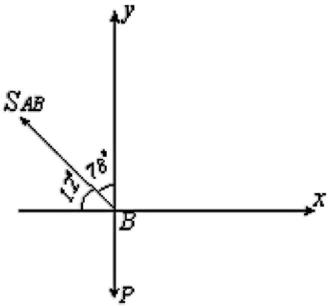
Trosyň bilen kranyň ýüki göteriji ganatynyň arasyndaky burçy kesgitläliň.

$\sin\alpha=\dfrac{AC}{AB}=\dfrac{3{,}5}{16{,}867}=0{,}2079$

$\sin\alpha=12^0$



16-njy surat



Indi trosa düşýan agramy kesgitläliň. Deňagramlyk deňlemesinden peýdalanyp S_{AB} tapýarys.

$$\Sigma y = 0$$

$$S_{AB} \cdot \cos 78^\circ - P = 0$$

$$A_{AB} = \frac{P}{\cos 78^\circ} = \frac{1000}{0,2079} = 4810 kg$$

Trosyň bir siminiň meýdany hasaplaryň

$$A_{sim} = \pi r_2 = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 = \frac{\pi d^2}{4} = 0,0314 sm^2$$

Trosyň berklik kanunyndan peýdalanyň ýüki götermek üçin trosyň meýdanyň näçe bolmalydygyny hasaplalyň.

$$\sigma = \frac{S_{AB}}{A} \leq [\sigma]; \; A = \frac{S_{AB}}{[\sigma]}$$

$$A_{tros} = \frac{4810}{1600} = 3 sm^2$$

Trosyň näçe sim bardygyny hasaplalyň.

$$n = \frac{A_{tros}}{A_{sim}} = \frac{3}{0,0314} = 95,56 \approx 96$$

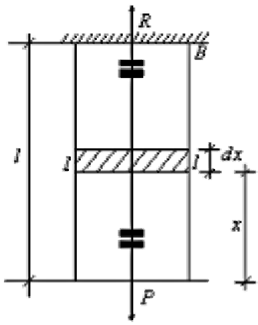
Trosda diametri d= 2mm bolsa 96 sany sim bolmaly eken.

2.8 PÜRSIŇ ÖZ AGRAMYNY HASABA ALMAK

Munda öňki hasaplamalarda hasaplanýan pürsiň öz agramyny hasaba almak işlenipdi. Onuň hasaba edýän täsiri kiçi diýip hasapdyr. Ýöne onuň uzynlygy uly bolanda ony hasaba almaly bolýar.

Mysal:

Troslary, zynjyrlary, kerpiçden örilen sütünleri, kolonalary, diwarlary, binýatlary hasaplanyňda onuň öz agramyny hasaba almaly, sebäbi öz agramyny hasaba almasaň başga netije berýar.



17-nji surat

Kese - kesigi hemişelik bolan suryk (steržen) bir tarapy gaty berkitme bilen berkidilen. Boş tarapynda sündiriji güýç goýalan.

Pürsiň öz agramyny hasaba alyp berkidilen ýerindäki daýanç güýji tapalyň.

Deňagramlyk deňlemesinden peýdalanyp.

$\Sigma_y = 0$; $R - p - G = 0$;

$R - P + G$

daýanç güýji tapýarys

$G = \gamma \cdot A \cdot l$ (23)

Bu ýerde: G - syrygyň öz agramy

γ -materiallaryňbirlik göwrüme düşýän agramy

A-kese-kesigiň meýdany

l-surygyň uzynlygy

Suratdan görşiňiz ýaly syrygyň iň howply nokady onuň berkidilen ýerinde bolýar, ýagny *AB* kesikde.

$$\sigma_{max} = \frac{P+G}{A} \quad (24)$$

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} + \frac{G}{A} = \frac{P}{A} + \frac{\gamma l A}{A} = \frac{P}{A} + \gamma l$$

$$\boxed{\sigma_{max} = \frac{P}{A} + \gamma l} \quad (25)$$

Konstruksiýanyň berklik kanuny onuň öz agramyny hasaba alanyňda şeýle aňlatma getirilýar.

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} + \gamma l \le [\sigma] \quad (26)$$

Konstruksiýanyň normal ýagdaýda ulanylmaga üçin talap edilýän meýdany tapmagyň formulasy.

$$A \ge \frac{P}{[\sigma] - \gamma l} \quad (27)$$

Normal ýagdaýda işlemek üçin surygyň maksimal uzynlygy şeýle hasaplanýar.

$$l_{max} = \frac{[\sigma]}{\gamma} \qquad (28)$$

Basgançakly pürsleriň her bölegine gerek bolýar meýdanyň hasaplanşy.

$$A_2 \geq \frac{P + \gamma A_1 l_1}{[\sigma] - \gamma l_2} \qquad (29)$$

$$A_3 \geq \frac{P + \gamma A_1 l_1 + \gamma A_2 l_2}{[\sigma] - \gamma l_3} \qquad (30)$$

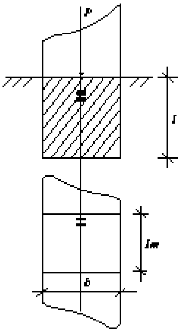
Mysal:

Mysalyň şerti:	Berlişi
Lenta görnüşli binýadyň öz agramyny hasaba almak bilen onuň goýlan ýüki götermek inini (b) hasaplanmaly.	Binýadyň 1 por. düşýan agramy P=320 *kN* Binýadyň materiallarynyň 1m³ göwrüme düşýan agramy γ = 20 *kN/m³* Topragyň göteribilijek ukyby $[\sigma]_t$= 250 kN/m² Binýadyň çuňlygy *l* = 1,5 *m*

Çözülişi:

Binýadyň 1 m. uzynlygyna hökmän gerek bolan kese - lesigiň meýdany kesgitläliň.

$$A=\frac{P}{[\sigma]_t-\gamma\cdot l}=\frac{0,320}{0,250-0,20\cdot 1,5}=1,45m^2$$



18-nji surat

Bir mert uzynlykdaky binýadyň ini

$$b=\frac{A}{l}=\frac{1,45}{1}=1,45\,de\check{n}dir$$

Mysal:

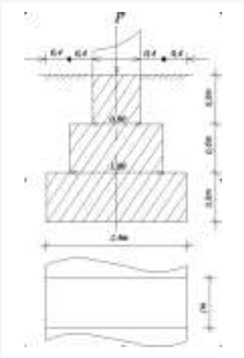
Mysalyň şerti:

Basgançaklyyň 1 metr uzynlygyna *P* güýç täsir edýar. Binýadyň öz agramyny hasaba almak bilen onuň düşegindäki tekizlikde ýüze çykýan güýjenmäni hasaplamaly.

Berlişi

Betonyň 1 metr uzynlygyna düşýan agramy P = 600kN

Topragyň göterip bilijek ukyby $[\sigma]_t$ = 300 kN/m²



19-njy surat

Çözülişi:

Suratda görşüňiz ýaly binýat üç basgançakdan durýa. Bizden talap edilýar ýeri iň aşaky bölegi bolýar. Ony şeýle hasaplaýarys.

$$A_3 \geq \frac{P + \gamma A_1 l_1 + \gamma A_2 l_2}{[\sigma]_t - \gamma l_3}$$

$$\sigma = \frac{P + \gamma A_1 l_1 + \gamma A l +_2 A_2 l \gamma}{A_3} =$$

$$\frac{0{,}600 + 0{,}022 \cdot 0{,}80 \cdot 1{,}00{,}6 + 0{,}22 \cdot 1{,}6 \cdot 1 \cdot 0{,}6 + 0{,}022 \cdot 2{,}4 \cdot 1 \cdot 0{,}8}{2{,}4 \cdot 1{,}0} =$$

$$0{,}288 Mn/m^2 < 0{,}300 Mn/m^2 (2{,}88 kg/sm^2 < 3 kg/sm^2)$$

2.9 SÜNME WE GYSYLMADA STATIKI KESGITSIZ SISTEMALAR BARADA DÜŞÜNJE

Egerde öňümizde goýlan meseläni deňagramlyk deňlemesi bilen çözüp bolmaýan bolsa, hemde ony çözmek üçin goşmaça deňleme düzüp, çözmeli bolsa şu görnüşli meselelere statiki kesgitsiz meselelere diýilýar.

☞***Üns beriň*:**

Konstruksiýanyň materiallynyň maýşgaklygy häsiýetini hasaba almaly.

*Goşmaça deňlemäni konstruksiýanyň deformirlenen ýagdaýynda düzmeli.

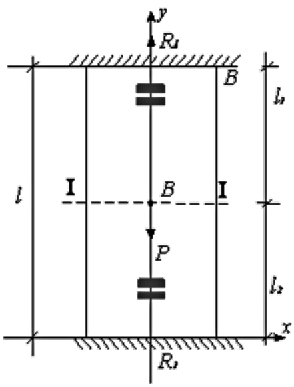
***Mysal*:**

Mysalyň şerti:

Uzynlygy l kese - kesigi A deň bolan polat pürs iki tarapy hem gaty berkitme bilen berkidilen. Oňa B nokatda P güýç täsir edýar. Bu täsiriň netijesinde güýçleri hasaplamaly.

Berlişi

$P = 50kN$
$l_1 = 20$ sm
$l_2 = 30$ sm
$l = 50$ sm



20-nji surat

Çözülişi:

Goýlan güýç pürsiň ýokarky bölegini sündirýär aşaky bölegini bolsa goşýar şol sebäpden R_1 we R ýokarky ugrykdyrylan.

Deňagramlyk deňlemesini düzeliň

$\Sigma y = 0$; $R_1 - P - R_2 = 0$; $P = R_1 + R_2$

Ýetmeýän deňlemesini konstruksiýanyň deformasion ýagdaýynda düzmeli.

Iki tarapy hem gaty berkitme bolansoň ýokarky bölegindäki absolýut uzalma bilen aşaky bölegindäki absolýut dysgalma deň baha eýe bolmaly.

$$\Delta l_1 = \Delta l_2; \quad \frac{R_1 l_1}{EA_1} = \frac{R_2 l_2}{EA_2} \qquad A_1 = A_2 = A$$

$R_1 l_1 = R_2 l_2$ Iki tarapyny hem $R_2 \cdot l_1$ paýlaly

$$\frac{R_1 l_1}{R_2 l_1} = \frac{R_2 l_2}{R_2 l_1} : \frac{R_1}{R_2} : \frac{l_1}{l_2} : \frac{R_1}{R_2} = \frac{30}{20} : \frac{R_1}{R_2} = 1{,}5$$

$R_1 = 1{,}5R_2$ Bu netijäni deňagramlyk deňlemesine goýýarys

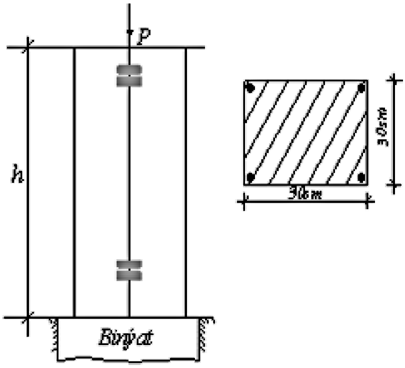
$$P = 1{,}5R_2 + R_2; \; P = 2{,}5R_2$$

$$R_2 = \frac{P}{2{,}5} = \frac{50}{2{,}5} = 20kN \qquad R_1 = 1{,}5\,R_2 = 1{,}5 \cdot 20 = 30kN$$

Eger $l_1 = l_2$ bolsa onda $R_1 = R_2$ deň bolar.

Mysal:

Mysalyň şerti:	Berlişi
Beýikligi *h* kese - kesiginiň meýdany *A* bolan demir biton sütine P güýç täsir edýar. Betonda we armaturda ýüze çykýan güýjenmäni hasaplamaly, şeýlede sütiniň absolýut we otnositel gysylmasyny kesgitlemeli.	$h = 3\ m$ $A = 0{,}09\ m^2$ $P = 700\ kN$ $A_{ar} = 0{,}001\ m^2$ $A_b = 0{,}089\ m^2$ $E_{ar} = 2 \cdot 10^5 \frac{Mn}{m^2}$ $E_b = 1{,}4 \cdot 10^4 \frac{Mn}{m^2}$



21-nji surat

Çözülişi:

Ýetmeýän deňlemesini konstruksiýanyň deformasion deňlemesinden düzýaris. Deformasiýadan soň demir beton konstruksiýasy bolan sütüni deň aralyga süşýanligi üçin şeýle şert goýmak bolýar.

$$\Delta l_b = \Delta l_{ar}$$

$$\frac{N_b h}{E_b \cdot A_b} = \frac{N_{ar} h}{E_{ar} \cdot A_{ar}}$$

$$N_{ar} = N_b \frac{E_{ar} \cdot A_{ar}}{E_b \cdot A_b}$$

Eger (b) aňlatmany (a) aňlatma goýsak onda

$$N_b + N_b \frac{E_{ar} \cdot A_{ar}}{E_b \cdot A_b} = P \quad ; \quad N_b = \frac{P}{1 + \frac{E_{ar} \cdot A_{ar}}{E_b \cdot A_b}}$$

Konstruksiýanyň beton bölegine dşüýän agramy.

$$N_b = \frac{0,700}{1 + \frac{2,110^{50,001}}{1,410^{4} 0,089}} = 0,600 Mn$$

Polat armatura dşüýan agramy. $N_{ar}=0,700-0,600=0,100Mn$

Konstruksiýanyň öz agramyny hasaba almazdan kesikde ýüze çykýan güýjenmäni hasaplalyň.

$$\sigma_b=\frac{N_b}{A_b}=\frac{0,600}{0,089}=6,75Mn/m^2\left(67,5kg/sm^2\right)$$

$$\sigma_{ar}=\frac{N_{ar}}{A_{ar}}=\frac{0,100}{0,001}=100Mn/m^2\left(1000kg/sm^2\right)$$

Absolýut we otnositel deformasiýany islendik material üçin hasaplap bolýar sebäbi beton bilen armatur bile işlän sütüni deň deformasiý bolýar.

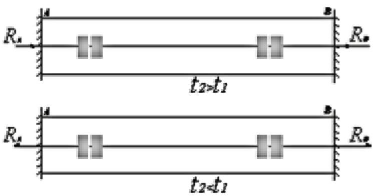
$$\Delta l_b=\frac{N_b h}{E_b A_b}=\frac{0,6003}{1,410^4 0,0089}\approx 0,0015m$$

$$E_b=E_{ar}=\frac{0,0015}{3}=0,0005$$

2.10. TEMPERATURANYŇ GÜÝJENMÄ WE DEFORMASIÝA TÄSIRI GÜÝJENMÄNIŇ KONSTRUKSIÝASY BARADA DÜŞÜNJE

Iki topary berkidilen pürsde temperaturanyň üýtgeminden güýjenme döreýär.

Eger $t_2 > t_1$ bolsa onda gysylma güýjenme bolýar.



Eger $t_2 > t_1$ bolsa sünme güýjenmesi döreýar.

$t = t_2 - t_1$ (31)

Onda bu güýjenme temperatura güýjenmesi diýilýar.

$\sigma_t = E \cdot 2 \cdot t$ (32)

22-nji surat

Bu ýerde: σ_t - temperatura güýjenmesi
E - materialyň maýşgak koeffisienti
α - uzynlyga giňelme koeffisienti
t - temperaturanyň tapawudy

☞**Üns beriň:**

(49) formula diňe pürsiň hemişelik kese-kesiginde iki tarapy berkidilip temperaturanyň deň agramly ýaýran ýagdaýynda işleýär. Başga ýagdaýlarda formula işlemeýär.

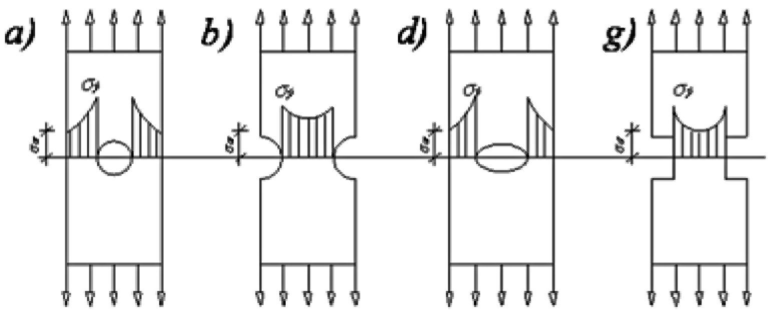
*Köp materiallar hemişelik güýçde uly temperatyrada işleseler olarda uly galyndyly
deformasiýa emelle gelip olaryň berklik çäginden has bärde döwilmegine alyp gelýärler.

*Kähalatlarda hatda proporsionallyk çäginden aşakda konstruksiýanyň döwilýan ýagdaýynda gabat gelmek bolýar.

*Polat materialynda temperatura güýjenmesi 300 - 350°C soň duýlyp başlaýar.

Güýjenmäniň konsentrasiýasy barada düşünje

Kese-kesigiň gowşan ýerinde güýjenmäniň birden artmak



ýagdaýda güýjenmäniň konstruksiýasy diýilýar.

23-nji surat

☞Üns beriň:

Uly güýjenme diňe konstruksiýanyň oýylan ýerindäki meýdançada ýüze çykýar. Şol sebäpden güýjenme ýeri häsiýete eýedir.

*Ýerli güýjenmäniň iň uly bahasyny hasaplamak örän kyn meseleler toplymyna girýar. Şol sebäpli ony maýşgaklyk teoriýasynda hasaplaýar.

39 - nji syratyň (a) bölegindäki ýaly işleýan konstruksiýa üçin ýerli güýjenmäniň uly bahasy şeýle hasaplaýar.

$$\sigma_y = \sigma_{or} \quad (33)$$

Bu ýerde: σ - ýerli güýjenme
σ - güýjenmäniň orta bahasy

Bu suratyň (b) şekilindäki ýaly işleýän konstruksiýalar üçin ýerli güýjenme şeýle hasaplanýar.

$$\sigma_y = 2\sigma_{or} \quad (34)$$

Güýjenmäniň şeýle ýaýramagy σ - proporsionallyk çäge çenli saklanýar.

Bu suratyň (b) görnüşindäki ýaly işleýan konstruksiýalarda ýerli güýjenme has kyn artýar. Eger ellipsiň oky süýnme ýa-da gysylma oky bilen gabat gelse onda orta güýjenmeden uly bolsa-da tegelek deşikli konstruksiýanyň ýerli güýjenmesiniň maksimal bahasyndan kiçi bolýar. Gurluşyk konstruksiýalarynyň bu ýagdaýda işleýänlerine diwarlar binýatlar mysal bolup biler.

Bu syratyň (g) şekilindäki ýaly işleýän konstruksiýalarda iň uly ýerli güýjenmeler ýüze çykýar.

Ýerli güýjenmesiniň esasy görkezijisi hökiminde konstruksiýanyň koeffisenti ulanylýar.

$$\alpha_\sigma = \frac{\sigma_{er}}{\sigma_{or}} \quad (35)$$

Bu ýerde: α_σ - konstruksiýany häsiýelendirýan koeffisient

σ_{erli}- erli güýjenmäniň bahasy

σ_{orta}- orta güýjenme

☞**Üns beriň:**

Synaglaryň netijesi maýyşgak materiallarda ýerli güýjenmäniň bahasy güýjenmäniň akmak çägine ýeten soň artmaýandygy görkezildi. Emma galan böleginde güýjenme artýar bu bolsa kesigiň deşik bilen gowşadylmagy onuň güýjenmäniň ähli ýerde deň ýaýramagyna mümkinçilik berýär diýildigidir.

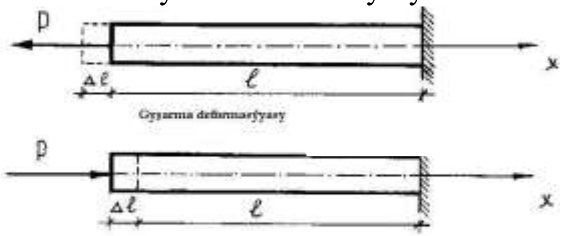
*Konstruksiýa statiki güýç täsir edende onuň kese - kesigindäki kiçi gowşama onuň berkligini täsir etmeýar.

*Eger konstruksiýa dinamiki güýjiň täsirinde işleýan bolsa onda onuň kese - kesiginiň gowşadylmagy onuň berkligine täsir edýar.

2.11 Süýnme we gysylma deformasiýasyna işleýän konstruksiýalarynyň bölekleriniň hasaplanyşy

Süýnme deformasiýasy berlen güýçleriň täsiri netijesinde seredilýän pürsüň kese-kesiginde diňe boý güýçler ýüze çykýan ýagdaýdyr.

Süýnme deformasiýasy.

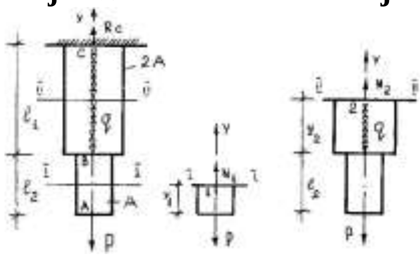


24-nji surat

P-pürse goýulýan daşky güýç, *Δl*-absolýut deformasiýa, *l*-pürsüň deformasiýa çenli uzynlygy.

Süýndirýän boý güýçleriň alamatyny položitel diýip kabul edýaris.Gysýan boý güýçleriň alamatyny otresatel diýip kabul edýaris.Deformasiýa wagtynda ýüze çykýan boý güçleri tapylyş usylyny mysalda seredeliň. Ikinji suratda pürsüň kese-kesiklerindäki içki güýçleriniň tapylşyna seredeliň

I-nji kesik **II-nji kesik**



9–njy surat

Içki güýçler kesikler usuly bilen tapylýar. Berlen pürsi daşky güýçleriň täsir edişine baglylykda kese-kesiklere bölýärler. Seredilýän bölek daşky we içki güýçleriň täsiri netijesinde deňagramlyk ýagdaýynda bolmalydyr.Ýagny şu deňlemeleri kanagatlandyrmalydyr.

$$\begin{cases} \sum X = 0 \\ \sum Y = 0 \\ \sum M = 0 \end{cases}$$

Şu deňlemeleriň kömegi bilen gözlenýän içki güýçleri tapalyň.

$$\sum X = 0, \quad N_1 - P = 0, \quad N_1 = P$$

$$\sum Y = 0, \quad N_2 - q \cdot y_2 - P = 0, \quad N_2 = q \cdot y_2 + P$$

Deňlemeden gözleýän içki güýç okuň ugryna görä üýtgeýär onuň sebäbi ýaýran güýçleriň barlygyndandyr. Süýnme we gysylma deformasiýasy wagtynda pürsüň kese-kesiginde güýjenme ýüze çykýar.Ol güýjenme meydan birligine düşýän güýjüň mukdaryny görkezýär.

$$N = \int_A \sigma dA \qquad N = \sigma A \qquad \sigma = N/A$$

σ—güýjenme, *N*—içki boý güýç, *A*—kese-kesigiň meýdany

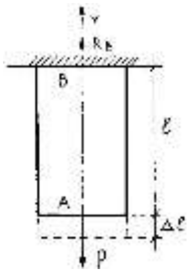
Güýjenmäniň birligi /kgs/sm^2 , ts /m^2 /. Onda surata ýüzlenmek bilen kese-kesiklerdäki güýjenmeleriň tapylşyny görkezeliň.

$$\sigma_1 = N_1/A \qquad \sigma_2 = N_2/2A$$

Pürse daşky güýjüň täsir etmegi netijesinde onda absolýut boý deformasiýasy ýüze çykýar.Ol deformasiýa şeýle formula bilen hasaplanýar.

$$\Delta l = Nl / EA$$

ΔL -absolýut deformasiýa,
N- içki güýç, *l*-pürsüň zynlygy,
A-kese-kesigiň meýdany,
E-maýyşgaklyk moduly



25-nji surat

Otnositel boý deformasiýasy şeýle hasaplanýar

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

ε -otnositel boý deformasiýasy, *Δl*-absolýut boý deformasiýasy, *L*-pürsüň uzynlygy

Güýjenme bilen deformasiýanyň arasynda şeýle baglanşyk bar.

$$\sigma = \varepsilon E; \qquad \varepsilon = \sigma/E$$

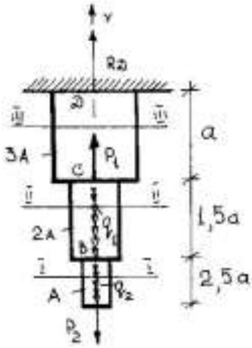
Bu baglanşyklara Gukuň kanuny diýilýär.

Seredilip geçilen teoretik ýagdaýlary mysala ýüzleneliň.

Mysalyň şerti: Dürli meýdanly pürse y okuna parallel bolan dört sany güýç ýüklenen ol güýçleriň täsiri netijesinde kese-kesikde ýüze çykýan içki güýjüni, güýjenmesini we deformasiýasyny tapmaly. Tapylan parametrleriň epýurlaryny gurmaly.

Berlişi:

$P_1=30\ kN$ $\quad$ $q_2=12\ kN/m$
$P_2=60\ kN$ $\quad$ $q_1=15\ kN/m$
$E=2\cdot10^4\ kN\ /sm^2$ $\quad$ $A=30\ sm^2$
$A=1m$



26-njy surat

Meseläni daýanç güýjüni tapmakdan başlaýar. Daýanç güýçlerine reaktiw gümler diýilýär. Berlen güýçlere aktiw güýçler diýilýär.Reaktiw güýçler bilen aktiw güýçler bilelikde berlen pürsi deňagramlyk ýagdaýynda saklamaly.Onda bu şert deňagramlyk ýagdaýynyň deňlemesi bilen daýanç güýjüni tapmaga mümkinçilik berýär.

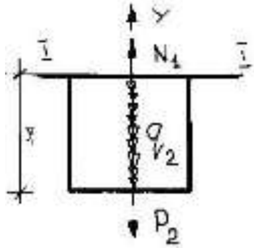
$\sum y=0,\ \ RD+P_1-q_1\cdot1.5a-q_2\cdot2.5a-P_2=0$

$RD=-P_1+q_1\cdot1.5a+q_2\cdot2.5a+P_2=-$
$0+15\cdot1.5\cdot1+12\cdot2.5\cdot1+60=82.5kN.$

Içki boy güçleri tapmak üçin kese-kesik geçirýaris.

$\sum y=0;\ \ N_1-q_2\cdot y_1-P_2=0$
$N_1=q_2 y_1+P_2$
$0\leq y_1\leq 2.5a$
$y_1=0,\ N_1=12\cdot 0+60=60kN.$
$Y_1=2.5a$,
$N'_1=12\cdot 2.5\cdot 1+60=90kN.$

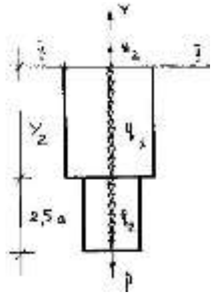
I-kesik



30-njy surat

II-kesik.

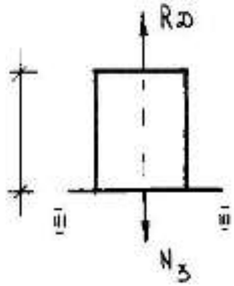
$\sum y=0$
$N_2-q_1\cdot y_2-q_2\cdot 2.5a-P_2=0,$
$N_2=q\cdot y_2+q_2\cdot 2.5a+P_2$
$0\leq y_2\leq 1.5a$
$y_2=0;$
$N_2=q_2\cdot 2.5a+P_2=12\cdot 2.5\cdot 1+60=90kN$
$y_2=0;$
$N_2=15\cdot 1.5+12\cdot 2.5\cdot 1+60=112.5kN.$



31-nji surat

III- kesik.

$\sum y=0$
$RD-N_3=0$
$N_3=RD=82.5kN.$



32-nji surat

Indi güýjenmäni hasaplalyň

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

δ_A=60kN/30sm^2=2kN/sm^2 σ'_B=90/60=1.5kN/sm^2

σ_B=90/30=3kN/sm^2 σ'_c=82.5/3·30=0.91kN/sm^2

$\sigma_{c=}$112.5/60=1.87kN/sm^2 σ_D=82.5/90=0.91kN/sm/^{2}

Indi pürsde bolup geçýän deformasiýa seredip geçeliň

$$\Delta l_d = \frac{N_d \cdot l}{3EA} = \frac{82.5 \cdot 0}{3 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 30} = 0$$

$$\Delta l_c = \frac{N_c \cdot a}{3EA} = \frac{112{,}5 \cdot 1 \cdot 10^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 30} = 0{,}625 \cdot 10^{-2}$$

$$\Delta l_B = \int_0^{1{,}5a} \frac{q_1 y_2 + q_2 \cdot 2{,}5a + P}{2EA} dy = 1{,}12 \cdot 10^{-2} \quad sm$$

$$\Delta l_A = \int_0^{1{,}5a} \frac{q_2 y_1 + P}{EA} dy = 2{,}5 \cdot 10^{-2} \quad sm$$

Indi orun üýtgemani hasaplalyň.

$$\delta_D = \Delta l_B = 0$$

$$\delta_C = \Delta l_D + \Delta l_C = 0 + 0{,}625 \cdot 10^{-2}$$

$$\delta_B = \Delta l_D + \Delta l_B + \Delta l_C = 0{,}625 \cdot 10^{-2} + 1{,}12 \cdot 10^{-2} = 1{,}0745 \cdot 10^{-2} \quad sm$$

$$\delta_A = \Delta l_B + \Delta l_C + \Delta l_B + \Delta l_A = 0 + 0{,}625 \cdot 10^{-2} + 1{,}12 \cdot 10^{-2} + 2{,}5 \cdot 10^{-2} =$$

$$= 4{,}245 \cdot 10^{-2} \quad sm$$

Statiki kesgitsiz syrykly sistemalar

Indi statiki kesgitsiz meselelere seredeliň.

Eger-de gözlenýän içki güýçleri deňagramlyk deňlemeleri bilen tapyp bolýan bolsa, onda olar ýaly meselelere statiki kesgitsiz meseleler diýilýär. Eger-de gözlenýän içki güýçleri deňagramlylyk deňlemeleri bilen tapyp bolmaýan bolsa, oňa statiki kesgitsiz mesele diýilýär. Bu meseläni çözmek üçin deňagramlylyk deňlemesinden başga, goşmaça, orun üýtgetmäniň deňlemesini düzmeli. Onda şeýle meseleleriň çözülşine seredip geçeliň.

Mesele: Absolýut gaty pürs iki sany polat syryk bilen berkidilen. Bu sistema K nokatda toplanan güýç ýüklenen.Hemişelik we üýtgeýän güýçler, geometrik ölçegler şeýle-de meýdanlaryň gatnaşygy A_2/A_1 belli bolan halatda sistema üçin şeýle ýerine ýetirmek talap edilýär.

I Pürse täsir edýän hasap güýjüni tapmaly (hemişelik güýji $n_1=1.1$ üýtgeýän güýji $n_2=1.4$ köpeltmeli) .

2. I we 2 syryklarda ýüze çykýan içki güýçleri tapmaly.

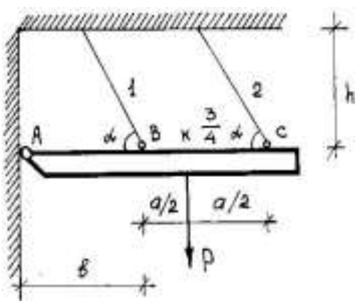
3.Kese-kesigiň meýdanyny 2 sany taraplary deň bolan ugolnikler görnüşde saýlap almaly.

4.Syndyryjy güýji hasaplamaly. Hasaplaýyş wagtynda akymlylygyň çägi $\sigma_A=230mPa=23kN/sm^2$.

5.Rugsat ýüküni hasaplamaly, hasaplaýyş wagtynda ätiýaçlyk koefsiýentini *K=1.5deň diýip almaly*

Berlişi :

$R=21kN/sm^2$- hasaplaýyş garşylygy
$\sigma_A=23kN/sm^2$-akymlylyk güýjenmesi.
$a=2m$ $b=1.4m$
$h=1.2m$ $\alpha=60^0$
$A_2/A_1=2$
P hemişelik=80 kN,
P üýtgeýän=200kN.
$E=2\cdot10^6kN/sm^2=2\cdot10^4kN/sm^2$

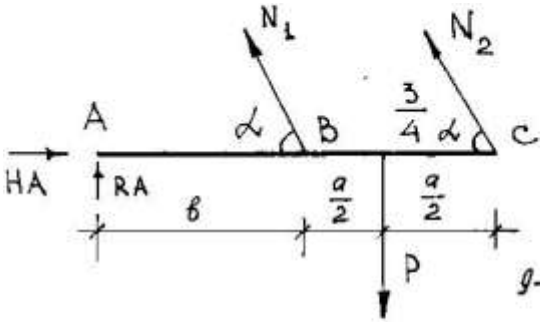


33-nji surat

Hasap güýjini tapalyň.

$$P_{has.}=n_1P_{hem}+n_2P_{ý}=1.1\cdot80+1.4\cdot200=88+280=368k\ N.$$

1 we 2 syrykda ýüze çykýan içki güýçleri tapalyň.



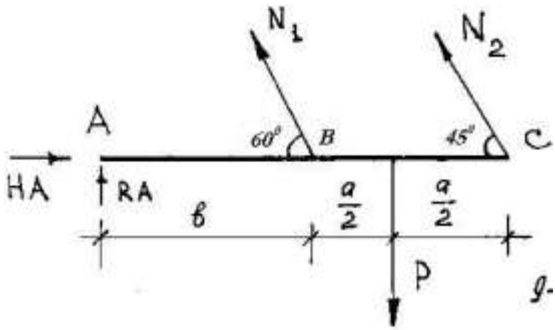
34-nji surat

II suratdan görnüşi ýaly 4 sany näbelli güýç bar. *(H_A,R_A,N_1,N_2).* Emma daýanç güýçleri tapmak talap edilmeýär.Şol sebäpli ähli güýçleriň A nokada görä momentleriniň jemini nula deňlemeli.

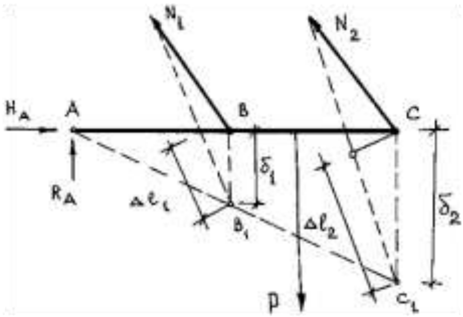
$$\sum M=0 \qquad -N_1\cdot b-N_2(b+a)+P(b+a/2)=0.$$

Bu deňlemeden näbelli güýçleri tapmak üçin ýene-de bir goşmaça deňleme düzmeli. Onuň üçin sistemanyň deformirlenýän öňki ýagdaýyna seretmeli.

Sistemanyň deformirlenenden soňky ýagdaýy.



Sistemanyň deformirlenmeden soňky ýagdaýy



35-njy surat

Δl_1we Δl_2 - I we 2 saryklaryň uzalmasy
δ_1 we δ_2 - Saryklary absolýut gaty pürs bilen birleşdirýän şarnirleriň orun üýtgemesi.
şekilde seredeliň onda iki sany meňzeş üçburçlyklar bar.

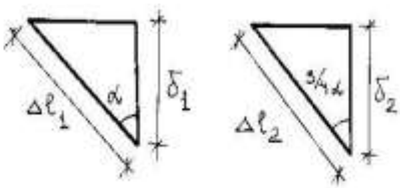
$\Delta ABB_1 \qquad \Delta\ ACC_1.$

Hasaplanan meýdan esasynda sortamentden ugolnik saýlap alýarys.
Saýlanyp alnan meýdan şeýle şerti kanagatlandyrmalydyr Bu meňzeşlikden şeýle gatnaşyk alýarys.

$$\frac{CC_1}{BB_1} = \frac{A_C}{AB}; \quad CC_1=\delta_2, \quad AC=3.4M.$$

$$\frac{\delta_2}{\delta_1} = \frac{3,4}{1,4}; \quad BB_1= \delta_1, \quad AB=1,4\ m.$$

$\Delta l_1/\ \delta_1=\sin\alpha;$
$\delta_1=\Delta l_1/\ \sin\alpha;$
$\delta_2=\Delta l_2/\sin(3/4)\alpha$
$1.4\ \delta_2=3.4\ \delta_1.$
$1.4\Delta l_2\sin(3/4)\ \alpha=3.4ll_1\sin\alpha;$ $1.4N_2l_2/(EA_2)\sin(3/4)\alpha=3.4N_1l_1/(EA_1)\sin\alpha.$



$A_2=2A_1.\ l_1=2.4\ \ m.\ l_2=1.69m,\ 1.4N_2l_2/(2A_1),$
$\sin(3/4)\alpha=3.4(N_1l_1/A_1)\sin\alpha; \qquad 0.707\cdot0.7\cdot1.69N_2=1.7\cdot2.4N_1,$
$0.84N_2=4.08N_1, \quad N_2=4.08/0.84, \quad N_1=4.86N_1$

$$N_2=4.86N_1$$

Indi gözlenýän içki güýçleri şeýle deňlemeleriň kömegi bilen tapmak bolar.

$$\begin{cases} -N_1\cdot b-N_2(b+a)+P\left(b+a/2\right)=0 \\ N_2=4{,}86N_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -N_1\cdot 1{,}4-N_2 3{,}4+368\cdot 2{,}4=0 \\ N_2=4{,}86N_1 \end{cases}$$

Deňlemäni deňlemä goýmak usuly bilen gözlenýän içki güýçleriň san bahasyny tapýarys.

$N_1=49.29$ *kN*, $N_2=239.53$*kN.*

Tapylan içki güýçleri deňlemä goýup barlalyň.

$-49.29\cdot 1.4-239.53\cdot 3.4+368\cdot 2.4=0$

$-883.2+883.2=0$

Indi kese-kesigiň meýdanynyň tapylyşyny görkezeliň.

$\sigma_1=N_1/A_1\le R$, $A_1=N_1/R$

$\sigma_2=N_2/A_2\le R$, $A_2=N_2/R$

Indi haýsy güýjenmäniň uly bolýandygyna seredeliň. Goý

$A_1=1;$ $\sigma_1=N_1/A_1$; $\sigma_2=N_2/A2=N_2/2A_1=0.5N_2/A_2$

$\sigma_1=N_1;$ $\sigma_2=0.5N_2$

$\sigma_1=49.2Kn;$ $\sigma_2=0.5\cdot 239.53=119.77.$ $\sigma_2>\sigma_1$

Onda berklik şertinden peýdalanyp, gözlenilýän meýdany tapalyň.

$$\sigma_2=N_2/A_2\le R$$

Bu formulany peýdalanyp gözleýän meýdany tapalyň.

$$A_2=N_2/R=239.53/21=11.41sm^2$$

A_2- kese-kesigiň talap edýan meýdany.

$A_2^T=11{,}41\ \ sm^2$- bu meýdan 2- ugolnigiň talap edýän meýdanydyr I ugolnigiň meýdany

A_2^C - saýlap alynýan meýdan, A_2^T - talap edilýän meýdan
Şu şertiň esasynda talap edilýän meýdany saýlap alýarys.

$$\frac{A_2^C}{2} = 6{,}13 \quad sm^2,$$

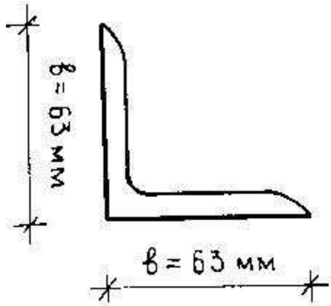
$$A_2^C = 2 \cdot 6{,}13 = 12{,}6 \quad sm^2,$$

$A_2/A_1=2.$

$$\angle 63 \cdot 63 \cdot 5$$

$2A_1=A_2,$

$$A_1^C = A_2^C \big/ 2 = 12{,}26 \big/ 2 = 6{,}13 \quad sm^{-}$$



Her syryga düşýän döwüji güýji hasaplalyň

$$N_1^{dow} = A_1^C \cdot \sigma_A = 6{,}13 \cdot 23 = 140{,}9 \quad kN$$

$$N_2^g = A_2^C \cdot \sigma_A = 12{,}26 \cdot 23 = 281{,}98 \quad kN$$

Berlen sistemany syndyryjy güýji hasaplalyň. Onuň üçin deňlemäni peýdalanalyň.

$$N_1 = A_1^C \cdot \sigma_A;$$

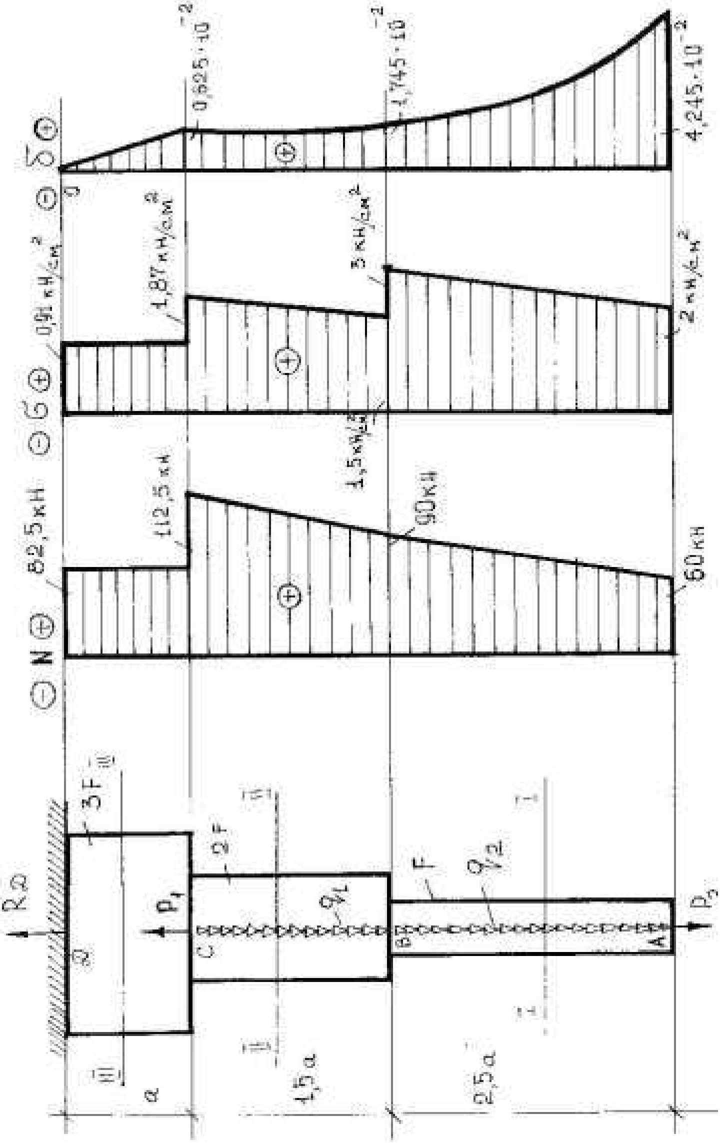
$$-A_1^C \cdot \sigma_A \cdot b - A_2^C \sigma_A (b+a) + P_{syn}\left(b + a \big/ 2\right) = 0$$

$$P_{syn} = \frac{A_1^C \delta_A b + A_2^C \sigma_A (b+a)}{\left(b + a \big/ 2\right)} =$$

$$\frac{6{,}13 \cdot 23 \cdot 1{,}4 + 12{,}26 \cdot 23 \cdot 3{,}4}{1{,}4 + 1} = 481{,}72 \quad kN$$

Indi rugsat ýüküni hasaplalyň.
$[P]=P_{syn}/K=481.72/1{,}5=321{,}15$ kN.

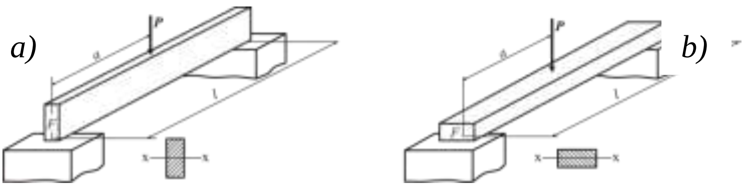
Alynan naetjeleriň esasynda gurylan epýurlar



3. TEKIZ KESIGIŇ GEOMETRIKI HÄSIÝETNAMALARY

3.1. Oka görä moment inersiýa. Polýar moment inersiýasy Merkezden daşlaşýan inersiýa momenti

Süýnme we gysylma deformasiýasy öwrenilende esasy geometriki häsiýet hököminde kese-kesigiň meýdanyny hasaplamaly. Ol konstruksiýanyň deformasiýasyna doly garşylyk görkezmäge ukyply parametr hököminde seredilýär. Emma egilme deformasiýasynda diňe kese-kesigiň meýdany deformasiýa garşylyk görkezýän parametr hököminde seredip bolmaýar.



1-nji surat

1-nji suratdaky pürsi iki ýagdaýda ulanyp görýäris. Birinji ýagdaýda (a) dik duran görnüşde, ikinji ýagdaýda (b) kese ýatan görnüşde. Dik duran ýagdaýda ol goýulan güýje garşylyk görkezmäge ukyply bolup berkligi uly bolýar. Kese ýatan ýagdaýda ol garşylyk görkezmäge az ukyply bolup berkligi kiçi bolýar. Bu ýerden netije, kese-kesigiň meýdany hemişelik bolanda konstruksiýanyň ýasalşyna görä deformasiýa dürli garşylyk görkezip bilýändigini görkezýär. Onda egilme deformasiýasynda kese-kesigiň meýdanyny deformasiýa garşy goýup bolýan ýeke-täk parametr hököminde ulanyp bolmaýandygyny görkezýär. Bu ýagdaý meýdandan başga-da kese-kesigi häsiýetlendirilýän täze parametrleri girizmek mejburlygynyň döreýändigini görkezýär. Bu ýerde iki sany düşünjäni girizmek gerek:

1. Gatylyk – konstruksiýanyň deformasiýa garşylyk görkezip bilmek ukyby.
2. Çeýelik – konstruksiýanyň uly deformasiýa almaga ukyply ýagdaýy.

Konstruksiýanyň gatylygyny häsiýetlendirilýän ulylyga moment inersiýa diýilýär. Ol konstruksiýanyň ýasalan materialynyň maýyşgaklyk koeffisiendini hasaba almak bilen amala aşyrylýar we şeýle bellenýär *EI*. *E* – maýyşgaklyk koeffisienti, I – kese-kesigiň moment inersiýasy. Moment inersiýany öwrenmezden öňürti nazary mehanikanyň hödürlenýän geometriki häsiýetnamalaryna seredip geçeliň.

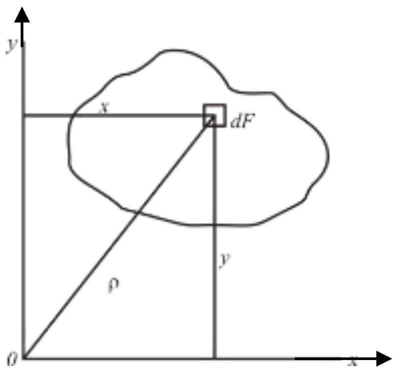
Statiki moment:

$$\boldsymbol{S_y = \int_A x dA} \quad (1)$$

$$\boldsymbol{S_y = \int y_A \, y dA} \quad (2)$$

S_x – x okyna görä statiki moment

S_y – y okyna görä statiki moment



2-nji surat

Statiki momendiň tapylmagy kese-kesigiň agyrlyk merkezini tapmaga mümkinçilik berýär.

$$x_c = \frac{S_y}{A} \quad (3) \qquad\qquad y_c = \frac{S_x}{A} \quad (4)$$

x we *y* okuna görä moment inersiýa şeýle hasaplanýar:

$$I_x = \int_A y^2 dA \ (1) \qquad\qquad I_y = \int_A x^2 dA \ (2)$$

Polýar moment inersiýasy:

$$I_p = \int_A p^2 dA \ (7)$$

Eger $\rho^2 = x^2 + y^2$ onda $I_p = \int_A (x^2 + y^2)\, dA = \int_A x^2\, dA + \int_A y^2\, dA = I_p = I_y + I_x;$

$$I_p = I_y + I_x \quad (8)$$

Merkezden daşlaşýan inersiýa momenti:

$$I_{xy} = \int_A xy\, dA \quad (9)$$

☛ **ÜNS BERIŇ!**

* Moment inersiýa mydama položitel baha eýedir.

* Merkezden daşlaşýan inersiýa momenti položitel, otrisatel we nul bahalara eýe bolup biler.

* Eger kesik iki şekilden ybarat bolsa onda umumy agyrlyk merkezi ýönekeý şekilleriň agyrlyk merkeziniň birleşdirilen göni çyzygynyň üstünde ýerleşýär. Haýsy aralyk uly bolsa şoňa ýakyn bolýar.

* Kese-kesigiň ok simetriýasy bar bolsa ol baş ok bolýar

3.2 Ýönekeý şekilleriň moment inersiýasy

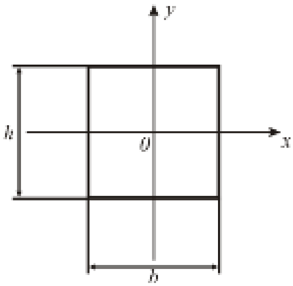
1. Göniburçlygyň oka görä moment inersiýasy

$$I_y = \frac{h \cdot b^3}{12} \quad (10)$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} \quad (11)$$

Eger b = h = a, onda

$$I_y = \frac{a^4}{12} \quad (12)$$



3-nji surat

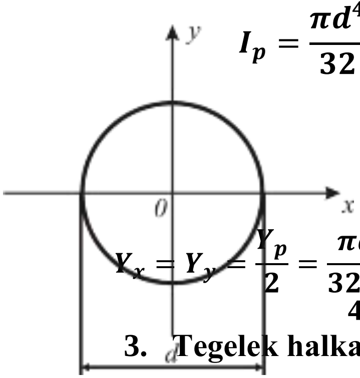
Merkezden daşlaşýan moment inersiýasy:

$$I_{xy} = \int_A xy\, dA = \frac{b^2h^2}{4} \quad (13)$$

2. Tegelegiň moment inersiýasy.

Polýar moment inersiýasy:

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1d^4 \quad (14)$$

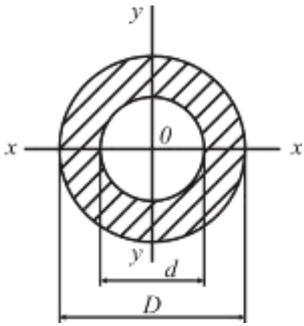


Oka görä moment inersiýasy:

$$Y_x = Y_y = \frac{Y_p}{2} = \frac{\pi d^4}{32 \cdot 2} = \frac{\pi d^4}{64} \approx 0,05d^4 \quad (15)$$

4-nji surat

3. Tegelek halkanyň oka görä moment inersiýasy

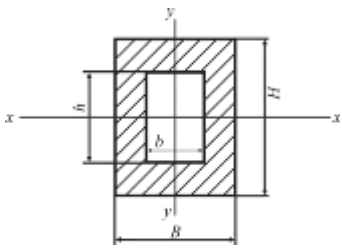


5-nji surat

$$I = I = \frac{\pi D^4}{64} - \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi^4}{64}(D^4 - d^4) \approx$$

$$\approx 0,05d\,(D^4 - d^4) \quad (16)$$

4.Guty şekilli kese-kesigiň moment inersiýasy.



6-njy surat

$$I_x = \frac{BA^3 - bh^3}{12} \qquad (17)$$

$$I_y = \frac{AB^3 - hb^3}{12} \qquad (18)$$

$$I_x = {i_x}^2\,A \qquad (19)$$

$$I = {i_y}^2\,A \qquad (20)$$

i_x, i_y – kese-kesigiň radius inersiýasy.

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad (21) \qquad\qquad i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (22)$$

Göniburçlyk üçin:

Tegelek üçin:

$$i_x = \frac{h}{6}\sqrt{3} \quad (23)$$

$$i_x = i_y = \sqrt{\frac{\frac{\pi d^4}{64}}{\frac{\pi d^2}{4}}} = \frac{d}{4} = \frac{R}{2} \quad (25)$$

$$i_y = \frac{b}{h}\sqrt{3} \quad (24)$$

3.3 Kese-kesigiň geometriki häsiýetmanalary

Kese-kesigiň agyrlyk merkezinden geçýän oka merkezi oklar diýilýär, onda ýüze çykýan momende merkezi moment inersiýalar diýilýär. Eger merkezi oklardaky moment inersiýalar belli bolsa onda oňa parallel geçýän oklardaky moment inersiýalary şeýle kesgitlemek bolýar.

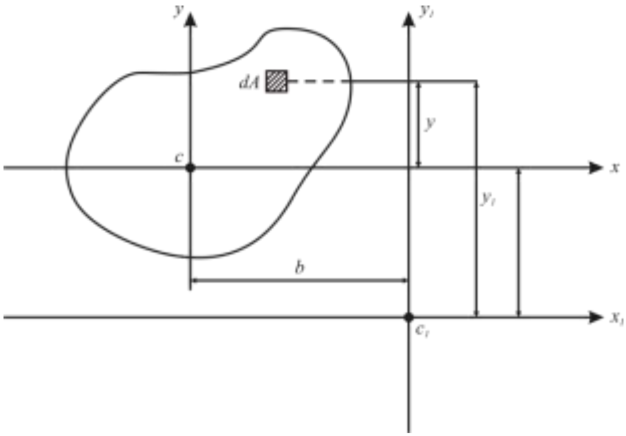
$$I_{x_1} = I_x + a^2 A \quad (26) \qquad I_{y_1} = I_y + b^2 A \quad (27)$$

Bu ýerde: I_{x_1}, I_{y_1} – Merkezden geçýän oka parallel bolan oka görä moment inersiýalar.

I_x, I_y – Merkezden geçýän oka görä moment inersiýalar.

b, a – Iki parallel okynyň arasyndaky aralyklar.

A – Kese-kesigiň meýdany.



7-njy surat

Merkezden daşlaşýan moment inersiýa bolsa şeýle hasaplanýar:

$$I = I_{xy} + a \cdot bA \quad (28)$$

Bu ýerde: $I_{x_1y_1}$ – Merkezden geçýän oka parallel okda döreýän merkezden daşlaşýan moment inersiýa.

I_{xy} – Merkezi okdan geçýän merkezden daşlaşýan moment inersiýa.

Merkezi ok aýlananda moment inersiýanyň hasaplanyşy.

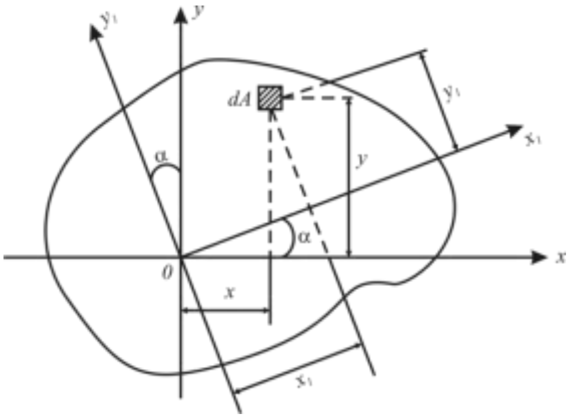
$$I_{x_1} = I_x \cos^2\alpha + I_y \sin^2\alpha - I_{xy} \sin 2\alpha \quad (29)$$

$$I_{y_1} = I_y \cos^2\alpha + I_x \sin^2\alpha - I_{xy} \sin 2\alpha \quad (30)$$

$$I_{x_1y_1} = \frac{I_x - I_y}{2} \cdot \sin 2\alpha + I_{xy} \cos 2\alpha \quad (31)$$

Bu ýerde: I_{x_1}, I_{y_1} – Aýlanýan burçda döreýän moment inersiýa.

α – Aýlanýan burçyň bahasy.



8-nji surat

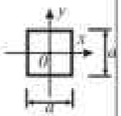
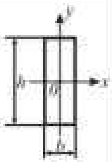
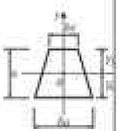
Baş inersiýa okunyň ýagdaýy şeýle hasaplanýar.

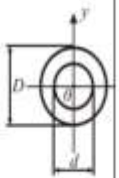
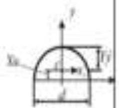
tgαo= $-\frac{2I_{yx}}{I_{xc}-Y_{yc}}$ **(32)**

Baş moment inersiýasy şeýle hasaplanýar

I$\frac{max}{min}=\frac{I_{yc+I_{xc}}}{2}\pm\frac{1}{2}\sqrt{(I_{yc}-I_{xc})^2+4I_{xcyc}^2}$ **(33)**

3.4 Dürli kese-kesikleriň geometriki häsiýetnamalary

№	Şekil	Şekiliň ady	Meýdany (A)	X-okyna görä moment inersiýasy (Y_x)	Y-okyna görä moment inersiýasy (Y_y)	Garşylyk momenti (W)	Polýar moment inersiýasy (Y_p)
1		Kwadrat	$A = a^2$	$Y_x = \frac{a^4}{12}$	$Y_y = \frac{a^4}{12}$	$W = \frac{a^3}{6}$	$Y_p = \frac{a^4}{6}$
2		Gönüburçlyk	$A = b \cdot h$	$Y_x = \frac{bh^3}{12}$	$Y_y = \frac{h \cdot b^3}{12}$	$W_x = \frac{bh^2}{6}$ $W_y = \frac{b^2 h}{6}$	$Y_p = \frac{bh}{12}(b^2 + h^2)$
3		Trapesiýa	$A = \frac{1}{2}(b_y + b_a) \cdot h$	$Y_x = \frac{h^3(b_a{}^2 + 4b_a \cdot b_y +}{36\,(b_a + bý)}$ $Y_a = \frac{b_a + 2b_y}{3\,(h_y + h_a)} \cdot h$	$Y_y = \frac{h}{48} \cdot \frac{b_a{}^4 - b_y{}^4}{b_a - b_y}$ $Y_a = \frac{2b_a + b_y}{3\,(b_a + b_y)} \cdot h$	$W_{xa} = \frac{Y_x}{y_a}$ $W_{xy} = \frac{Y_x}{y_y}$	—

4		**Tegelek**	$A=\frac{\pi d^2}{4}$ $=0{,}785d^2$	$Y_x=\frac{\pi d^4}{64}=0{,}05d^4$	$Y_y=\frac{\pi d^4}{64}=0{,}05d^4$	$W_x=W_y$ $=\frac{\pi d^3}{32}=$ $=0{,}1d^3$	$Y_p=2Y_y$ $=\frac{\pi d^4}{32}$
5		**Halka**	A $=\frac{\pi D^2}{4}\cdot(1-2^2)$ $\alpha=\frac{d}{D}$	$Y_x=\frac{\pi d^4}{64}(1-2^4)$ $=$ $=0{,}05D^4\cdot(1-2^4)$	$Y_y=Y_x=$ $=0{,}05d^4\cdot(1-2^4)$	$W_x=W_y=$ $=\frac{\pi D^3}{32}(1-2^4)=$ $0{,}1D^3(1-2^4)$	$Y_p=2Y_x$ $=2Y_y=$ $=\frac{\pi d^4}{32}$ $=0{,}1d^4$
6		**Ýarym halka**	$A=\frac{\pi d^2}{8}$ $=0{,}392d^2$	$Y_x=\frac{\pi d^4}{128}$ $Y_a=0{,}2122d$ $Y_ý=0{,}2878d$	$Y_y=Y_x=\frac{\pi d^4}{128}=$ $=0{,}025d^4$	$W_{ya}=0{,}2587r^3$ $W_{yý}=0{,}1908r^3$	—

4. Dartgynlyk ýagdaýynyň teoriýasy

4.1 Konstruksiýanyň böleklerinde döreýän dartgynlyk ýagdaýynyň görnüşleri barada düşünje

Konstruksiýanyň bölekleriniň özara täsirini her nokatda normal we galtaşma güýjenmeleri bilen häsýetlendirip bolar. Nokadyň üstünden geçýän meýdançalarda ýüze çykýan normal we galtaşma güýjenmeleriniň bilelikdäki ýagdaýy nokadyň dartgynlyk ýagdaýyny häsýetlendirýär.

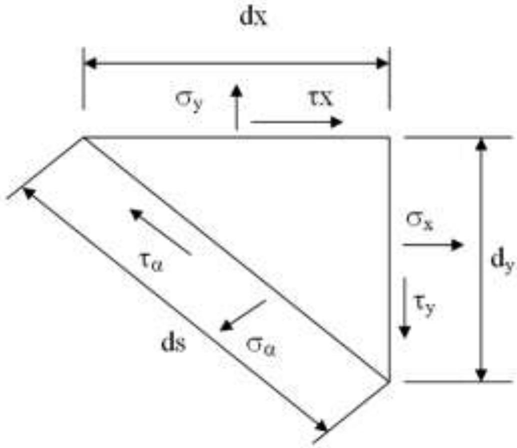
a). Eger seredilýän nokadyň üstünden $\tau = 0$ we $\sigma = 0$ deň bolan ýekejede meýdança geçip bolmaýan bolsa onda nokadyň bu ýagdaýyna giňişleýin dartgynlyk ýagdaýy diýilýär. Ýada üç okly dartgynlykýagdaýy diýilýär.

b). Eger seredilýän nokadyň diňe bir meýdançasyndan ($\tau = 0$ we $\sigma = 0$) getirip bolýan bolsa onda onda bu ýgdaýa tekiz dartgynlyk ýagdaýy diýilýär. Ýa –da iki okly dartgynlyk ýagdaýy diýilýär.

g). eger nokadyň üstinden iki sany ($\tau = 0$ we $\sigma = 0$) meýdançalaryny geçirip bolýan bolsa onda bu ýagdaýda göni dartgynlyk ýagdaýy diýilýär. Ýa –da bir okly dartgynlyk ýagdaýy diýilýär.

Tekiz dartgynlyk ýagdaýy.

Tekiz dartgynlylyk ýagdaýynda seredilýän nokadyň üstinden normal we galtaşma güýjenmesi nula deň bolan bir tekizlik geçirip bolýar.



1-nji surat

Normal we galtaşma güýjenmeleriň aňlatmalary

Süýnme normal güýjenme položiteldir. Gysylma normal güýjenme otresateldir.

Galtaşma güýjenmesini häsýetlendirýän wektor 1 – nji suratda görkezilen prizmany sagat strelkasynyň ugryna aýlamaga ymtylýan bolsa onda ol položiteldir. Sagat strelkasynyň garşysyna aýlasa bolsa otresateldir.

Eger prizmanyň ab tarapy sb tarapy bilen birleşmek üçin sagat strelkasynyň garşysyna aýlanýan bolsa onda α –burçy položiteldir.

2 – sany biri –birine perpendikulýar tekizlikde galtaşma güýjenmeleri ululyklary boýunça deňdir we alamatlary boýunça garşydyr.

$$\tau_y = -\tau_x \quad (1)$$

Bu ýagdaýa galtaşma güýjenmeleriň jübitlik kanuny diýilýär.

Eger 2 –sany biri–birine perpendikulýar merkezdäki galtaşma we normal güýjenmeleri belli bolan ýagdaýynda seredilýän nokadyň üstünden geçýän islendik merkezdäki güýjenmäni şeýle aňlatma bilen tapmak bolar.

$$\begin{cases} \sigma_\alpha = \sigma_x \cos^2\alpha + \sigma_y \sin^2\alpha + \tau_x \sin2\alpha; & (2) \\ \sigma_\alpha = \dfrac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin2\alpha - \tau_x \cos2\alpha; & (3) \end{cases}$$

Özara perpendikulýar tekizliklerde normal güýjenmeleriň jemi hemişelikdir.

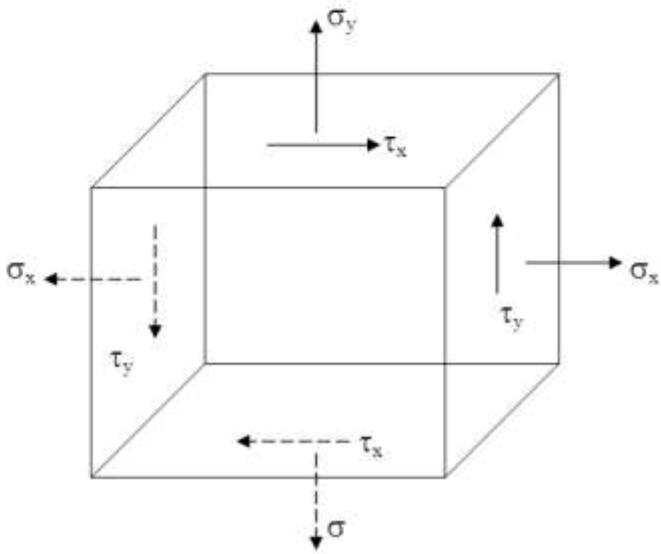
$$\sigma_{\alpha1} + \sigma_{\alpha2} = \sigma_x + \sigma_y = const. \quad (4)$$

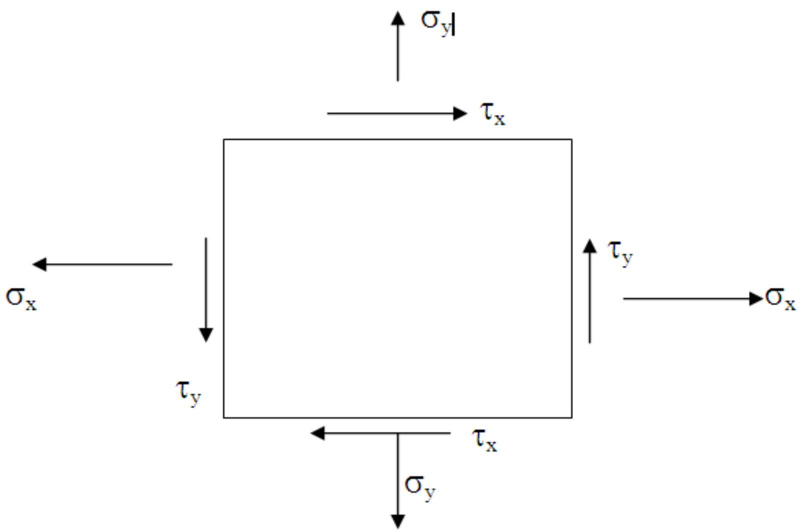
Dartgynlyk ýagdaýyna baha bermek üçin berilen nokatdan üç sany biri –birine perpendikulýar tekizlikler geçirýärler. Eger bu tekizlikleriň bolmanda birinde $\sigma = 0$ we $\tau = 0$ deň bolsa onda ol tekiz dartgynlyk ýagdaýyna geçýär.

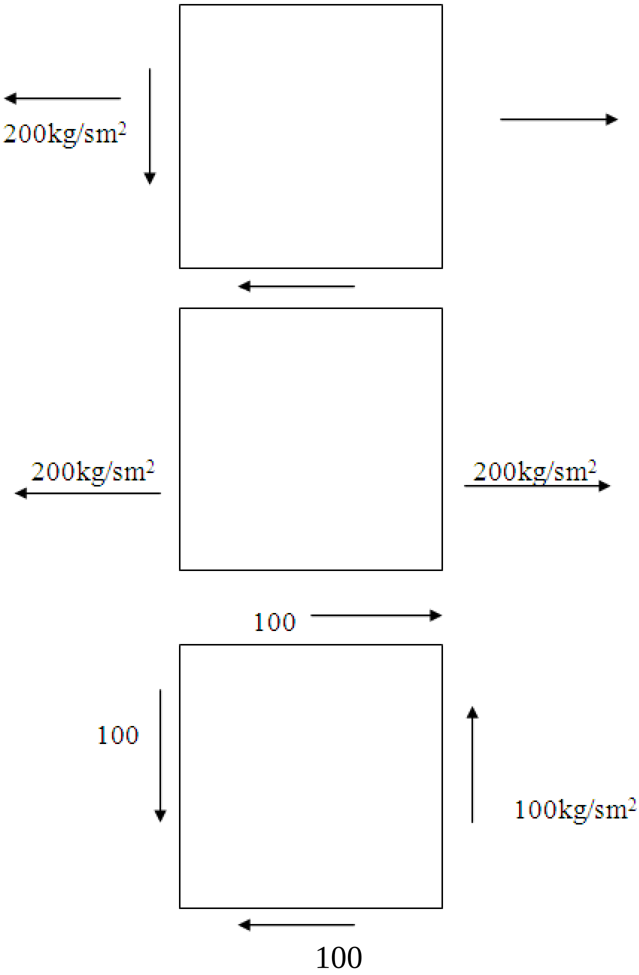
2 –sany biri –birine perpendikulýar tekizligiň kömegi bilen islendik meýdançanyň dartgynlyk ýagdaýyny hasaplamak bolýar.

Islendik dartgynlyk ýagdaýy birnäçe dartgynlyk ýagdaýyň jemi hökmünde seredip bolar. Bu ýagdaýda güýjenmäniň urnaşdyrma ýörelgesi diýilýär.

Tekiz dartgynlyk ýagdaýy


σy
τx
σx
τy
τy
σx
τx
σ


σy
τx
σx
τy
τy
σx
τx
σy



3– nji surat

4.2 Baş güýjenmeler we baş meýdançalar barada düşünje

Injener desgalaryň hasaplaty amala aşyrylanda seredilýän nokadyň üstünden geçýän her bir merkezlikde ýüze çykýan normal we galtaşma güýjenmeleriň bahalaryny tapmak hökman däldir. Olaryň maksimal we minimal bahalaryny tapmak ýeterlikdir.

Maksimal we minimal normal güýjenmelere baş güýjenmeler diýilýär. Olaryň ýüze çykýan tekizligine bolsa baş meýdançalar diýilýär.

Baş meýdançalaryň ýagdaýy şeýle formula bilen tapylýar.

$$tg2\alpha_0 = \frac{2\tau_x}{\sigma_x - \sigma_y};(1)$$

$$tg2\alpha_0 = -\frac{2\tau_y}{\sigma_x - \sigma_y};(2)$$

Bu ýerde; α_o – baş meýdançanyň σ_x güýjenmesini emele getrýän merkezligine görä

ýapgyt ýagdaýyny häsýetlendirýän burç.

σ_x, σ_y – normal güýjenmesi.

τ_x, τ_y – galtaşma güýjenmesi.

Maksimal we minimal normal güýjenmesi.

$$\sigma_{\substack{\max\\ \min}} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_x^2}\ ; \quad (3)$$

<u>Galtaşma güýjenmeleri.</u>

Maksimal we minimal galtaşma güýjenmeleriň ýüze çykýan süýşme meýdançalary diýilýär.

$$tg2\alpha_1 = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2\tau_x}; \qquad (4)$$

α_1 – süýşme meýsdançalaryň σ_x güýjenmesini emele getirýän merkezligine görä ýapgyt ýagdaýyny häsýetlendirýän burç.

Ekstremal maksimal we minimal galtaşma güýjenmeleri.

$$\tau_{\substack{\max\\ \min}} = \pm\frac{1}{2} \cdot \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_x^2}\ ; \quad (5)$$

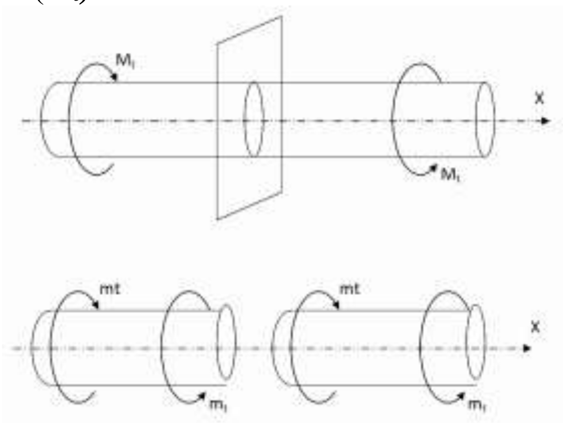
5. Towlanma deformasiýasy

5.1 Esasy düşünje

Towlanma işleýän konstruktiw bölekleriň kese-kesiginde diňe bir içki güýç ýüze çykýar. Bu ýagdaýa towlanma deformasiýasy diýilýar. Towlanma esasy hem maşym mehanizimleriň walynda, pružinlerde ýüze çykýar. Towlanma goşa güýç bilen görkezilýär. Ol güýçler konstruksiýanyň boý güýçlerine perpendikulýar tekizlikde ýatýan güýçler bolmalydyrlar.

5.2 Towlanma momenti

Towlanma deformasiýasynda kese –kesikde diňe bir içki güýç ýüze çykýar (M_t).



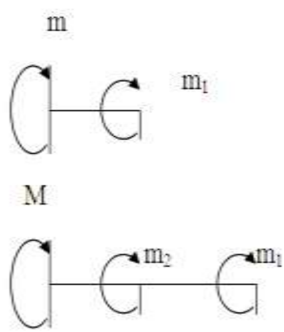
1 – nji surat

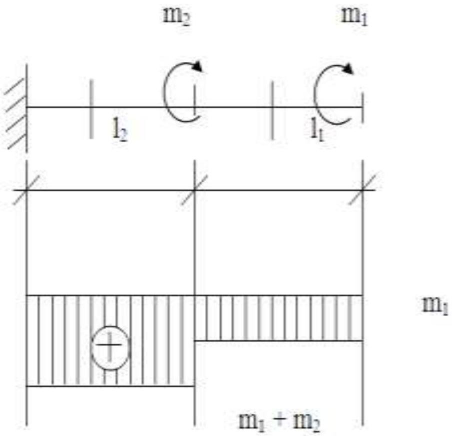
Berilen shemanyň towlanma momendiniň epýuryny gurmaly.

I – I kese –kesik.

$\Sigma M_t = 0; \quad M_t + m_1 = 0; \quad M_t = -m_1;$

$\Sigma M_t = 0; \quad M_t + m_2 + m_1 = 0; \quad M_t = -m_2 - m_1$

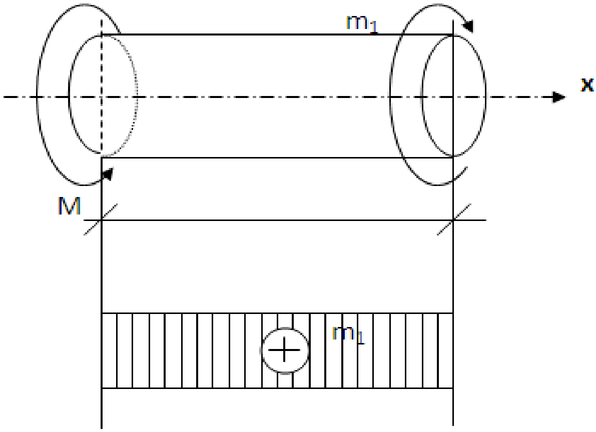




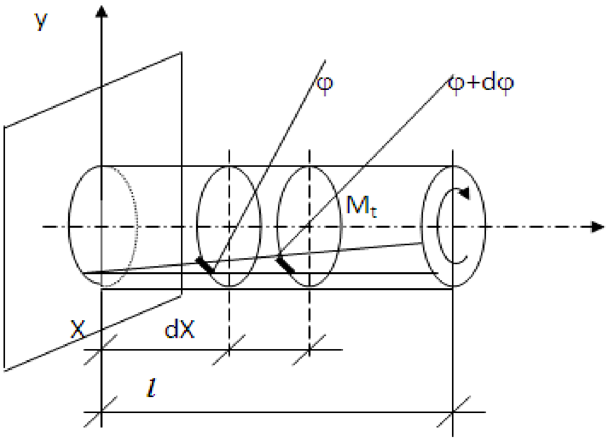
2 – nji surat

5.3 Towlanmada döreýän güýjenme we deformasiýa

Bu ýagdaýda diňe M_t ýüze çykýar. Towlanma momendiniň içki güýçleri hasaplanandan soňra ol hasaplamalaryň esasynda içki güýçleriň epýurlary gurylýar. Ol epýuryň esasynda momendiň maksimal bahasy hasaplanýar. Maksimal bahasynyň opsalýut ululygy alynýar. Onuň esasynda towlamnanyň berkligine baha berilýär.

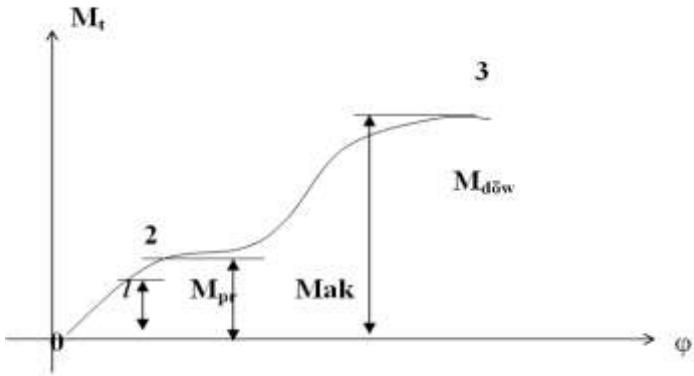


Towlanma işleýän steržine wal diýilýär



3 – nji surat

X – artsa we M_t artsa onda φ – de artýar. Onda eger waly döwme ýagdaýyna eltseň onda $\varphi = f(M_t)$ üýtgemegi şeýle grafik bilen görkeziler.

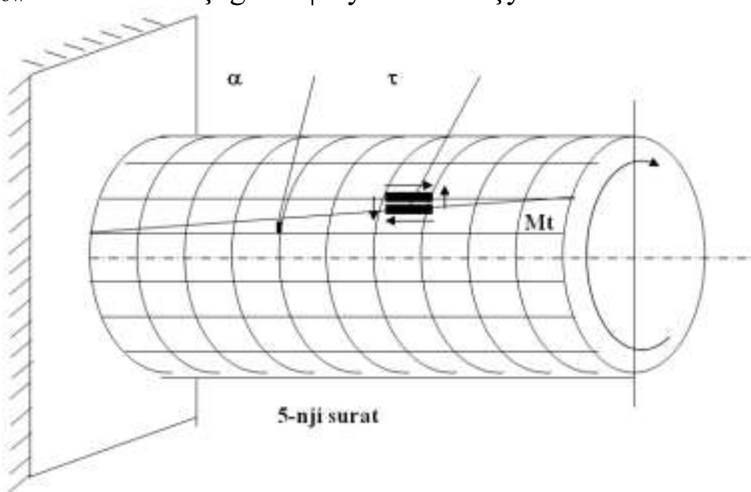


4 – nji surat

M_{pr} – bu arada φ bilen M_t arasynda göni proporsionallyk saklanýar. (φ; M_t).

M_{ak} – akmaklyk çägi.

$M_{döw}$ – döwülmek çägi.   φ-aýlanma burçy



5-nji surat

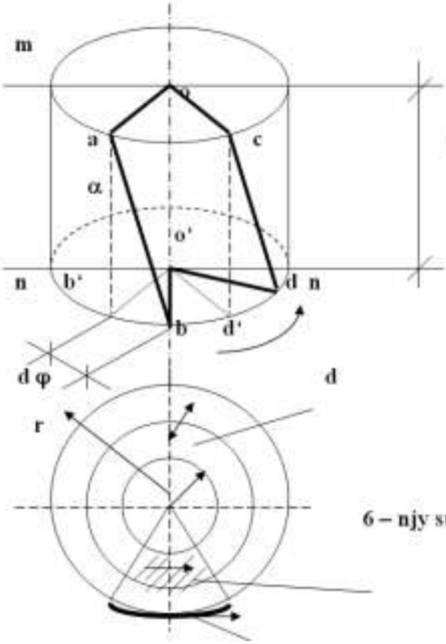
$\tau = Q/A$; $Q = \tau A$; $Q = \tau \cdot dA$; $M_t = Q \cdot \rho$;

$$M_t = \int_A \rho \cdot \tau_\rho \cdot dA; \qquad (1)$$

1) Towlanmada kesikleriň arasy üýtgemeýär.

2) Boý çyzyklar wint ýaly bolýarlar.
3) Göni burçlar üýtgeýärler.
4) Kesikdäki radiuslar dogrylygyna galýarlar.
5) Boý çyzyklar biri-birlerine görä orun üýtgeme deformasiýasy bolup geçýär.
6) Kese-kesik deformirlenýär we soň öz kese- kesikligine galýar.

5.4 Tegelek pürs towlananda emele gelýän baş güýjenme we potensial energiýa



6 – njy surat

$$\text{tg}\gamma \approx \gamma = \frac{b^I b}{ab^I} = \frac{rd\varphi}{dz} = r\cdot\theta; \qquad \frac{d\varphi}{dz} = \theta;$$

θ – otnositel deformasiýa

$\gamma = r\theta$; (2)

$\gamma = \tau/G$; $\tau/G = r\theta$; $\tau_r = G\cdot r\cdot\theta$; (3)

$$\tau_\rho = G\alpha\rho; \qquad M_t = \int_F \rho \cdot \sigma \cdot \theta\rho dF = \sigma\theta \int_F \rho^2 dF = G\theta I_p;$$

$$M_t = G\theta I_p; \qquad (4)$$

$$\theta = \frac{d\varphi}{dz} = \frac{M_t}{GI_p}; \qquad \theta = \frac{M_t}{GI_p}; \qquad (5)$$

GI_p – konstruksiýanyň gatylygy (kg·sm^2).

Doly towlanma burçy

$$\varphi = \int_0^l \frac{M_t}{GI_p} dz = \frac{M_t}{GI_p}\int_0^l dz = \frac{M_t}{GI_p}\int_0^l dz = \frac{M_t \cdot l}{GI_p}; \quad \varphi = \frac{M_t \cdot l}{GI_p}; \ (6)$$

l/GI_p – walyň gatylygy.

$$\tau_\rho = G \cdot \frac{M_t}{GI_p} \cdot \rho = \frac{M_t \cdot \rho}{I_p}; \qquad \tau_\rho = \frac{M_t \cdot \rho}{I_p}; \qquad (7)$$

$$\tau_{max} = \tau_r = \frac{G \cdot r \cdot M_t}{GI_p} = \frac{M_t \cdot r}{I_p}; \qquad \tau_{max} = \frac{M_t \cdot r}{I_p}; \qquad (8)$$

$$\tau_{max} = \frac{M_t}{W_p}; \qquad (9) \qquad W_p = \frac{I_p}{r}; \qquad (10)$$

W_p – polýar gurluşyk momenti.

Tutuş wal üçin

$$\tau_{max} = \frac{16M_t}{\pi d^3}; \quad (11) \qquad W_p = \frac{I_p}{r} = \frac{\pi r^3}{2} = \frac{\pi d^3}{16};$$

Turba şekilli wal üçin

$$\tau_{max} = \frac{16M_t}{\pi D^3(1-\alpha^4)}; \quad (12) \qquad \alpha = d/D; \qquad W_p = \frac{I_p}{D/2} =$$

$$\frac{\pi D^3}{16}(1-\alpha^4);$$

Potensiýal energiýa $\quad U = \sum\int_l \frac{M_t^2 dx}{2GI_p}$ **;**

5.5 Towlanma işleýän konstruksiýalaryň berkligini we gatylygyny hasaplamak.

Beriklik kanuny

$\tau_{max} = M_t/W_p \le [\tau]$; (13) $\qquad W_p \ge M_t/[\tau]$;

Tutuş walyň diýametri

$$\mathbf{d} \ge \sqrt[3]{\frac{16M_t}{\pi[\tau]}}; \quad \mathbf{(15)}$$

onda eger α – berilen bolsa daşky diýametr

$$D \ge \sqrt[3]{\frac{16M_t}{\pi(1-\alpha^4)[\tau]}}; \quad (16)$$

$$M_t = 71620\frac{N}{h}; \quad (\text{kg·sm}) \quad (17)$$

N – kuwwat, n – 1 minutdaky walyň aýlanma sany

$$d \ge 71{,}4\sqrt[3]{\frac{N}{n[\tau]}}; \quad (18) \qquad D \ge 71{,}4\sqrt[3]{\frac{N}{n[\tau](1-\alpha^4)}}; \quad (19)$$

Eger kuwwat kilowatda berilen bolsa (1at güýji = 0,736 kwt)

$$M_t = \frac{71630K}{0{,}736n} = 97360\,\frac{K}{n}\ \text{kg·sm.} \quad (20)$$

Berklikden başgada waly gatylygada barlaýarlar

$$\theta_{max} = \frac{M_t}{GI_p} \le [\theta]; \quad (21)$$

Onda bu ýerde gatylygy saklamaga gerek inersiýa momenti

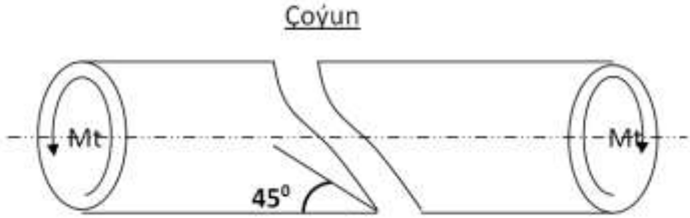
$$I_p \ge \frac{M_t}{G[\theta]}; \quad (22)$$

Tutuş walyň diýametri

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32M_t}{\pi G[\theta]}}; \qquad (23)$$

Daşky diýametri.

$$D \geq \sqrt[4]{\frac{32M_t}{\pi(1-\alpha^4)G[\theta]}}; \qquad (24)$$

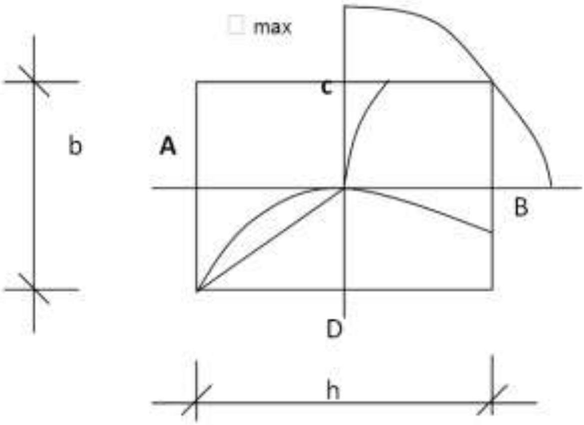


5.6 Kese- kesigi tegelek bolmadyk pürsiň towlanmasy.

Bu ýerde kese – kesigiň tekiz ýagdaýy ulanylmaýar.

$$\tau_{max} = \frac{M_t}{W_t}; \qquad \theta = \frac{M_t}{GI_t}; \qquad (25) \qquad \varphi = \frac{M_t \cdot l}{GI_t};$$

I_t we W_t – şertli parametrler. Olaryň bahalary tablissada berilen.



$W_t = \alpha b h^2$;

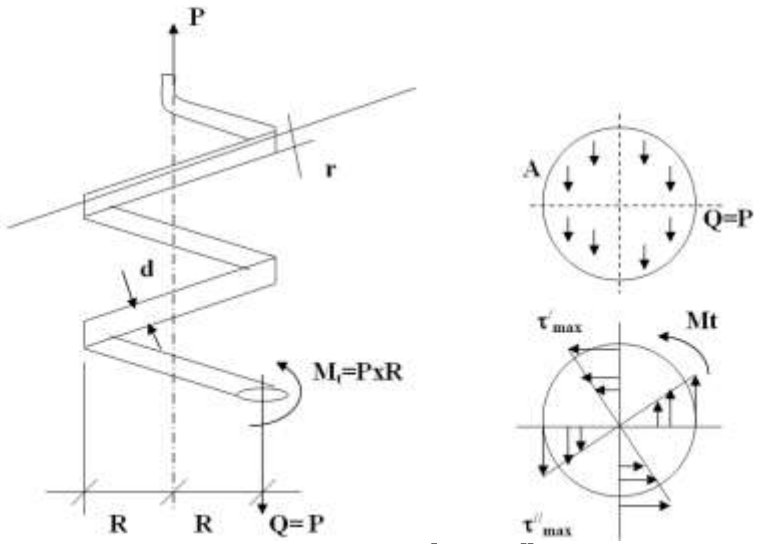
h –uzyn tarapy,

b –kelte tarapy,

α – koeffisent, $\alpha = h/b$. Inçe tarapdaky güýjenme.

$\tau = \gamma \tau_{max}$; (26) $I_t = \beta h b^2$; (27)

h/b	1	1,5	∞
α	0,208	0,231	0,333
β	0,141	0,196	0,333
γ	1,00	0,859	0,743



Onda A nokatda τ^{I} we τ^{II} ugry gabat gelýär, onda

$$\tau_{max} = \tau^{I} + \tau^{II}_{max} =$$

$$\frac{4P}{\pi d^2} + \frac{16 \cdot PR}{\pi d^3} = \frac{4P}{\pi d^2}\left(1 + \frac{4R}{d}\right);$$

Berklik kanuny

$$\tau_{max} = \frac{M_t}{\alpha h b^2} \le [\tau];$$

$$\theta_{max} = \frac{M_t}{\beta h b^2 G} \le [\theta]; \qquad (28)$$

$$Q = P; \qquad M_t = Q \cdot R = P \cdot R;$$

$$\tau^{I} = \frac{Q}{F} = \frac{P}{\pi r^2} = \frac{P}{\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{P}{\pi d^2 / 4} = \frac{4P}{\pi d^2}; \qquad \tau^{I} = \frac{4P}{\pi d^2}; \quad (29)$$

Towlanýan pürsiň hasaplanylşy Silindir görnüşli purjiniň hasaplanyşy.
τ^{I} – kesimden (srez).

$$\tau^{II} = \frac{M_t}{W_p} = \frac{PR}{W_p} = \frac{PR}{\pi d^3/16} = \frac{16PR}{\pi d^3}; \quad W_p = \frac{\pi d^3}{16};$$

$$\tau^{II} = \frac{16PR}{\pi d^3}; \qquad (30)$$

d – pürjiniň döredýän simiň diýametri

$$\tau_{max} = \frac{16 \cdot PR}{\pi d^3}\left(1 + \frac{d}{4R}\right) = \frac{16 \cdot PR}{\pi d^3} + \frac{16 \cdot PRd}{\pi d^3 \cdot 4R} = \frac{16 \cdot PR}{\pi d^3} + \frac{4P}{\pi d^2};$$

$$\tau_{max} = \frac{16 \cdot PR}{\pi d^3}\left(1 + \frac{d}{4R}\right); \qquad (31)$$ Eger $\frac{d}{4R} \angle 1$ onda

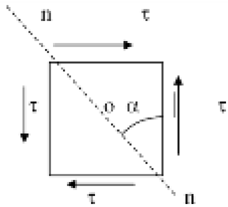
$$\tau_{max} = \frac{16 \cdot PR}{\pi d^3}$$ inçe simler üçin

Towlanma deformasiýasyna işleýän konstuksiýalaryň berkligi, gatylygy durnuklylygy ýokardaky görkezilen aňlatmalaryň kömegi bilen hasaplanýar.

6. Orun üýtgeme deformasiýasy

6.1 Arassa orun ütgeme emeie gelýän deformasiýa

Eger kese – kesigiň sepleşýän nokadyna diňe galtaşma güýjenmesi täsir edýän bolsa onda bu ýzgyýa arassa orun ütgeme diýilýär.



$$\left.\begin{aligned} \sigma_\alpha &= \tau \sin 2\alpha \\ \tau_\alpha &= - \tau \cos\alpha \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

1- nji surat

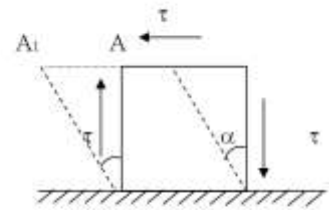
$\alpha = 0$, $\alpha = 90^0$ iň uly bahasyny alýar

Eger kese – kesik arassa orun üýtgeme ýagdaýda bolsa olaryň taraplarynyň uzynlygy üýtgemeýär. Ýöne taraplaryň arasyndaky burçlar üýtgeýärler.

AA^1 – absalýut deformasiýa.

$$\gamma = \frac{\tau}{\sigma}; \qquad (2)$$

$$\tau = \gamma \cdot \sigma \qquad (3)$$



2-nji surat

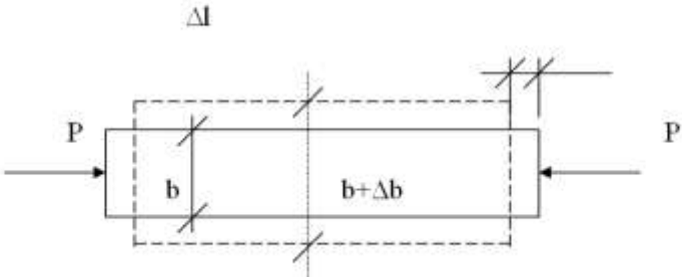
τ – galtaşma güýjenmesi, γ – otnositel deformasiýa, σ – oryn üýtgeme modeli, σ – ol materýalyň gatylygyny häsýetlendirýär. Ýagny döwülmä garşylygy görkezýär. Orun ütgemede Gukuň kanuny. E,G,μ parametrleriň arasyndaky baglanyşyk. $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$; (4)

$\mu = |\varepsilon^1/\varepsilon|$; (5)

E – süýnme we gysylma moduly,

σ – orun üýtgeme moduly,

μ – Puassonyň koeffisienti (materýalyň maýyşgaklygyny häsýetlendirýär).



3 – nji surat

$\varepsilon^1 = \Delta b/b;$ $\varepsilon = \Delta l/l;$ $\sigma = (0{,}33 \div 0{,}5)E;$

$0 \le \mu \le 0{,}5$,

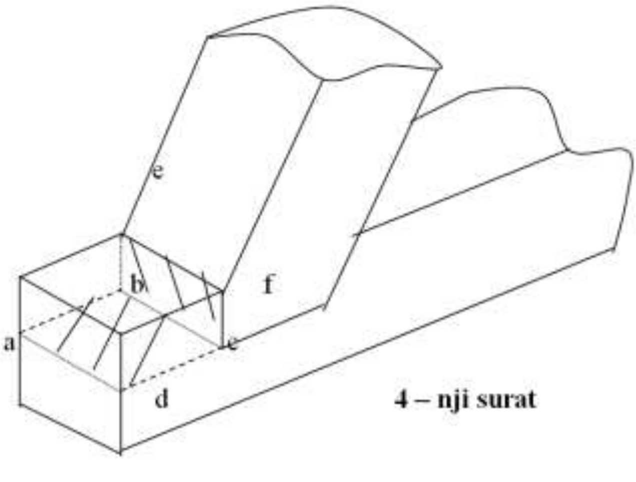
Polat üçin meselem, $\sigma = 0{,}4E$, $\sigma = 0{,}8 \cdot 10^6$ kg/sm^2;

6.2 Orun üýtgeme deformasiýasynda işleýän konstruktiw bölekleriň görnüşleri .

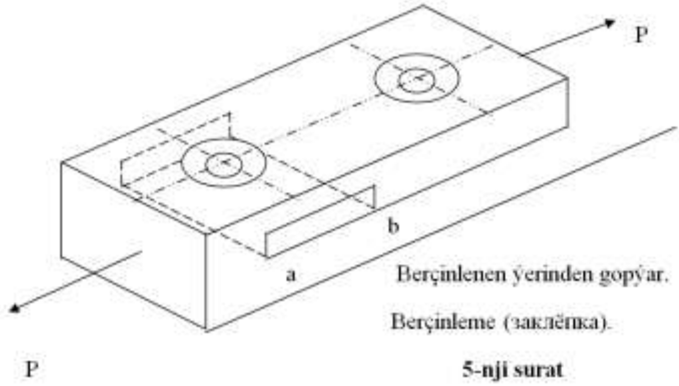
Köplenç konstruksiýalara güýç täsir edilende 2 güýjenmede ýüze çykýar, ýagny

$G = N/F;$ $\tau = \gamma \cdot G;$

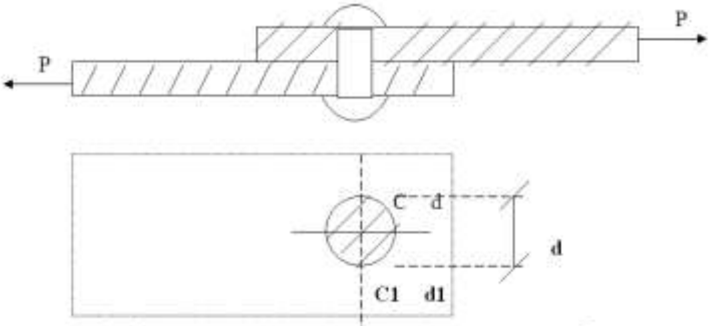
ýöne $\sigma < \tau$ kiçi bolansoň ony diňe galtaşma güýjenmesine hasap edýärler we oňa orun üýtgemäni hasaplamasy diýilýär. Orun üňtgeme deformasiýasyna işleýän konstruksiýalar



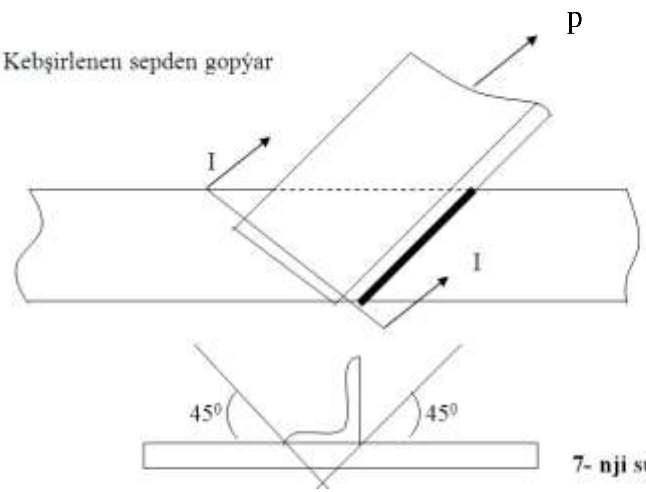
4 – nji surat



5-nji surat



6-njy surat

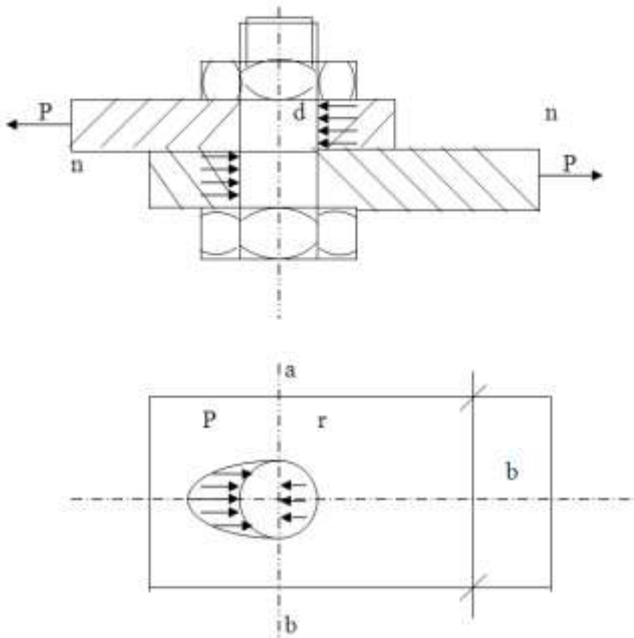


7- nji surat

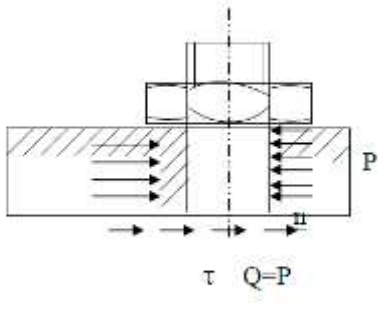
Seredilen konstruksiýalarda berklik kanunynyň kesgitlenişi.

$$\tau \le [\tau]; \ (6)$$

6.3 Berçinleme we boltlar bilen berkidilen konstruksiýalaryň hasaplanyş usullary.



Boltyň hasaby



8-nji surat

Boltlar hasaplananda P güýç çyzgyda görnüşi ýaly berilen lo bolta täsir edýär.

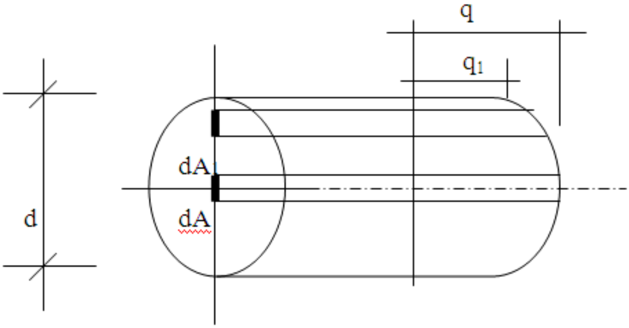
Boltyň berklik kanuny şeýle ýazylýar.

$$\tau_{max} = Q/A \leq [\tau]; \quad (7)$$

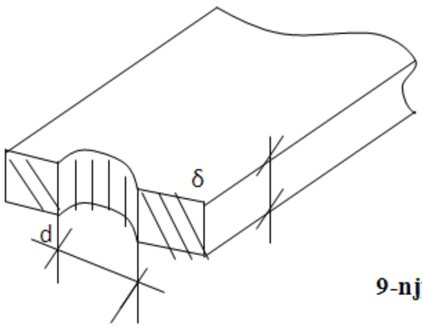
$$Q = P;\ A = \pi d^2/4 = \pi r^2; \quad \tau_{max} = \frac{4P}{\pi d^2} \leq [\tau]; \quad (8)$$

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi[\tau]}}; \quad (9)$$

Boltuň duran ýerindäki ýumşamany kesgitlemek usullary.



$$\frac{q}{dA} = \frac{q_1}{dA_1} = \text{const};$$



9-njy surat

$$\frac{q}{q_1} = \frac{dA}{dA_1};$$

Onda silindiriň üste edýän güýjenmäniň maksimal bahasy,

$\sigma_{ýum} = \dfrac{P}{A_{sm}} = \dfrac{P}{\delta d}$; (10) $A_{sm} = \delta d$. $\sigma_{ýum} = \dfrac{P}{\delta d} \leq [\sigma_{ýum}]$;

(11) ýumşama.

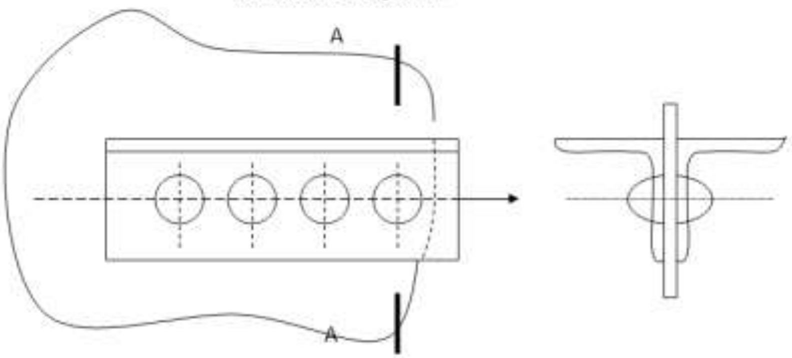
$[\sigma_{ýum}] = (2 – 2{,}5)\,[\sigma]$; (12) onda $d \geq P/\delta[\sigma_{ýum}]$; (13)

2 - diýametrden ulysy alynýar we standarta tegelenýär. Onda bolt konstruktiw berkligini gowşadýar şol sebäpli ony berklige barlamaly.

$\sigma = P/A_{min} = P/(\delta(b – d)) \leq [\sigma]$; (14)

b –listiň ini.

Beriklemä hasaplama.



10-njy surat

N – hemme berçinlere deň paýlanan diýeliň. Eger d we δ berilen bolsa onda goýulmaly berçiniň sany şeýle hasaplanýar.

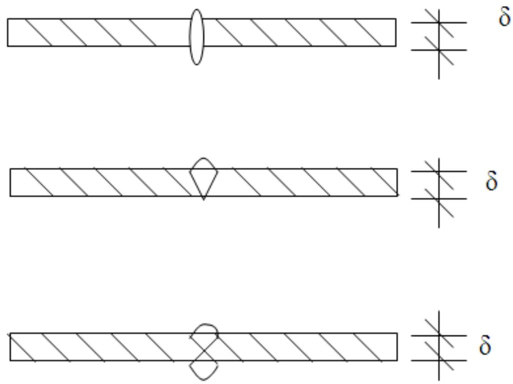
$\tau = \dfrac{N}{2i\dfrac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau]$; (15) $i \leq \dfrac{2N}{\pi d^2[\tau]}$; (16) Ýa –da $\sigma_{ýum} =$

$\dfrac{N}{i\delta d} \leq [\sigma_{ýum}]$; (17)

$i = \dfrac{N}{\delta d[\sigma_{\text{эит}}]}$; (18)

bu ýerde; δ – listiň galyňlygy, d – berçiniň diametri,N – güýç,i – berçiniň sany, τ – galtaşma güýjenmesi, $[\tau]$ – galtaşma güýjenmesiniň çägi, $[\sigma_{ýum}]$ - galtaşma güýjenmesiniň çägi.

6.4 Kebşirlemä işleýän konstruktiw bölekleri hasaplamak



11 – nji surat

1,2,3 – kebşirlenen ýeri, δ – listiň galyňlygy.

1.Eger $\delta \leq 8$ mm. kiçi bolan ýagdaýda.

2.Eger $\delta = 8 - 20$ mm (2 şekile) bir tarapyndan kebşirlenýär.

3.Eger $\delta \geq 20$ mm köp bolsa 3 – şekil 2 tarapdan kebşirlenýär.

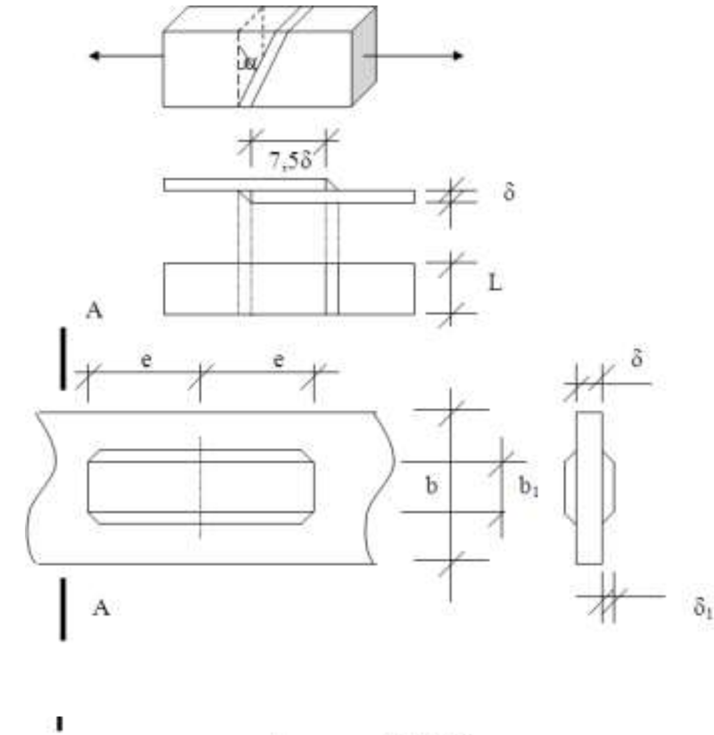
X – meňzeş birleşme bolýar.

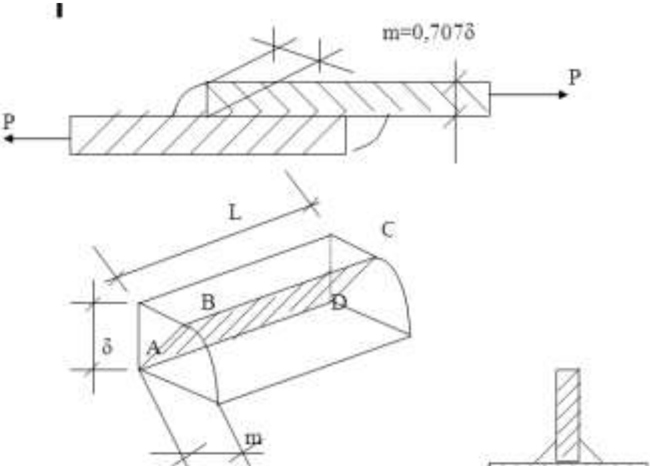
Nirede kese –kesigi kiçi bolsa şol ýerde döwülme bolýar. Onuň beýikligi,

$m = \delta \cos 45^0 = 0,707\delta;$ (19)

Onda kebşirlemäniň meýdanyny şeýle hasaplanýar.

$A = ml = 0,707\delta l;$ (20)





12-nji surat

Deformasiýa	[σ]	El bilen kebşirleme	Awtomat usuly bilen kebşirleme.
Süýnme	[σ]	Oki elektrod 1000 kg/sm^2	Elektrod 1300 kg/sm^2
Gysylma	[σ]	1100 kg/sm^2	1400 kg/sm^2
Kesme	[τ]	1000 kg/sm^2	1100 kg/sm^2

Göni gapdalynyň hasaby.

ABCD – tekizlikde τ hemme ýerine deň ýaýrapdyr diýip alýarys (şertli).

$$A = 2ml = 2\cdot 0{,}707\delta l = 1{,}4\delta l; \quad (21)$$

2 tarapyň kebşirlenmesi hem göz öňüne tutylýar, şol sebäpli F(2) bar.

$$\tau = P/A \leq [\tau]; \quad \tau = P/A = P/1{,}4\delta l \leq [\tau_{br}]; \qquad (22)$$

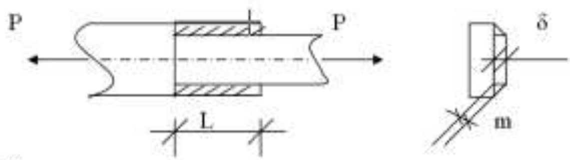
Onda kebşirlemäniň gandal uzynlygy şeýle hasaplanýar.

$$l_p = \frac{P}{1.4\delta[\tau_{br}]}; \; (23)$$

$$l_p = l\text{-}10mm \quad (24)$$

ol doly kebşirlän bolmaýanlygy üçin alynýar.

Kese gandalynyň hasaby

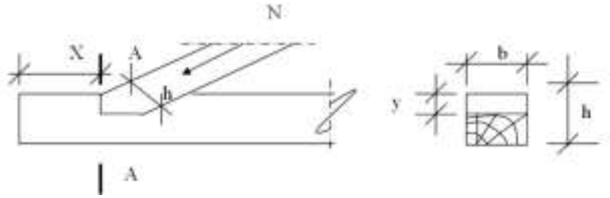


13-nji surat

A = 2·0,707δ (l –10mm)= 1,4δ (l –10mm). Kesilmäniň beriklik kanunyna,

$\tau = P/A = \frac{P}{1.4\delta(l-10mm)} \leq [\tau_{br}]$; **(25)** onda kebşirlemäniň uzynlygy şeýle hasaplanýar.

$l = \frac{P}{1.4\delta[\tau_{br}]} + 10mm$; (26) Kesip girizmäniň hasaplamalary



Agaçdan ýasalan konstruksiýalar. <u>Sosna;</u> uzynlygyna – 400 kg/sm^2; <u>Dub;</u>uzynlygyna – 500 kg/sm^2;
keseligine – 50 kg/sm^2;
keseligine – 150 kg/sm^2;

Deformasiýanyň görnüşi.	Güýjenme .	[σ], [τ] kg/sm^2.	
		Sosna.	Dub.
Süýnme	$[\sigma_+]$	100	130
Gysylma sapajyklaryň uzaboýuna.	$[\sigma_-]$	120	150

$N_1 = N\cos\alpha$; (27)

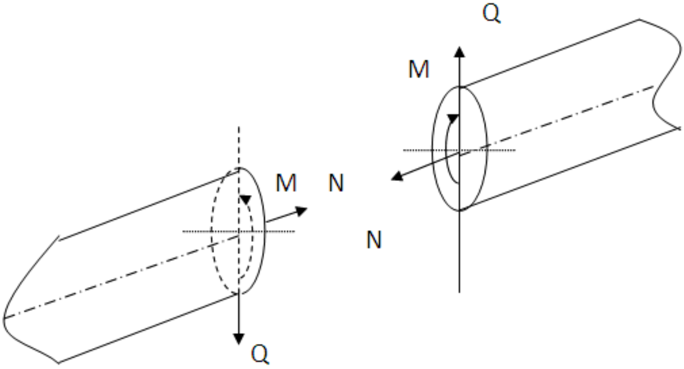
Çykýan böleginiň uzynlygy – x.

$\tau_{max} = N/A_{gyr} = N_1/bx \leq [\tau]$, (28) $A_{gyr} = bx \geq N_1/[\tau]$; (29) $x \geq N_1/b[\tau] = N\cos\alpha/b[\tau]$; (30) onda hökman gerek meýdan (kesimiň salynýan ýerinde). $F_{gyr} = bx \geq N_1/[\sigma_{sm}]$; (31) Kesimiň salynmanyň çuňlugy. $y \geq N_1/b[\sigma_{sm}] = N\cos\alpha/b[\sigma_{sm}]$; (32)

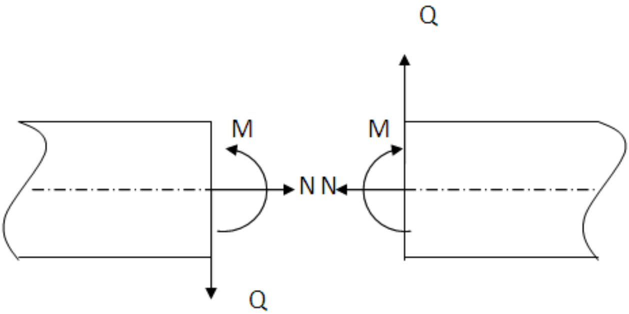
$$[\sigma]_\alpha = \frac{[\sigma_{sm}]}{1 + \left[\frac{[\sigma_{sm}]}{[\sigma_{sm}]_{\frac{\pi}{2}}} - 1\right]\sin^2\alpha} ; \quad (33)$$

7. Egilme deformasiýa
7.1 Umumy düşünje

Süýnme we gysylma, towlanma deformasiýa wagtynda pürsiň okunyň ölçegi üýtgemän gelýär. Emma egilme deformasiýasynda pürsiň oky göni ýagdaýdan egri şekile geçär. Egilme deformasiýasynda M_{eg} içki güýji ýüze çykýar.Ol içki güýji kesikler usuly bilen tapýarlar.



1 – nji surat



2 – nji surat

Eger goýulan güýçler baş oklaryň birinde ýatýan bolsa onda

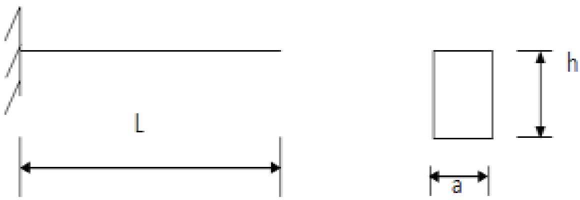
bu ýagdaýa göni egilme diýilýär. Eger goýulan güýç baş oklaryň hiç birinde ýatmaýan bolsa bu ýagdaýa gyşyk egilme

diýilýär.

Hasaplama geçirilýän pürsleriň dürli görnüşleri bolup biler. Kese – kesigi üýtgemeýän pürsler. A = const.

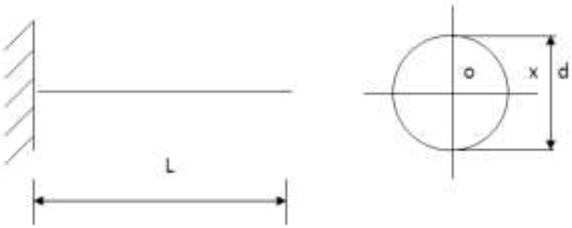
Kese – kesigi üýtgeýän pürsler kese – kesigi dürli pürsler bolup bilerler. Olar hasaplama şekilinde şeýle görkezilýär.

1)



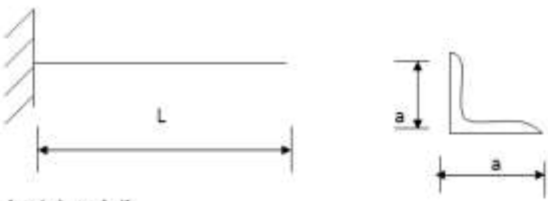
a – ini, h – beýikligi, l – pürsiň uzynlygy.

2)



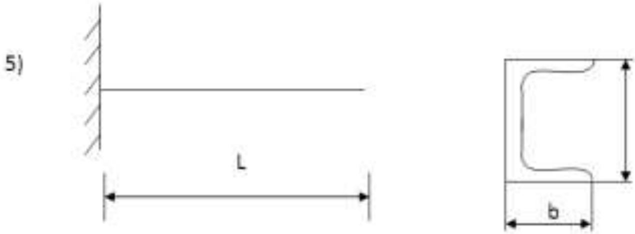
d – pürsiň diýametri, l – pürsiň uzynlygy.

3)

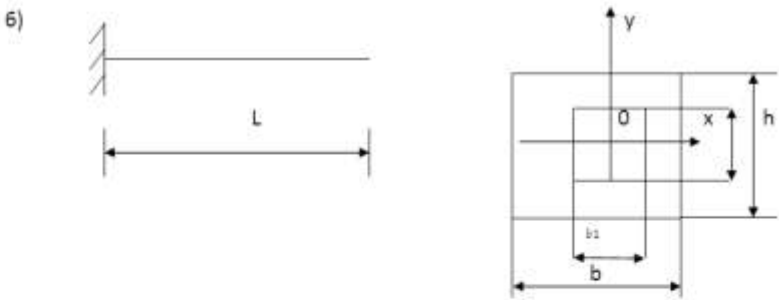


Kese – kesigi ugolnik.

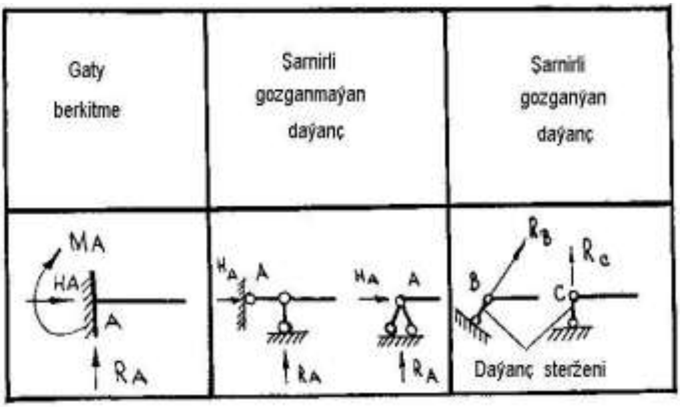
Kese – kesigi dwutawr.



Kese – kesigi şweller.



7.2 Daýanç güýçleri we olaryň görnüşleri. Egilme deformsiýasynda ýüze çykýan içki güýçler. Içki güýçleri hasaplamak. Içki güýçlariň epýurlayny gurmagyň usullary.

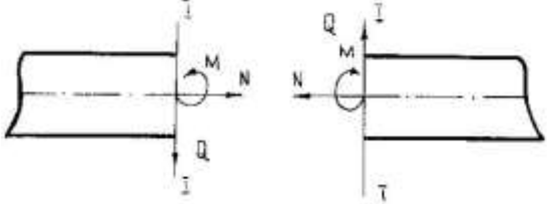


ŞARNIRLI GOZGANMAÝAN DAÝANÇ GÜÝJINI DÜZÜJILER

-Wertikal ugrukdyrlan daýanç täsir güýji
-Gorizontal ugrykdyrlan daýanç täsir güýji.
-Daýanç reaktiw momenti.

Daýanç güçleri deňagramlyk deňlemeleriň kömegi bilen tapylýar we dogrulygy barlanýar. Daýanç güýçleri tapylyp barlanylandan soň içki güýçleri tapmaga girişýäris. Içki güýçleriň položitel ugurlary koordinata oklary bilen gabat gelýär.

Pürsüň kese-kesikden çep bölegi **Pürsüň kesekesikdençep sag bölegi.**

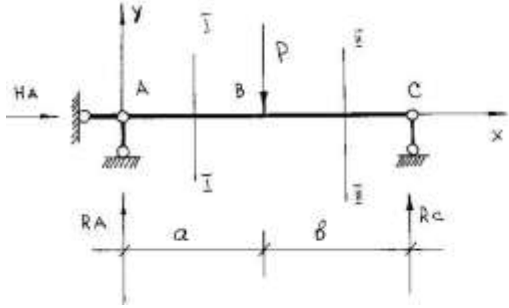


3-nji surat

N-boý güýç, *Q*-kese güýç, *M*- egiji moment.

Göni kese egilmede kese-kesikde diňe 2 içki güýç ýüze çykyar.(*Q* we *M*) . Olary kesikler usuly bilen tapýarlar.

Bizi gyzyklandyrýan nokatda kese-ke3sik geçirýäris we pürsüň bir böleginiň içki güýçler bilen bilelikde deňagramlylyk ýagdaýyny seredýäris. Daýançlary daýanç güýji bilen çalşyrýarys. Mysal seredip geçeliň.



4-nji surat

Deňagramlylyk deňlemesini (I) peýdalanyp daýanç güýçlerini, tapýarys

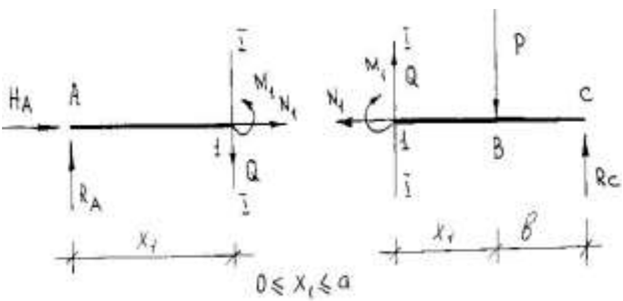
$\sum M_c=0$, $R_A(a+b)-P\cdot b=0$

$\sum M_A=0$, $-R_C(a+b)=P\cdot a=0$

$\sum Y=0$, $R_A-P+R_C=0$

Indi kese-kesikler usuly bilen içki güýçleri tapalyň

.Pürsüň kese-kesikden çep bölegi | **Pürsüň kesekesikdençep sag bölegi.**



5-nji surat

$\sum M_1=0$, $M_1-R_AX_1=0$, $M_1= R_AX_1$
$\sum Y=0$, $-Q_1+R_A=0$, $Q_1=R_A$
$\sum X=0$, $N_1=0$

Egiji moment göni çyzykly deňleme ýaly üýtgeýär. Onuň bahasy x okuň üýtgemesi bilen üýtgeýär. Içki güýçleriň güýjenme bilen baglabşygy şeýle aňladylýar.

$$\begin{cases} N = \int\limits_F \sigma dF \\ Q = \int\limits_F \tau_y dF \\ M_z = \int\limits_F \sigma_y dF \end{cases} \qquad (16)$$

Içki güýçleriň (M_1,Q) epýuryny gurmagyň tertibi.

1.Pürse goýlan daşky güýçler bilen bile şekillendirlen hasaplaýyş shemasyny çyzmaly.

2.Sistemany daýançlardan boşadyp, olaryň ýerine daýanç güýçlerini goýmaly.Daýanç güýçleriniň poloäitel ugurlaryny görkezilýär.

3.Deňagramlyk deňlemesinden peýdalanyp daýanç güýçleriniň bahasyny hasaplamaly.

4.Berlen pürsi böleklere bölýärler. Ol bölekleriň araçägi bir nokada goýlan güýçleriň ýa-da momentiň başlanan we gutaran ýeri bilen çäklenýär şeýlede deň ýaýradylan ýükleriň başky we soňky nokady bilen çäklenýär.

5.Egiji momendiň we kese güýjüň deňlemesi düzülýär. Hasaplaýyş shemasynda bölegiň başky we soňky araçägi görkezilýär.

6.Düzülen deňlemäniň esasynda içki güýçleriň epýuryny gurmak üçin bälünen böleklerde ordinatalaryň bahalaryny hasaplamaly. Eger-de seredilýän böleklerde epýur egri çyzyk bilen üýtgeýän bolsa onda şol bölegiň 3 nokadynda bahasyny tapmaly.

7. Haýsy böllekde içki güýçler özüniň iň uly we iň kiçi bahalaryna eýe bolýan bolsa şol bahalary tapmaly

M_{max}; M_{min}.

8.Alnan bahalaryň esasynda *Q* we *M* epýury gurmaly.

Birrnäçe mysallara seredeliň.

1-nji mesele

Meseläniň şerti: Berlen hasaplaýyş shemalary üçin geometrik ölçegler, güýçleriň goýluş ýagdaýlary belli bolan halatda şeýle şertleri tapmak talap edilýär.

1.Daýanç güýçlerini tapmaly.

2.Içki güýçleri tapmaly we olaryň epýuryny gurmaly,

3.M_{max} we M_{min} bahalaryny tapmaly. Daýanç güýçleri tapalyň.

$\sum M_D=0$

$$R_A \cdot 6+P \cdot 4+m-q \cdot 1 \cdot 0.5=0$$

$$R_A=(P \cdot 4-m+q \cdot 1 \cdot 0.5)/6=(10 \cdot 4-6+8 \cdot 1 \cdot 0.5)/6= 6.33kN.$$

$$=40-6+4/6=38/6=38/6=$$

$\sum M_A=0$

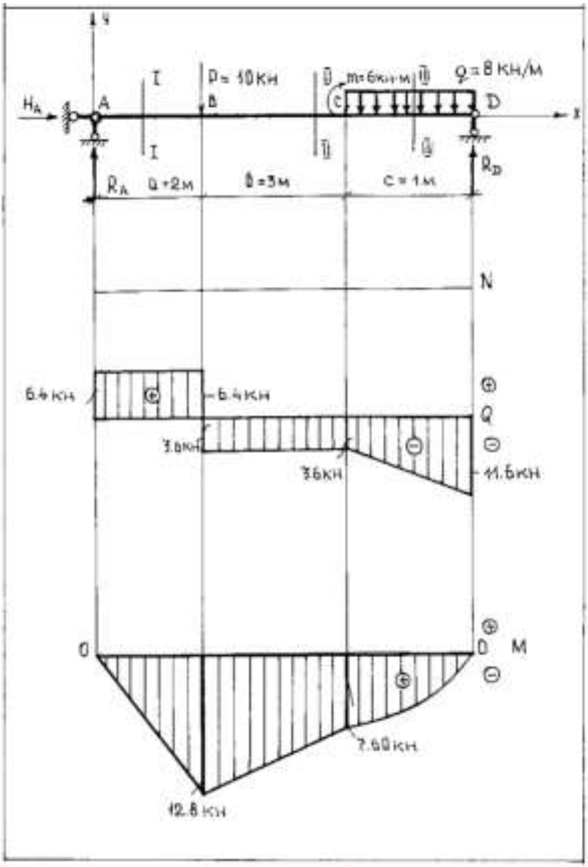
$$p \cdot a+m+q \cdot 1(a+b+c/2)-R_D \cdot 6=0$$

$$R_D=(10 \cdot 2+6+8 \cdot 5.5)/6=11.6\ kN.$$

Barlagy:

$\sum Y=0, \quad R_A-P-qc+R_D=0, \quad -18+18=0$

Berlen pürs 3 bölekden ybarat (*AB*,*BC* we *CD*)



6-njy surat

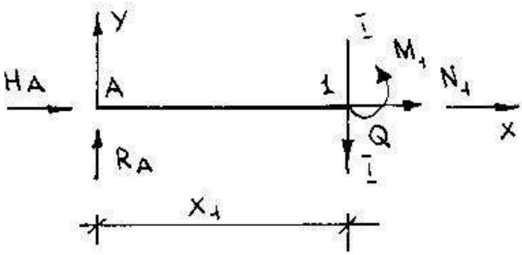
AB bölege seredeliň (I-I kese-kesik).

$\sum Y=0; \sum X=0, \quad -Q_1+R_A=0\ ; \quad H_A=0$

$Q_1=R_A=6.4\ kN$

$\sum X=0, \quad N_1+H_A=0, \quad N_1=-H_A=0$

$\sum M_1=0, \quad M_1-R_A X_1=0, \quad M_1=R_A X_1=6.4X_1$



Alnan deňleme göni çyzygyň deňlemesidir.

$0 \leq X_1 \leq 2$

$X_1=0, \quad M_1=6.4 \cdot 0=0$

$X_1=2, \quad M'_1=6.4 \cdot 2=12.8kN$

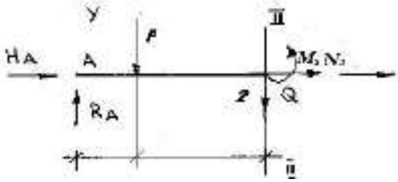
BC bölek (II-II kese-kesik)

$\sum Y=0, \quad -Q-P+R_A=0$

$Q_2=-P+R_A=-10+6.4=-3.6$

$\sum M_2=0,$

$M_2+PX_2-R_A(X_2+2)=0$



$M_2=-PX_2+R_A(X_2+2)=-10X_2+6.4(X_2+2).$

$0 \leq X1 \leq 3$

$X_2=0, \quad M2=6.4 \cdot 2=12.8 \text{ Kn m},$

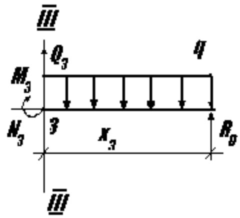
$X_2=3m, \quad M_2=-10 \cdot 3+6.33 \cdot 5=1.60 \text{ Kn m}.$

CD –bölek (III-III bölek)

$\sum Y=0;$

$Q_3=-Qx_3+R_D=0,$

$Q_3=Qx_3-RD=8X_3$ $-11.\sum M_3=0,$



$$M_3+q\frac{x_3^2}{2}-R_Dx_3=0$$

$$M_3=\frac{-qx_3^2}{2}+R_dX_3 \quad , \qquad 0\le X\le 1$$

$X_3=0,$ $\quad M_3=0,$ $\quad Q3=-11.6kN$

$X_3=0.5m,$ $\quad Q_3=8\cdot0.5-11.6=4-11.6=-7.6$ kN

$\quad M_3=-4\cdot(0.5)2+11.6\cdot0.5=4.8$ kN·m

$X_3=1,$ $\quad Q_3=8-11.6=-3.6$ kN

$\quad M_3=-4(1)^2+11.6\cdot1=7.6$ kN·m

Çyzgydan görnüşi ýaly toplanan güýçleriň goýlan ýerinde epýuryny häsiýetlendirýän funksiýanyň üzülmegi bolup geçýär. Eger-de üzülýän nokatda funksiýanyň dürli bahalary okuň bir tarapynda bolsa, onda olaruň tapawudy berlen toplanan güýçlere deňdirler.Eger olaryň bahalary okdan dürli tarapda bolsa, olaryň jemi toplanan güýçlere deňdirler. Mmmendi häsiýetlendirýän çyzgydan görnüşi ýaly,pürse daşky toplanan moment goýlan kesikde M funksiýanyň üzülmegi bolup geçýär. Eger-de üzülýän nokatda funksiýanyň dürli bahalary okuň bir tarapynda bolsa, onda olaryň tapawudy berlen toplanan momente deňdir. Eger olaryň bahalary okdan dürli tarapda bolsa, olaryň jemleri toplanan momente deňdir.

2-nji mesele

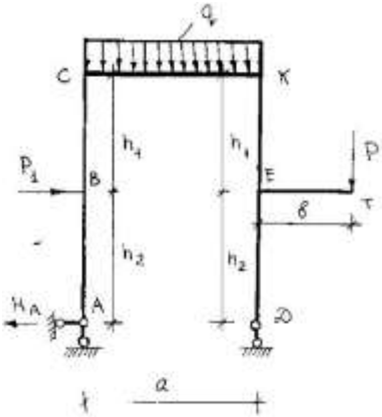
Meseläniň şerti: Berlen hasaplaýyş shemalary üçin geometrik ölçegler, güýçleriň goýluş ýagdaýlary belli bolan halatda şeýle şertleri tapmak talap edilýär.

1.Daýanç güýçlerini tapmaly.

2.Içki güýçleri tapmaly we olaryň epýuryny gurmaly, 3.M_{max} we M_{min} bahalaryny tapmaly. Daýanç güýçleri tapalyň.

Berlişi :

$q=2t/m$
$P=2t$
$P_1=3t$
$h_1=1m$
$h_2=2m$
$a=2m$
$b=1m$



7-nji surat

Ilki daýanç güýçlerini tapalyň.

$\sum M_D=0$

$R_A \cdot a+P_1 \cdot h_2-q \cdot a \cdot a/2+P \cdot b=0.$

$R_A= (-3 \cdot 2+4-2)/2=-4/2=-2T$

Alamatyň minus çykmagy alnan ugruň nädogrydygyny görkezýär. Şol sebäbe görä R_A –ny üýtgetmeli.

$\sum M_A=0$

$P_1 \cdot 2+q \cdot 2 \cdot 1-R_D \cdot a+P \cdot 3=0$

$R_D= (P_1 \cdot 2+q \cdot 2 \cdot 1-R_D \cdot a+P \cdot 3)/a=(6+4+6)/2=8T.$

Alamatyň plus bolmagy ilki başda alnan ugruň dogrydygyny görkezýär.

$\sum X=0;\quad H_A+P_1=0;\quad H_A=-P_1=-3T$

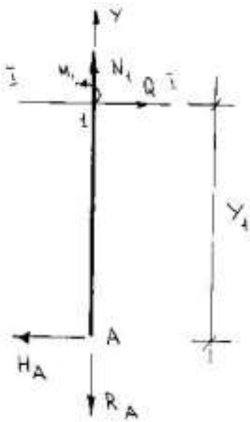
Barlag : $\sum Y=0$

$-R_A-q \cdot a+R_D-P=0,\quad -2-2 \cdot 2+8-2=-8+8=0$

Içki güýçleri tapmak üçin berlen desgany 6 bölege bölýäris.

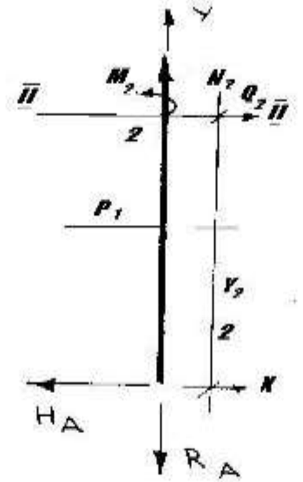
AB bölek (I-I-kesik)

$\sum Y=0, \quad N_1-R_A=0;$
$N_1=R_A=2T$
$\sum X=0, \quad -H_A+Q_A=0;$
$Q_1=H_A=3T$
$\sum M_1=0, \quad M_1-H_AY_1=0; \quad M_1=H_AY_1$
$0\le Y_1\le 2m$
$Y_1=0; \quad M_1=0$
$Y_2=0; \quad M_1^{/}=3\cdot 2=6T\cdot m$

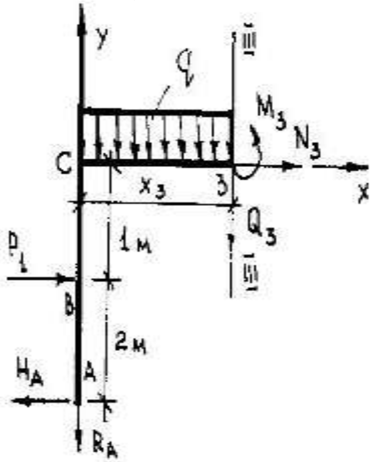


BC-Bölek (II-II-kesik)

$\sum Y=0 \quad N_2-R_A=0$
$N_2=R_A=2T$
$\sum X=0 \quad Q_2+P_1-H_A=0$
$Q_2=H_A-P_1=3-3=0$
$\sum M_2=0 \quad M_2+P_1Y_2-H_A(2+Y_2)=0$
$M_2=H_A(2+Y_2)-P_1Y_2=3(2+Y_2)-3Y_2$
$0\le Y_2\le 1$
$Y_2=0, \quad M_2=3\cdot 2-0=6T\cdot m$
$Y_2=1, \quad M_2^{/}=3(2+1)-3\cdot 1=9-3=6T\cdot$



CK-Bölek (III-III-kesik)



$\sum Y=0$

$-R_A-qX_3-Q_3=0$

$Q_3=-R_A-qX_3=-2-2X_3$

$\sum X=0 \qquad N_3+P_1-H_A=0$

$N_3=H_A-P_1=3-3=0$

$$\sum M_3=0,$$

$$M_3+\frac{q_3X_3^2}{2}+P_1\cdot l-H_A\cdot 3+R_A\cdot X_3=0$$

$M_3=-X_3^2-3+9-2X_3$

$0\le X_3\le 2$

$X_3=0, \quad Q_3=-2T \quad M_3=6\ Tm.$

$X_3=1, \quad Q_3=-2-2\cdot 1=-4\ T, \quad M_3=-1+6-2=3\ Tm$

$X_3=2, \quad Q_3=-2-2\cdot 2=-6\ T \quad M_3=-4+6-4=-2\ Tm$

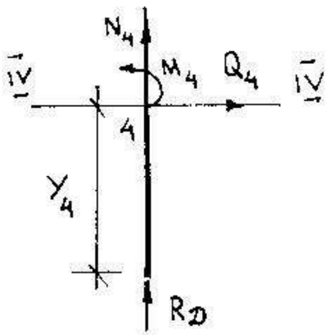
ED-Bölek (IV-IV-kesik)

$\sum Y=0, \quad N_4+R_D=0,$

$N_4=-R_D=-8\ T$

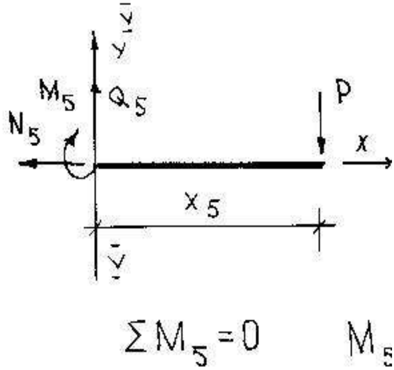
$\sum X=0, \quad Q_4=0$

$\sum M_4=0, \quad M_4=-0$

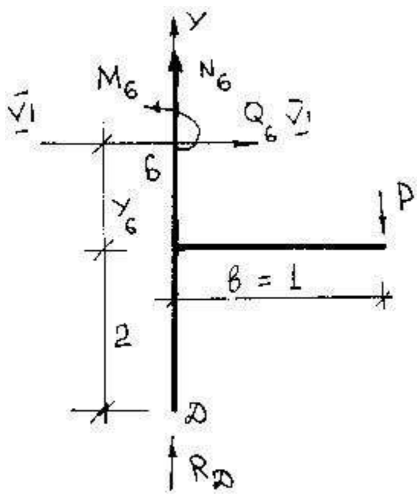


ET- Bölek (V-V kesik)

$\sum Y=0$, Q_5-$P=0$,
Q_5-$=P=2T$
$\sum X=0$, $N_5=0$
$\sum M_5=0$, $M_5+P\cdot X_5=0$,
$M_5=-P_{X3}=-2_{X3}$
$0\leq X_3\leq 1$; $X_5=0$,
$M_5=0$, $X_5=1$, $M_5=-2T\cdot m$.



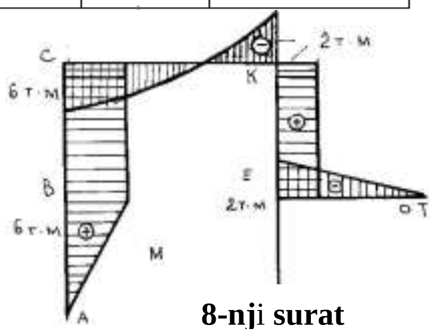
EK-Bölek (VI-VI kesik)



$\sum Y=0$;
$N_6+R_D+P=0$,
$N_6=-R_D+P=-8+2=-6T$
$\sum X=0$, $Q_6=0$
$\sum M_6=0$, M_6-$P1=2T\cdot M$

Alnan netijeleri tablisa geçirýäris.

Seredilýän bölekler	Içki güýçler N, Q, M		
	$N(T)$	$Q(T)$	$M(T\cdot M)$
AB	2	3	0
			6
BC	2	0	6
			6
CK	0	-2	6
			3
		-6	
			-2
ED	-8	0	0
ET	0	2	0
			-2
EK	-6	0	2
			2



8-nji surat

3-nji mesele

Meseläniň şerti:

Berlen hasaplaýyş shemalary üçin geometrik ölçegler, güýçleriň goýluş ýagdaýlary belli bolan halatda şeýle şertleri tapmak talap edilýär.

1.Daýanç güýçlerini tapmaly.

2.Içki güýçleri tapmaly we olaryň epýuryny gurmaly,

3.M_{max} we M_{min} bahalaryny tapmaly. Daýanç güýçleri tapalyň.

$P_2=12kN, \quad q=6kN/m, \quad a=2m, \quad b=3m$

$\sum M_B=0; \quad R_A \cdot b - qb^2/2 + P_2 \cdot a = 0$

$$R_A = \frac{\frac{qb^2}{2} - P_2 a}{b} = \frac{6 \cdot 1{,}5 \cdot 3 - 24}{6} = 1kN$$

$$\sum M_A = 0, \quad -R_b \cdot b + \frac{qb^2}{2} + P_2(a+b) = 0$$

$$R_b = \frac{\frac{qb^2}{2} + P_2(a+b)}{b} = \frac{6 \cdot 1{,}5 \cdot 3 + 12 \cdot 5}{6} = 24kN$$

Barlagy:

$\sum Y=0; \quad R_A - qb + R_b - P_2 = 1-18+29-12=0$

BC-bölek (I-I kese-kesik)

$Q_1=P_2=12kN, \; M_1=-P_2X_1, \quad 0 \le X_1 \le a, \; N_1=0$

$X_1=0, \quad M_1=0$

$X_1=a, \quad M_1=-24kN \cdot m$

AB-bölek (II-II kese-kesik)

$Q_2=R_A \cos\alpha - q \cos\alpha \, x_2=(R_A-qX_2) \cos\alpha$

$M_2=R_AX_2-qX_2/2;$

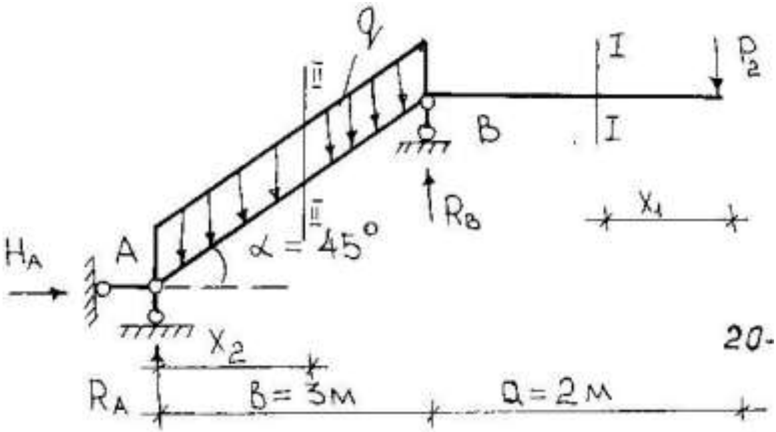
$N_2=-R_A \sin\alpha + \sin\alpha \, X_2 \qquad 0 \le X_2 \le b$

$X_2=0, \quad Q_2=0.707kN, \quad M_2=0, \quad N_2=-0.707kN$

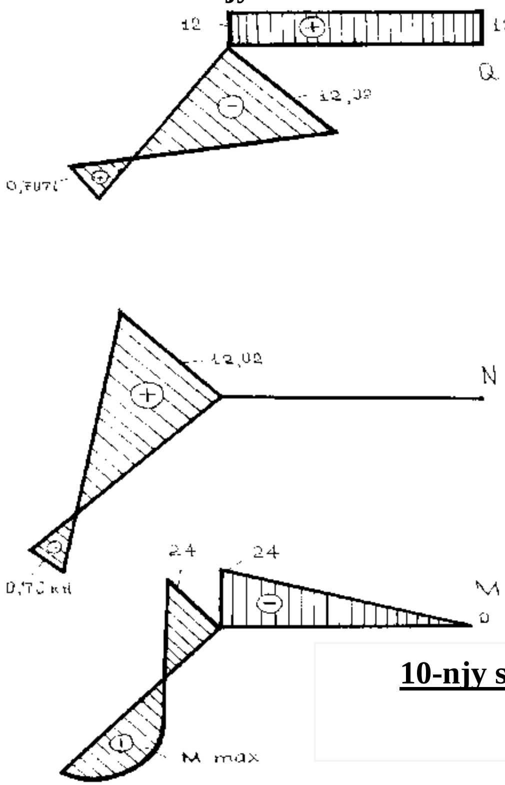
$X_2=0.167, \qquad M_2=0.083kN \cdot m$

$X_2=1m, \qquad M_2=-2kN \cdot m$

$X_2=3m, \qquad Q_2=-12.02kN, \quad N_2=12.02kN, \quad M_2=-24.08kN \cdot m$



9-njy surat



10-njy surat.

4-nji mesele

Meseläniň şerti:

Sistemanyň elementleri şarniriň kömegi bilen berkidilen ýagdaýynda olaryň daýanç güýçlerini we daşgy güýjüň täsiri netijesinde döreýän içki güýçleri tapmagy öwreneliň.

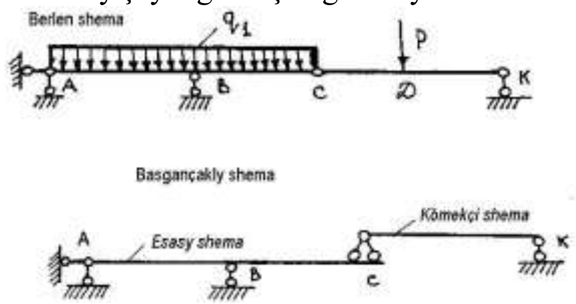
Berlişi:
b=3m
P_2=20mN
c=1m
q_1=10kN/m

Berlen mysalda 4 sany daýanç güýji ýüze çykýar.(H_A,R_A,R_B, we R_k) mysal statiki näbelli ýagdaýda görünse-de, onuň ortasynda ýerleşdirilen şarnir bu mysaly statiki belli ýagdaýa getirýär. Ýagny şeýle deňlemeler düzmek mümkinçiligi döreýär

$$\begin{cases} \sum M_A = 0 \\ \sum M_B = 0 \\ \sum M_K = 0 \\ \sum M_C = 0 \end{cases}$$

Bu bolsa 4 näbellini hem tapmagy mümkinçilik berýär.

Pürsüň aralygynda ýerleşirilen şarnir ol pürsi 2 basganüakly shema bölmäge mümkinçilik berýär. Şol sebüpli berlen shemany şeýle görnüşde görkezýäris.



11-nji surat

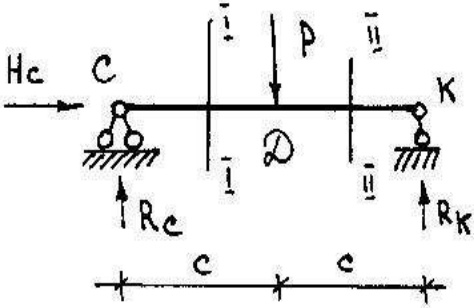
Mysaly goşmaça shemany işlemekden başlaýarys.

$\sum M_K=0,$
$R_C \cdot 2_C - P_2=0$

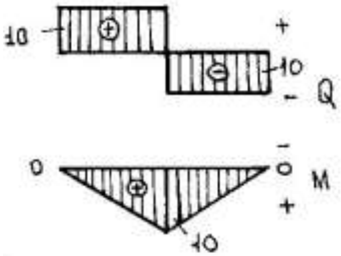
$$R_C = \frac{P_2 c}{2c} = \frac{20}{2} = 10\,kN$$

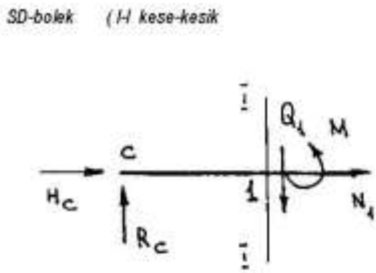
$\sum M_C=0,$
$P_2 \cdot c - P_K \cdot 2c=0$

$$R_K = \frac{P_2 c}{2c} = 10\,kN$$



CD-bölek (II-II kese-kesik)





$\sum X=0;$ $N_1=0;$ $-Q+R_C=0$ $Q_1=R_C=10kN.$
$\sum M_1=0;$ $M_1-R_C X_1=0,$ $M_1=R_C X_1=10X_1$ $0 \le X_1 \le C$
$X_1=0;$ $M_1=10 \cdot 0=0,$ $M_1=10 \cdot 1=10kN \cdot m.$

DK-bölek (II-II kese-kesik)

$\sum X=0, \quad N_2=0$

$\sum Y=0, \quad Q_2+R_K=0,$

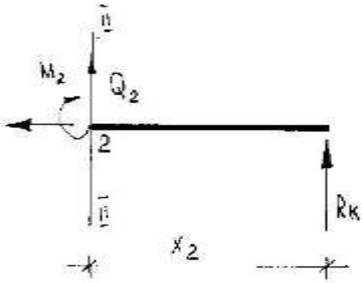
$Q_2=-R_K=-10kN.$

$\sum M_2=0, \quad M_2-R_2X_2=0$

$M_2=R_KX_2=10X_2, \quad 0\leq X_2\leq C$

$X_2=0, \quad M_2=0, \quad X_2=1,$

$M_2=10kN\cdot m.$



Esasy shemany işlemäge girişýäris. Bu shema işlenende c nokatda däreýän daýanç güýjini esasy shema daşky güýç hökmünde ters alamaty bilen goýulýar.

$\sum M_B=0.$

$R_A\cdot 2b-q\cdot 2b\cdot b+R_C\cdot q_1\cdot C$
$C/2=0$

$$R_A=\frac{q_1\cdot 2b^2-R_c c-\dfrac{q_1c^2}{2}}{2b}=$$

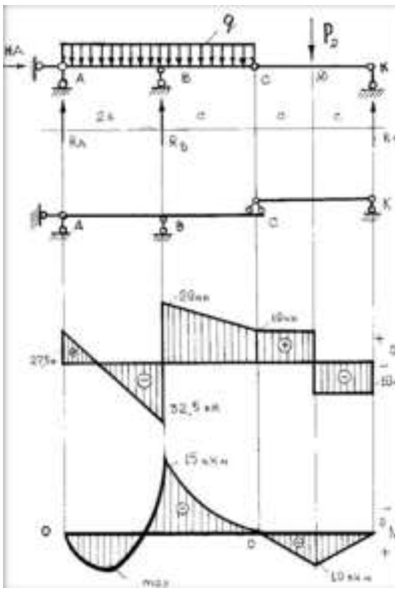
$$=\frac{1\cdot 2\cdot 9-10\cdot 1-10\cdot 0{,}5}{6}=27{,}5kN$$

$\sum M_A=0;$

$q_1\cdot 2b\cdot b-$
$R_B 2b+q_1c(2b+c/2)+$

$+R_C(2b+c)=0$

$$R_b=\frac{10\cdot 2\cdot 9+10\cdot 1(66+0{,}5)+10{,}7}{2b}=52{,}5kN$$

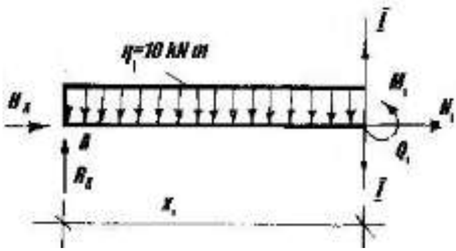


Barlagy: $\sum Y=0; \quad R_A-q_1(2b+c)+R_B-R_C=0.$

$27.5-10\cdot 7+52.3-10=-80+80=0$

AB-bölek (I-I kese-kesik)

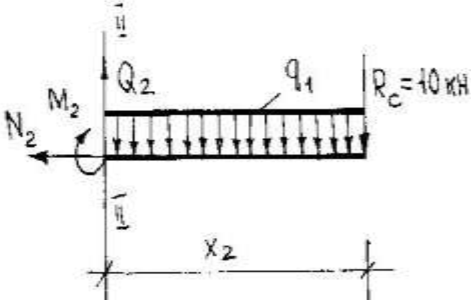
$\sum Y=0,$
$-Q_1 q_1 X_1+R_A=0$
$Q_1=-\ q_1 X_1+R_A=$
$=-10X_1+27,\ \ 0\leq X_1\leq 2b$
$X_1=0,$
$Q_1=27.5kN.$
$X_1=6,$
$Q_1=-60+27.5=-$
$32.5kN$



$$\sum M_2=0,\quad M_1+\frac{q_1 X_1^2}{2}-R_A X_1=0\,,\quad M_1=R_A X_1-\frac{-q_1 X_2^2}{2};$$

$X_1=0,\qquad M_1=0$
$X_1=2b,\qquad M_1=27.5\cdot b\text{-}5(6)^2=165\text{-}180=\text{-}15\ kN\cdot m.$

BC-Bölek (II-II kese-kesik)



$Q_2-q_1X_2-R_c=0$

$Q_2=q_1X_2+R_c=10X_2+10.$

$0\leq X_2\leq C$

$X_2=0$ $\quad$ $Q_2=0+R_C=10kN.$

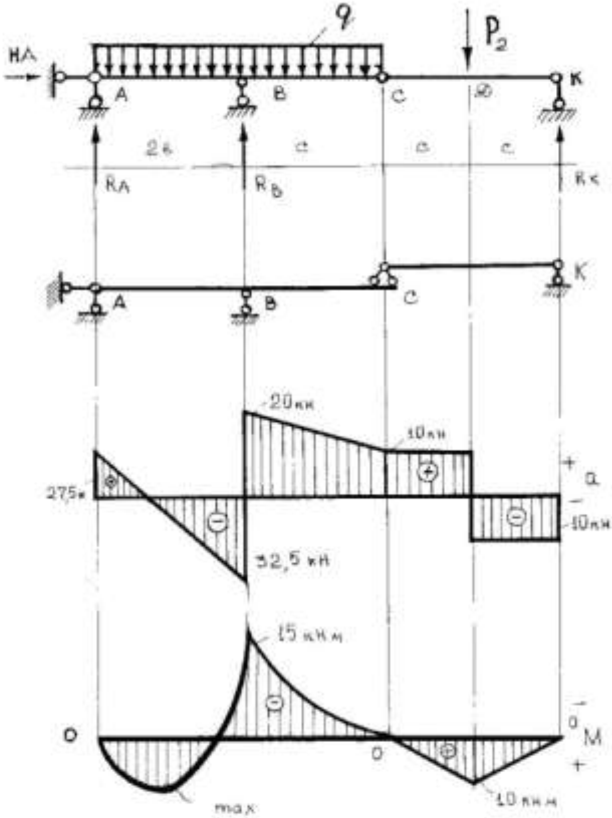
$X_1=1$ $\quad$ $Q_2=10+10=20kN.$

$\sum M_2=0$ $\quad$ $M_2+\frac{q_1X_2^2}{2}+R_cX_2=0;$

$$M_2=\frac{-q_1X_2^2}{2}-R_cX_2;$$

$X_2=0,$ $M_2=0,$ $X_2=0.5,$ $M_2=-5(0.5)^2-10\cdot 0.5=-6.25$

$X_2=1,$ $M_2=-5\cdot 1^2-10\cdot 1=-15kN\cdot m.$

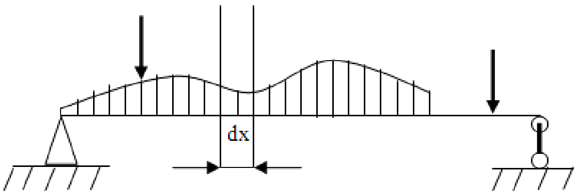


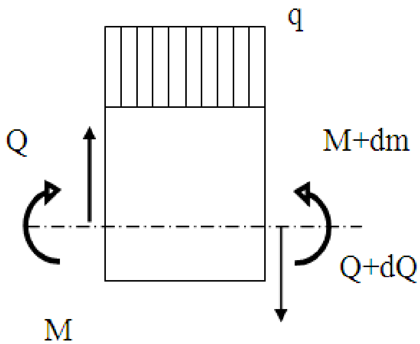
12-nji sura

Berilen meseläniň jemleýji epýury 12-nji suratda görkezilen

7.3 M, Q we q parametrleriň arasyndaky defferonsiýal baglanyşyk

Egilme momentini (M), kese güýç (Q) we berilen güýçleriň (q) arasyndaky
matematiki baglanşyga seredip geçeliň.





13 – nji surat

Şekilde iki kese – kesik geçirilen x we x+dx . Ol kesige ýekede bir notoda goýulan güýç düşmeli däl, diňeýaýran güýç bolmaly.

$$\Sigma y = 0, \quad Q - qdx - (Q + dQ) = 0; \quad dQ = -qdx;$$

Onda; $\dfrac{dQ}{dx} = -q; \quad \Sigma M_B = 0, \quad M + Qdx - qdx$

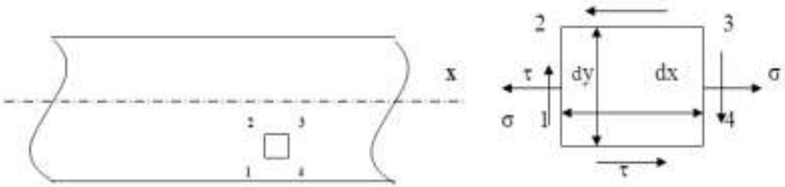
$$\frac{dx}{2} - (M + dM) = 0; \quad dM = Qdx - q\frac{(dx)^2}{2}; \qquad dM = Qdx$$

$\dfrac{dM}{dx} = Q;$ Netije; $\dfrac{d^2M}{dx^2} = \dfrac{dQ}{dx} = -q;$ Bu epýuradan

görnüşi ýaly x kesikde, $M_x = \dfrac{qlx}{2} - \dfrac{qx^2}{2};$ Momentden proizwolny alsak, $M_x = \frac{ql}{2} - qx$, bu Q_x baxasy bilen gabat gelýär. $Q_x = \frac{ql}{2} - qx$, Eger $\frac{dQ_x}{dx}$ alsak $\frac{dQ_x}{dx}$ = -q.

7.4 Egilmede döreýän baş güýjenme.

Kese –kesikden geçýän biri –birine perpendikulýar oklarda galtaşma güýjenmesi nula deň bolan ýagdaýyna baş meýdança diýilýär. Onda ýüze üykýan güýjenmä baş güýjenme diýilýär.τ



14 – nji surat

Ol güýjenme şeýle hasaplanýar.

$$\sigma_{\frac{max}{min}} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2{}_x}\,; \quad (17)$$

Baş meýdança 45^0 ýaplanan meýdança süýşme meýdançasy diýilýär. Onda ekstremal galtaşma güýjenmesi ýüze çykýar we şeýle kesgitlenýär

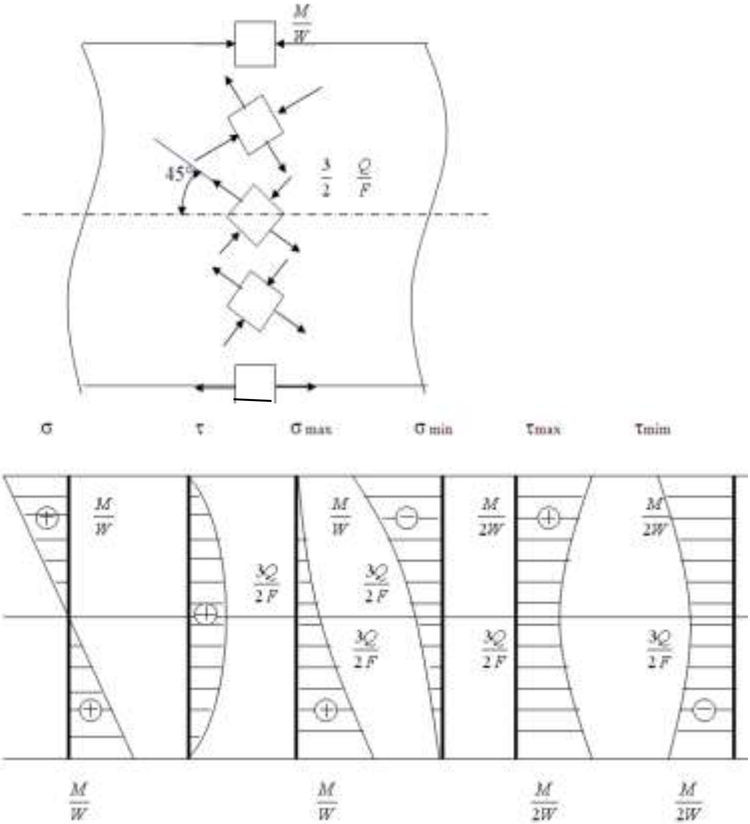
$$\tau_{\frac{max}{min}} = \pm\frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_x}\,; \quad (18)$$

Eger $\sigma_x = \sigma$; $\sigma_y = 0$, $\tau_x = \tau_y$ onda,

$$\sigma_{\frac{max}{min}} = \frac{\sigma}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}\,; \quad (19)$$

$$\tau_{\frac{max}{min}} = \pm\frac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}\,; \quad (20)$$

Onda σ_{max} mydama poležitel, σ_{min} mydama otresatel.



15-nji surat

Ortalyk okdan daşlaşýan nokatda

$$\tau = 0, \qquad \sigma = -\frac{M}{W};\ \text{ýa – da}\ \ \sigma = \frac{M}{W};\quad (a^I\ \text{nokatda}),$$

$$\tau_{\frac{\max}{\min}} = \pm\frac{\sigma}{2} = \pm\frac{M}{2W}; \qquad (21)$$

a we a^I nokatlarda τ bahasy (21) formula bilen hasaplanýar.

Ortalyk okda $\sigma = 0$, τ bolsa $\tau = \frac{3}{2}\cdot\frac{Q}{F}$; bilen hasaplanýar.

Deformasiýanyň potensiýal energiýasy.

Egilme deformasiýasynda ýüze çykýan udel potensiýal energiýa şeýle hasaplanýar.

$$U = \frac{1}{2E}\left[\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\mu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_1\sigma_3 + \sigma_2\sigma_3)\right]; \qquad (22)$$

Her nokadyň egilme deformasiýasynda,

$$U = \frac{1}{2E}\left(\sigma_1^2 + \sigma_3^2 - 2\mu\sigma_1\sigma_3\right); \qquad (23)$$

Onda potensiýal energiýa şeýle hasaplanýar,

$$U = \int_l \frac{M^2}{2EI}dx + \int_l \eta\frac{Q^2}{2GF}dx; \qquad (24)$$

Hemişelik kese –kesik üçin,

$$U = \frac{1}{2EI}\int_{li} M^2 dx + \frac{\eta}{2GF}\int_{li} Q^2 dx; \qquad (25)$$

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

7.6 Egilmä işleýän konstruksiýanyň berkligini hasaplamak

Egilme deformasiýada berklik kanuny, $\sigma_{\max} \le [\sigma]$;

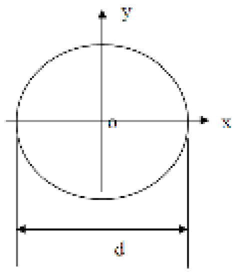
σ_{max} – güýjenmäniň maksimal bahasy, $[\sigma]$ – güýjenmäniň çägi.

a) Hemişelik kese –kesikli maýyşgak materýallar üçin.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W}; \qquad \sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \le [\sigma]; \qquad W > \frac{M_{\max}}{[\sigma]};$$

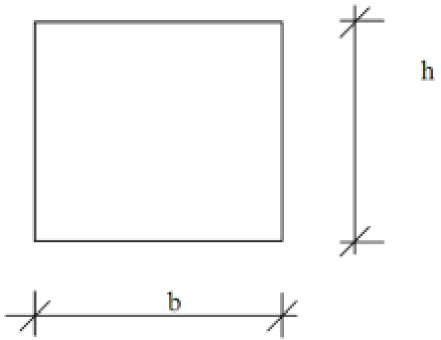
Tegelek kese –kesik üçin

$$W = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0{,}1d^3;$$

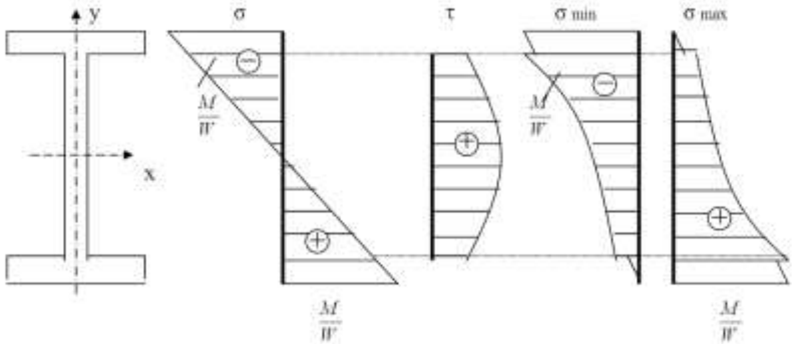


Kese – kesigi göniburçlyk bolan ýagdaýda. *h/b =k,* $W = \frac{bh^2}{6} = \frac{h^2}{6k}$;

Eger (10) formuladaky barlag ýeterlik bolmasa onda

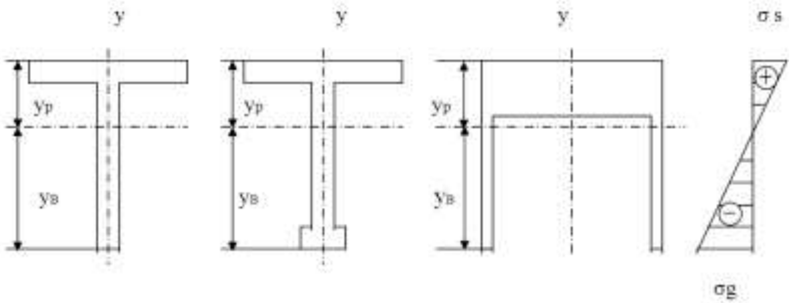


$$\tau_{max} \le [\tau]; \qquad [\tau] = 0{,}6[\sigma]; \ \tau_{max} = \frac{3}{2}\frac{Q_{max}}{F} \le [\tau_g];$$



16 – njy surat

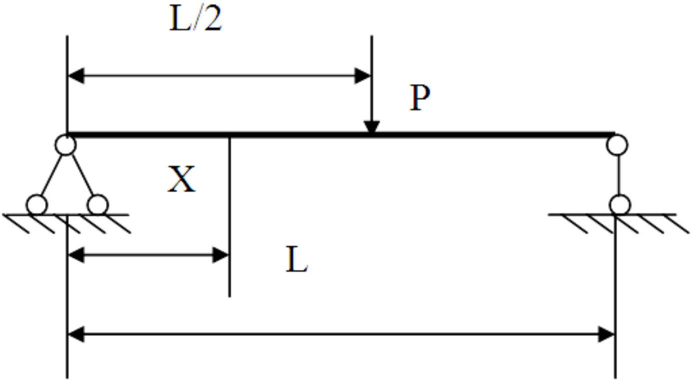
Hemişelik kese – kesikli port materýallar üçin.

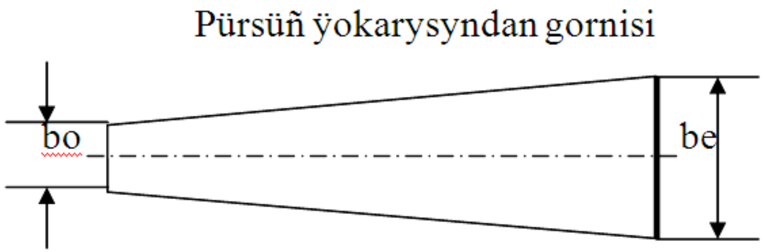


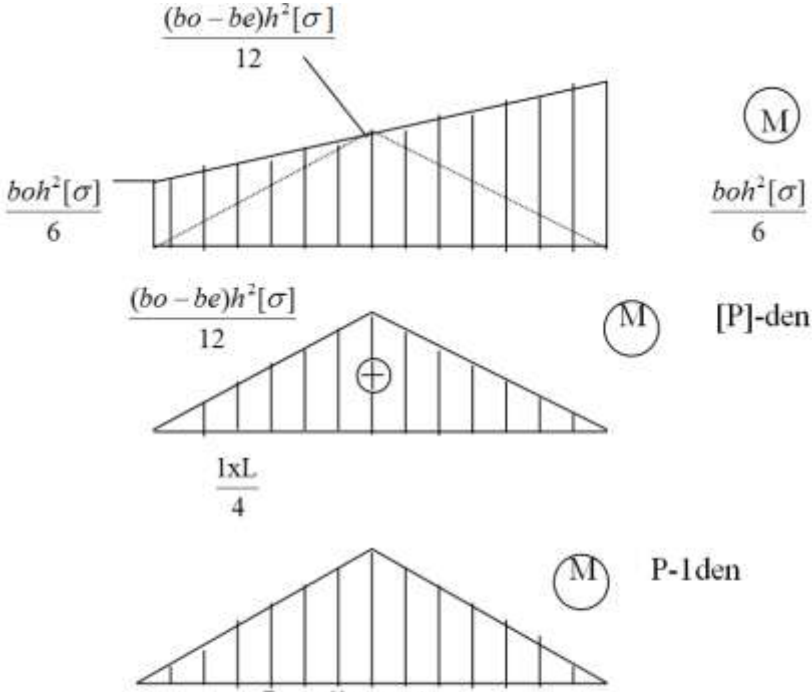
17– nji surat

$$\sigma_{s\,\max} = \frac{M}{W_1} \leq [\sigma]; \quad \sigma_{g\,\max} = \frac{M}{W_2} \leq [\sigma_g]; \quad W_1 = \frac{I_z}{y_A}; \qquad W_2 = \frac{I_z}{y_B};$$

b) Kese –kesigi üýtgeýän halatda







5 – nji surat

Pürsiň h beýikligi hemişelik ini üýtgeýär

$$|M| = W[\sigma] = \frac{bh^2}{6}\cdot[\sigma] = \left(b_o + \frac{b_l - b_o}{l}\cdot x\right)\cdot\frac{h^2}{6}\cdot[\sigma];$$

$$[P] = \frac{|M|}{l/4} = \frac{b_l + b_o}{3l}\cdot h^2\cdot[\sigma]; \quad (26)$$

8. Egilmede statiki kesgitsiz sistemalaryň işlenilşi

8.1 Statiki kesgitsizlik barada düşünje

Eger –de hasap edilýän konstruksiýany ýa –da onuň bölegi deňagramlyk deňlemesi bilen işläp bolmaýan bolsa onda ol hasaplanýan konstruksiýa statiki kesgitsiz sistema diýilýär. Ony hasaplamak üçin onuň näçe gezek statiki kesgitsizligini hasaplamaly. Ol şeýle hasaplanýar.

$W = 3D - 2Ş - S_0$; (1) W - statiki kesgitsizligi görkezýän parametr,

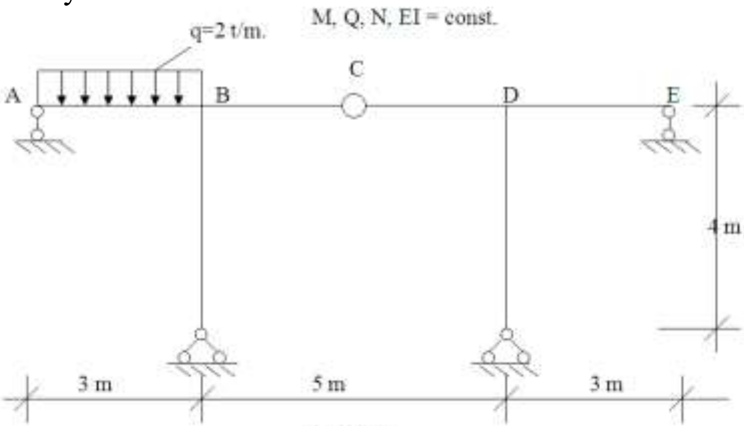
D – tutuş diskiň sany, Ş – şarniriň sany, S_o – daýanç strukturasynyň sany.

$N = 3K - S$; (2) N – artyk sterženleriň sany, K – ýapyk kontorlaryň sany,

S – şarnirleriň sany.

8.2 Güýçler usulynyň manysy we onuň statiki kesgitsiz sistemalarynyň işlenişinde ulanmak

Statiki kesgitsiz sistemalary işlemegiň birnäçe usullary bar. Şol usullardan güýçler usulyna giňişleýin seredip geçeliň. Mysala ýüzleneliň.



Iş tertibi

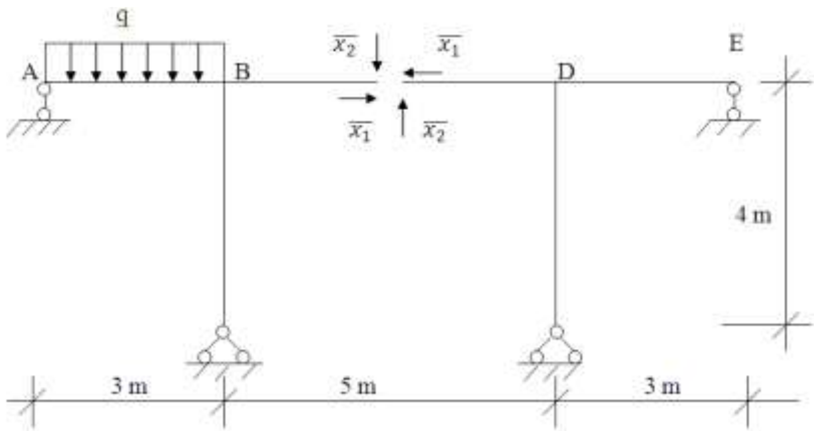
Näçe gezek statiki kesgitsizdigini hasaplamaly. Esaey sistemany saýlamaly. Kanoniki deňlemäni düzmeli. Kanoniki deňlemäniň koefissentini tapmaly. Näbellileri tapmaly. Moment tapmaly. M – epýurasyny gurmaly.M – barlagyny gurmaly. Q – gyrmaly. N – gyrmaly. N we Q barlagyny geçirmeli.

$W = 3D – 2Ş – S_o$; $L = S_o – 3$, $L = 3K – 3$, $L = 3·1 – 1 = 2$;

$W = 3·2 – 2·1 – 6 = 6 – 2 – 6 = -2$;

$L = 6 – 3 – 1 = 6 – 4 = 2$;

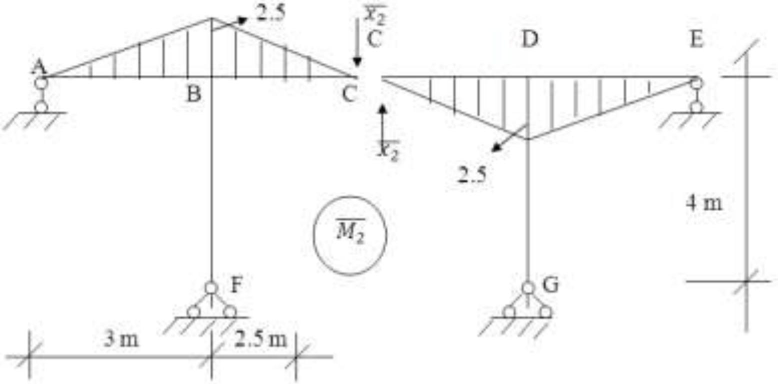
2) Esasy sistema



3) Kononiki deňleme

$$\begin{cases} \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + \Delta_{1p} = 0 \\ \delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 + \Delta_{2p} = 0 \end{cases} \qquad \delta_{12} = \delta_{21};$$

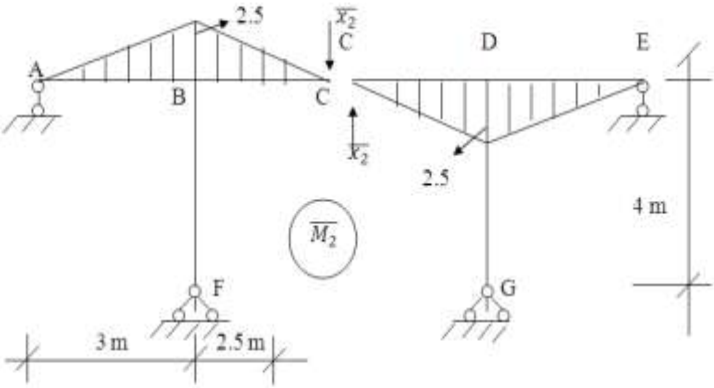
4) <u>Kononiki deňlemäniň koefissentini hasaplamak</u>



$$\delta_{11} = \frac{1}{EI} \cdot \left[\left(\frac{4 \cdot 4}{2} \cdot \frac{8}{3} + \frac{4 \cdot 3}{2} \cdot \frac{8}{3} \right) + \left(\frac{4 \cdot 4}{2} \cdot \frac{8}{3} + \frac{4 \cdot 3 \cdot 8}{2 \cdot 3} \right) \right] =$$

$$\frac{1}{EI} \cdot \left[(21{,}33 + 16) + (21{,}33 + 16) \right] =$$

$$= \frac{1}{EI} \cdot (37{,}33 + 37{,}33) = \frac{74{,}66}{EI}; \quad \delta_{11} = \frac{74{,}66}{EI};$$



$$\delta_{22}=\frac{1}{EI}\cdot\left[\left(\frac{2,5\cdot3}{2}\cdot\frac{5}{3}+\frac{2,5\cdot2,5}{2}\cdot\frac{5}{3}\right)+\left(\frac{2,5\cdot3}{2}\cdot\frac{5}{3}+\frac{2,5\cdot2,5}{2}\cdot\frac{5}{3}\right)\right]=;$$

$$\frac{1}{EI}\cdot[(6,25+5,2)+(6,25+5,2)]=\quad\frac{22,92}{EI}$$

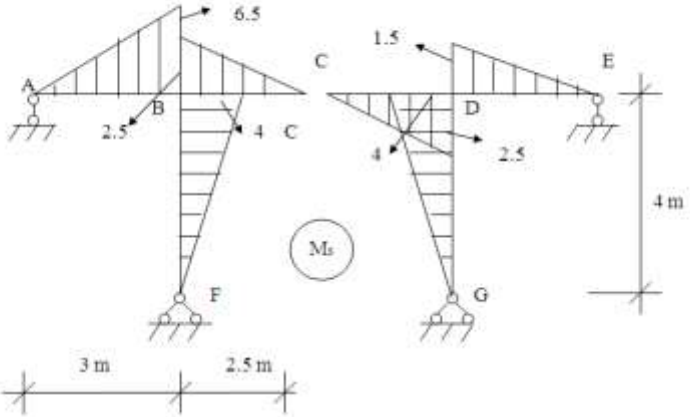
$$\delta_{22}=\frac{22,92}{EI};$$

$$\delta_{12}=\delta_{21}=0.$$

Koefissentleri barlamak

$$\delta_{11}+\delta_{12}+\delta_{21}+\delta_{22}=74,66+0+0+22,92=\frac{97,58}{EI};$$

$\overline{M}_s=\overline{M}_1+\overline{M}_2$ epýury gurmak.



$$\delta_{ss}=\frac{1}{EI}\left[\begin{array}{l}\left(\frac{4\cdot4}{2}\cdot\frac{8}{3}+\frac{2,5\cdot2,5}{2}\cdot\frac{5}{3}+\frac{6,5\cdot3}{2}\cdot\frac{13}{3}\right)+\\\left(\frac{4\cdot4}{2}\cdot\frac{8}{3}+\frac{1,5\cdot2,5}{2}\cdot1+\frac{2,5\cdot3}{2}\cdot\frac{5}{3}\right)\end{array}\right]=$$

$$=\frac{1}{EI}[(21,33+5,2+42,25)+(21,33+1,875+6,25)]=$$

;

$$\frac{1}{EI}(68,78+29,455)=\frac{98,235}{EI}\approx\frac{98}{EI}$$

$$\delta_{ss} = \frac{98{,}235}{EI}; \qquad \text{ýalňyşlyk \% - 0,67 \%,}$$

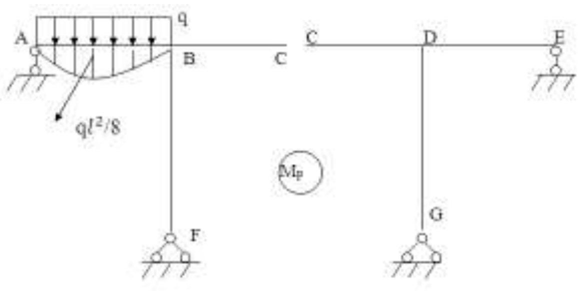
97,58 – 100 %,

98,235 – x %,

$$97{,}58 \cdot x = 98{,}235 \cdot 100$$

$$x = \frac{98{,}235 \cdot 100}{97{,}58} = 100{,}671;$$

$$100{,}671 - 100 = 0{,}671\ \%.$$



$$\Delta_{1p} = -\frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 2 \cdot \frac{9}{8} \cdot 2 = -\frac{9}{EI};$$

$$\Delta_{2P} = -\frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 2 \cdot \frac{9}{8} \cdot 1{,}25 = -\frac{45}{8EI} = -\frac{5{,}625}{EI};$$

$$\delta_{11} = \frac{74{,}66}{EI}; \qquad \delta_{12} = \delta_{21} = 0, \qquad \Delta_{1P} = -\frac{9}{EI};$$

$$\delta_{22} = \frac{22{,}92}{EI}; \qquad \Delta_{2P} = -\frac{45}{8EI} = -\frac{5{,}625}{EI};$$

$$\frac{74{,}66}{EI} \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 = \frac{9}{EI},$$

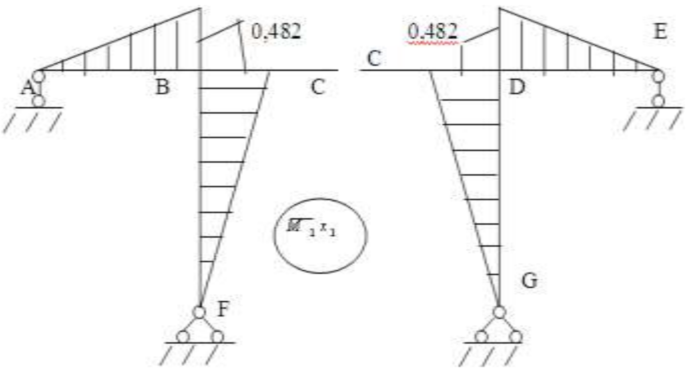
$$0 \cdot x + \frac{22{,}92 \cdot x_2}{EI} = \frac{45}{EI};$$

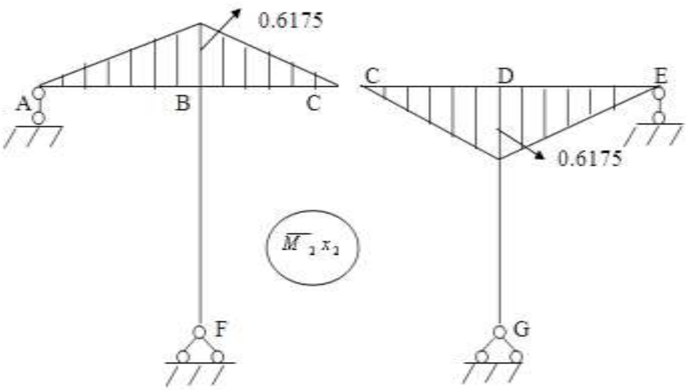
$$\begin{cases} 74{,}66 \cdot x_1 = 9 \\ 22{,}92 \cdot x_2 = 4 \end{cases}$$

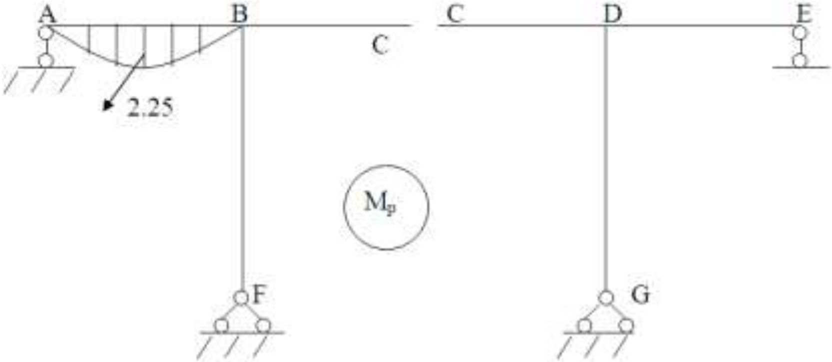
$x_1 = \dfrac{9}{74{,}66} = 0{,}1205$; $\qquad x_2 = \dfrac{5{,}625}{22{,}92} = 0{,}2455$;

***x*₁ = 0,1205;** $\qquad$ ***x*₂ = 0,2445;**

Dogrylanan epýuralar



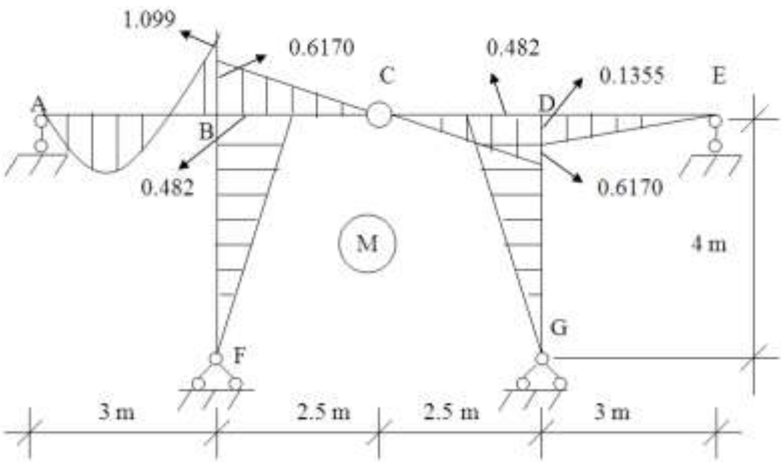




<u>Jemleýji epýuralar</u>

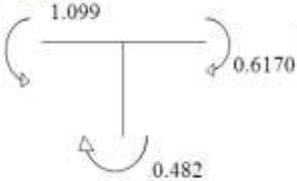
$$M = \overline{M}_1 x_1 + \overline{M}_2 x_2 + M_p \,;$$

1.099



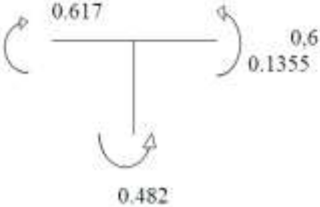
a) Statiki barlagy

B – düwin



$$1{,}099 - 0{,}6175 - 0{,}482 = 1{,}099 - 1{,}099 = 0\ .$$

D – düwin.



$$0{,}6175 - 0{,}1355 - 0{,}482 = 0{,}6175 - 0{,}6175 = 0\ .$$

b) <u>Kinematiki barlagy</u>

Ähli näbellileriň ugryna görä orun ütgeme nula deň bolmaly. Onda

$$\Delta_{sp} = M_s \cdot M = 0.$$

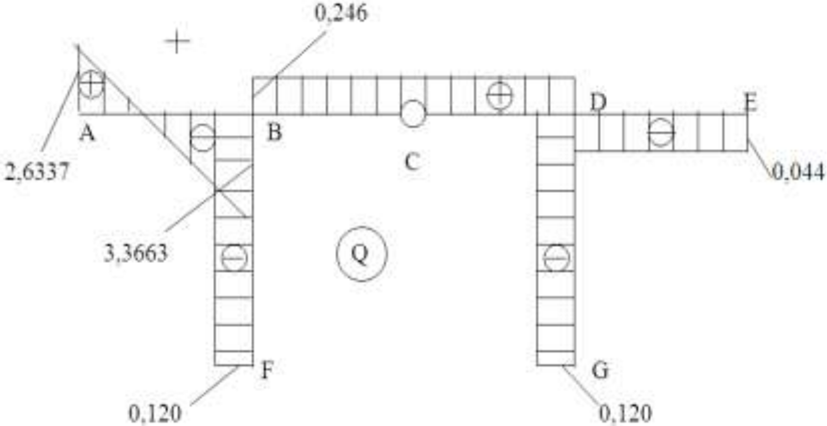
$$\Delta_{sp} = -\frac{2}{3}\cdot 3\cdot 2{,}25\cdot 3{,}25 + \frac{1{,}099\cdot 3}{2}\cdot 4{,}333 + \frac{0{,}482\cdot 4}{2}\cdot 2{,}666 + \frac{0{,}6175\cdot 2{,}5}{2}\cdot 1{,}666 + \frac{0{,}482\cdot 4}{2}\cdot 2{,}666 -$$

$$\frac{0{,}1355\cdot 3}{2}\cdot 0{,}996 = -14{,}625 + 7{,}143 + 2{,}5700 + 1{,}2859 + 1{,}2859 + 2{,}5700 - 0{,}2024 = -14{,}827 + 14{,}855 =$$

$= 0{,}0278.$ Ýalňyşlyk % - de

$$\frac{0{,}0278\cdot 100}{14{,}827} = 0{,}187 \approx 0{,}2\,\%.$$

$$\frac{dM}{dx} = Q, \qquad\qquad Q = Q_o + \frac{M_{sag} - M_{зep}}{l};$$



<u>AB – bölek</u>

$$Q_{AB} = Q_o + \frac{M_{sag} - M_{зep}}{l} = 3 + \frac{-1{,}099 - 0}{3} = 3 - 0{,}3663 = 2{,}6337;$$

<u>BA – bölek</u>

$$Q_{BA} = -3 + \frac{-1{,}099 - 0}{3} = -3{,}3663;$$

<u>BD – bölek</u>

bolýar.

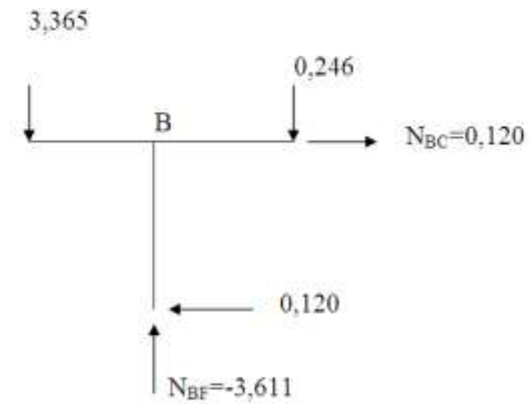
$$Q_{sag} = Q_{зер} = \frac{0{,}675}{2{,}5} = 0{,}246,$$ DE – bölek

$$Q_{DE} = -\frac{0{,}1385}{3} = -0{,}044;$$ BF – bölek

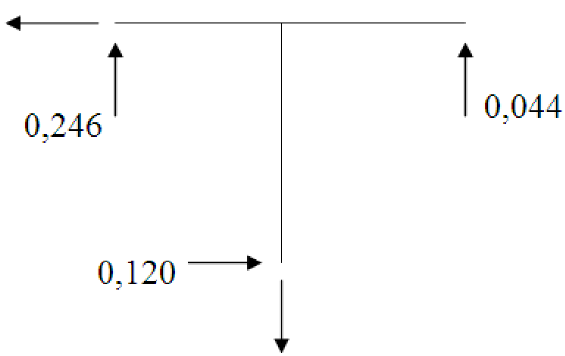
$$Q_{BF} = \frac{0{,}482}{4} = 0{,}120;$$ DG – bölek

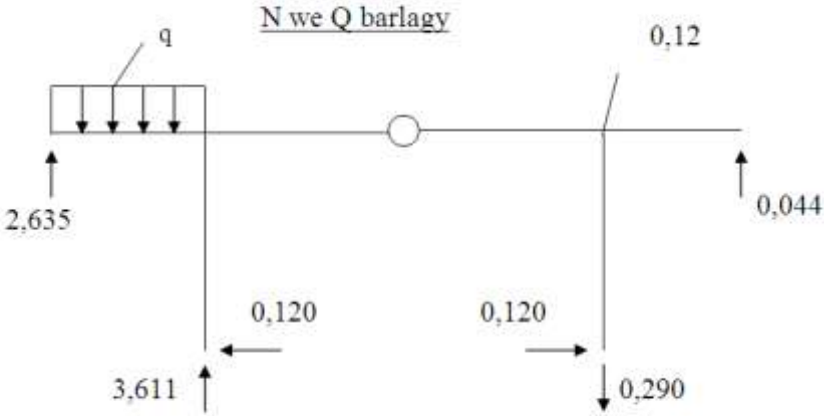
$$Q_{DG} = \frac{0{,}482}{4} = 0{,}120;$$

B – düwini kesýäris



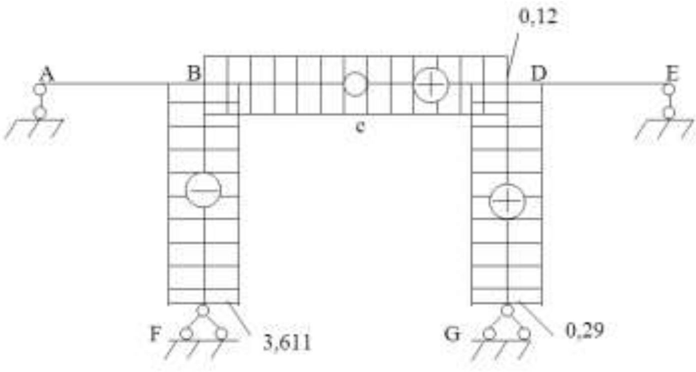
D – düwüni kesýäris





$$\sum x = 0; \qquad 0{,}12 - 0{,}12 = 0; \qquad \sum y = 0;$$
$$2{,}635 + 3{,}611 - 0{,}29 + 0{,}044 - 2 \cdot 3 = 0;$$

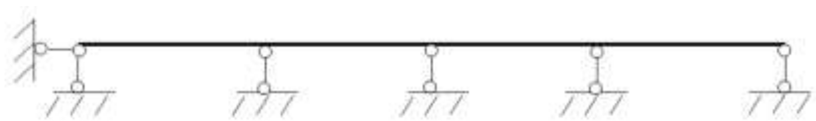
$$\sum x = 0; \qquad 0{,}12 - 0{,}12 = 0; \qquad \sum y = 0;$$
$$2{,}635 + 3{,}611 - 0{,}29 + 0{,}044 - 2 \cdot 3 = 0;$$



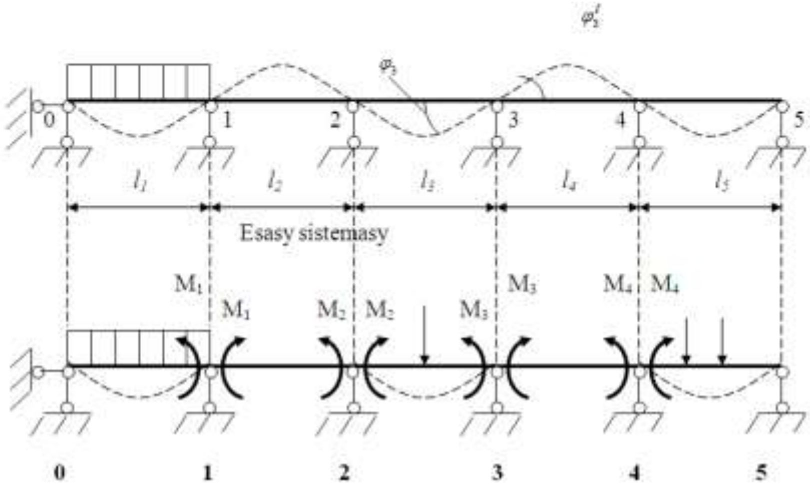
8.3 Üznüksiz pürsler barada düşinje

Üznüksiz pürsler

Üznüksiz pürsler diýilip birnäçe aralyklara üzülmän ýaýran pürslere aýdylýar. Ortaky daýançlar direg hökmünde ulanylýar. Şeýle pürslerde ortada şarnirler bolmaýar.



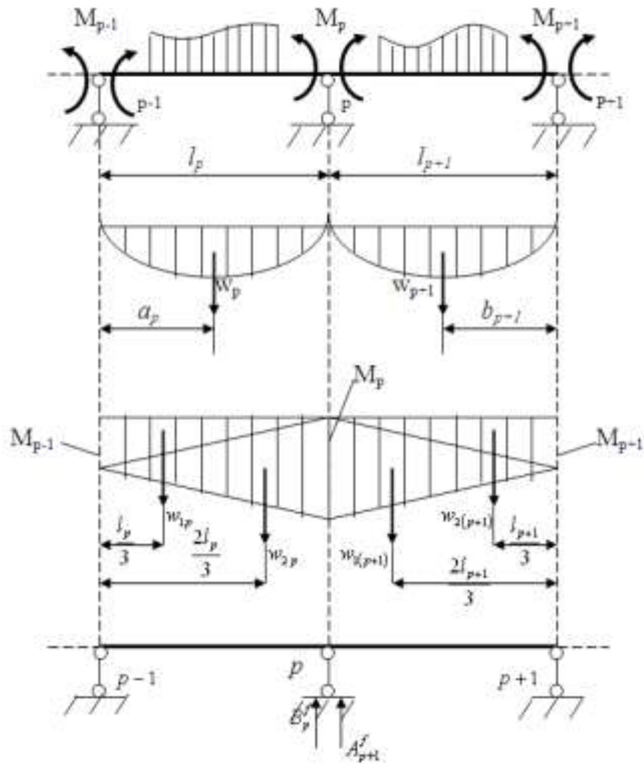
Bu şekilli pürsler hasaplananda artyk näbelliler hökmünde ortaky daýançlarda ýüze çykýan momentler alynýar.



1 - nji surat

Bu şekilde görnüşi ýaly näbellileri hökmünde M_1, M_2, M_3, M_4 alýarys.

8.4 Üç momentli deňlemeler usulyny statiki kesgitsiz sistemalarda ulanmak



2 – nji surat

$$M_{p-1} \cdot l_p + 2M_p \cdot \left(l_p + l_{p+1}\right) + M_{p+1} \cdot l_{p+1} = -G \cdot \left(B_p^f + A_{p+1}^f\right); \quad (1)$$

1 – nji aňlatmanyşeýle ýazmak bolýar.

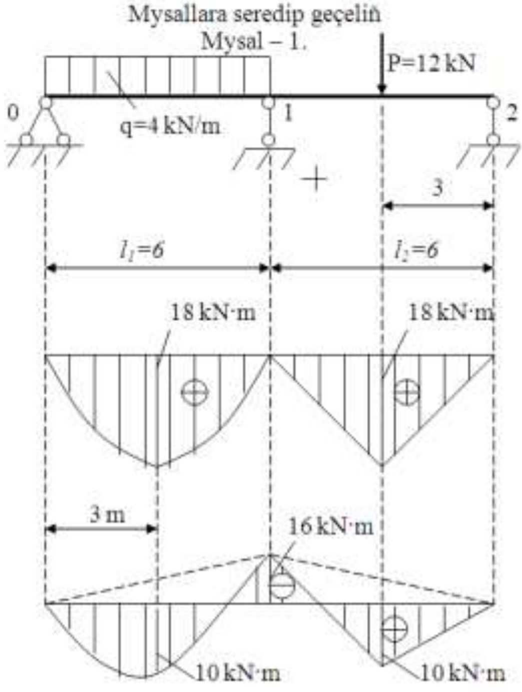
$$M_{зер}\cdot l_{зер}+2M_{or}\left(l_{зер}+l_{sag}\right)+M_{sag}\cdot l_{sag}=-G\left(B^{f}_{зер}+A^{f}_{sag}\right);\quad (2)$$

1 – nji aňlatmanyşeýle ýazmak bolýar.

$$M_{çep}\cdot l_{çep}+2M_{or}\left(l_{çep}+l_{sag}\right)+M_{sag}\cdot l_{sag}=-G\left(B^{f}_{çep}+A^{f}_{sag}\right);\quad (2)$$

Bu ýerde $M_{çep}$ – çep daýançdaky moment, $l_{çep}$ – çep aralyk, M_{or} - ortadaky daýançdaky moment, l_{sag} – sag aralyk, M_{sag} – sag daýançdaky moment, $B^{f}_{çep}$ – çep hyýaly daýanç güýç, A^{f}_{sag} - sag hyýaly daýanç güýç,

$R^{f}_{or} = A^{f}_{sag} + B^{f}_{çep}$;



3 – nji surat

Üç momentler deňlemesiniň kömegi bilen M we Q epýuryny görkezilen pürsde gurmaly.

<u>Berlişi.</u>

$$l_1 = 6\ m. \quad M_o = 0,$$
$$l_2 = 6\ m. \quad M_2 = 0$$

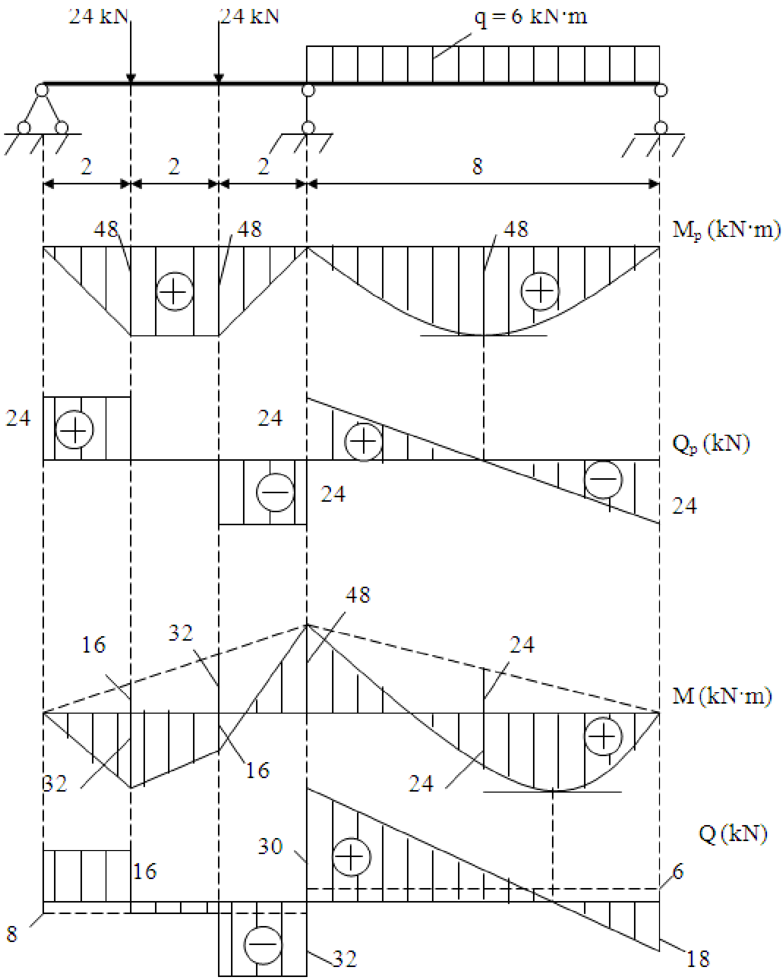
Çep we sag aralyk üçin momentleriň epýuryny guralyň we onuň meýdanyny hasaplalyň. $w_1 = \frac{2}{3} \cdot 18 \cdot 6 = 72 kN \cdot m^2$;

$w_2 = \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 6 = 54 kN \cdot m^2$;

Hyýaly daýanç reýaksiýalaryny tapmaly. $B^h{}_1 = \frac{1}{2} w_1 = 36$ $kN{\cdot}m^2$; $A^h{}_2 = \frac{1}{2} w_2 = 27$ $kN{\cdot}m^2$; Bu aňlatmalary (1) deňlemä goýýarys. $2M_1(6 + 6) = -6(36 + 27)$ $24M_1 = -378$ $M_1 = -\frac{378}{24}$ $= -15{,}75 \approx 16$ kN·m Munuň esasynda şekilde görkezilen epýury alýarys.

Berlişi;

$$l_1 = 6\ m. \quad M_o = 0,$$
$$l_2 = 8\ m. \quad M_2 = 0,$$



4– nji surat

Pürsiň artykmaç näbellisini tapmaly we M hem –de Q epýuryny gurmaly.

Egilme momendiniň epýurlarynyň meýdanlaryny hasaplaýarys.

$$w_1 = \frac{2+6}{2} \cdot 48 = 192 kN \cdot m^2;$$

Hyýaly daýanç güçleri

$$w_2 = \frac{2}{3} \cdot 48 \cdot 8 = 256 kN \cdot m^2;$$

hasaplaýarys

$$B_1^h = \frac{1}{2} w_1 = 96 kN \cdot m^2;$$

Üç momentler deňlemesine goýýarys

$$A_2^h = \frac{1}{2} w_2 = 128 kN \cdot m^2;$$

$2M_1 \cdot (6 + 8) = -6 \cdot (96 + 128)$ $28M_1 = -1344$ $M_1 = -\frac{1344}{28} = -48$ kN·m,

Kese güýçleri hasaplaýarys

$$Q_1 = \frac{M_1 - M_0}{l_1} = \frac{-48 - 0}{6} = -8 kN;$$

$$Q_2 = \frac{M_2 - M_1}{l_2} = \frac{-0 - (-48)}{8} = 6 kN;$$

Üç gerimli pürsiň M we Q epýuryny gurmaly. Näbelli M_1 we M_2. Onda,

$$\begin{cases} M_0 l_1 + 2M_1(l_1 + l_2) + M_2 l_2 = -6(B^h{}_1 + A^h{}_2); \\ M_1 l_2 + 2M_2(l_2 + l_1) + M_3 l_3 = -6(B^h{}_2 + A^h{}_3); \end{cases}$$

1 – nji gerim üçin

$$M_1^0 = \frac{Pl}{4} = \frac{46 \cdot 6}{4} = 60kNm;$$

$$w_1 = \frac{1}{2} \cdot 60 \cdot 6 = 180kNm;$$

2 – nji gerim üçin

$$M_2^0 = \frac{ql^2}{8} = \frac{8 \cdot 6^2}{8} = 36kNm;$$

$$w_1 = \frac{2}{3} \cdot 36 \cdot 6 = 144kNm;$$

3 – nji gerim üçin

$$M_3^0 = 20 \cdot 2 = 40kNm;$$

$$w = \frac{2+6}{2} \cdot 40 = 160kNm;$$

Hyýaly daýanç güýçler

$$B_1^h = \frac{1}{2} w_1 = 90kN \cdot m^2;$$

$$A_2^h = B_2^h = \frac{1}{2} w_2 = 72kN \cdot m^2;$$

$$A_3^h = \frac{1}{2} w_3 = 80kN \cdot m^2;$$

$M_o = 0$, $M_3 = 0$, $l_1 = l_2 = l_3 = 6\ m$.

$$\begin{cases} 2M_1(6 + 6) + 6M_2 = -6 \cdot (90 + 72), \\ 6M_1 + 2M_2(6 + 6) = -6 \cdot (72 + 80), \end{cases}$$

$$\begin{cases} 24M_1 + 6M_2 = -972 \\ 6M_1 + 24M_2 = -912 \end{cases}$$

Bu deňlemäni işläp M_1 we M_2 tapýarys. $M_1 = -33,1$ kNm, $M_2 = -29,3$ kNm.

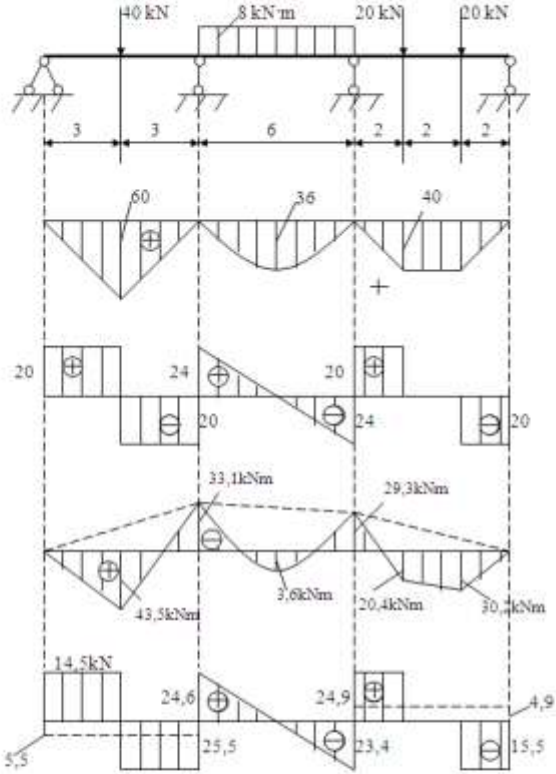
Bularyň esasynda M epýury gurýarys

$$Q_1 = \frac{M_1 - M_0}{l_1} = -\frac{33{,}1}{6} = -5{,}5kN,$$

$$Q_2 = \frac{M_2 - M_1}{l_2} = \frac{-29{,}3 - (-33{,}1)}{6} = 0{,}6kN,$$

$$Q_3 = \frac{M_3 - M_2}{l_3} = \frac{0 - (-29{,}3)}{6} = 4{,}9kN;$$

Üç gerimli pürsiň M we Q epýuryny gurmaly.

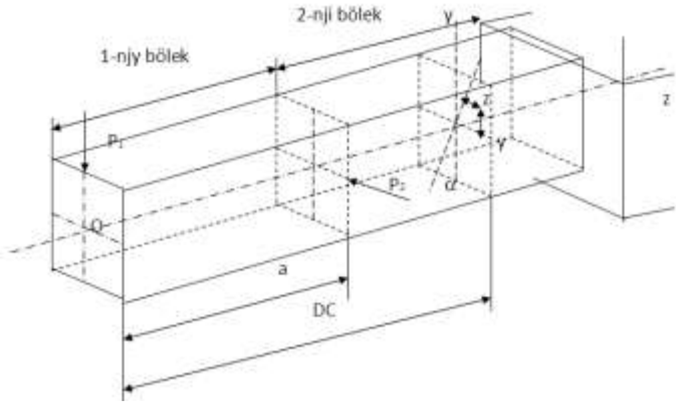


5 – nji surat

9.Çylşyrymly garşylyk

9.1 Gyýşyk egilme Umumy düşünje

Çylşyrymly garşylykda hasaplanýan konstruksiýanyň böleginde bir wagtyň özünde onyň kese -–kesiginde birnäçe içki güýç ýüze çykýar.Çylşyrymly garşylyk iki topara bölünýär. I – topar. – Bu topara girýän mysallarda kese – kesikdäki güýjenme bir okly hasap edilýär. Howuply nokatdaky galtaşma güýjenmesi ujypsyz hasap edilýär. Şol sebäpli berklik teorýasy bu mysallarda ulanylmaýar. Olara gyşyk egilme mysal bolup biler, hem –de merkezi däl gysylma we süýnme degişli bolup biler. II – topar. – Bu topara kese –kesikde bir wagtyň özünde 2 – ýa –da ondan hem köp içki güýçler täsir edýän wagtydyr. Meselem: towlanma we gysylma, egilme we towlanma, gysylma we egilme we şuňa meňzeşler.Gyşyk egilmäni öwrenmäge geçişeliň.Gyýşyk egilme diýip – egilme momendiniň täsir edýän tekizligi kese – kesigiň hiç bir baş inersiýa okundan geçmeýän ýagdaýydyr. Eger gyşyk egilmede kese – kesikde diňe egilmede momendi ýüze çykýan bolsa onda bu ýagdaýa arassa gyýşyk egime diýilýär.



1 – nji surat

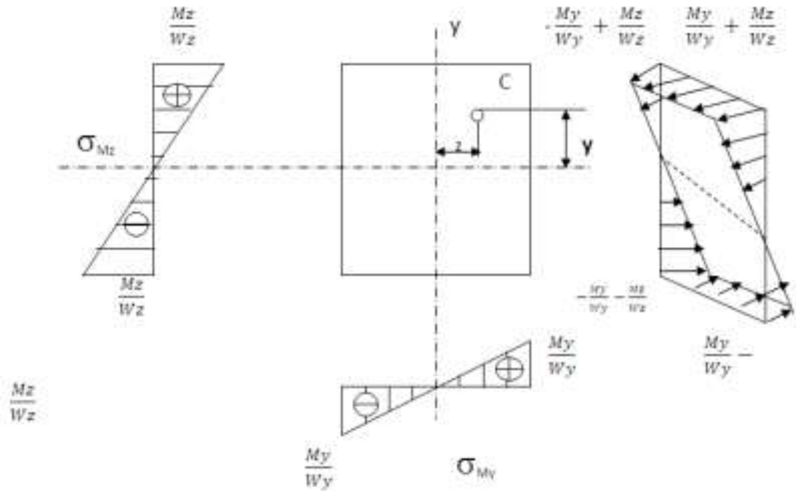
Bu şekilde görnüşi ýaly bir tarapy gaty berkitme bilen berkidilen pürse P_1 dik we P_2 kese güýçler goýlan. Pürse täsir edýän doly egilme momenti.

$$M = \sqrt{M_z^2 + M_y^2}\,; \quad (1)$$

Onda doly güýjenme şeýle hasaplanýar.

$$\sigma = \sigma_{Mz} + \sigma_{My} = \pm\frac{M_z}{I_z}\cdot y \pm \frac{M_y}{I_y}\cdot z\,; \quad (2)$$

Goşmak alamaty eger y koordinatanyň položitel bahasynda M_z sünme emele getrýän bolsa 2 – nji bölekde z –iň položitel bahasynda goýylýar. M_y süýnme emele getirýän bolsa goýulýar.

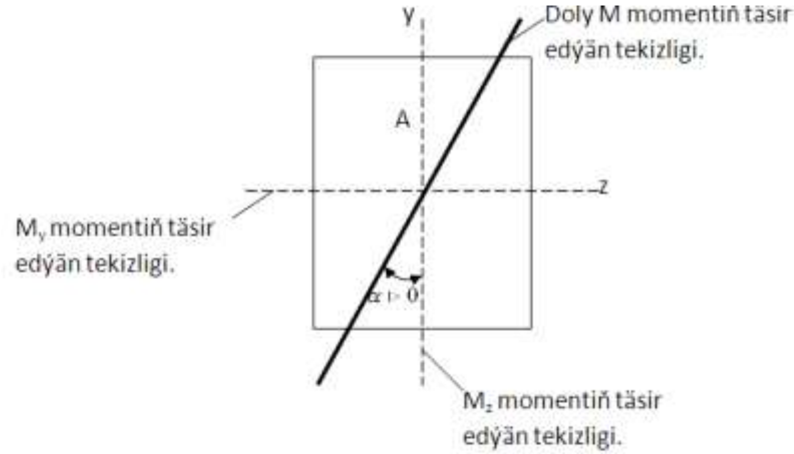


2 – nji surat

Bu şekilde normatiw güýjenmäniň σ_{Mz} we σ_{My} epýurlary görkezilen we olaryň umumy jeminiň aksonometrýasy görkezilen.

$$\left.\begin{aligned} M &= \sqrt{M_z^2 + M_y^2} \\ M_z &= M\cos\alpha \\ M_y &= M\sin\alpha \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

α – y oky bilen güýjiň täsir edýän tekizliginiň arasyndaky burç.



3 – nji surat

$$tg\alpha = \frac{|M_y|}{|M_z|}; \quad (4)$$

Eger M_z we M_y, M üsti bilen aňlatsak onda,

$$\sigma = \pm M\left(\frac{y\cos\alpha}{I_x} + \frac{z\sin\alpha}{I_y}\right); \quad (5)$$

α – burçy položitel hasaplanýar eger güýjiň täsir edýän tekizligi I we III kwadyratyndan geçýän bolsa.

y>0 z = 0 we M süýnme güýjenmesini döretse bu ýagdaýda formulada + goýulýar. Gyşyk egilmede bitarap ok (nul çyzygy) güýjiň täsir edýän tekizligine perpendikulýar däldir. Bitarap okda normal güýjenme nula deň.

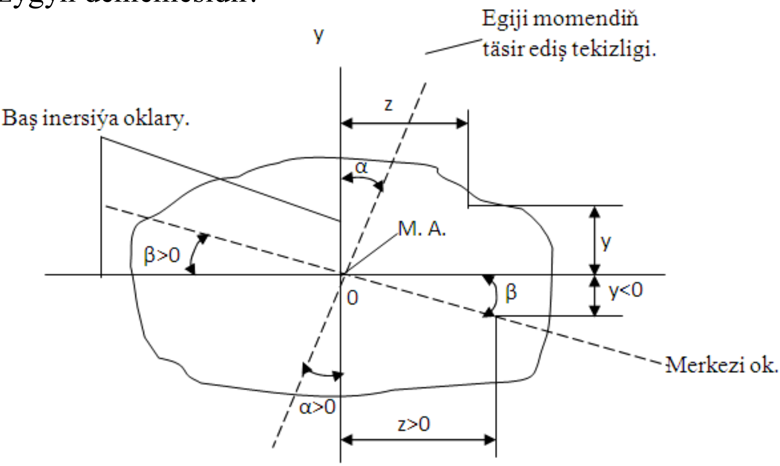
$$\sigma = \pm M\left(\frac{\cos\alpha}{I_x}\cdot y + \frac{\sin\alpha}{I_y}\cdot z\right) = 0; \qquad \frac{\cos\alpha}{I_x}\cdot y + \frac{\sin\alpha}{I_y}\cdot z = 0;$$

$M \neq 0;$

ýa –da

$$y = -tg\alpha \cdot \frac{I_z}{I_y}\cdot z; \quad (6)$$

Onda bitaraplyk oky koordinatalar başlangyjyndan geçýän göni çyzygyň deňlemesidir.



4 – nji surat

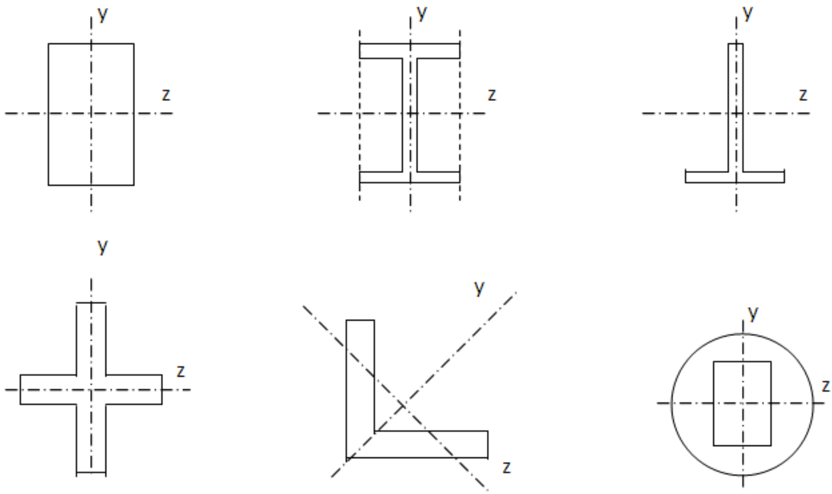
$$tg\beta = -\frac{y}{z} = \frac{I_z}{I_y} \cdot tg\alpha; \quad (7) \qquad tg\beta = \frac{I_z}{I_y}\, tg\, \alpha; \quad (8)$$

Bu aňlatma bilen bitaraplyk okunyň ýagdaýyny hasaplap bolýar.

Eger $I_z = I_{max}$

$I_y = I_{min}$ $I_z/I_y > 1;$ $\beta > \alpha;$

Bitaraplyk oky kese-kesigiň horoply nokatlaryny tapmak üçin gerek bolýar



5 – nji surat

Käbir kese-kesikde bitaraplyk okyny tapmak horoply nokatlaryny tapyp bolýar (a, b)

$$\sigma_{\max} = \frac{M_y}{I_z} \cdot y_{\max} + \frac{M_y}{I_y} \cdot z_{\max}; \ (9) \qquad \frac{I_z}{y_{\max}} = W_z; \ \frac{I_y}{z_{\max}} = W_y;$$

(10)

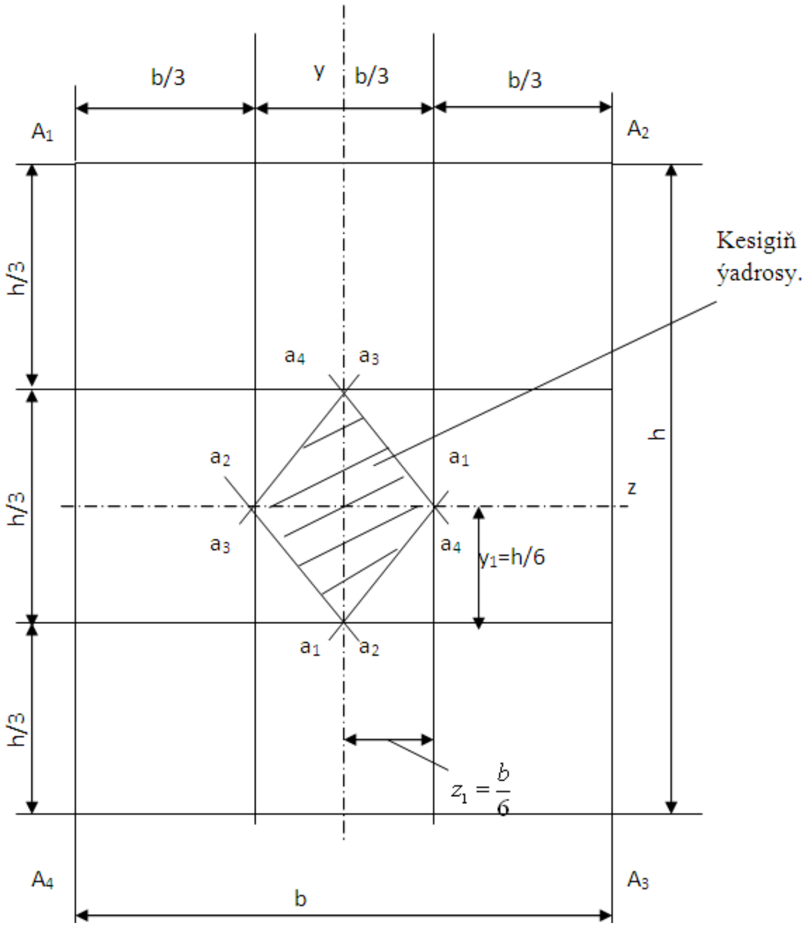
$$\sigma_{\max} = \frac{M_y}{W_z} + \frac{M_x}{W_y} \leq [\sigma]; \quad (11)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_z}\left(\cos\alpha + \frac{W_z}{W_y}\sin\alpha\right) \leq [\sigma]; \quad (12)$$

Port materiallar üçin $[\sigma]$-güýjenmäniň çägini sünmä almaly. Uly gatylykly pürslerde güýç okda goýulmadyk ýagdaýda.

9.2 Uly gatylkly pürslerde süýnme we gysylma

Uly gatylykly pürslerde güýç okda goýulmadyk ýagdaýda bir wagytda kese –kesikde süýnme (gysylma) we egilme momendi ýüze çykýar



6 – njy surat

1. Eger (δ_{max}) orun üýtgemäniň max bahasy e –den kiçi bolsa onda onuň bahasyny hasaba almasaňam bolýar.

2. Eger P·δ_{max} daşky m kiçi bolsa bu ýagdaýda δ_{max} hasaba alman bolýar.
Eger: P·δ_{max} hasaba alynmaýan ýagdaýda gaty pürsler diýilýär.
P·δ_{max} hasaba alynýan ýagdaýlara maýyşgak pürsler diýilýär.

$$\sigma = \sigma_N + \sigma_{Mz} + \sigma_{My} = \frac{N}{F} \pm \frac{M_z}{I_z} \cdot y \pm \frac{M_y}{I_y} \cdot z; \quad (13) \qquad P = N$$

Güýç A nokatda goýylan onuň z we y oklaryna bolan koordinatalary şeýle hasaplanýar.

$$\left.\begin{aligned} l_y &= \frac{M_z}{N}; \\ l_z &= \frac{M_y}{N}; \end{aligned}\right\} \quad (14)$$

A – nokada basyş nokady (polýus) diýilýär ýa –da,

$$M_z = N \cdot e_y = P \cdot e_y;$$

$$M_y = N \cdot e_z = P \cdot e_z;$$

$$\sigma = \frac{P}{F} + \frac{P \cdot e_y}{I_z} \cdot y + \frac{P \cdot e_z}{I_y} \cdot z; (15)$$

ýa –da, $\sigma = P \cdot \left(\frac{1}{F} + \frac{e_y}{I_z} \cdot y + \frac{e_z}{I_y} \cdot z \right)$; ýa –da

$$\sigma = \frac{P}{F} \cdot \left(1 + \frac{e_y}{i_x^2} \cdot y + \frac{e_z}{i_y^2} \cdot z \right); \quad (16)$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{F}}; \qquad i_y = \sqrt{\frac{I_y}{F}};$$

Bitarap okunyň ýagdaýyny hasaplalyň.

$$\frac{P}{F}\left(1+\frac{e_y}{i_x^2}\cdot y+\frac{e_z}{i_y^2}\cdot z\right)=0; \qquad (17) \quad \frac{P}{F}\neq 0; \text{ onda}$$

$$1+\frac{e_y}{i_x^2}\cdot y+\frac{e_z}{i_y^2}\cdot z=0;$$

$$y_n=-\frac{i_z^2}{e_y}; \qquad z_n=-\frac{i_y^2}{e_z}; \qquad (18)$$

Güýjenmäni hasaplamak

$$\sigma=\pm M\left(\frac{\cos\alpha}{I_z}\cdot y+\frac{\sin\alpha}{I_y}\cdot z\right) \quad \sigma_{\max}=\frac{M_z}{W_z}+\frac{M_y}{W_y}\leq[\sigma];$$

$$\sigma_{\max}=\frac{M}{W_z}\left(\cos\alpha+\frac{W_z}{W_y}\sin\alpha\right)\leq[\sigma];$$

$$\sigma_{\substack{\max\\ \min}}=\frac{N}{F}+\frac{M_z}{W_z};$$

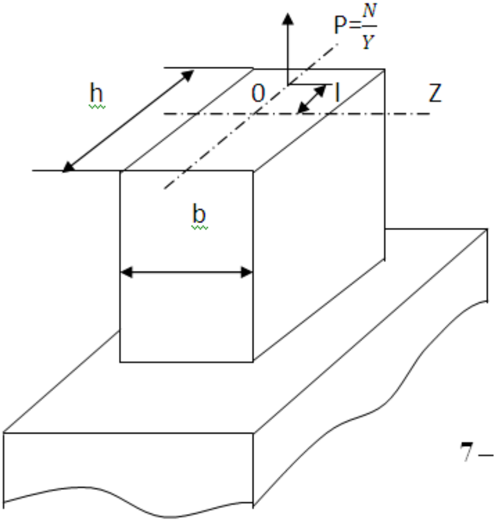
9.3 Nul çyzygyň häsiýetleri

a. Nul çyzygyň ýagdaýy P –güýjiň bahasyna we alamatyna baglydyr.
b. Nul çyzygy we polýar koordinatalar başlangyjyndan dürli tarapda ýatýarlar.
c. Koordinatalar başlangyjyndan polýar näçe daş bolsa şonçada e_y we e_z uly bolýar, a bitaraplyk oky bolsa merkeze ýakyn geçýär.
d. Eger polýus baş inersiýa oklarynyň birinde ýatan bolsa onda bitaraplyk oky ol oka perpendikulýar ýagdaýda geçýär.

<u>Mysallar.</u> Polýar y okunda ýatýar. $M_y = 0$ onda,

$$\sigma=\frac{N}{F}\pm\frac{M_z}{I_z}\cdot y; \quad (19)$$

$$\sigma_{\substack{max\\min}} = \frac{N}{F} \pm \frac{M_z}{W_z}; \quad (20)$$

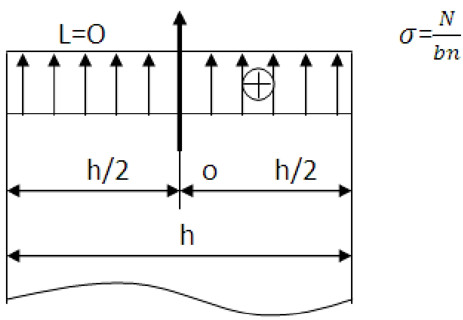


7 – nji surat

$$\sigma_{\substack{max\\min}} = \frac{N}{bh} \pm \frac{Ne}{\frac{bh^2}{6}}; \qquad \sigma_{\substack{max\\min}} = \frac{N}{bh}\cdot\left(1+\frac{6e}{h}\right); \quad (21)$$

1. $e = 0$,

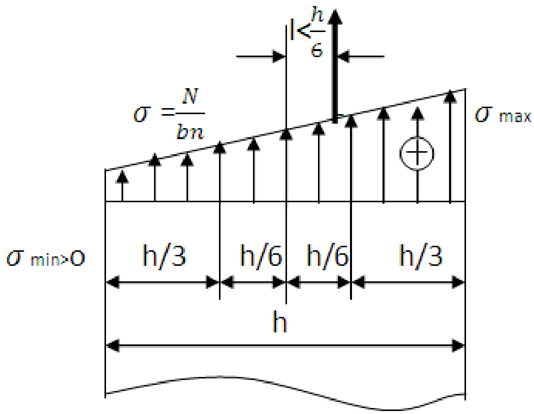
$$\sigma_{max} = \sigma_{min} = \frac{N}{bh};$$



8 – nji surat

2. $0<e<h/6$, σ_{max} we σ_{min} şol bir alamaty alýar.

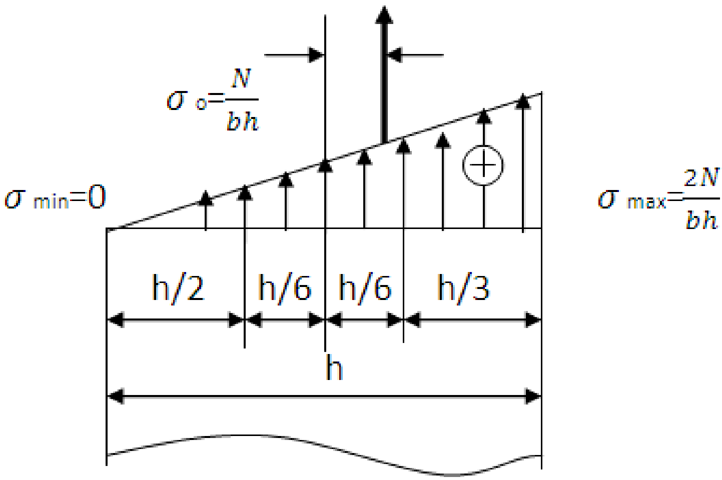
P=N



9 – nji surat

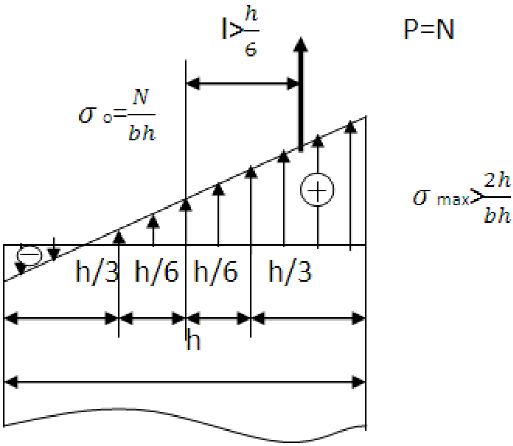
3. e = h/6, $\sigma_{max} = \frac{2N}{bh}$; $\sigma_{min} = 0$;

$l=\frac{h}{6}$ P=N



10 – nji surat

4. $e > h/6$, σ_{max} we σ_{min} dürli alamaty alýarlar.

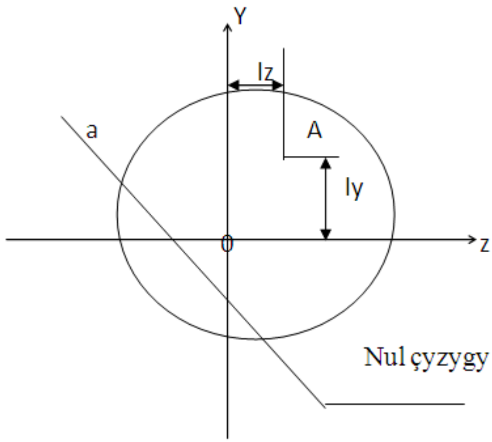


11 – nji surat

9.4 Kesigiň özeni.

Kebşir materýallar süýnme deformasiýasyna işläp bilmeýärler. Olardan mysal edip betony, kerpiçden örülen sütünleri görkezmek bolar. Merkezi gysylma işleýän konstruksiýalarda görkezilen materýallary ulanmak bolar. Güýçler merkezde goýulmadyk ýagdaýlarda bu materýallary ulanyp bolar eger bu materýal diňe gysylma işleýän bolsa. Ol diňe gysylma işlemek işiň güýji kese –kesigiň özeninde goýmaly ýa –da özeniň araçäginde goýmaly. Kesigiň özeninde ýerleşýän islendik güýç hemme kese –kesikde gysylma güýjenme döredýär.

Kesigiň özeni diýilip – kese –kesigiň käbir merkezi bölegine aýdylýar. Ol bölekde goýulan güýçler ähli kese –kesikde bir alamatly güýjenmäni döredýär. Ýagny gysylma güýhenmesini döredýär. Eger güýç kesigiň özeninden çyksa onda kese –kesikde dürli alamatly güýjenmeler döreýär.eger özeniň araçäginde bolsa onda nul çyzygy özeniň konturyndan geçýär.



12-nji surat

$$1+\frac{l_y y_c}{i_x^2}+\frac{l_x x_c}{i_y^2}=0$$

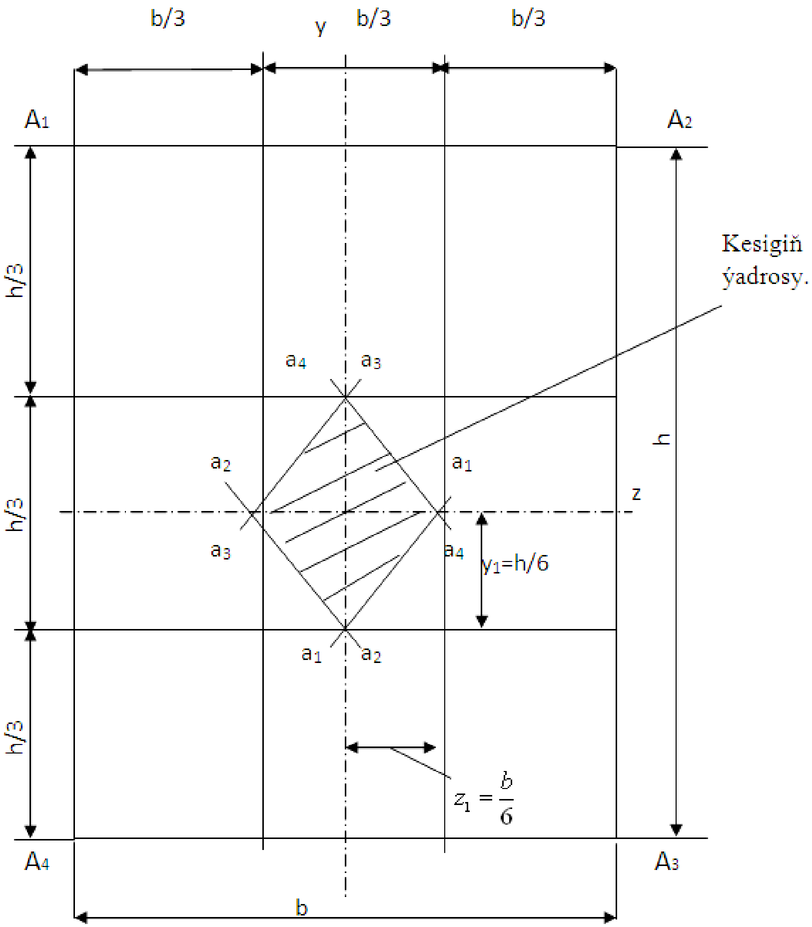
$$y=-\frac{i_x^2}{l_y}; \qquad i_x=\sqrt{\frac{I_x}{F}};$$

$$x=-\frac{i_y^2}{l_x}; \qquad i_y=\sqrt{\frac{I_y}{F}}; \qquad (22)$$

<u>Polýusyň koordinatalary l_y we l_x.</u>

Özeni hasaplamagyň tertibi.

1. Kesigiň garşylyk merkezini tapmaly.
2. Soň I_{xe} we I_{ye} tapmaly.
3. i^2_x we i^2_y tapmaly.
4. Eger köpburçlyk bolsa onda her burçyna basyş merkezi hökmünde seredip ortalyk oky hasaplamaly
5. Ol oklaryň kesişen ýerinde kesigiň özeni ýerleşýär.
6. Eger içki burçy bar bolsa onda ol basyş nokady hökmünde seredilmeýär.



13 – njy surat

<u>A_1 – nokat.</u>

$$y = l_y = \frac{h}{2}; \qquad x = l_x = -\frac{b}{2};$$

$$y_1 = -\frac{i_x^2}{l_y} = -\frac{i_x^2}{h/2} = -\frac{h^2}{12} \cdot \frac{1}{0{,}5h} = -\frac{h}{6};$$

$$y_1 = -\frac{h}{6};$$

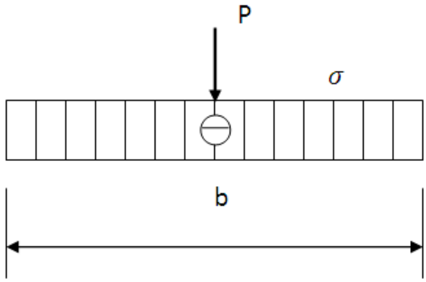
$$\left(i_x^2 = \frac{I_x}{F} = \frac{(h^3 \cdot b)/12}{b \cdot h} = \frac{b \cdot h^3}{12} \cdot \frac{1}{b \cdot h} = \frac{h^2}{12} \right); \qquad (24)$$

$$x_1 = -\frac{i_y^2}{l_x} = -\frac{i_y^2}{-b/2} = -\frac{b^3 \cdot h \cdot 1}{12bh} \cdot \left(-\frac{1}{0{,}5b} \right) = \frac{b^3 h}{12bh} \cdot \frac{1}{0{,}5b} = \frac{b}{6};$$

$$x_1 = \frac{b}{6};$$

(Galanlaram edil şeýle hasaplanýar).

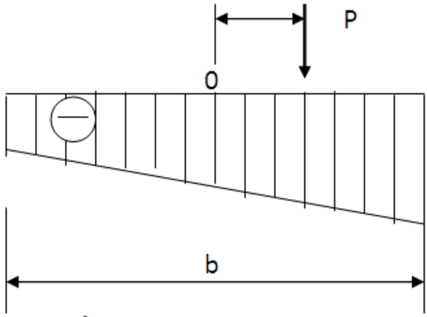
1). Eger P aralyk merkezde goýulsa onda,



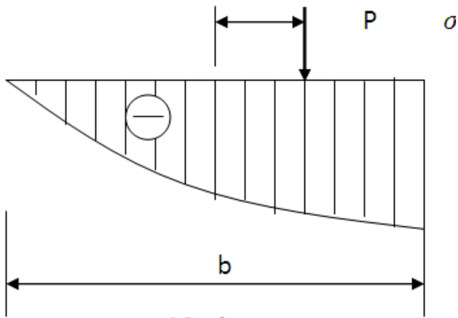
14-nji surat

2). Eger P özeniň içinde bolsa $l \leq \frac{b}{6}$ aralykda. L<$\frac{b}{6}$

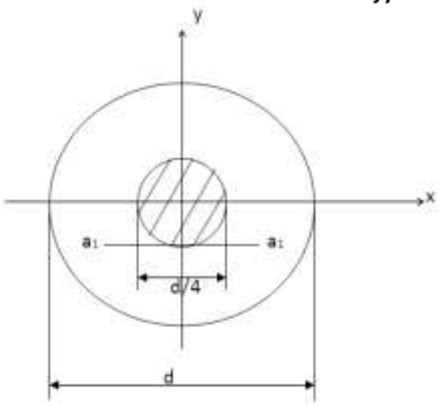
15-nji surat



3). $l = \frac{b}{6}$ araçäkde onda l= $\frac{b}{6}$



16-njy surat



17-njy surat

$$y = l_y = d/2; \qquad x = l_x = 0; \qquad F = \frac{\pi d^2}{4}; \qquad I_x = \frac{\pi d^4}{64};$$

$$y_1 = -\frac{i_x^2}{l_y} = -\frac{d}{8}; \qquad x_1 = -\frac{i_x^2}{l_x} = -\frac{i_x^2}{0} = \infty;$$

Bularyn hasaplamada egilme bilen towlanma emele gelýär.
M_y we M_z –den bolansoň tegelek kesikde $M = M_y = M_z$
$Q_y = Q_z = Q$.
Wal A we B podşipnige direlýär. C –dwigateliň kömegi bilen herekete getirilýär. Wala E we F şkiw oturdylan. Ondan ramen geçirilen olarda T_1 we t_1, T_2 we t_2 çekiş güýç döreýär.

$$m = \frac{30 \cdot 75N}{\pi n};(25) \qquad m_E = (T_1 + t_1)\cdot\frac{D_1}{2};(27)$$

$$m = 973{,}6\frac{N}{n};(26) \qquad m_F = (T_2 + t_2)\cdot\frac{D_2}{2};(28)$$

$m_C = m_E + m_F = (T_1 + t_1)\cdot\frac{D_1}{2} + (T_2 + t_2)\cdot\frac{D_2}{2}$; T_1, t_1, T_2, t_2 – dik we kese güýçlere dagytýarys. R_{Ay}, R_{By} – dik daýançlar, R_{Az}, R_{Bz} – kese daýançlar. $M = \sqrt{M_y^2 + M_z^2}$; (5) F –iň howuply kesik.

M_{eg}, M_t uly. τ – hasap edilmeýär. $\sigma_{\substack{\max\\ \min}} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$;

(29) $\tau = \frac{M_t}{2W_p}$; (7) $\sigma_1 = \sigma_{\max} = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$;

$$\sigma_2 = 0;$$

$$\sigma_3 = \sigma_{\min} = \frac{\sigma}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

<u>3 – nji berklik teorýasy boýunça.</u>

$$\frac{M_{III}}{W} \le [\sigma];$$

$$M_{III} = \sqrt{M^2 + M_t^2} = \sqrt{M_y^2 + M_z^2 + M_t^2};$$

<u>4 – nji berklik teorýasy boýunça.</u>

$$\frac{M_{IV}}{W} \leq [\sigma]; \qquad M_{IV} = \sqrt{M^2 + 0{,}75 M_t^2};$$

<u>Motoryň berklik teorýasy boýunça.</u>

$$\frac{M_{get}}{W} \leq [\sigma]; \qquad M_{get} \text{ – getrme momenti.}$$

$$M_{get} = \left(\frac{1-k}{2} \cdot M + \frac{1+k}{2} \cdot \sqrt{M^2 + M_t^2} \right);$$

$$k = \frac{|\sigma_s|}{[\sigma_g]};$$

σ_s – sünme güýjenmesi,

σ_g – gysylma güýjenmesi.

10. Maýyşgak esasdaky pürsler

10.1 Umumy düşinje

Maýyşgak esaslar diýilip –pürsiň agramyndan şeýlede goýulan güýçlerden deformirlenmäge ukyply bolup bir wagtyň özünde orun üýtgemä maýyşgak garşylyk görkezmäge ukyply esaslara aýdylýar. Şeýle esaslarda ýerleşýän pürslere maýyşgak esasda ýerleşýän pürsler diýilýär.

Meselem: Demirýol şpallary, relslar, lenta görnüşli fundamentler we ş.m.

Maýyşgak esasda ýerleşen pürsler güýjiň täsiri netijesinde deformirlenme amala aşanda esas tarapdan daýanç güýçleri döreýärler. Ýöne ol daýanç güýçleriň pürsiň uzynlygyna nähili ýaýraýandygyny bilmeýäris. Şol sebäpli olary statikanyň deňlemesi bilen hasaplap bilmeýäris. Şol sebäpli bu mesele statiki kesgitsiz meselelere degişli bolýar. Daýanç güýjiň pürsiň uzynlygyna görä nähili ýaýraýanlygy barada birnäçe göz öňüne getrmeler bar. Ol göz öňüne getrmelere maýyşgak esasyň modelleri diýilýär.

10.2 Maýşgak esasdaky pürsleri hasaplamak üçin hödürlenýän modeller

1. Winkleriň modeli. (1867 ý).

Bu modeliň esasynda şeýle göz öňüne getirme ýatyr. Her nokatdaky emele gelýän daýanç güýçleri şol nokatdaky maýyşgak orun üýtgemä proporsionaldyr. Şunuň esasynda näçe orun üýtgeme köp bolsa şonça-da daýanç güýçleri ulydyr.

Onda $q_o = -k \cdot y$; (1) $(k = k_o \cdot b)$; (1)

q_o –esasda pürsiň uzynlygyna görä döreýän daýanç güýçleri,

k_o –esasyň gatylygyny häsýetlendirýän hemişelik koeffisent. Oňa düşek koeffisenti diýilýär. Ol 1sm^2 düşýän daýanç güýjine deň, haçanda 1sm orun üýtgeme bolan wagtynda.
b –pürsüň ini.

$$R_0 = \frac{h}{\ln\frac{R_1}{R_2}} = \frac{4}{\ln\frac{4}{2}} = \frac{4}{\ln 2} = \frac{4}{0{,}693} = 5{,}77sm.$$

Bitarap okdan we agyrlyk merkezden geçýän oka çenli aralygy hasaplalyň.

$$y_o = R - R_o = 6 - 5{,}77 = 0{,}23 \text{ sm}.$$

Bitarap oka görä statiki momendi hasaplalyň.

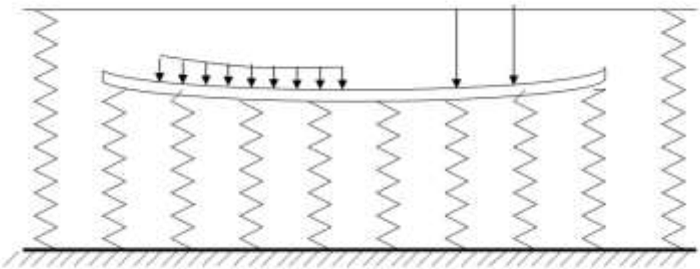
$$F = 2\cdot 4 = 8 \text{ sm}^2; \;\; \rho = F\cdot y_o = 8\cdot 0{,}23 = 1{,}84 \text{ sm}^2.$$

Bitarap okdan gyraky süýmlere çenli aralyk.

$$y_1 = R_1 - R_o = 8 - 5{,}77 = 2{,}23 \text{ sm};$$
$$y_2 = R_o - R_2 = 5{,}77 - 4 = 1{,}77 \text{ sm}.$$

Gyraky we agyrlyk merkezden geçýän oklara görä güýjenmäniň bahasyny tapalyň.

$$\begin{cases} \sigma_1 = \dfrac{N}{F} + \dfrac{M}{\rho}\cdot\dfrac{y_1}{R_1} = \dfrac{10}{8\cdot 10^{-4}} - \dfrac{0{,}6}{1{,}84\cdot 10^{-6}}\cdot\dfrac{2{,}23}{8} = -78{,}4\dfrac{MH}{m^2}; \\ \sigma_2 = \dfrac{N}{F} - \dfrac{M}{\rho}\cdot\dfrac{y_2}{R_2} = \dfrac{10}{8\cdot 10^{-4}} + \dfrac{0{,}6}{1{,}84\cdot 10^{-6}}\cdot\dfrac{1{,}77}{4} = 157{,}2\dfrac{MH}{m^2}; \\ \sigma_0 = \dfrac{N}{F} + \dfrac{M}{R\cdot F} = \dfrac{10}{8\cdot 10^{-4}} - \dfrac{0{,}6}{8\cdot 6\cdot 10^{-6}} = 0. \end{cases}$$

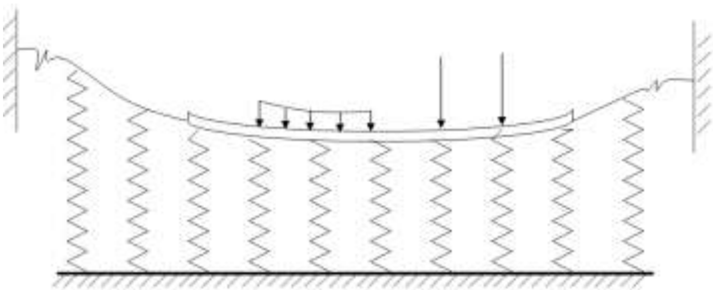


1 – nji surat

Bu model şekilde görkezilişi ýaly biri –birine bagly bolmadyk birnäçe püržinden durýar, ýöne ol püržinler süýnmeýän sim bilen berkidilen we hemişelik boý berkitme bilen berkidilen. Bu meseläni çözmek üçin ýenede köp modeller hödürlenen. Meselem: W.Ž.Wlasowyň, N.M.Gersewanowyň modellerini mysal getrmek bolar.

10.3 Pürsüň egilme okynyň differensiýal deňlemesi

Deňdüzümli tutuş maýyşgak esasynda ýatan pürse seredip geçeliň. Onuň modeli hökmünde Winkleriň modelini alalyň.



2 – nji surat

Onda egilme okunyň differensiýal deňlemesini ýazalyň.

$$EI\frac{d^2y}{dx^2} = -M \, ; \quad (2) \qquad \text{EI = const.}$$

Deňlemäniň iki tarapyny hem iki gezek differensirlesek onda şeýle aňlatmany alarys.

$$\left.\begin{aligned} EI\frac{d^3y}{dx^3} &= -Q \\ EI\frac{d^4y}{dx^4} &= P \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

P –daşky güýç, ol q(x) bilen we q_o= -ky daýanç güçlerinden durýar.

P(x) = q(x) – ky; (4) bu aňlatmany (3) deňlemä goýýarys.

$$EI\frac{d^4y}{dx^4} = q(x) - ky;$$ (4) iki bölegini hem EI bölýaris.

$$\frac{d^4y}{dx^4} + \frac{4ky}{4EI} = \frac{q(x)}{EI}; \qquad (5)$$

$L^4 = \dfrac{4EI}{k}$ ýa –da $L = \sqrt[4]{\dfrac{4EI}{k}}$; belleýäris. L –bu koeffisente pürsi häsýetlendirýän koeffisent diýilýär, ýa –da pürsiň getrme uzynlygy diýilýär. Onda $\dfrac{d^4y}{dx^4} + \dfrac{4}{h^4}\cdot y = \dfrac{q(x)}{EI}$; (6)

$\varphi = \dfrac{x}{h}$; $\dfrac{d\varphi}{dx} = \dfrac{1}{h}$ bu çalyşmany amala aşyrmak üçin (6) aňlatmadan y görä dördünji önümi almaly. $\dfrac{dy}{dx} = \dfrac{dy}{d\varphi}\cdot\dfrac{d\varphi}{dx} = \dfrac{1}{h}\cdot\dfrac{dy}{d\varphi}$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d}{dx}\cdot\left(\frac{dy}{dy}\right) = \frac{d}{dx}\cdot\left(\frac{1}{h}\cdot\frac{dy}{d\varphi}\right) = \frac{1}{h}\cdot\frac{d^2y}{d\varphi^2}\cdot\frac{d\varphi}{dx} = ;$$

$$\frac{1}{h^2}\cdot\frac{d^2y}{d\varphi^2}\cdot\frac{d^3y}{dx^3} = \frac{1}{h^3}\cdot\frac{d^3y}{d\varphi^3}$$

$$\frac{1}{h^4}\cdot\frac{d^4y}{d\varphi^4} + \frac{4}{h^4}\cdot y = \frac{q(\varphi)}{EI}; \qquad (7)$$

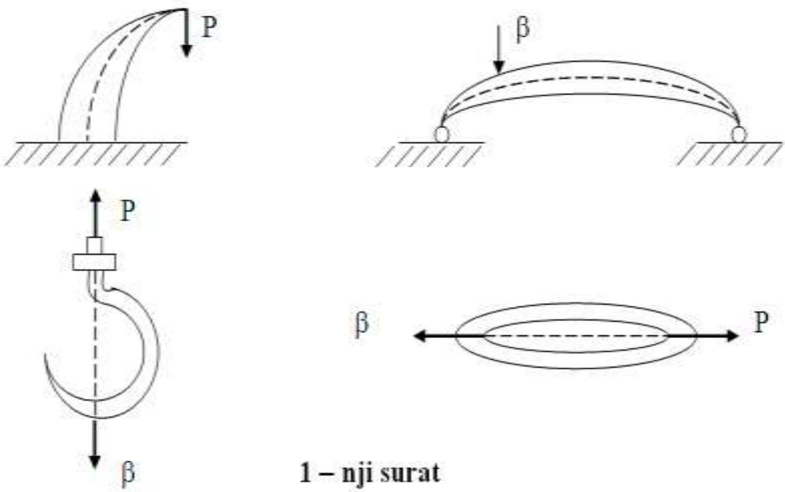
$$\frac{d^4y}{d\varphi^4} + 4y = \frac{h^4}{EI}q(\varphi); \qquad (8)$$

Onda bu differensial deňlemä maýyşgak esasyň differensial deňlemesi diýilýär.

11. Egri pürsleriň hasaplary

11.1 Umumy düşinje

Eger seredilýän pürsiň oky göni çyzyk bolman egri çyzyk bolsa onda bu pürslere egri pürsler diýilýär



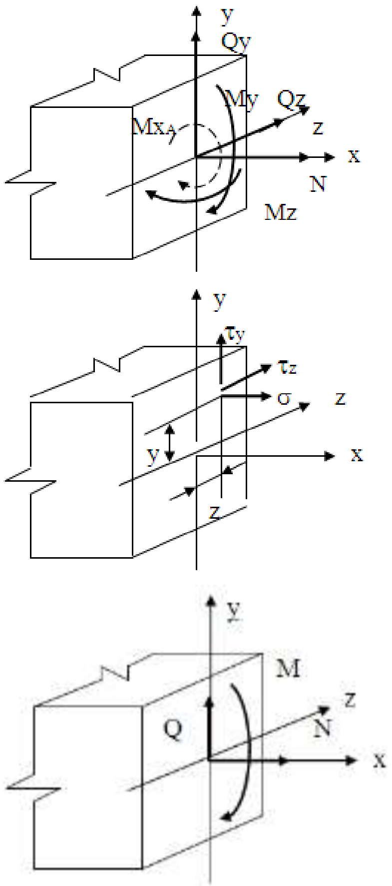
1 – nji surat

Bu konstruksiýalary hasaplamak üçin käbir goşmaçalary girizmeli.

a). Konstruksiýa goýulan güýç öz tekizliginde ýatýar.

b). Kese –kesiginde simmetrýa oky ýerleşýär ol hem öz tekizliginde ýerleşen.

11.2 Egri pürslriň içki güýçleriň hasaplanyşy we onyň epýurynyň gurluşy



2 – nji surat

$$
\begin{cases}
N_x = \int\limits_F \sigma dF; \; Q_y = \int\limits_F \tau_y dF; \; Q_z = \int\limits_F \tau_z dF \\
M_x = \int\limits_F (\tau_z \cdot y - \tau_y \cdot z) dF; \; M_y = \int\limits_F \sigma \cdot z \cdot dF .
\end{cases} \qquad (1)
$$

$$M_z = \int_F \sigma \cdot y \cdot dF \, .$$

Bu içki güýçler deňagramlyk deňlemesinden düzülýär.

$$\begin{cases} \sum x = 0; \ \sum y = 0; \ \sum z = 0; \\ \sum M_x = 0; \ \sum M_y = 0; \ \sum M_z = 0. \end{cases} \qquad (2)$$

Eger egri pürse goýulan güýç onuň öz tekizliginde ýatýan bolsa onda,

$$\begin{cases} \sum z = 0; \ \sum M_x = 0; \ \sum M_y = 0; \\ Q_z = 0; \ M_x = 0; \ M_y = 0 \, . \end{cases} \qquad (3)$$

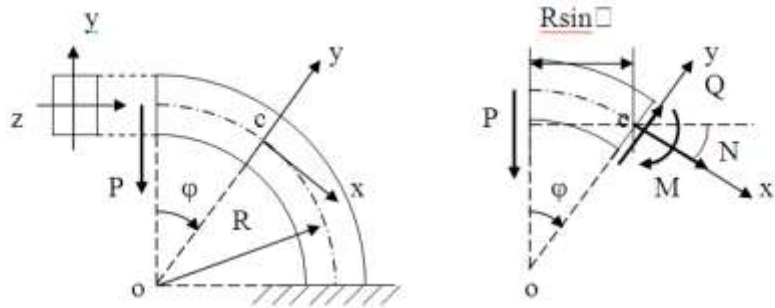
Onda $\sum x = 0; \ \sum y = 0; \ \sum M_z = 0.$

$$N_x = N; \ \ Q_y = Q; \ \ M_z = M; \qquad (4)$$

Onda,

$$(5) \quad \begin{cases} N = \int_F \sigma \cdot dF; \ \ Q = \int_F \tau_y \cdot dF; \ \ \int_F \tau_z dF = 0 \, . \\ \int_F (\tau_z \cdot y - \tau_y \cdot z) dF = 0; \ \ \int_F \sigma \cdot z \cdot dF = 0; \end{cases}$$

$$M = \int_F \sigma_y \cdot dF$$



3 – nji surat

Egri tegelek pürse dik P güýji goýalyň we ol güýçden içki güýçleri tapalyň.

$$\begin{cases} \sum M_c = 0; \quad -M + P \cdot R \cdot \sin\varphi = 0; \quad M = P \cdot R \cdot \sin\varphi \\ \sum y = 0; \quad -Q + P\cos\varphi = 0; \quad Q = P \cdot \cos\varphi \\ \sum x = 0; \quad N + P\sin\varphi = 0; \quad N = -P \cdot \sin\varphi \end{cases} \qquad (6)$$

<u>Egilme momentden normal güýjenme</u>

$$\sigma = \frac{M}{\rho} \cdot \frac{y}{R_0 + y}; \quad (7)$$

Normal güýjenme öz uly bahasyny iň gyraky sümde alýar.

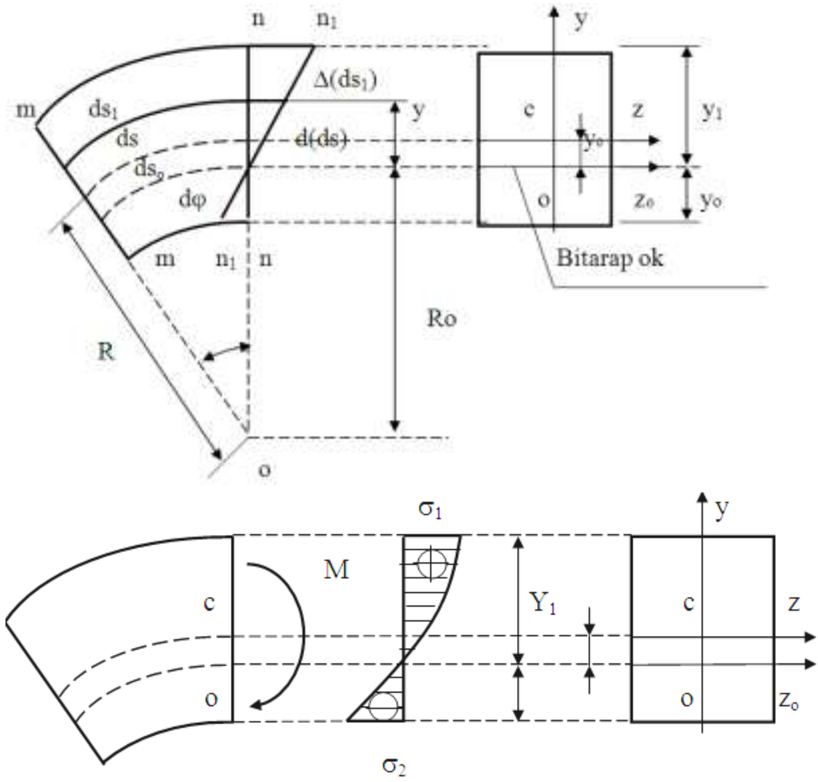
$$\sigma_1 = \frac{M}{\rho} \cdot \frac{y_1}{R_0 + y_1}; \quad \sigma_2 = -\frac{M}{\rho} \cdot \frac{y_2}{R_0 - y_2}; \quad (8)$$

$$R_1 = R_0 + y_1; \quad R_2 = R_0 - y_2; \text{ bellesek}$$

$$\sigma_1 = \frac{M \cdot y_1}{\rho \cdot R_1}; \qquad \sigma_2 = -\frac{M}{\rho} \cdot \frac{y_2}{R_2}; \qquad (9)$$

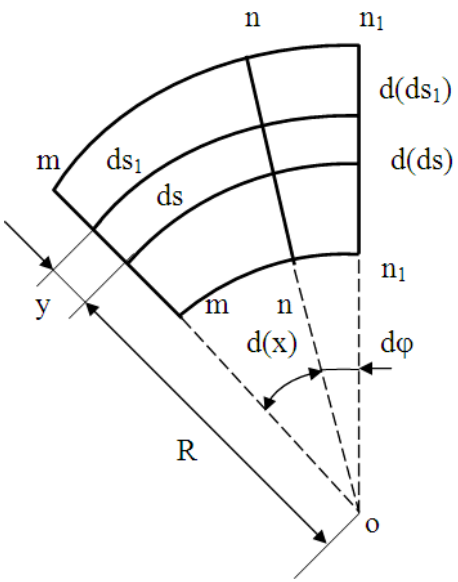
R_o –bitarap okuň egriliginiň radiusy,
ρ –bitrap oka görä statiki moment,
y –bitarap okdan seredilýän nokada çenli koordinata.

$$\rho = F \cdot y_0; \quad y_0 = R - R_0; \qquad (10)$$



4 – nji surat

N we Q –dan güýjenme.



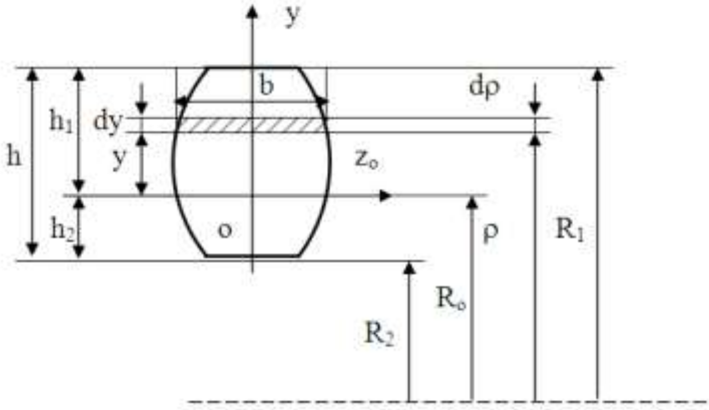
5 – nji surat

$$\sigma = \frac{N}{F}; \quad \tau = \frac{Q \cdot S}{I \cdot b}; \quad (11)$$

11.3 Egri pürsleriň berkligine baha bermek

$$\begin{cases} \sigma_1 = \dfrac{N_{\max}}{F} + \dfrac{M_{\max}}{\rho} \cdot \dfrac{y_1}{R_1} \leq [\sigma] \\ \sigma_2 = \dfrac{N_{\max}}{F} - \dfrac{M_{\max}}{\rho} \cdot \dfrac{y_2}{R_2} \leq [\sigma] \\ \tau_{\max} = \dfrac{Q_{\max} \cdot \rho_{\max}}{I \cdot b} \leq [\tau]. \end{cases} \quad (12)$$

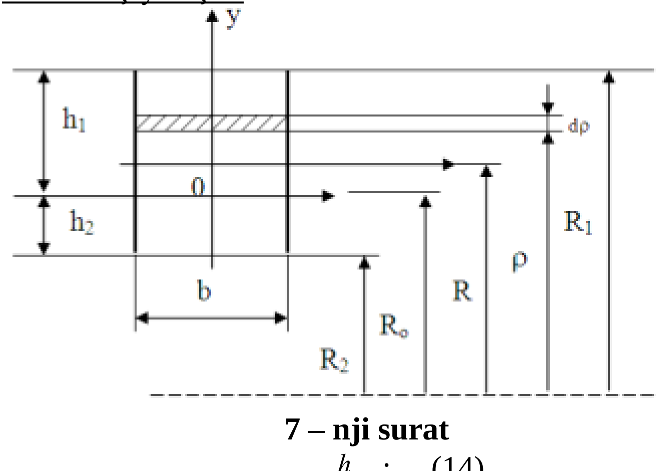
Bitarap okyň ýagdaýyny tapmak



6 – njy surat

$$R_0 = \frac{F}{\int_{R_2}^{R_1} \frac{b}{\rho} d\rho}; \quad (13)$$

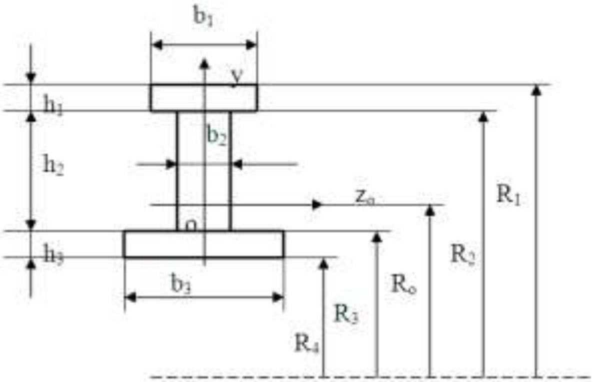
1. <u>Göni burçlyk üçin.</u>



7 – nji surat

$$R_0 = \frac{h}{\ln \frac{R_1}{R_2}}; \quad (14)$$

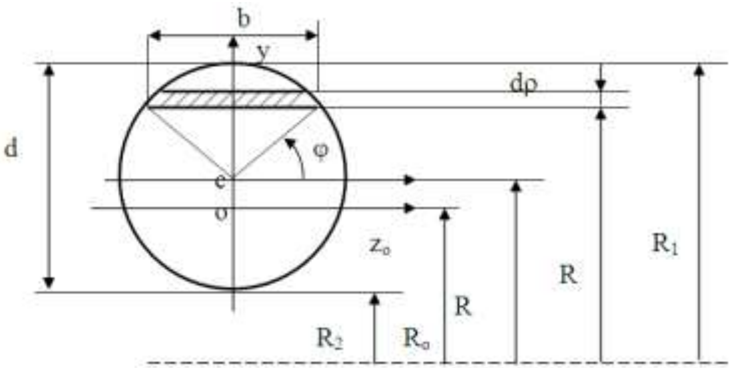
$$R_0 = \frac{b_1 h_1 + b_2 h_2 + b_3 h_3}{b_1 \ln \frac{R_1}{R_2} + b_2 \ln \frac{R_2}{R_3} + b_3 \ln \frac{R_3}{R_4}}; \qquad (15)$$



8 – nji surat

2. <u>Tegelek kese –kesik üçin</u>

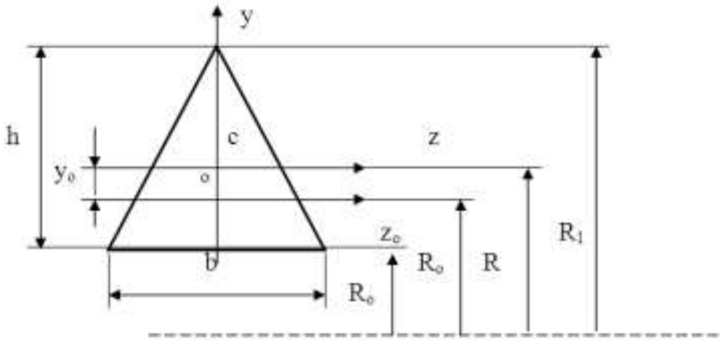
$$R_0 = \frac{d}{4\left(2R - \sqrt{4R^2 - d^2}\right)}; \qquad (16)$$



9 – njy surat

3. <u>Üçburçlyk kese –kesik üçin</u>

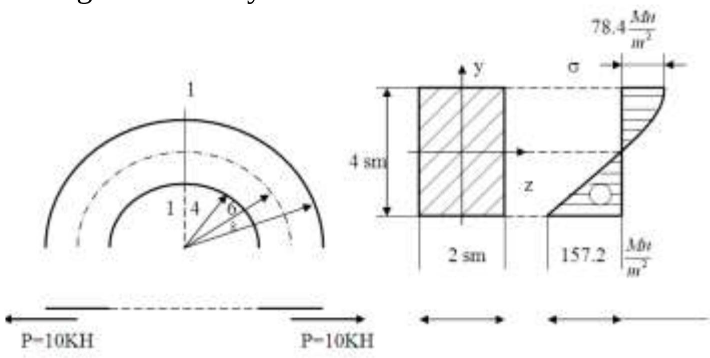
$$R_0 = \frac{(b_1 + b_2)h}{2\left[\left(b_1 + \frac{b_2 - b_1}{h}R_1\right)\ln\frac{R_1}{R_2} - (b_2 - b_1)\right]}; \qquad (17)$$



10 – njy surat

<u>Mysal:</u> Tegelek kese –kesikli egri pürse P = 10 kN güýç goýulan. Egriniň egrilik radiusy R = 6 sm. Kese –kesigiň ölçegleri h =4 sm, b = 2 sm.

Normal güýjenmäniň epýuryny gurmaly hem-de pürsiň berkligini barlamaly.



11 – nji surat

Çözüwi:

Iň uly boý güýç we egilme moment pürsiň ortasyna täsir edýär.

$$N = 10\ kN; \qquad M = -10 \cdot 0,6 = -0,6\ kN \cdot m.$$

Minus alamatynyň goýulmagynyň sebäbi ol pürsiň aşaky sütinde süýnme emele getrýär.

$$R_1 = 8\ sm; \qquad R_2 = 4\ sm.$$

Bitarap okuň ýagdaýyny kesgitläliň.

$$R_0 = \frac{h}{\ln\frac{R_1}{R_2}} = \frac{4}{\ln\frac{4}{2}} = \frac{4}{\ln 2} = \frac{4}{0,693} = 5,77 sm.$$

Bitarap okdan we agyrlyk merkezden geçýän oka çenli aralygy hasaplalyň.

$$y_o = R - R_o = 6 - 5,77 = 0,23\ sm.$$

Bitarap oka görä statiki momendi hasaplalyň.

$$F = 2 \cdot 4 = 8\ sm^2; \ \rho = F \cdot y_o = 8 \cdot 0,23 = 1,84\ sm^2.$$

Bitarap okdan gyraky süýmlere çenli aralyk.

$$y_1 = R_1 - R_o = 8 - 5,77 = 2,23\ sm;$$
$$y_2 = R_o - R_2 = 5,77 - 4 = 1,77\ sm.$$

Gyraky we agyrlyk merkezden geçýän oklara görä güýjenmäniň bahasyny tapalyň.

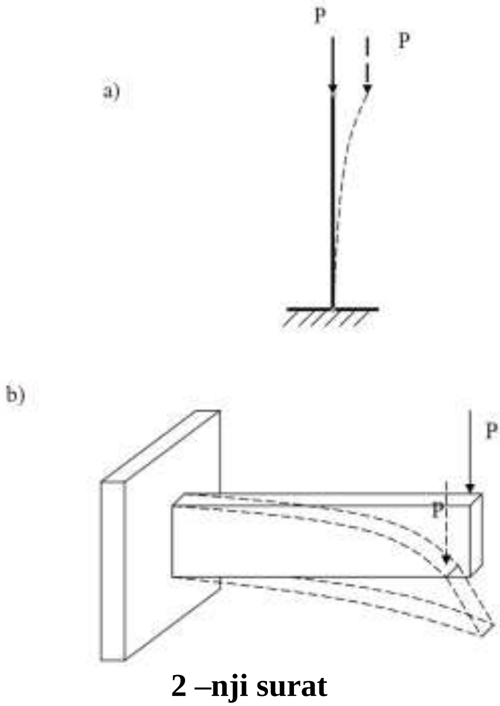
$$\begin{cases} \sigma_1 = \dfrac{N}{F} + \dfrac{M}{\rho} \cdot \dfrac{y_1}{R_1} = \dfrac{10}{8 \cdot 10^{-4}} - \dfrac{0,6}{1,84 \cdot 10^{-6}} \cdot \dfrac{2,23}{8} = -78,4 \dfrac{MH}{m^2}; \\ \sigma_2 = \dfrac{N}{F} - \dfrac{M}{\rho} \cdot \dfrac{y_2}{R_2} = \dfrac{10}{8 \cdot 10^{-4}} + \dfrac{0,6}{1,84 \cdot 10^{-6}} \cdot \dfrac{1,77}{4} = 157,2 \dfrac{MH}{m^2}; \\ \sigma_0 = \dfrac{N}{F} + \dfrac{M}{R \cdot F} = \dfrac{10}{8 \cdot 10^{-4}} - \dfrac{0,6}{8 \cdot 6 \cdot 10^{-6}} = 0. \end{cases}$$

12. Gysylýan pürsleriň durnyklylygy
12.1 Maýyşgak jisimleriň durnuklylygy barada düşünje

Gaty jisimiň deňagramlylyk ýagdaýy durnukly we durnuksyz ýagdaýda bolup biler

1 – nji surat

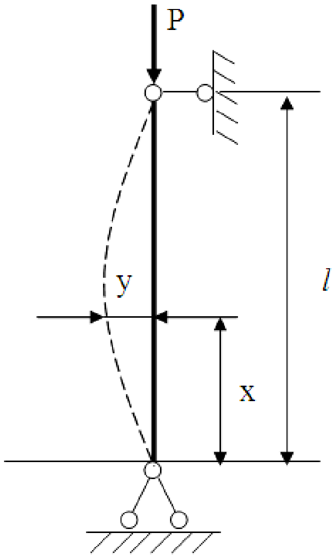
Meselem şekilde görnüşi ýaly şaryň (a) – şekildäki ýagdaýy durnuklydyr, (b) –şekildäki ýagdaýy durnuksyzdyr.



2 –nji surat

Jisimiň durnukly ýa-da durnuksyz ýagdaýy onuň geometriki ölçeglerine, materýala, goýulan güýje baglydyr. Materýaly deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarýan güýje howuply güýç diýilýöýär. Merkezi gysylýan göni çyzygyň durnuklylygyny ýitirmegine boý egilme diýilýär.

12.2 Eýleriň formulasynyň gelip çykyşy



3 – nji surat

Kese –kesigi hemişelik bolan göni syrygyň gysylyş ýagdaýyna seredip geçeliň.

Syrygyň bir tarapynda şarnirli üýtgeýän beýleki tarapy şarnirli üýtgemeýän berkitme bilen berkidilen we P –güýç bilen merkezi gysylma amala aşyrylýar. Bu mysalda iň kiçi howuply güýji hasaplalyň. Gysylmada emele gelen maýyşgak çyzygyň differensiýal deňlemesini şeýle görkezmek bolar.

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI}; \; (1) \qquad M = -P \cdot y; \; (2) \text{ onda,}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2}+\frac{P\cdot y}{EI}=0; \quad (3) \qquad \frac{d^2y}{dx^2}+k^2\cdot y=0; \quad (4)$$

$$k^2=\frac{P}{EI};$$

4 – nji differensiýal deňlemäniň integraly şeýle hasaplanýar.

$$y = A\cdot coskx + Bsinkx; \quad (5)$$

Gyraky şertleri peýdalanyp A we B hemişelikleri hasaplaýarys.

x = 0, y = 0, 0 = Acos·0 +Bsin·0 = A·1 + B·0 = A.

x = *l*, y = 0, 0 = 0·cos·k*l* +Bsin·k*l*

Bsin·k*l* = 0; (6)

Derňewi dowam etdireliň.

6 –aňlatma 2 ýagdaýda ýerine ýetýär.
B = 0.sin·kl = 0. .B = 0 nula deň bolup bilmez bu ýagdaýda B = 0, A = 0 onda syryk durnuksyz ýagdaýa geçmändir. Onda B = 0 deň bolup bilmez $B\neq 0$.

2.sin·kl = 0. $\sin\left(l\cdot\sqrt{\frac{P}{EI}}\right)=0.$ $l\cdot\sqrt{\frac{P}{EI}}=n\pi;$ n = 1,2,3,….

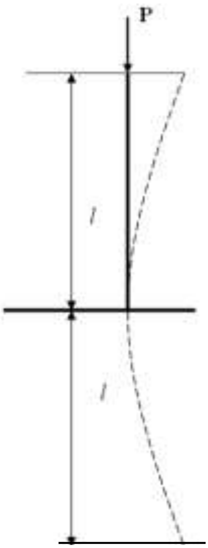
n = 0 bolanda şert ýerine ýetýär, emma bu ýagdaýda P = 0 bolýar bu bizi kanagatlandyrmaýar. Onda n = 1 bolanda P (howuply) güýjiň iň kiçi bahasy bolýar.

Onda n = 1 $l\cdot\sqrt{\frac{P_{how}}{EI}}=\pi;$ $P_{how}=\frac{\pi^2EI}{l^2};$

$$P_{how}=\frac{\pi^2EI}{l^2}; \quad (7)$$

Bu formula Eýleriň formulasy diýilýär.

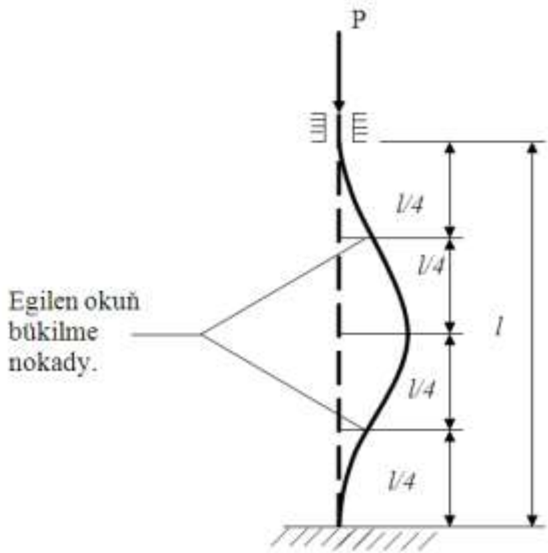
12.3 Dürli berkitmeler üçin Eýleriň formulasynyň kesgitlenişi



4 – nji surat

Bir tarapy gaty berkitme, beýleki tarapy boş syrygyň gysylyşyna seredip geçeliň. Bu ýagdaýda emele gelen maýyşgak çyzygyň öňki syrygyň ýagdaýyna meňzeşdigini göz öňüne tutup houply güýji şeýle hasaplap bolýar. 7 –formulada *l= 2l* goýaly.

$$P_{how} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}; \qquad (8)$$



5 – nji surat

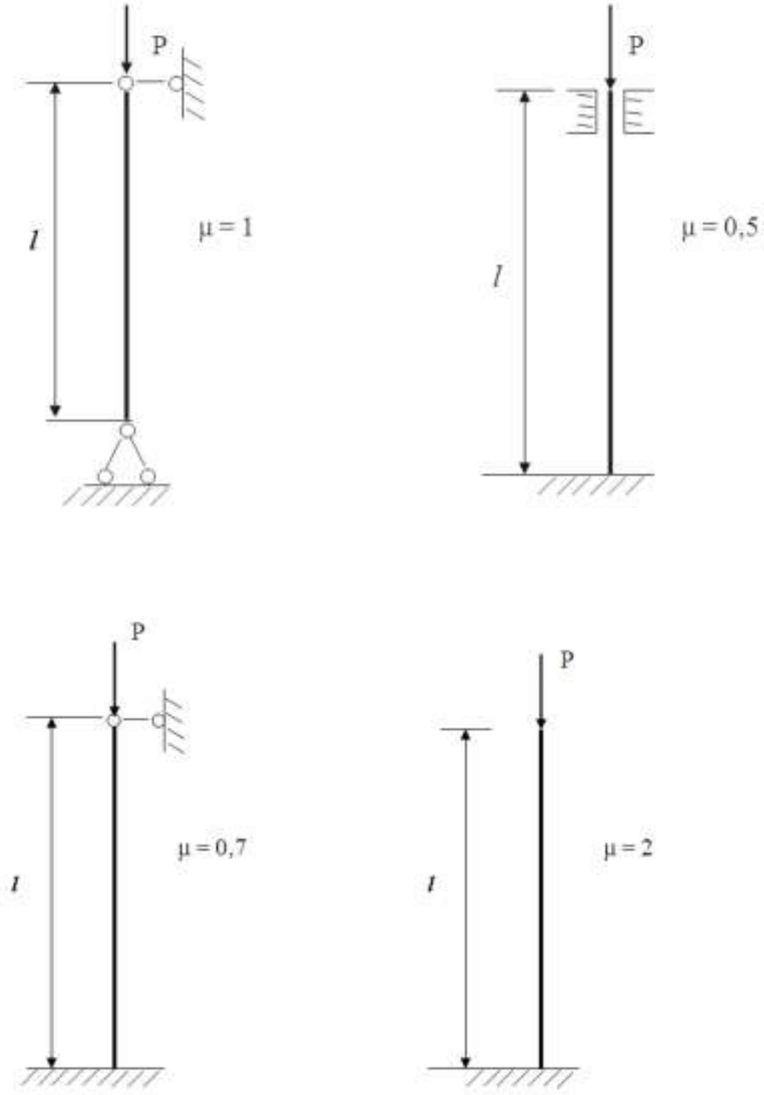
Iki tarapy gaty berkitme bolanda 7 – formulada *l* –e derek *l*/4 goýmaly. Onda,

$$P_{how} = \frac{4\pi^2 EI}{l^2}; \qquad (9)$$

Onda ähli berkitmeleri göz öňünde tutýan Eýleriň unwersal formulasyny şeýle ýazyp bolýar.

$$P_{how} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2}; \qquad (10)$$

μ –koefisientiň dürli berkitmeler üçin bahasy.



$$\sigma_{how} = \frac{P_{how}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2 A}; \qquad (11)$$

σ_{how} –howuply güýjenme.

$$I = Ai^2; \qquad \lambda = \frac{\mu l}{i}; \qquad (12)$$

$$\sigma_{how} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}; \qquad (13)$$

λ –materýalyň çeýeligi.

12.4 Eýleriň formulasynyň ulanyp bolýann çägi

Görkezilen formulany eger –de σ_{how} σ_{pr} proporsionallyk çäginden geçmedik ýagdaýda ulanyp bolýar.

$$\sigma_{how} \leq \sigma_{pr} \qquad (14)$$

$$\sigma_{how} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \leq \sigma_{pr}; \qquad \lambda \geq \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{pr}}}; \qquad (15) \quad \lambda_{z\partial gi} = \pi\sqrt{\frac{E}{\sigma_{pr}}}; \qquad (16)$$

$\lambda_{çägi}$ – çeýeligiň çägi.

Onda Eýleriň formulasynyň ulanyp bolýan çägi, $\lambda \geq \lambda_{çägi}$ (17).

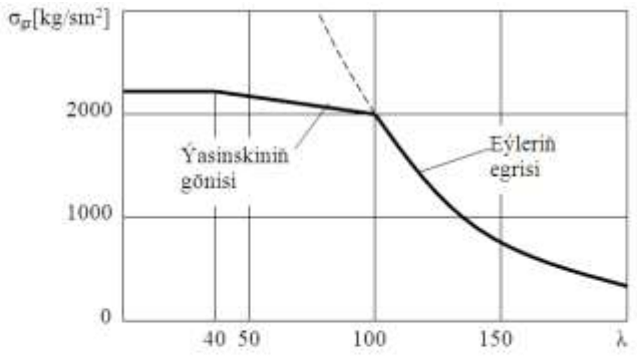
9.5 Ýasinskiniň formulasynyň ulanylýan çägi.

Eger $\lambda \geq \lambda_{çägi}$ şerti ýerine ýetýän bolsa onda howuply güýjenmäni Ýasinskiniň formulasy bilen hasaplaýarlar. $\lambda \leq \lambda_{çägi}$

$$\sigma_{how} = a - b\lambda; \qquad (18)$$

a we b –bu koeffisentleri eksperiment usuly bilen hasaplaýarlar. Ol polat –3 üçin a $\approx$3100 kg/sm^2 b $\approx$11,4 kg/sm^2

bu formula $\lambda = 40 \div 100$ çäginde ulanylýar. $\lambda = 0 \div 40$ aralykda $\sigma_{how} = \sigma_{ak}$ hasap edilýär.



6 – njy surat

Onda P_{how} tapmak üçin,

$$\sigma_{how} = \frac{P_{how}}{Ab}; \quad (19) \qquad P_{how} = \sigma_{how} \cdot Ab; \quad (20)$$

Ab –meýdanyň doly bahasy (brutta).

Gysylýan syryklara durnuklylyga hasaplamalary şeýle başlaýar.

$$\sigma = \frac{P}{Ab} \leq [\sigma_d]; \quad (21)$$

$[\sigma_d]$ –durnuklylygyň çägi.

$$[\sigma_d] = \frac{\sigma_{how}}{[h_d]}; \quad (22)$$

$[h_d]$ –durnuklylykda ätiýaçlyk koeffisenti

Bu koeffisenti materýala we çeýelige bagly alynýar.

$$[\sigma_d] = \varphi[\sigma]; \quad (23)$$

φ – boý egilme koeffisenti.

$$\sigma = \frac{P}{Ab} \le \varphi[\sigma];$$

Çeýelik. $\lambda = \frac{\mu l}{i}$;	φ – boý egilme koeffisenti.			
	Polat. P 4,3,205	Polat –5.	Çoýun.	Agaç.
0	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,99	0,98	0,97	0,99
20	0,96	0,95	0,91	0,97
30	0,94	0,92	0,81	0,93
40	0,92	0,89	0,69	0,87

Durnuklylykda barlamak.

$$\sigma = \frac{P}{A_b} \le \varphi[\sigma]; \quad (24)$$

Berklige barlamak.

$$\sigma = \frac{P}{A_h} \le [\sigma]; \quad (25)$$

12.6 Konstruktiw bölekleriniň durnuklylygyny öwrenmek üçin hödürlenýän meseleler

Teoretiki mehanikadan belli bolşy ýaly gaty jisimleriň deňagramlylyk ýagdaýy durnykly we durnuksyz halda bolup biler.

Jisimi durnykly ýagdaýdan çykarýan güýçlere houply güýçler diýilýär. Şol wagtda emele gelýän güýjenmä bolsa houply güýjenme diýilýär.

Ol ululyklar şeýle formula bilen tapylýar.

$$P_h = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2};\qquad (26)\qquad \sigma_h = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

(27)

Bu ýerde : π- 3.14 hemişelik koefsiýenti. *E*- Maýyşgaklyk moduly *I* – kese-kesigiň inersiýa momenti μ – uzunlygyň getirme koefsiýenti *l*-berlen syrygyň uzynlygy λ-syrygyň çeýeligi. $\lambda = \frac{\mu I}{i_{\min}}$ (28)

i-inersiýa radiusy. Syrygyň durnyklylyga bolan praktiki hasaplamalary. Gysylýan syryklar üçin berklik şertinden başga durnyklylyk şerti hem kanagatlandyrylmalydyr. Ol şu deňlik bilen häsiýetlendirilýär. $\sigma = \frac{P}{A_g} \le [\sigma_r]$

(29). $[\sigma_r]$- durnyklylyk wagtynda güýjenme goýulýan çäk. *P*-goýlan güýç, A_g- kese-kesigiň doly meýdany. $[\sigma_r] = \sigma_h/[n_y]$, σ_h – houply güýjenme $[n_y]$- durnyklylygyň ätiýaçlyk koefsiýenti Bu formulany şeýle görnüşde ýazýarlar.

$[\sigma_r] = \varphi[\sigma]$, (30). φ - boý egilme koefsiýenti $[\sigma]$-berklik

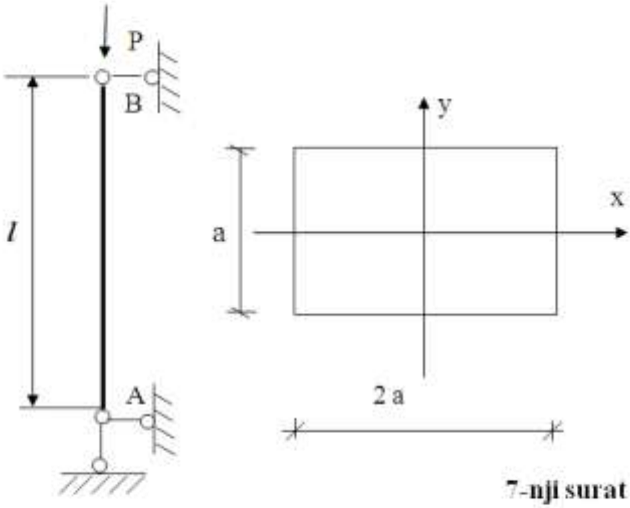
güýjenmesiniň çägi Syrygyň berklik şerti şeýle hasaplanýar

$[\sigma] = \frac{P}{A_C} \le [\sigma_r]$ A_c-kese- kesigiň sap meýdany.

$$\sigma = \frac{P}{A_g} \le \varphi[\sigma] \qquad (31).$$

Mysalda seredip geçeliň

l- uzynlykly syryk *P* güýç bilen gysylýar. Onuň kese-kesigi gönüburçly görnüşde berlendir.Eger-de berkligiň çägi *[σ]=16kN/sm²* bolanda göniburçlygyň taraplarynyň ölçegini tapmaly.



7-nji surat

Berlişi:

$P=400kN,\quad [\sigma] = 16kN/$

$l=2.2m,\qquad E=2 \times 10^4 kN/sm^2$

Kese-kesigiň meýdanyny hasaplaň.

$$A=a\,2a=2a^2$$

Kese-kesigiň X we Y okuna görä inersiýa momentlerini hasaplaň

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{a^4}{6} = 0{,}167a^4 \qquad\qquad I_y = \frac{b^3h}{12} = \frac{2a^3a}{12} = \frac{8a^4}{12}0{,}66a^4$$

$I_{min}=I_x=0.167a^4$

Minimal inersiýa radiusyny hasaplalyň

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{0{,}166a^4}{2a^2}} = 0{,}288a \qquad \lambda = \frac{\mu I}{i_{\min}} = \frac{1 \cdot 220}{0{,}288a} = \frac{764}{a}$$

λ - pürsüň çeýeligi.

I Ýakynlaşma

φ=0.5. $A_d = \frac{P}{\varphi[\sigma]} = \frac{400}{0{,}5 \cdot 16} = 50\,sm$, onda

$a = \sqrt{\frac{50}{2}} = 5\,sm$ λ=153, λ=150, φ=0.32, λ=160, φ=0.29.

Interpolýasyýa usuly bilen *λ=153* bahasyny tapýarys

$$\varphi = 0{,}32 - \frac{0.32 - 0{,}29}{160 - 150}(153 - 150) = 0{,}31$$

II-II Ýkynlaşma

$$\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_1'}{2} = \frac{0{,}5 + 0{,}311}{2} = 0{,}406$$

$$A_d = \frac{P}{\varphi[\sigma]} = \frac{400}{0{,}406 \cdot 16} = 61{,}58\,sm^2,$$

$$a = \sqrt{\frac{61{,}58}{2}} = 5{,}55\,sm \quad \lambda = \frac{764}{5{,}55} = 1{,}38$$

λ=130 φ=0,40 λ =140 φ=0.36 λ=0.368 φ=138.

III-III Ýakynlaşma

$$\varphi = \frac{0{,}406 + 0{,}368}{2} = 0{,}387$$

$$A_d = \frac{P}{\varphi[\sigma]} = \frac{400}{0,387 \cdot 16} = 64,6\,sm^2,$$

$$a = \sqrt{\frac{64,6}{2}} = 5,68\,sm \qquad \lambda = \frac{764}{5,68} = 1,35 \qquad \lambda=130$$

φ=0,48 λ =140 φ=0.36 λ =135 φ=0.384.

IV-IV ýakynlaşma

$$\varphi = \frac{0,387 + 0,38}{2} = 0,384$$

$$A_d = \frac{P}{\varphi[\sigma]} = \frac{400}{0,384 \cdot 16} = 65,1\,sm^2,$$

$$a = \sqrt{\frac{65,1}{2}} = 5,7\,sm$$

$$\lambda = \frac{764}{5,7} = 1,35$$

λ=130 φ=0,40
λ =140 φ=0.36
λ =135 φ=0.38.

Pürsiň çeýeligi *λ =135* bolanda boý egelme koefsiýenti *φ=0.38* deň bolýar. Bu bplsa IV ýakynlaşmada alnan koefsiýentine deňdir.Şol sebäpli, hem-de *λ >100* bolany üçin interasion prosesi togtadýarys.

$A=a\ 2a=61\ sm^2$

$i_{min}=0.166 \times a^4=0.166 \times (5.7)^4=151.9\ sm^4$

$$\sigma = \frac{p}{\varphi A} = \frac{400}{0,38} 15,8\,\frac{kN}{sm^2} \prec 16\,{}^{kN}\!/_{sm^2}$$

$$P_h = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2} = \frac{3{,}14^2 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 151{,}9}{(1 \cdot 220)^2} = 618{,}9\,kN$$

$$n_g = \frac{Ph}{P} = \frac{618{,}9}{400} = 1{,}55\,;$$

Ýene-de bir meselä seredip geçeliň.

Meseläniň şerti:

Sütün boý we kese güýçler bilen ýüklenen. Sütüniň durnyklylygyny artdyrmak üçin *her l/3* aralykda goşmaça berkitmeler goýlan. Sütüniň berkidiliş şertleri geometrik ölçegleri we güýçleriň bahalary boýunça talap edilýar.

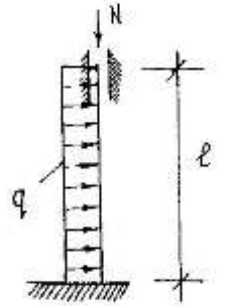
1. Aňryçäk ýagdaýlar usulyny ulanmak bilen sütüniň dwutawr ýa-da *2* sany ýanyşak we jebis ýerleşen şweller gärnüşli kesigini saýlap almaly. Hasaplaýyş güýçleriniň bahalary tapylanda boý güýjiň *1/3* bölegini hemişelik güýç hökmünde seretmeli, 2/3 bölegini we ähli kese güýçleri wagtlaýyn güýç hökmünde seretmeli. Hemişelik güýji $h_1=1.1$ wagtlaýyn güýji bolsa $n_2=1.4$ koefsiýentlere köpeltmeli. Boý – egilmä hasap edilende berkitmelertiň arasyndaky yzaklygy l/3 almaly
2. Howply kesikde kese we boý güýçleriň täsir etmegi netijesinde döreýän güýjenmäni hasaplamaly. Saýlap alnan kesik şeýle şerti $\sigma \leq R$ kanagatlanmaly

Berlişi :

$N=50T$

$l=6.6$ m , $E=2 \times 10^6 kg/sm^2$

$R=2100\ kg/sm^2$, $\mu=0.5$



Berlen şerti kanagatlandyrýan hasaplaýyş güýjini tapalyň

$$N_x = n_1 \frac{1}{3} N + n_2 \frac{2}{3} N - 1{,}1 \frac{1}{3} 50 + 1{,}4 \frac{2}{3} 50 = 64{,}99 T$$

Aňryçäk usulyny ulanyp kesigiň meýdanyny tapalyň

I- ýakynlaşma

φ=0.5

$$A = \frac{N_x}{R\varphi} = \frac{64{,}99 \cdot 10^3}{0{,}5} = 61{,}89$$

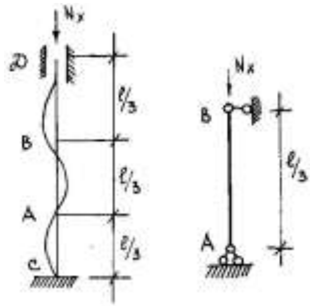
sortamentden

36 dwutawry saýlap alýarys *.A=61.9sm²,* i_{min}*=2.83sm.* Sütün suratda görnüşi ýaly durnukly ýagdaýyny AB bölekde ýitirmäge ukyplydyr Şol sebäpden şeýle hasaplaýyş shemasyny alýarys.

$$\lambda = \frac{\mu I}{i_{\min}} = \frac{1 \cdot 220}{2{,}89} = 76{,}12$$

λ=70; λ=80; φ=0.81;

φ=0.75; λ=76.12; φ=0.773.



II ýakynlaşma

$$\varphi = \frac{0{,}5 + 0{,}773}{2} = 0{,}636$$

$$A = \frac{N}{R\varphi} = \frac{649{,}9}{13{,}36} = 48{,}64 \quad sm^2$$ Sortamentden *N 30ᵃ*

Dwutawry saýlap alýarys *A= 49.9 sm²* i_{min}*=2.95sm*

$$\lambda = \frac{\mu I}{i_{\min}} = \frac{220}{2{,}95} = 74{,}58$$

λ=70 φ=0.81 λ=80 φ=0.7

λ=76.12 φ=0.773

III ýakynlaşma

$$\varphi = \frac{0,636 + 0,783}{2} = 0,709 \qquad A = \frac{N}{R\varphi} = \frac{649,9}{18,89} = 43,65 \quad sm^2$$

Sortamentden *N 30.*

Dwutawry saýlap alýarys *A= 45.5 sm*^{2} i_{min}*=2.69sm*

$$\lambda = \frac{\mu I}{i_{\min}} = \frac{220}{2,69} = 81,78$$ λ=80 φ=0.75 λ=90 φ=0.69 λ=81.78

φ=0.739

IV ýakynlaşma

$$\varphi = \frac{0,709 + 0,739}{2} = 0,724 \qquad A = \frac{N}{R\varphi} = \frac{649,9}{15,20} = 42,76 \quad sm^2$$

Sortamentden *N 27*^{a}

Dwutawry saýlap alýarys   *A= 43.2 sm*^{2} i_{min}*=2.80sm.*

$$\lambda = \frac{\mu I}{i_{\min}} = \frac{220}{2,80} = 78,57$$ λ=70 φ=0.81 λ=80 φ=0.75 λ=78.57

φ=0.759

V ýakynlaşma

$$\varphi = \frac{0,724 + 0,759}{2} = 0,7415 \qquad A = \frac{N}{R\varphi} = \frac{649,9}{15,57} = 41,74 \quad sm^2$$

Sortamentden N 27^a

Dwutawry saýlap alýarys   *A= 43.2 sm*^{2}*,* i_{min}*=2.80sm.*

$$\lambda = \frac{\mu I}{i_{\min}} = \frac{220}{2,80} = 78,57$$

λ=78.57; φ=0.759; I=5500sm^2;

Şu ýerde iterasion prosesi togtadýarys we *N 27*^{a} dwutawry saýlap alýarys. Saýlanan kesigiň durnuklylyk ýagdaýyny kanagatlandyrşyny bnarlaýarys

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} = \frac{649{,}9}{0{,}759 \cdot 43{,}2} = \frac{646{,}9}{32{,}79} = \frac{64990}{32{,}79} = 1982{,}0\,\frac{kg}{sm^2} \leq 2100\,\frac{kgc}{sm^2}$$

Saýlanan dwutawra durnyklylyk ýagdaýyny kanagatlandyrýar. Indi berklik ýagdaýyny barlalyň.

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_0 + M_1}{W} \leq R \qquad (24)$$

$$M_1 = N_x y\,; \qquad y = \frac{y_0}{1 - \frac{N_x}{P_{kp}}}\,; \quad P_{kr} = \frac{\pi^2 E i_{vin}}{(\mu l)^2}.$$

M^0- kese güýjiň döredýän egilme momentiniň maksimal bahasy.

M_1- Boý güýjüň döredýän egilme momenti.

Y_o - boý güýjiň täsiri netijesinde emele gelýän orun üýtgetme.

Y_0- kese güýjiň täsiri netijesinde emele gelýän orun üýtgetme.

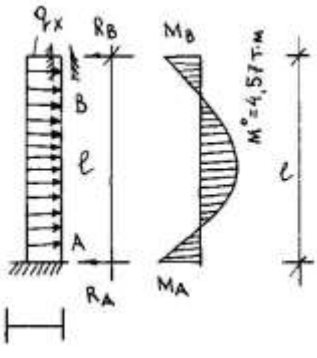
P_{kp}-houply güýç.

$$P_h = \frac{(3{,}14)^2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 5500}{(0{,}5 \cdot 660)^2} = \frac{108455{,}6 \cdot 10^6}{217800} = 497{,}96\,T$$

Indi M^0 bahasyny tapalyň.

Berlen mesele statiki näbelli shema bolany üçin tablisadan peýdalanýarys.

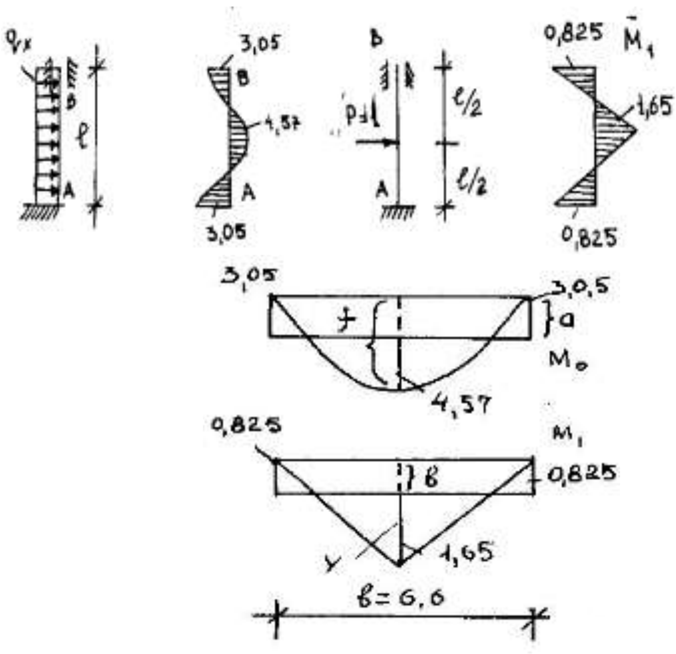
$q_x = q\ n_2 = 0.6\ 1.4 = 0.84\ T/m$



$$M_A = -M_B = \frac{-q_x l^2}{12} = \frac{-0{,}84(6{,}6)^2}{12} = -3{,}05 \ T.m$$

$$R_A = R_B = \frac{ql}{2} = 2{,}77 \ T$$

$M^0 = 4{,}57 \cdot 10 \, Kg \ sm$ Wereşaginiň usuly bilen y_0 tapalyň.



$$Y = \frac{3{,}52}{1 - \dfrac{64{,}99 \cdot 10^3}{4 \cdot 97{,}66 \cdot 10^3}} = 4{,}05 \quad sm$$

$$M_1 = 64{,}99 \cdot 10^3 \cdot 4{,}05 = 263{,}25 \cdot 10^3 \ Kgs \ sm$$

$$\sigma = \frac{64{,}99 \cdot 10^3}{43{,}2} + \frac{457 \cdot 10^3 + 263{,}25 \cdot 10^3}{407} = 3274 \frac{Kgs}{sm^2} \succ 2100 \frac{Kgs}{sm^2}$$

Şertiň kanagatlanmagy üçin kesigiň meýdanyny ulaldýarys.
N 30[a] dwutawry alarys.

A=49.9sm^2 *I=778.0sm*^{4} *W=518sm*^{3}

$$Y_0 = \frac{38{,}71\cdot 10^9}{2\cdot 10^{6\cdot}\cdot 7780} = 2{,}49 \quad sm$$

$$Y = \frac{2{,}49}{1-\dfrac{64{,}99\cdot 10^3}{497{,}66\cdot 10^3}} = 2{,}86 \quad sm$$

$$M_1 = 64{,}99\cdot 10^3\cdot 2{,}86 = 186{,}22\cdot 10^3 \ Kgs\ sm$$

$$\sigma = \frac{64{,}99\cdot 10^3}{49{,}9} + \frac{457\cdot 10^3 + 186{,}22\cdot 10^3}{518} = 2544{,}13\frac{Kgs}{sm^2} \succ 2100\frac{Kgs}{sm^2}$$

Şertiň kanagatlanmagy üçin ene-de kesigi ulaldýarys.
N 33 dwutawry alýarys.
A=53.8sm^2 *I=9840sm*^{4} *W=597sm*

$$Y_0 = \frac{38{,}71\cdot 10^9}{2\cdot 10^{6\cdot}\cdot 9840} = 1{,}97 \quad sm \quad Y = \frac{1{,}97}{0{,}869} = 2{,}26 \quad sm$$

$$M_1 = 64{,}99\cdot 10^3\cdot 2{,}26 = 147{,}10\cdot 10^3 \ Kgs\ sm$$

$$\sigma = \frac{64{,}99\cdot 10^3}{61{,}9} + \frac{457\cdot 10^3 + 147{,}1\cdot 10^3}{597} = 1207{,}99\frac{Kgs}{sm^2} \prec 2100\frac{Kgs}{sm^2}$$

Şertiň kanagatlanmagy üçin ene-de sikli gaýtalaýarys.
N 36 dwutawry alýarys.
A=61.9sm^2 *I=13380sm*^{4} *W=743sm*^{3}

$$Y_0 = \frac{38{,}71\cdot 10^9}{2\cdot 10^{6\cdot}\cdot 13380} = 1{,}45 \quad sm$$

$$Y = \frac{1{,}45}{0{,}869} = 1{,}67 \quad sm \quad M_1 = 64{,}99\cdot 10^3\cdot 1{,}67 = 108{,}53\cdot 10^3 \ Kgs$$

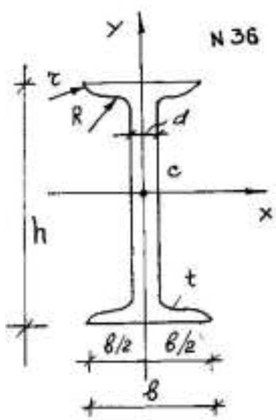
sm

$$\sigma = \frac{64{,}99\cdot 10^3}{61{,}9} + \frac{457\cdot 10^3 + 108{,}53\cdot 10^3}{743} = 1811{,}1\frac{Kgs}{sm^2} \prec 2100\frac{Kgs}{sm^2}$$

$\sigma \leq R$ diýlip goýlan şert kanagatlanýar.Şol sebäpli *N36* dwutawry alýarys.

Dwutawryň.geometriki häsiýetleri

$h=360mm$, $W_x=743sm^3$, $iY=2.89sm$
$b=145mm$, $i_x=14.7sm$, $t=12.3mm$
$d=7.5mm$, $S_x=423sm^2$, $R=14mm$
$F=61.9mm^2$, $I_y=516sm^4$, $r=6mm$
$I_x=13380sm^2$, $W_y=71.sm^3$

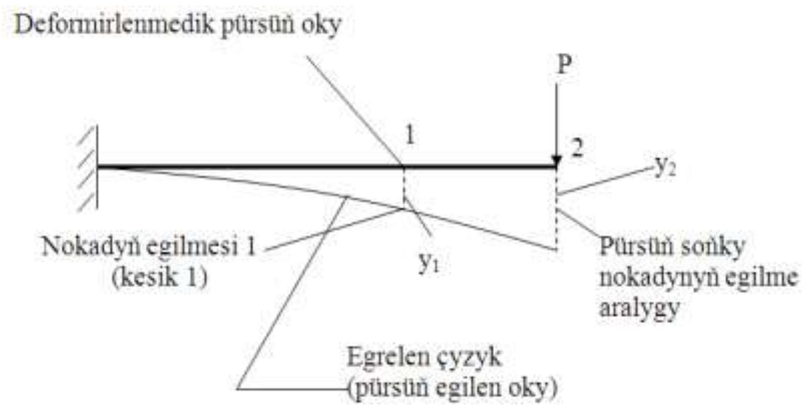


13. Konstruktiw bölekleriň orun üýtgemesini, aýlanma burçyny kesgitlemek we onuň gatylygyna baha bermek

13.1 Integrirlemek usuly

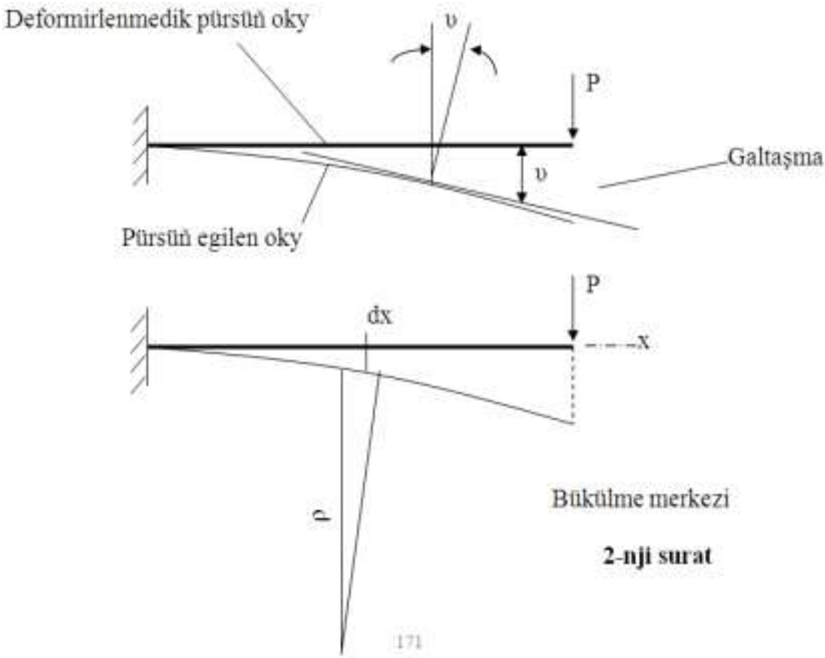
Gyraky şertler

Pürsleriň egilme oky diýip deformasiýadan soňky emele gelen çyzyga aýdylýar. Onuň her nokadynyň süýşen aralygyna orun üýtgemesi diýilýär.



1 – nji surat

Okdan ýokarda emele gelen orun üýtgemäni položitel, okdan aşakda emele gelen orun üýtgemäni otrisatel hasap edeliň.



2-nji surat

Egriniň radiusy bilen içki güýjiň öz ara baglanşygyny şeýle görkezýärler $\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI}$; (1) $\frac{1}{\rho} = \pm \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}$; (2)

$$\frac{M}{EI} = \pm \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}; \quad (3)$$

Şu aňlatmada $\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}$; bahasy 1,0001 aralykda bolýar,

şol sebäpli

$\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}} \approx 1$; deň diýip alýarys.Onda

$$\frac{M}{EI} = \pm\frac{d^2y}{dx^2}; \quad (4) \qquad \frac{dy}{dx} = tg\,\vartheta; \quad \frac{dy}{dx} = \vartheta;$$ burçyň kiçiligi sebäpli.

4 – nji aňlatma pürsiň egilme okunyň defferensiýal deňlemesi diýilýär

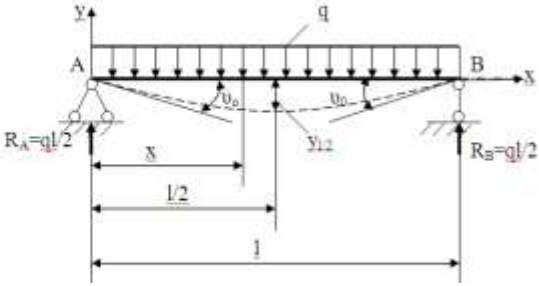
$$\upsilon = \frac{dy}{dx} = \int\frac{M}{EI}dx + C; \quad (5) \qquad y = \int dx\int\frac{M}{EI}dx + Cx + D \quad (6)$$

υ – aýlanma burçy

y – orun üýtgeme.

$$\upsilon = \frac{1}{EI}\int Mdx + C; \quad (7) \qquad y = \frac{1}{EI}\left[\int dx\int Mdx + Cx + D\right]; \quad (8)$$

Bu (7 we 8) aňlatmalardaky C we D hemişelikleri gyraky şertlerden tapmaly. Bu usula integrirleme usuly diýilýär. Onuň işleýşine mysalda seredip geçeliň.



3-nji surat

Ilki momendiň deňlemesini düzeliň

$$M = R_A \cdot x - \frac{qx^2}{2} = \frac{ql}{2} \cdot x - q\frac{x^2}{2}; \quad (9)$$

Bu aňlatmany (4) aňlatma goýalyň $\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{EI}\left(\frac{qlx}{2} - \frac{qx^2}{2}\right)$; (10)

Bu aňlatmany 2 – gezek integrirlesek şeýle aňlatma bolýar

$$\upsilon = \frac{dy}{dx} = \frac{1}{EI}\left(\frac{qlx^2}{4} - \frac{qx^3}{6}\right) + C = \frac{qx^2}{2EI}\left(\frac{l}{2} - \frac{x}{3}\right) + C; \quad (11)$$

$$y = \frac{1}{EI}\left(\frac{qlx^3}{12} - \frac{qx^4}{24}\right) + Cx + D = \frac{qx^3}{12EI}\left(l - \frac{x}{2}\right) + Cx + D; \quad (12)$$

C we D hemişelikleri hasaplamak üçin gyraky şertleri peýdalanýarys

$$\begin{matrix} x = 0, & y_o = 0 \\ x = l, & y_l = 0 \end{matrix} \qquad (13)$$

x = 0, $\quad y_o = \frac{q \cdot 0^2}{12EI}\left(l - \frac{0}{2}\right) + C \cdot 0 + D = 0;$

D = y_o = 0;

x = l, $\quad y_l = \frac{ql^2}{12EI}\left(l - \frac{l}{2}\right) + C \cdot l + 0 = \frac{ql^4}{24EI} + Cl = 0;$

$$C = -\frac{ql^3}{24EI};$$

Hemişelikleri ýerine goýsak

$$\upsilon = \frac{qx^2}{2EI}\left(\frac{l}{2} - \frac{x}{3}\right) - \frac{ql^2}{24EI};$$

(14)

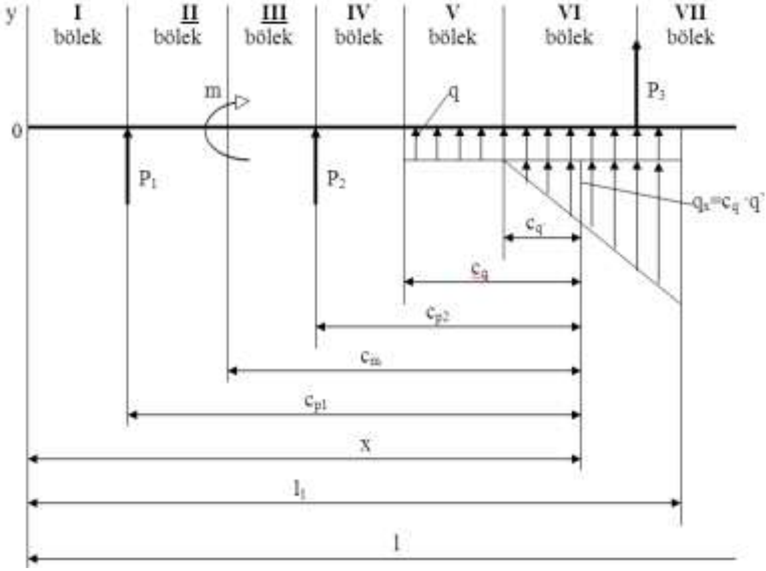
$$y = \frac{qx^3}{12EI}\left(l - \frac{x}{2}\right) - \frac{ql^3x}{24EI};$$

Bu usul bilen mysal işlemegiň tertibi

1. Her bölek üçin M deňlmeleri düzmeli
2. Ol deňlemeleri defferensiýal deňlemä goýmaly
3. Integrirlemek usuly bilen orun üýtgemäniň we aýlanma burçyň aňlatmalaryny tapmaly
4. Gyraky şertleriň kömegi bilen hemişelikleri tapmaly
5. Ol hemişelikleri deňlemä goýmaly
6. υ we y maksimal bahasyny tapmaly

13.2 Başlangyç parametrler usuly

Başlangyç parametrler usuly ýokarda seredilen usuldan işlemek has ýeňildir. Ýokarda seredilen usulda her kese – kesik üçin C we D hemişelikleri tapyp gitmeli. Bu usulda bolsa bir gezek tapsaň ýeterlikdir.



4 – nji surat

$$Q = P_1 + P_2 + qc_q + \frac{a'c_{q'}^2}{2}; \qquad (15)$$

$$M = m + P_1c_{p1} + P_2c_{p2} + \frac{q \cdot c_q^2}{2} + \frac{q'c_{q'}^3}{6};$$

Bu aňlatmany şeýle ýazýarys

$$\left.\begin{aligned} Q &= \sum P + \sum q \cdot c + \sum \frac{q'c^2}{2}; \\ M &= \sum m + \sum pc + \sum \frac{qc^2}{2} + \sum \frac{q'c^3}{6}; \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

c – aralyk

Onda

$$EI\upsilon = EI\upsilon_O + \sum \frac{m \cdot c}{1!} + \sum \frac{Pc^2}{2!} + \sum \frac{qc^2}{3!} + \sum \frac{a'c^4}{4!}; \qquad (17)$$

$$EIy = EIy_0 + \frac{EI\upsilon_0 x}{1!} + \sum\frac{mc^2}{2!} + \sum\frac{Pc^3}{3!} + \sum\frac{qc^4}{4!} + \sum\frac{a'c^5}{5!};$$

$$EI\upsilon_0 = c; \qquad EIy_0 = D;$$

<u>Şert.</u> x = 0 sep tarapy bolmaly. x – çepden saga bolmaly.

Işlemek tertibi

1. Daýanç güýçlerini tapmak.
2. Belli başlangyç parametrleri görkezip belli dällerini tapmaly (Q_o, M_o, V_o, y_o).
3. Aýlanma burçlaryny we orun üýtgemesini tapmagyň deňlemesini gurmaly.
4. Näbelli başlangyç parametrleri tapmaly gyraky şertleri peýdalanyp.
5. Soňra V we y tapmaly.

13.3 Grafa – analitiki usyl

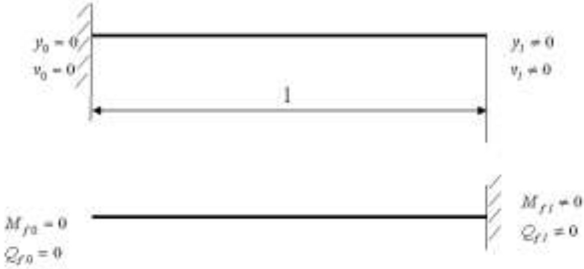
Bu serediljek usul pürsde gatylyk üýtgeýän wagtynda köp ulanylýar. EI = const.

$$\begin{cases} Q = \dfrac{dM}{dx}; & \dfrac{dQ}{dx} = q; \\ \dfrac{dy}{dx} = v, & \dfrac{dv}{dx} = \dfrac{d^2y}{dx^2} = \dfrac{M}{EI}; \end{cases}$$

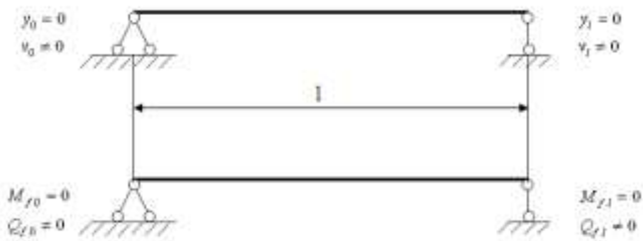
$$q_h = \frac{M}{EI}; \qquad v = Q_h; \qquad y = M_h; \quad (19)$$

q_h – hyýaly, M_h – hyýaly.

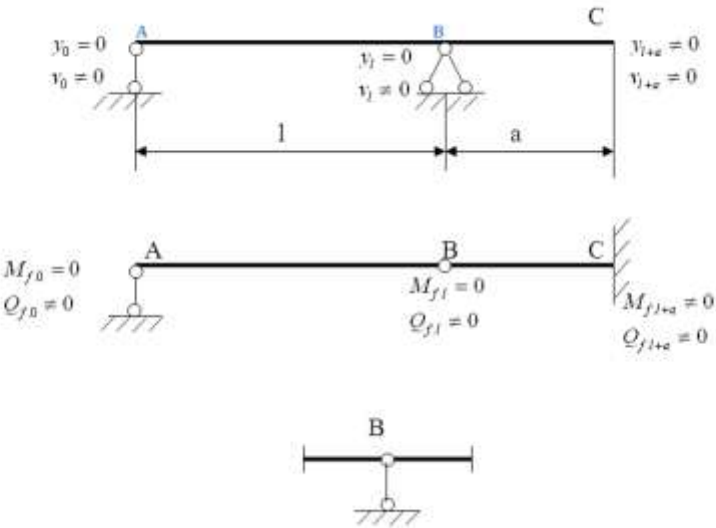
Grafa – analitiki usyl şu netijeleriň esasynda işlenýär.



5 – nji surat



6 – njy surat



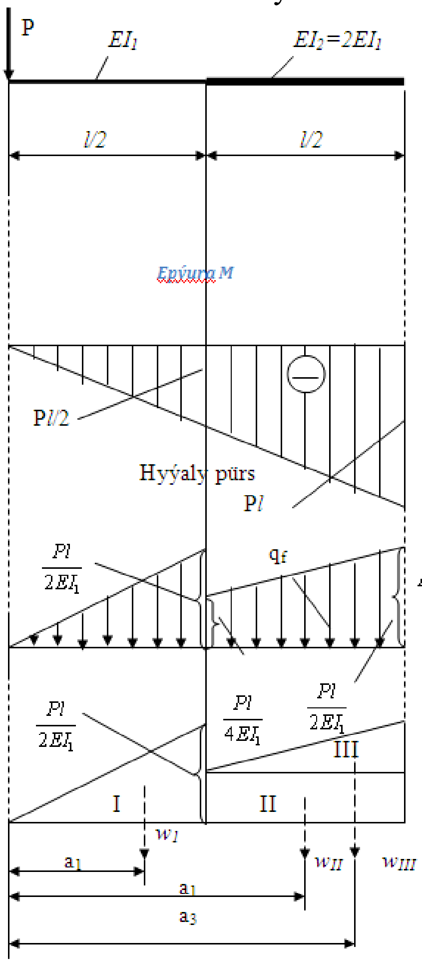
7 – nji surat

Hyýaly güýç bilen pürse däl-de hyýaly pürse goýulýar.

Iş tertibi

1. Berilen pürsden M epýurany gurmaly.
2. Hyýaly pürsi gurmaly.
3. Hyýaly pürse $q_h = \dfrac{M}{EI}$; ýüklemeli.
4. M_h we Q_h hasaplamaly.
5. $y = M_h$ we $v_o = Q_h$ tapmaly.

Mysalda seredip geçeliň



$$v_o = Q_{h.o} \text{ we } y_o = M_{h.o}$$

$$w_I = \frac{1}{2}\cdot\frac{Pl}{2EI_1}\cdot\frac{l}{2} = \frac{Pl^2}{8EI}$$

$$a_I = \frac{2}{3}\cdot\frac{l}{2} = \frac{l}{3};$$

$$w_{II} = \frac{Pl}{4EI_1}\cdot\frac{l}{2} = \frac{Pl^2}{8EI};$$

$$a_{II} = \frac{l}{2} + \frac{1}{2}\cdot\frac{l}{2} = \frac{3}{4}l;$$

$$w_{III} = \frac{1}{2}\cdot\frac{Pl}{4EI_1}\cdot\frac{l}{2} = \frac{Pl^2}{16EI_1};$$

$$a_{III} = \frac{l}{2} + \frac{2}{3}\cdot\frac{l}{2} = \frac{5}{6}l;$$

$$Q_{h.o} = -\sum_{sag} y = w_I + w_{II} + w_{III} = \frac{5Pl^2}{16EI_1};$$

$$M_{h.o} = -\sum_{sag} M = -w_I\cdot a_I - w_{II}\cdot a_{II} - w_{III}\cdot a_{III} =$$

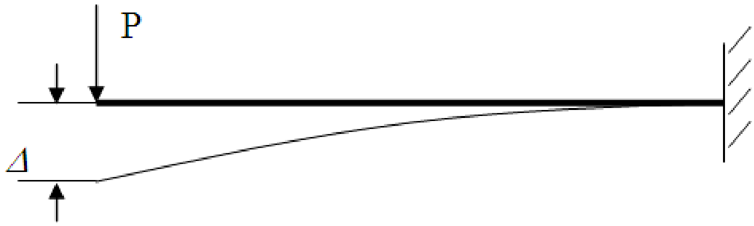
$$y_0 = M_{o.h} = -\frac{3Pl^3}{16EI_1};$$

$$v_0 = Q_{h.o} = \frac{5Pl^2}{16EI_1};$$

8 – nji surat

13.4 Daşky güýçleriň ýerine ýetirýän işi

Eger konstruksiýa täsir edýän güýç ýuwaş –ýuwaşdan ösýän bolsa beýle güýçlere statiki güýçler diýilýär. Onda P statiki güýjiň ýerine ýetirýän işine setredip geçeliň.



9 – njy surat

Onda maýyşgak sistemalarda bolan güýçden orun üýtgemäni şeýle hasaplaýarlar.

$$\Delta = \alpha \cdot P \qquad (20)$$

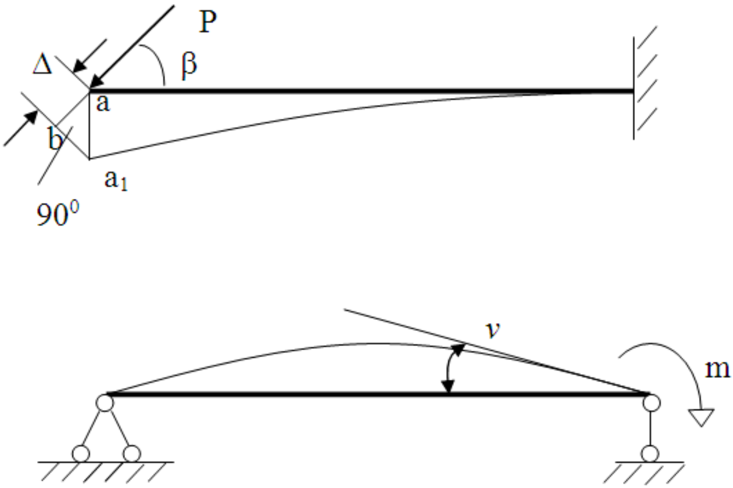
Δ –berlen güýjiň ugruna görä orun üýtgeme,
α –konstruksiýanyň materýalyna, şekiline we ölçegine bagly koeffisent.

Onda berilen güýjiň ýerine ýetirýän işini şeýle hasaplap bolar.

$$A = \frac{1}{2} P \cdot \Delta; \qquad (21)$$

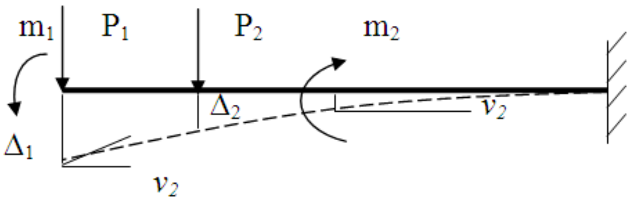
Berilen momentiň ýerine ýetirýän işi.

$$A = \frac{1}{2} m \cdot w; \qquad (22)$$



10 – njy surat

m –moment
U –m –momendiň goýulan kesigindäki aýlanma burçy.



11 – nji surat

$$A = \frac{P_1 \cdot A_1}{2} + \frac{P_2 \cdot A_2}{2} + \frac{m_1 \cdot U_1}{2} - \frac{m_2 \cdot U_2}{2}; \qquad (23)$$

onda, $$A = \sum \frac{P_i \cdot \Delta_i}{2} + \sum \frac{m_i \cdot U_i}{2}; \qquad (24)$$

$$A = \sum\int_0^l \frac{M^2 dx}{2EI} + \sum\int_0^l \frac{N^2 dx}{2EF} + \sum\int_0^l \frac{Q^2 dx}{2GF} \cdot \eta; \quad (25)$$

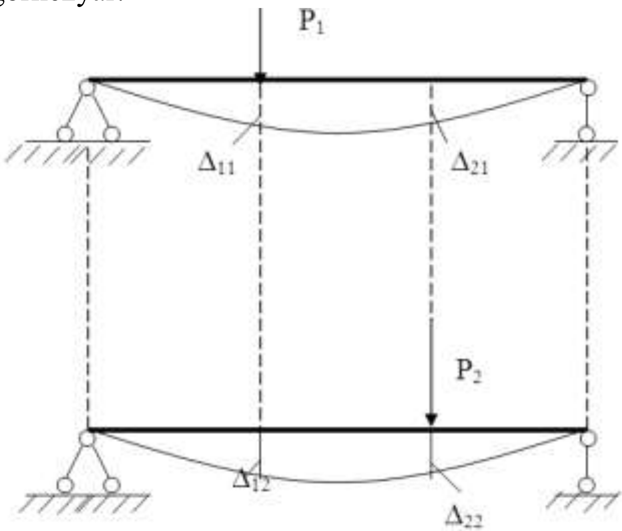
η –düzediş koeffisenti.

Edilen iş potensiýal energiýa geçýänligi sebäpli, A = U; (26)

$$U = \sum\int_0^l \frac{M^2 dx}{2EI} + \sum\int_0^l \frac{N^2 dx}{2EF} + \sum\int_0^l \frac{Q^2 dx}{2GF} \cdot \eta; \quad (27)$$

<u>Işleriň özaralyk teoremasy.</u>

Δ_{mn} –birinji indeks –m orun üýtgenýmäniň ugruny görkezýär, ikinji –n haýsy güýjiň şol orun üýtgemäni döredendigini görkezýär.

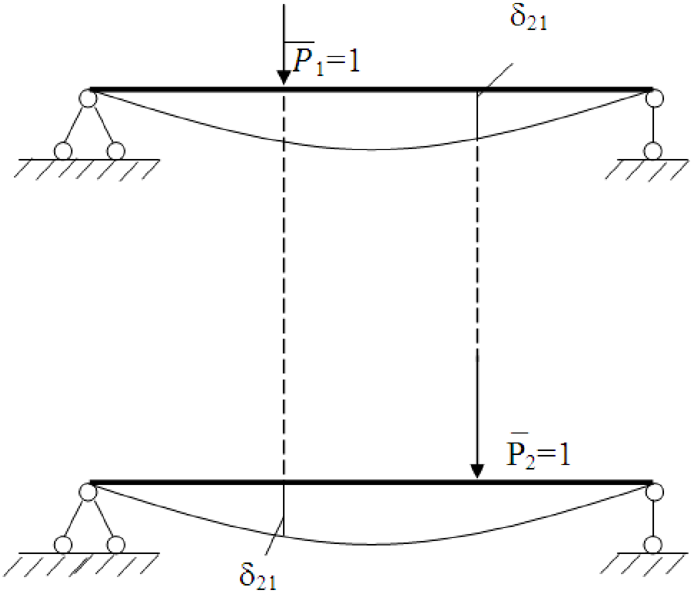


12– nji surat

Onda işleriň özaralyk teorýasynyň seasynda,

$$A_{12} = A_{21} \quad (28)$$

Orun üýtgemäniň özaralyk teoremasy.



13 – nji surat

Onda bu teoremanyň esasynda, $\delta_{12} = \delta_{21}$; (29)

$\delta_{mn} = \delta_{nm}$; (30)

Bu ýagdaýa Makswelliň prinsipi hem diýilýär.

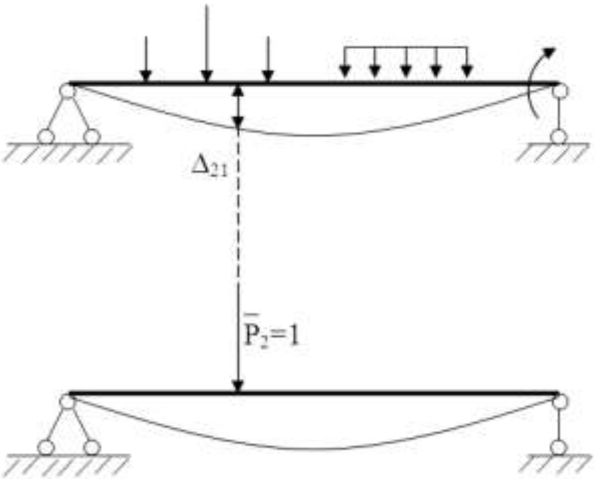
13.5 Orun üýtgrmäni hasaplamak

Moryň integraly.

Berilen sistemanyň iki hili ýagdaýyna seredip geçeliň.

I – ýagdaýy sistema islendik güýç we moment täsir edýär.

II – ýagdaýy sistema diňe birlik güýç täsir edýär $P_2 = 1$.



14 – njy surat

$$A_{21} = P_2 \cdot \Delta_{21} = 1 \cdot \Delta_{21} = \Delta_{21}; \quad (11)$$

$$A_{21} = \sum \int_0^l \overline{M}_2 \frac{M_1 dx}{EI} + \sum \int_0^l \overline{N}_2 \frac{N_1 dx}{EF} + \sum \int_0^l \overline{Q}_2 \frac{Q_1 dx}{GF} \cdot \eta; \quad (12)$$

Bu ýerde $\overline{M}_2, \overline{N}_2, \overline{Q}_2$ üstündäki çyzyk birlik güýçden dörän içki güýçlerdigini aňladýar.

$$\Delta_{mn} = \sum \frac{1}{EI} \int_0^l \overline{M}_m M_n dx + \sum \frac{1}{EI} \int_0^l \overline{N}_m N_n dx + \sum \frac{n}{GF} \int_0^l \overline{Q}_m Q_n dx ;(12)$$

Bu formula Moruň integraly ýa –da Moruň formulasy diýilýär.

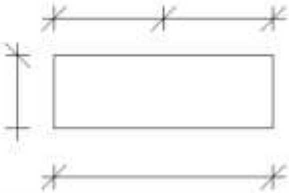
Wereşaginiň usuly

1925 ýylda Moskwanyň demirýollary transporty institutynyň talyby tarapyndan hödürlenen usula Wereşaginiň usuly diýilýär. Onuň manysy güýçden alynan epýury berilen güýçden alynan epýura köpeltmekden ybaratdyr.

Bu usulyň iş tertibi

1. Berilen güýçlerden M epýurany gurmaly.
2. Orun üýtgeme hasaplanýan nokatda birlik güýç goýmaly.
3. Ol birlik güýçden momendiň epýuryny gurmaly $\overline{M}_1$.
4. Berilen epýurlary biri –birine köpeltmeli $M_p \cdot \overline{M}_1$.
5.

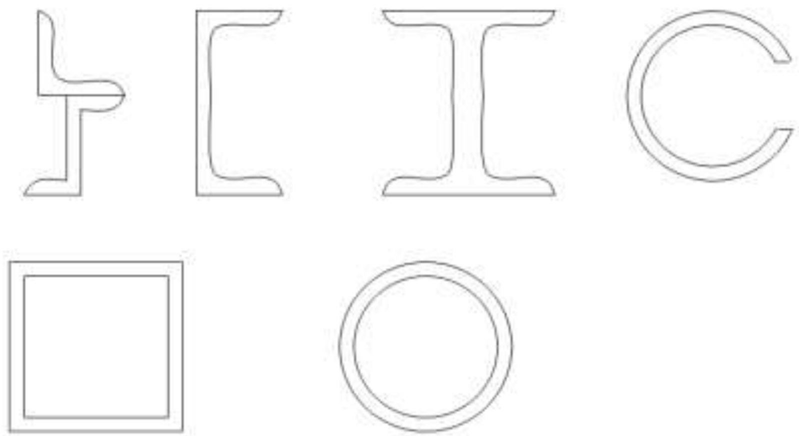
Bu meseläni işlemek üçin kitaplarda görkezilen aşakdaky formaly tablissalardan peýdalanyp işlemeli.

N/N	Şekil.	Meýdany.	Agyrlyk merkeziniň kordinatalary.	
			Z_1	Z_2
1	2	3	4	5
1		$h \cdot l$	$l/2$	$l/2$

14. Kiçi diwarlaryň balyrlaryň hasaplamalary

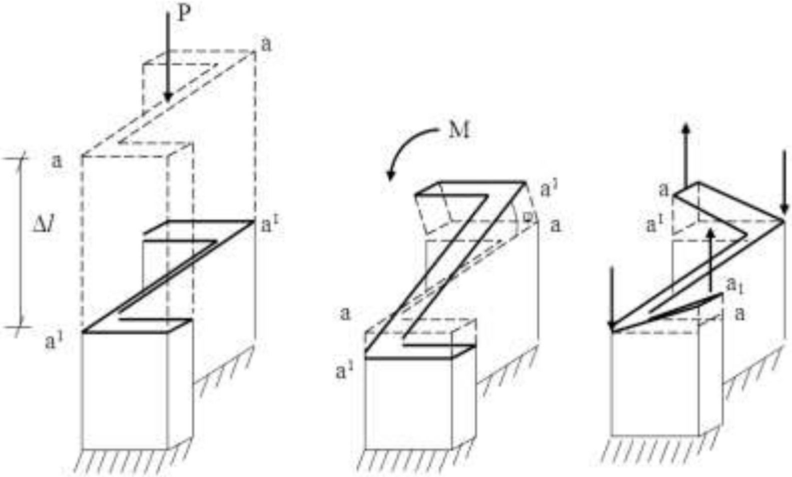
14.1 Umumy düşinje

Gurluşyk konstruksiýalarynda kiçi diwarly bulyrlar köp gabat gelýärler. Olar açyk we ýapyk profelli görnüşlerde bolýarlar.



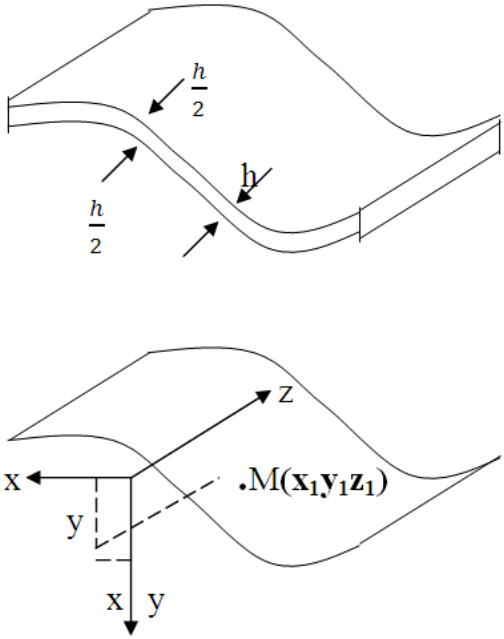
1 – nji surat

Köp ulanylýany açyk profeller. Açyk profelleriň işleýşine seredip geçeliň



2 – nji surat

Deformasiýa wagtynda kese –kesigiň gaty jisim hökmünde towlanmasy bolup geçýär. Bu ýagdaýa deplanasiýa diýilýär. Onda 2-hilli deformasiýa bolýa bolmagy mümkin. 1-nji kese –kesigiň süýşmeginden, 2-nji kese –kesikde bolýan deplanasiýanyň hasabyna bolýan deformasiýa. Kese –kesigiň galyňlygy örän kiçi, şol sebäpli güýjenme kese –kesikde deňagramly ýaýrandyr diýip aýtmaga mümkinçilik berýär.

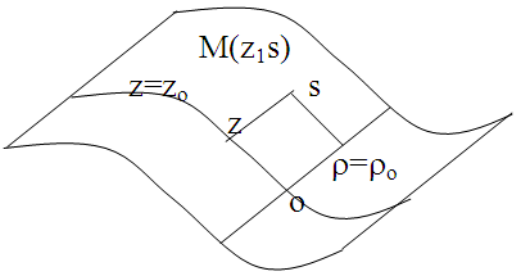


3 – nji surat

Onda orta üsti ýuka plastika görnüşinde seretmäge mümkinçilik berýär.

<u>Koordinatalar sistemasy.</u>

Kiçi diwarly balaryň orta üstünde M nokady alalyň.



4 – nji surat

Bu meseläni işlemek üçin üç sany sistema koordinatalar ulanylýar.

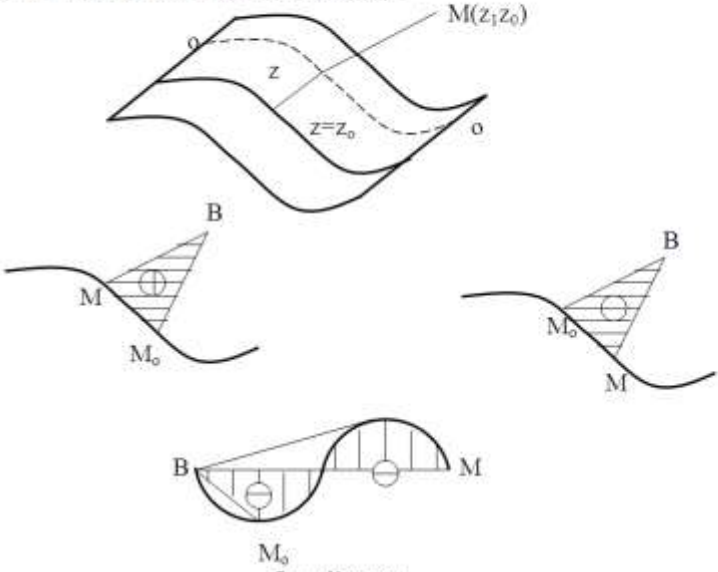
a). <u>Dekart kordinatalar sistemasy.</u>

Koordinatalar başlangyjyny kesigiň agyrlyk merkezinde ýerleşdirýärler. z –oky bularyň oky bilen gabat gelýär. x we y oklary baş inersiýa oklary hökmünde guralýar. Onda bu ýagdaýda M nokat üç koordinata bilen häsýetlendirilýär (x,y,z).

b). <u>Kordinatalar sistemasy.</u>

Orta üstde nula deň bolan ugrukdyryjy kabul edilýär (ρ_o) ol göniçyzyk görnüşde. Ondan soň (z_o) emele getiriji alynýar ol egri çyzyk görnüşinde kabul edilýär. Onda M nokadyň ýagdaýy z we ρ koordinatalar bilen häsýetlendirilýär.

ç). <u>Sektorýal görnüşli koordinatalar sistemasy.</u>



5 – nji surat

Bularyň okunyň ugryna M nokadyň koordinatalaryny (z) hasaplalyň, $z = z_o$ okdan hasap başlaýar. Beýleki ugura koordinatany almak üçin şekile seredip geçeliň. Kese –kesikde ýerleşýän erkin nokady alalyň (B). Kesigiň kontorynda M_o nokady saýlalyň. B nokady M we M_o bilen birikdireliň. BMM_o ştrihlenen sektoryň meýdanyny hasaplalyň. M nokat kesigiň daşyndan aýlananda dürli sektoryň şekili emele geler we meýdanlar dürli bolar. Onda emele gelen şekiliň meýdanyny nokady häsýetlendirýän san hökmünde kabul edip bolar (koordinata hökmünde). Kiçi diwarly balar teorýasynda nokadyň koordinatasy hökmünde BMM_o –sektoryň meýdanyny dälde onuň meýdany ikä köpeltmek hasyly alynýar. Ol parametre sektorlar koordinatasy diýilýär we (w) bellenýär. Ölçegi w(sm^2) B –nokada sektoryň polýusy diýilýär. M_o – başlangyç nyl nokady diýilýär. BM_o –başlangyç radiusy diýilýär. BM –üýtgeýän radius. Alamat eger M_oB, MB bilen birleşmekde M_oB sagat strelkasynyň ugryna aýlanýan bolsa sektorýal koordinat plýus bolýar. a –şekil tersine otresatel b) – şekil.

Eger kesigiň daşy çylşyrymly şekil bolsa onda (ç –şekil), M nokadyň koordinatyny hasaplamak üçin hereket edýän radiusy M^I nokada eltmeli, ondan soň ol nokatdan M nokada gelmeli. Onda ikilenen meýdan BM_oM^I sektoryňky otrisatel bolar, BM^IM bolsa položitel bolar. Onda olary goşaňda ştrihlenen meýdan galar. Onda olaryň birini plýus birini minus almaly.

14.2 Kesigiň geometriki häsýetnamasy

Sektorýal statiki moment. $S_w = \int_F w dF$; (1) (birligi w –sm^2)

$S_w = sm^4$.

Sektorýal moment inersiýa. $I_w = \int_F w^2 dF$; (2) (sm^6)

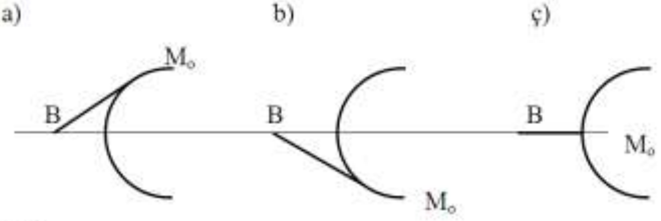
Sektorýal merkezden daşlaşýan moment inersiýa.

$$\begin{cases} I_{xw} = \int_F ywdF \\ I_{yw} = \int_F xwdF \end{cases} \quad (3) \quad \text{(birligi –}sm^5\text{)}$$

S_w –položitelem, otrisatelem, nulam bolup biler

Şekilde –
- a položitel ýagdaýy,
- b otresatel ýagdaýy,
- ç nul ýagdaýy.

Ol M_o hokadyň alnyşyna bagly.

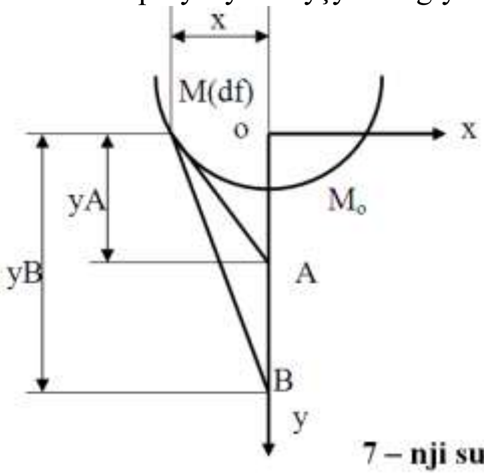


6 – njy surat

$S_w = 0$ bu ýagdaýdaky M_o –nokada baş sektorýal koordinatyň nul nokady diýilýär.

Sektorýal moment inersiýa mydama položitel bolýar.

Merkezden daşlaşýan moment inersiýa položitel, otrisatel bolup biler. Ol B polýusyň alnyşyna bagly.



7 – nji surat

Eger polýus üýtgeýän bolsa onda, $Y_A = Y_B - \frac{I_{ywB}}{I_y}$;

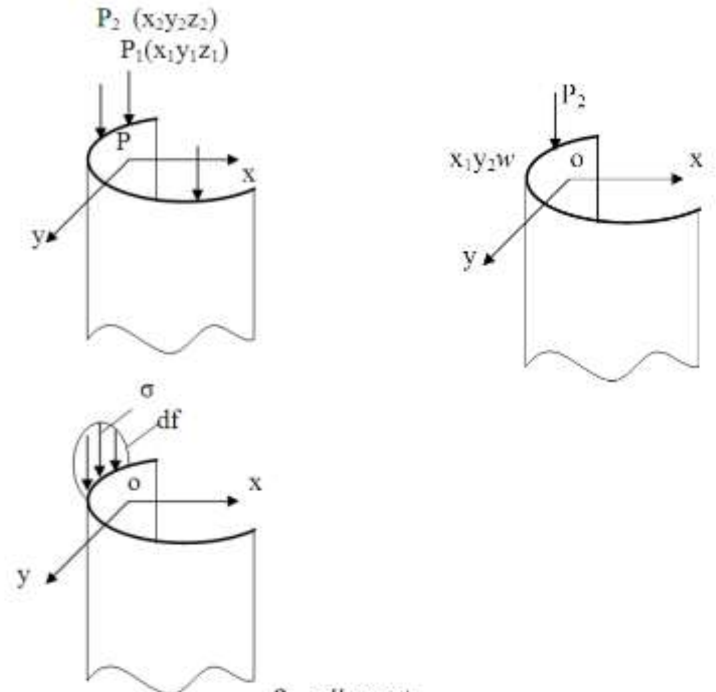
(4)Merkezden daşlaşýan moment inersiýanyň nul bolýan polýusyna baş polýus diýilýär.

$$\left.\begin{aligned} X_A &= \frac{I_{xwB}}{I_x} \\ Y_A &= -\frac{I_{ywB}}{I_y} \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

$X_B = Y_B = 0$;

14.3 Kiçi diwarly balyrlaryň hasaplamalary

Berilen güýji sektorýal koordinata köpeltmekden emele gelen parametre bimoment diýilýär. B = P·w (6)
B – biomoment, P – güýç, w – sektorýal koordinata (n·m^2).



8 – nji surat.

Eger kese –kesikde birnäçe güýç bar bolsa onda,

$$
\begin{cases}
M_x = P_1 y_1 + P_2 y_2 + ... + P_m y_m = \sum\limits_{i=1}^{i=m} P_i y_i \\
M_y = P_1 x_1 + P_2 x_2 + ... + P_m x_m = \sum\limits_{i=1}^{i=m} P_i x_i \\
B = P_1 w_1 + P_2 w_2 + ... + P_m w_m = \sum\limits_{i=1}^{i=m} P_i w_i
\end{cases} \qquad (7)
$$

Eger ýaýran güýçler täsir edýän bolsa onda

$$
\begin{cases}
M_x = \int\limits_F \sigma \cdot y \cdot dF \\
M_y = \int\limits_F \sigma \cdot x \cdot dF \\
B = \int\limits_F \sigma \cdot w \cdot dF
\end{cases} \qquad (8).
$$

Edilen iş $A = \frac{1}{2} P \cdot \Delta l$ we $A = \frac{1}{2} M\varphi$. Kese –kesigi towlamakda biomoment esasy işi ýerine ýetirýär. $\psi = \frac{1}{\rho}$; (9)

Ψ –Deplanirmegiň ölçegi (1/m). Onuň edýän işi.

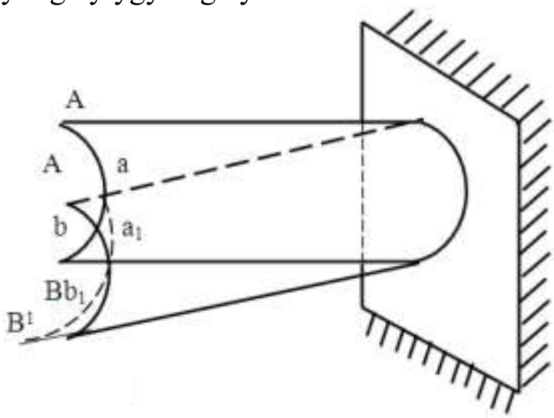
$A = \frac{1}{2} B \cdot \psi$ (10). (n·m).

Güýç.		Orun üýtgeme.		**Iş üçin** formulalar.
Ady.	Ölçegi.	Ady.	Ölçegi.	
Güýç –P	n	**Orun üýtgeme –Δl**	m	$A = \frac{1}{2} P \cdot \Delta l$
Moment –M	**H·m**	**Kesigiň aýlanmagy –φ**	-	$A = \frac{1}{2} M\varphi$
Bimoment – B	n·m²	**Deplanasiýa –Ψ**	1/n	$A = \frac{1}{2} B \cdot \psi$

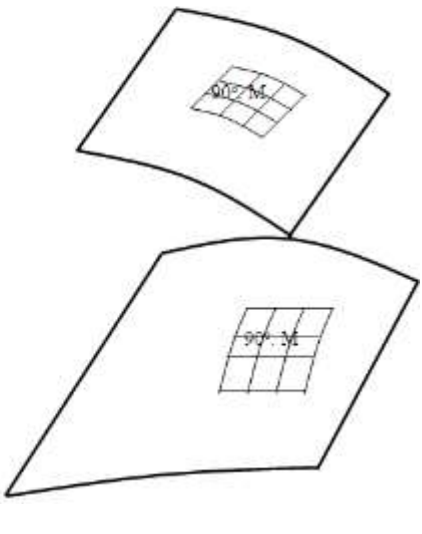
14.4 Häzirki zaman gipotezalary

W.Z.Wlasow tarapyndan hödirlenen kiçi diwarly balarlar teorýasy iki sany gipotizadan durýar. (Çaklamadan).

1. Deformasiýa wagtynda kese –kesigiň kontory üýtgemeýär, absalýut gatylygyna galýar.

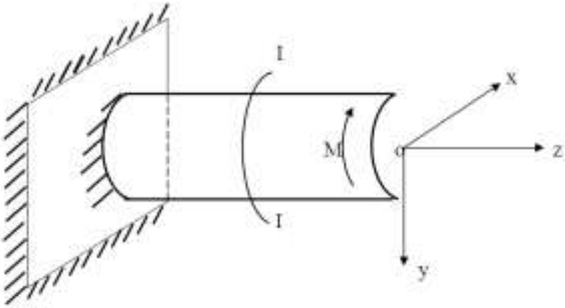


2. Orta üstiň orun üýtgeme deformasiýasy hula deň



10 – njy surat

14.5 Kiçi diwarly balalaryň sektorýal häsýetlerini hasaplamak



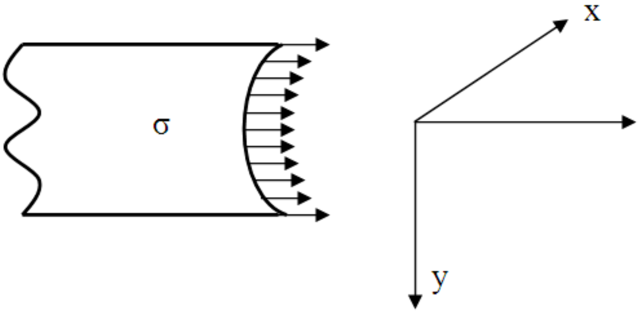
11 – nji surat

Erkin däl towlanmada normal güýjenmäniň hasaplanylyşy.

$$\sigma_w = \frac{B}{I_w} \cdot w; \qquad (11)$$

Erkin däl towlanmada kese güýjenmäniň hasaplanylyşy.

$$\tau_w = \frac{M_w \cdot \rho_w^{ots}}{I_w \cdot h}; \quad (12) \; \rho_w^{ots} = \int_0^{\rho} w \cdot dF; \quad M_w = -\int \tau_w \cdot h \cdot dw; \; (13)$$



12 – nji surat

Özara baglanyşygy görkezýän tablissa.

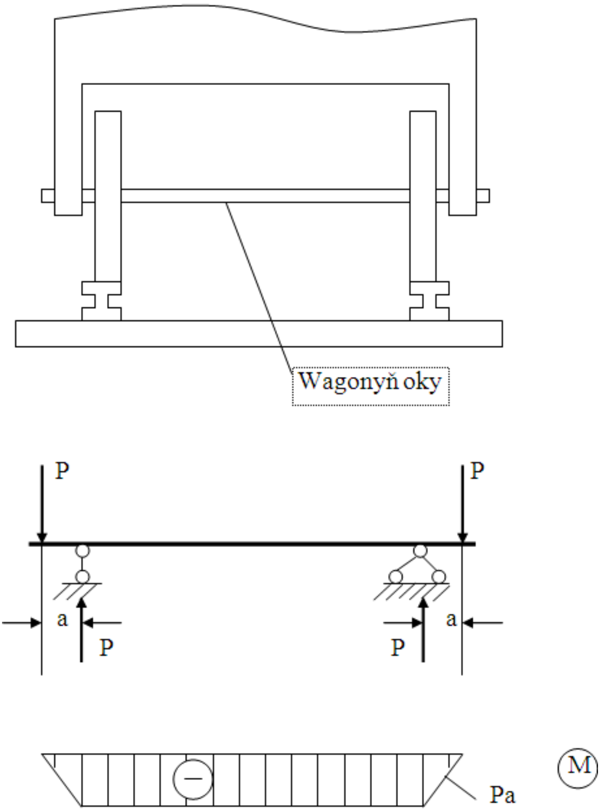
Kese egilme.	Erkin däl towlanma.
<u>Statiki moment (sm^3).</u> $\rho_x = \int_F y dF$; $\rho_y = \int_F x dF$;	Sektorýal statiki moment (sm^4). $\rho_w = \int_F w dF$;
Inersiýa momendi. $I_x = \int_F y^2 dF$; $I_y = \int_F x^2 dF$;	Sektorýal inersiýa momendi. $I_w = \int_F w^2 dF$;
Merkezden daşlaşýan moment inersiýa. $I_{xy} = \int_F xy dF$;	Sektorýal merkezden daşlaşýan moment inersiýa. $I_{xw} = \int_F yw dF$; $I_{yw} = \int_F xw dF$;
$\frac{dv}{dx} = \varphi$, $\frac{dM}{dx} = Q$; $\frac{d^2M}{dx^2} = \frac{dQ}{dx} = -q$. $EIv^{II} = -M$;	$\frac{d\theta}{dz} = \psi$; $\frac{dB}{dz} = M_w$; $\frac{dM_w}{dz} = \frac{d^2B}{dz^2} = -m_w$; $EI_w\theta^{II} = -B$;
$\sigma = \frac{M}{I} \cdot y$; $\tau = \frac{Q \cdot S^{ots}}{Ib}$;	$\sigma_w = \frac{B}{I_w} \cdot w$; $\tau_w = \frac{M_w \cdot \rho_w^{ots}}{I_w \cdot h}$;

15. Wagyta görä üýtgeýän güýjenme

15.1 Umumy düşinje

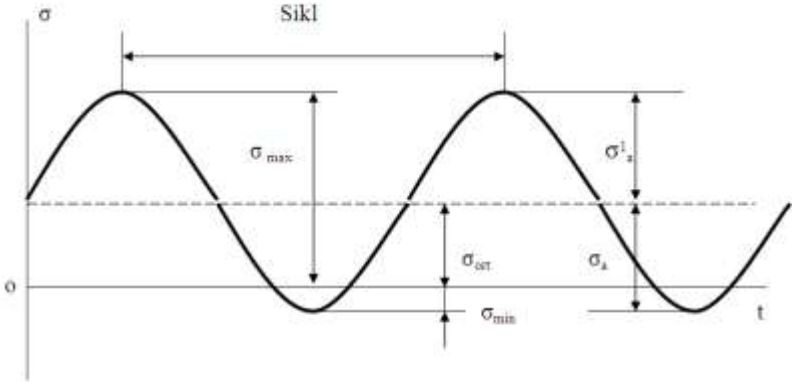
Eger seredilýän konstruksiýalarda olara goýulan güýçler wagyta görä üýtgeýän bolsa, ýa –da belli bir tarapa hereket edýän bolsa onda şeýle konstruksiýalarda ýüze çykýan güýjenmä wagta görä üýtgeýän güýjenmeler diýilýär.

<u>Meselem.</u> Demirýol wagonynyň agramyndan wagonyň okunyň egilmeginden döreýän güýjenme



1 – nji surat

Hereket edýän poýezdiň agramyndan köpriniň fermasynyň böleklerinde döreýän güýjenmäni mysal getirip bolar. Bu häsýeti grafikde görkezip bolar.



2 – nji surat

15.2 Güýjenmäniň sikili barada düşinje

Güýjenmäniň bir perýod proses wagtyndaky yzygidejli üýtgeýän bahalarynyň toplumyna güýjenmeleriň sikli diýilýär. Onuň iň uly bahasyna σ_{max} diýilýär, iň kiçi bahasyna σ_{min} diýilýär.

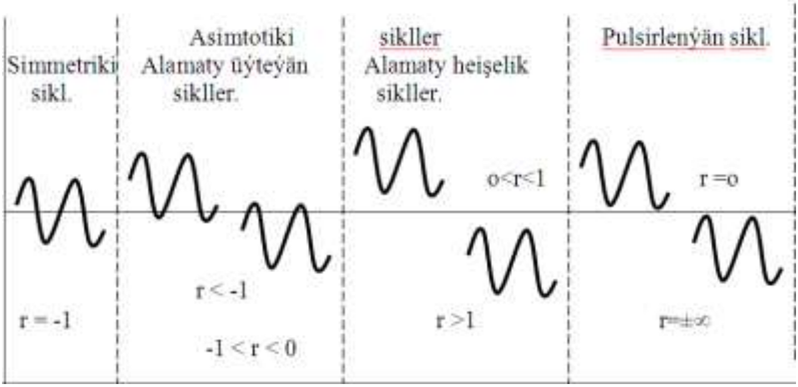
Onuň orta bahasy şeýle tapylýar. $\sigma_m = \dfrac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$; (1)

Sikiliň amplitudasy şeýle hasaplanýar. $\sigma_a = \dfrac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$; (2)

$$\begin{cases} \sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_a \\ \sigma_{\min} = \sigma_m - \sigma_a \end{cases} \quad (3)$$

eger $\sigma_{max} = \sigma_{min}$ alamatlary boýunçada ters bolsa onda oňa simmetriki sikel diýilýär.

$\sigma_m = 0,$ $\sigma_a = \sigma_{max} = - \sigma_{min}$



3 –nji surat

Eger $\sigma_{max} \neq \sigma_{min}$ bolsa onda bu ýagdaýa asimmetriki ýagdaý diýilýär. Eger $\sigma_{max} = 0$ ýa-da $\sigma_{min} = 0$ bolsa biriden –biri nul bolsa bu ýagdaýa pulsirlenen sikl diýilýär.

Sikliň asimmetriýasynyň sikli

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{mah}}; \qquad (4)$$

R_σ – normal güýjenme üçin,
R_τ – kese güýjenme üçin.

Sikliň häsýetnamasy. $\rho = \frac{\sigma_a}{\sigma_b}$; (5) $\qquad \rho = \frac{1-R}{1+R}$; (6)

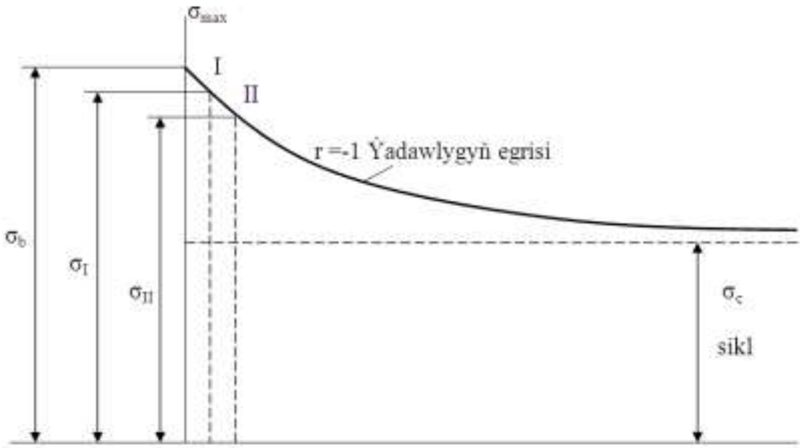
R = -1, ρ = $\pm\infty$, R = 0, ρ = 1, R = $\pm\infty$, ρ = -1.

15.3 Materialyň ýadawlygy barada düşünje

Konstruksiýanyň birnäçe gezek üýtgeýän güýjenmäniň täsiri netijesinde döwçlmegine materýalyň ýadawlygy diýilýär.

Materýalyň birnäçe gezek üýtgeýän güýjenmäni kabul etmegine materýalyň çydamlylygy diýilýär. Bu ýagdaýda berklige barlanmagyna çydamlylygyň hasaplamalary diýilýär.

Bu ýagdaýdaky mehaniki häsýetleri şeýle hasaplaýarlar.



4 – nji surat

Onda grafikde ordinatada σ absisada sikliň sany. Emele gelen egri Wýoleriň egrisi diýilýär. Egri eger σ_{max} kiçeltseň sikiliň synynyň köpelýändigini görkezýär, bu ýagdaýda metal döwülýär.
σ_n – çydamlylygyň çägi.

15.4 Çydamlylygyň çägine täsir ýetýän faktorlar

a). Detalyň ölçegine we formasyna. b). Onuň üstüniň ýagdaýyna.
ç). Tebigatyň täsirine. d). Güýjenmeleriň konsentrasiýasyna.

Konsentrasiýasyýa koeffisenti. $K_\sigma = \dfrac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1k}}$; $\left(K_\tau = \dfrac{\tau_{-1}}{\tau_{-1k}}\right)$;

(7) $K_\sigma = 1 + q(\alpha_{k\sigma} - 1)$; $K_\tau = 1 + q(\alpha_{k\tau} - 1)$; (8) q – materýalyň konstruksiýa durnuklylygy.

Eger ýiti güýjenmäniň konstruksiýasy bolmasa.

$K_\sigma = 1{,}2 + 0{,}2 \cdot \dfrac{\sigma_b - 4000}{11000}$; (9) Eger konstruksiýanyň güýjenmesi ýiti bolsa. $K_\sigma = 1{,}5 + 1{,}5 \cdot \dfrac{\sigma_b - 4000}{11000}$; (10)

Detalyň ölçegini hasaba almak. $\beta_{m\sigma} = \dfrac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1m}}$;

$$\left(\beta_{m\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\tau_{-1m}}\right); \qquad (11)$$

Detalyň üstüniň ýagdaýyny hasaba almak.

$$\begin{cases} K_{\sigma d} = K_\sigma \cdot \beta_{m\sigma} \cdot \beta_{p\sigma}; \\ K_{\tau d} = K_\tau \cdot \beta_{m\sigma} \cdot \beta_{p\tau}; \end{cases} \qquad (12)$$

$K_{\sigma d}$; $K_{\tau d}$ – çydamlylygyň çägini azaltmak koeffisenti.

Berklik kanuny şeýle ýazylýar. $h \geq [h]$ (13)

h –egilmede, $h = \dfrac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma d} \cdot \sigma_{\max}}$;

h – süýnmede we gysylmada,

$$h = \frac{\sigma_{-1d}}{K_{\sigma d} \cdot \sigma_{\max}};$$

h – towlanmada,

$$h = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\tau d} \cdot \tau_{\max}};$$

$$[h] = \frac{\sigma_{-1}}{[\sigma_m]\left(K_{\sigma d} \cdot \dfrac{[\sigma_a]}{[\sigma_m]} + \Psi_\sigma\right)}; \qquad (14)$$

$$[\sigma_a] = \frac{\sigma_{-1}}{[h]\cdot\left(K_{\sigma d} + \frac{\Psi_\sigma}{\rho_\sigma}\right)};$$

$$[\sigma_m] = \frac{\sigma_{-1}}{[h]\cdot(K_{\sigma d}\cdot\rho_\sigma + \Psi_\sigma)};$$

$$\Psi_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_b}; \qquad \Psi_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\tau_b};$$

16. Dinamiki güýçlerden hasaplamalar

16.1 Dinamiki güýç barada düşünje

Statiki güýçlerde deformasiýanyň üýtgemegi örän kiçi şol sebäpden inersiýa güýçlerini hasaba almaýarlar. Eger inersiýa güýçlerini hasaba almaly bolsa onda beýle güýçlere dinamiki güýçler diýilýär.

a) Urgy güýçleri
b) Wibrasiýa güýçleri (станок, двигателЬ)
c) Yrgyldy berýän güýçler .

Maksady uly deformasiýa bermez ýaly edip saklamak. Onda daşky güýçden , içki güýçden, inersiýa güýçlerinden jisim deň agramlykda bolmaly.

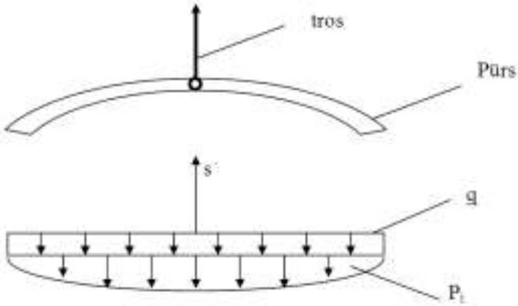
(Dalamberiň prinsipi)

dPi= $\frac{\gamma\cdot dV}{g}\bullet$a (1) dPi - kiçi inersiýa güýji γ - materialyň birlik göwrümine düşýän agramy . **a**- tizlenme

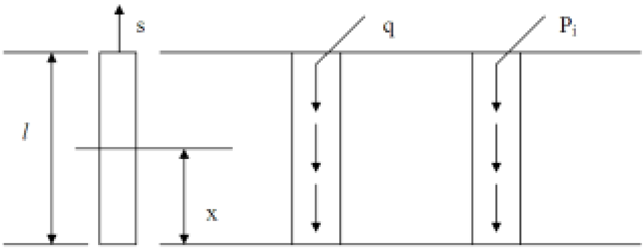
$d_{Pi}=\frac{\gamma\cdot F\cdot dx}{g}\cdot a$ IV - birlik göwrüm P_i=

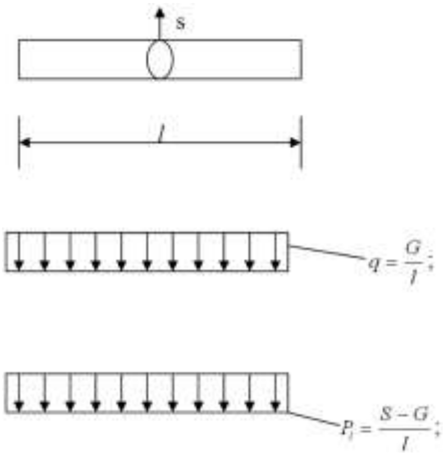
$\frac{d_{pi}}{dx} = \frac{\gamma A\cdot dx}{gdx}$ a= $\frac{\gamma F\cdot a}{g}$; Pi= $\frac{\gamma\cdot Aa}{g}$ (2)

16.2 Dinamiki hasaplaryň statiki hasaplara getirilişi



$$S = q+P_i; \qquad q = G/l; \qquad P_i = q\cdot a/g;$$



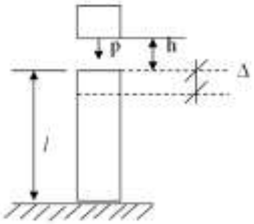


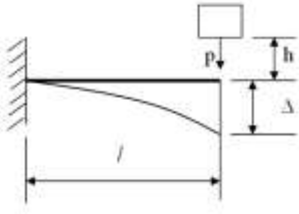
$$q_{um} = q + P_i = \frac{G}{l} + \frac{S-G}{l} = \frac{S}{l};$$

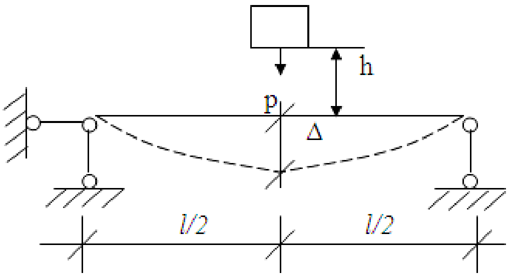
$$\Sigma x = 0; \quad S - G - P_i \cdot l;$$

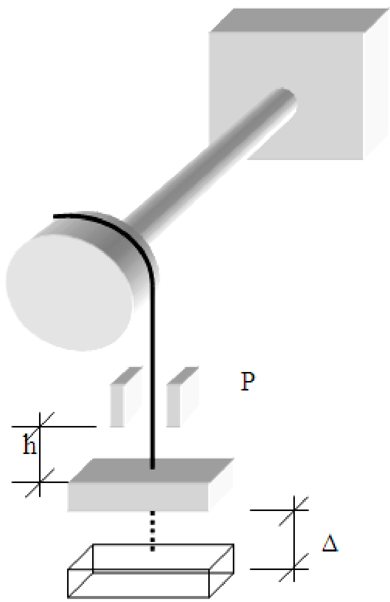
$$P_i = \frac{S-G}{l};(3)$$

Urgy



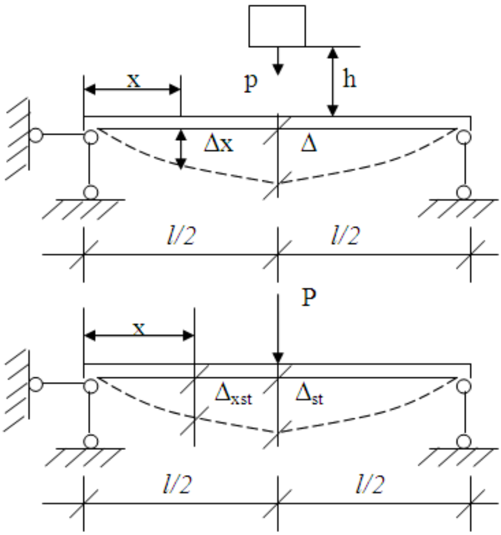






$$K_D = \frac{\Delta_x}{\Delta_{xct}} = \frac{\Delta}{\Delta_{ct}}; \qquad (6)$$

Δ_x, Δ – dinamiki orun üýtgeme, Δ_x – kesikdäki, Δ – güýjiň aşagyndaky, K_D – dinamiki koefissent



U = P (h + Δ); (7) $U = \frac{1}{2} P \cdot k_D \cdot \Delta$; (8) U – potensiýal energiýa

$V = \sqrt{2gh}$; (9) ýa – da $2h = \frac{V^2}{g}$; g = 9,81 m/sek^2 = 981 sm/sek^2; V – tizlik.

$$K_D = \frac{\Delta}{\Delta_{ct}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{ct}}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{V^2}{g\Delta_{ct}}}; \quad (10)$$

$$K_D = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{ct}}}; \quad (11)$$ $\sigma_D = \sigma_{ct} \cdot k_D$; (12) $W_{kinet\ ener} = \int \frac{c_x^2}{2g} dQ$; (13) $c = \frac{P}{P+Q} \cdot V$; (14)

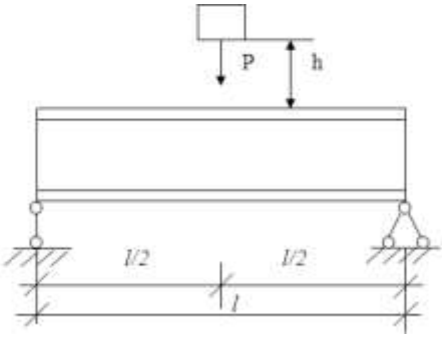
Q – ýük, V – tizlik, P – güýç.

16.3 Meseleleriň işlenişine seretmek

L = 2 m,   c = 500 kg/sm^2;   W = 287 sm^2, H = 4 sm   E = 2·10^6 kg/sm^2;   q = 27,9 kg (bir metr egnine düşýän ýük). P = 400 kg,   I = 2370 sm^4,   (№26 şweller).

$$\Delta_{ct} = \frac{Pl^3}{48EI} = 0{,}0041\text{sm}$$

$$K_D = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{ct}}};$$



M_{max}, $\sigma_{ct}\cdot\sigma_{max} = \dfrac{|M_{max}|}{W}$; $\sigma_d = k_d\cdot\sigma_{ct}$;   öz agramynyň hasaba almazdan

Öz agramyny hasaba alyp $k_D = 1 + \sqrt{1 + \dfrac{2h}{\Delta_{ct}\left(1 + \beta\dfrac{Q}{F}\right)}}$; Q = q·l;   β = 17/35 = 0,4857;

$\sigma_d = k_d\cdot\sigma_{ct}$;

1 – nji surat

Pürsleriň deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarylandan soň daşky üýtgeýän güýjiň täsir etmezliginden emele gelýän yrgylda erkin yrgyldy diýilýär.

Eger daşky üýtgeýän güýjiň täsirinde bolýan yrgylda mejbury yrgyldy diýilýär. Onda erkin yrgyldynyň deňlemesi şeýle hasaplanýar.

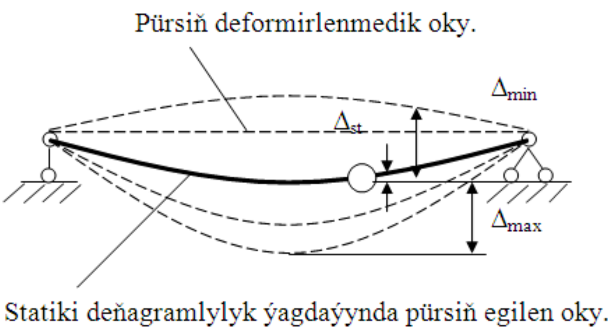
$A = A \cdot cos\ (wt+B);\ \ w = \sqrt{\dfrac{g}{P \cdot \delta}}\ ;$

Erkin yrgyldynyň perindy, $T = \dfrac{2\pi}{w} = 2\pi\sqrt{\dfrac{P \cdot \delta}{g}}\ ;$

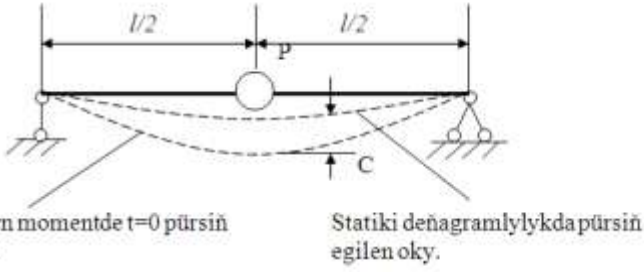
Maksimal egilme şeýle hasaplanýar, $\Delta^*_{max} = \Delta_{max} + \Delta_{ct} = c + \dfrac{Pl^3}{48EI}\ ;$

Maksimal güýjenme, $\sigma_{max} = \dfrac{M_{max}}{W} = \left(\dfrac{48cEI}{l^2} + P\right) \cdot \dfrac{l}{48EI}\ ;$

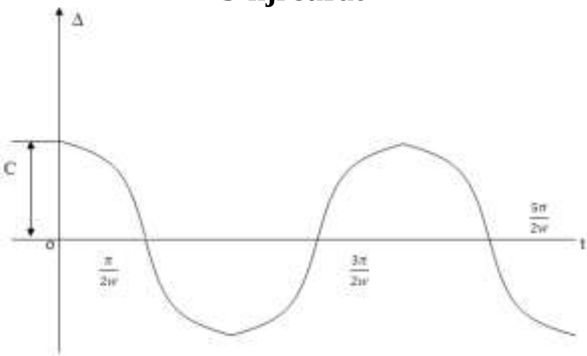
$M_{max} = \left(\dfrac{48cEI}{l^3} + P\right) \cdot \dfrac{l}{4}\ ;$



2 – nji surat



3-nji surat



4– nji surat

Dinamiki kofissent şeýle hasaplanýar.

$$K_d = \frac{1}{1 - \frac{\varphi^2}{w^2}} \;;(15)$$

17. Häzirki zaman hasaplamalar

17.1 Täze materiýallaryň ulanylyşy

Gurlyşykda ulanylýan materýallaryň berkligini, gatylygyny we durnuklylygyny öwrenýän we oňa baha berýän ulgama materýallaryň garşylygy diýilýändigini biz öň bilýäris.

<u>Berklige hasaplamalar</u>

$$\sigma = \frac{N}{F} \le [\sigma]; \qquad \sigma = \frac{|M_{\max}|}{W} \le [\sigma]; \quad \tau = \frac{M_t}{W_p} \le [\tau];$$

$$\tau \le [\tau]; \qquad \sigma_{sm} \le [\sigma_{sm}].$$

<u>Gatylyga hasaplamalar</u>

$$\varepsilon \le [\varepsilon]; \qquad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l}; \qquad \Delta l = \frac{Nl}{EF};$$

<u>Durnyklylyga hasaplamalar</u>

$$P \le P_{how}; \qquad P_{how} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2}; \qquad \sigma_{how} = a - b\lambda. \ \sigma = \frac{P}{F_{br}} \le [\sigma_d];$$

$$[\sigma_d] = \varphi[\sigma].$$

Häzirki zaman hasaplamalarynda materýalyň gatybirlik ukybyny doly ulanmak maksady bilen görkezilen hasaplamalarda her bir parametri tötänleýin parametrler hökmünde seredip şonuň esasynda ähtimallyk teorýasyny ulanmak arkaly konstruksiýanyň işleýşiniň ygtybarlylygyna baha bermäge synanşyk edýärler.

Häzirki wagytda gurluşyk meýdançasynda köp täze materýallar ulnylýar. Meselem polimer materýallary mysal getirmek bolar.

Olardan şulary mysal getirmek bolar.

a). Suw geçirmeýän elestometriki polimerbitumly örtükler. b). Elastosol. ç). Elastoplastlar. d). Alusollar. ý). Polifeltler, we şuňa meňzeşler.

Bu täze materýallaryň fiziko –mehaniki häsýetlerini öwrenmek we olaryň iş wagtyndaky özüni alyp barşyny öwrenmek zerurdyr.

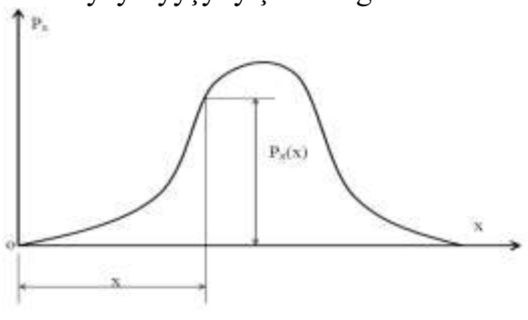
Onda häzirki zaman hasaplamalaryna ähtimallyk teorýasyny ulanyp kohstruksiýanyň işleýşiniň ygtybarlylygyna baha bermekden ybaratdyr diýdik.

<u>17.2 Ähtimallyk modeliniň hasaplamalarda ulanylyşy</u>

Häzirki döwürde konstruksiýa goýulýan güýçleri, berkligi häsýetlendirýän parametrleri, geometriki häsýetnamalary tutuk hasaplap bolmaýar. Şol sebäpli ol parametrleri tötänleýin parametrler hökmünde häsýetlendirmegi teklip edýärler. Onda hemme hasaplamalar ähtimallyk teorýasyna eýermeli bolýar. Onda bu teorýanyň esasynda konstruksiýanyň ulanylýan wagtyndaky ygtybarlylygyna baha berip bolýar. Bu teorýanyň esasy görkezijisi konsttuksiýanyň ulanylýan wagtynda işe ukypsyz bolmagynyň ähtimallygyny görkezýän parametrdir. Onda bu meseläni çözmek üçin ähtimallyk teorýasyny, statiki matematikany we tötänleýin sanlaryň teorýasyny öwrenmek gerekdir. Tötänleýin sanlar diýilip onuň belli bir bahasyny aýdyp bolmaýan ýagdaýa aýdylýar. Onda şu wagyta çenli seredip çykarylan formulalardaky parametrlere biz tötänleýin sanlar hökmünde seretsek onda biz olaryň nähili ýaýraýandygyny bilmeli bolýarys.

Meselem: Berikligiň çägini tötänleýin san hökmünde garamak bolar.

Onda onuň ýaýraýyşyny şekilde görkezeliň.



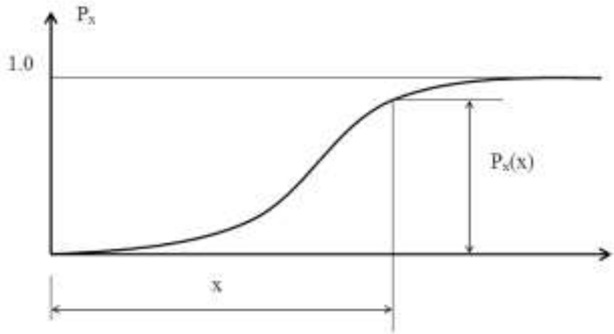
1 – nji surat

Onda egriniň meýdanyny şeýle hasaplaýarys

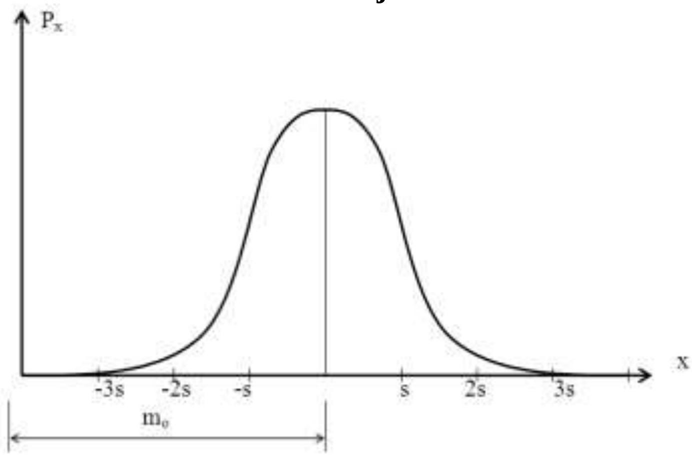
$$\int_{-\infty}^{\infty} P_x(x)dx = 1; \qquad (1)$$

Onda tötänleýin sanyň x –den kiçi boljagynyň ähtimallygyny

hasaplap bolýar $P_x(x) = \int_{-\infty}^{\infty} P_x(\zeta)ds$; (2)



3-nji surat



4 – nji surat

Tötänlaýin sanyň matematiki garaşmasyny hasaplalyň

$$M(x) = m_0 = \int_{-\infty}^{\infty} xP_x(x)dx\,; \qquad (3)$$

Matematiki garaşmadan ýaýraýşyny häsýetlendirýän parametre tötänleýin sanyň dispersiýasy diýilýär.

$$D(x) = D = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_0)^2 P_x(x)dx\,; \qquad (4)$$

Matematiki garaşmany biz tötänleýin sanyň ýagdaýyny häsýetlendirýän egriniň agyrlyk merkeziniň absisasy hökminde seredip bileris.

Dispersiýany bolsa egriniň çyzan çyzygynyň meýdanynyň moment inersiýasy hökminde garap bolar. Onda tötänleýin sanyň standartyny şeýle hasaplap $S = \sqrt{D}$; (5)
Köpülenç halatda tötänleýin sany häsýetlendirmek üçin şeýle ýaýrama ulanylýar. $P_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi D}} \cdot e^{\frac{(x-m_0)}{2D}}$; (6). Normal ýaýramanyň integral formulasy köp ulanylýar.

$$P_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi D}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{(\zeta-m_0)}{2D}} \cdot d\zeta; \quad (7)$$

Täsir edýän güýjenmäniň öz çäginden geçjekdigini ähtimallygy şeýle

hasaplanýar. $P\{\sigma\rangle\sigma^*\} = \int_0^\infty P(\sigma^*)\left\{\int_0^\infty P(\sigma)d\sigma\right\}d\sigma^*$; (8)

Onda konstruksiýanyň ygtybarlygy şeýle hasaplanýar.

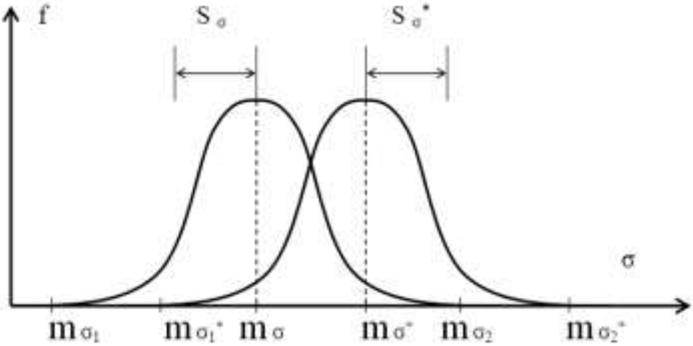
$$H = 1 - P\{\sigma\rangle\sigma^*\}; \quad (9)$$

Eger täsir edýän güýjenme we onuň çägi normal ýaýrama boýunça ýaýraýan bolsa $H = \frac{1}{2} + \Phi\left\{\frac{m(\sigma^*) - m(\sigma)}{\sqrt{2\{D(\sigma^*) + D(\sigma)\}}}\right\}$ (10).

$$P\{\sigma\rangle\sigma^*\} = \frac{1}{c_1c_2}\left\{\frac{1}{2} + \Phi\left\{\frac{m(\sigma^*) - m(\sigma)}{\sqrt{2D(\sigma^*) + D(\sigma)}}\right\}\right\}; \quad (11)$$

$$c_1 = \Phi\left\{\frac{m(\sigma_2) - m(\sigma)}{\sqrt{2D(\sigma)}}\right\} - \Phi\left\{\frac{m(\sigma_1) - m(\sigma)}{\sqrt{2D(\sigma)}}\right\};$$

$$c_2 = \Phi\left\{\frac{m(\sigma_2^*) - m(\sigma^*)}{\sqrt{2D(\sigma^*)}}\right\} - \Phi\left[\frac{m(\sigma_1^*) - m(\sigma^*)}{\sqrt{2D(\sigma^*)}}\right];$$



5– nji surat

$$n = \frac{m(\sigma^*)}{m(\sigma)}; \qquad H = \frac{1}{2} + \Phi\left[\frac{n-1}{\sqrt{2\{V_1^2 + nV_2^2\}}}\right]; \quad (12).$$

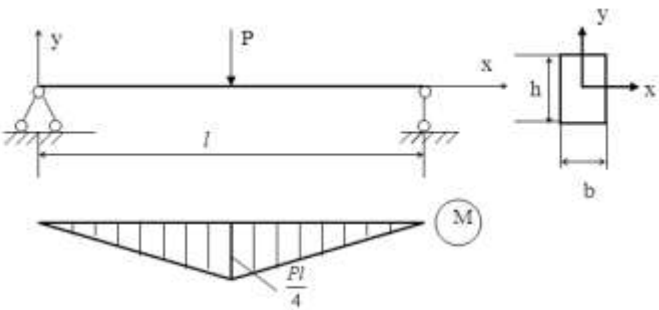
$$V_1 = \frac{\rho(\sigma)}{m(\sigma)}; \qquad V_2 = \frac{\rho(\sigma^*)}{m(\sigma)};$$

Mysal:

Mysalyň şerti: Şarnirli berkidilen *l* uzynlykly pürse P güýç täsir edýär. Bu şertde işleýän pürsiň kese –kesiginiň beýikligini hasaplamaly. Onuň ygtybarlygy H = 0,96 deň ölçegde goý berilýän mümkinçilik α = 0,015.

17.3 Hödürlenýän modelleriň kömegi bilen mesele işlemek

Tötänleýin san.	Matematiki garaşmasy. m_x	Standarty - ρ_x.	Wariýasiýa koeffisenti. $V = \rho_x / m_x$;
Materýalyň berklik çägi. $\sigma^* = \sigma_{ak}$, (MPa)	305,0	18,3	0,060
Täsir edýän güýç. P(MH)	$8 \cdot 10^{-2}$	$2{,}8 \cdot 10^{-3}$	0,035
Pürsiň aralygy. l(m)	6	$6 \cdot 10^{-2}$	0,01



6 – njy surat

Aňry baş çäkde P = P_{ag} momendiň bahasy (nokadyň goýulan ýerinde). $M_{ag} = \frac{P_{ag} \cdot l}{4}$; (13).

Güýjenmäniň çägi.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{ag}}{W} = \sigma_{ak}; \quad (14) \qquad W = \frac{bh^2}{4} = \frac{2}{3} \cdot \frac{h^3}{4} = \frac{h^3}{6}; \quad (15)$$

Onda,

$$\sigma_{ak} = \frac{M_{ag}}{W} = \frac{3P_{ag} \cdot l}{2h^3}; \quad (16)$$

P_{ag}, l we h –tötänleýin sahlar diýip alalyň.

$$\begin{cases} f(P)=\dfrac{1}{\rho_p\sqrt{2\pi}}\cdot e^{\frac{(P_{ag}-mp)^2}{2\rho p^2}}; \\ f(e)=\dfrac{1}{\rho_e\sqrt{2\pi}}\cdot e^{\frac{(e-me)^2}{2\rho e^2}}; \\ f(h)=\dfrac{1}{\rho_h\sqrt{2\pi}}\cdot e^{-\frac{(h-mh)^2}{2\rho h^2}}; \end{cases} \qquad (17)$$

Tötänleýin sanlaryň ýaýraýyşlary.Normal güýjenmäniň matematiki garaşmasy

$$m_\sigma = f\left(m_p; m_e; m_h\right) = \frac{3m_p m_e}{2m_h^2}; \qquad (18)$$

Normal güýjenmäniň dispersiýasy.

$$\rho_\sigma^2 = \left(\frac{v\sigma}{vP_{ag}}\right)^2 \left| \begin{matrix} m_p \\ m_e \\ m_h \end{matrix} \right. \cdot \rho_p^2 + \left(\frac{v\sigma}{ve}\right)^2 \left| \begin{matrix} m_p \\ m_e \\ m_h \end{matrix} \right. \cdot \rho_e^2 + \left(\frac{v\sigma}{vh}\right)^2 \left| \begin{matrix} m_p \\ m_e \\ m_h \end{matrix} \right. \cdot \rho_h^2;$$

(19)

α –ny gözöňünde tutsak onda dispersiýany şeýle hasaplap bolýar

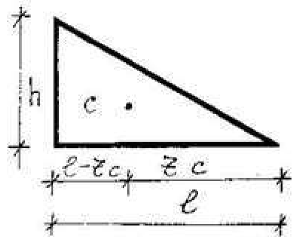
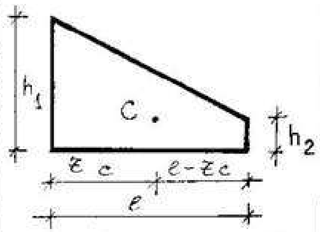
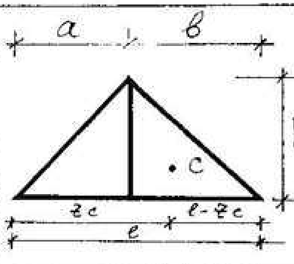
$$D(\sigma) = S_\sigma^2 = \frac{9}{4m_h^\sigma}\left(m_p^2 \cdot S_p^2 + m_e^2 S_e^2 + \alpha^2 m_p^2 m_e^2\right); \qquad (20)$$

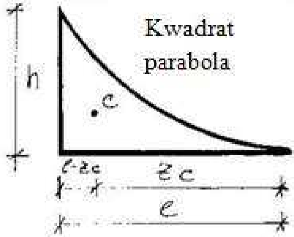
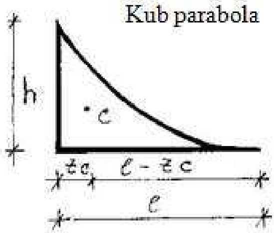
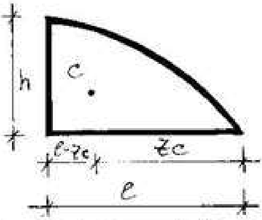
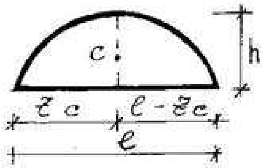
Onda pürsiň ygtybarlylygyny şeýle hasaplaýarys.

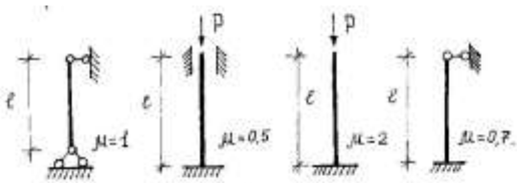
$$H = \frac{1}{2} + \Phi\left\{\frac{m(\sigma^*) - m(\sigma)}{\sqrt{2\{D(\sigma^*) + D(\sigma)\}}}\right\}; \qquad (21)$$

$\Phi(z)$ -ähtimallygyň integraly. Ol tablissada berilýär

Gollanma hökmünde käbir suratlaryň geometrik häsiýetlerini tablissada görkeziň

<table>
<tr><td rowspan="2">№
T/N</td><td rowspan="2">Görkezilen şekilleriň egiji momendiniň epýurlary</td><td rowspan="2">Şekiliň meýda-ny</td><td colspan="2">Agyrlyk merkezine çenli aralyk</td></tr>
<tr><td>z_c</td><td>$\ell - z_c$</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>1</td><td></td><td>$\frac{\ell h}{2}$</td><td>$\frac{2}{3}\ell$</td><td>$\frac{1}{3}\ell$</td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td>$\frac{(h_1+h_2)\ell}{2}$</td><td>$\frac{h_1+h_2\cdot 2}{3(h_1+h_2)}$</td><td>$\frac{h_2+2h_1}{3(h_1+h_2)}\cdot\ell$</td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td>$\frac{\ell h}{2}$</td><td>$\frac{a+\ell}{3}$</td><td>$\frac{b+\ell}{3}$</td></tr>
</table>

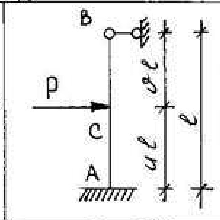
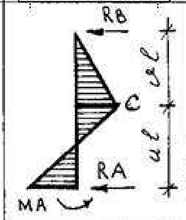
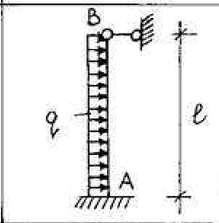
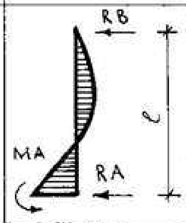
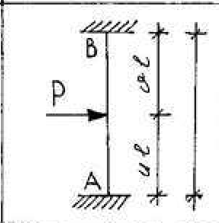
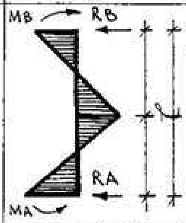
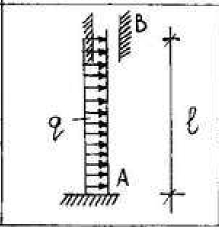
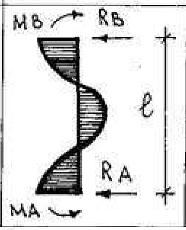
1	2	3	4	5
4		$\frac{\ell h}{3}$	$\frac{3}{4}\ell$	$\frac{1}{4}\ell$
5		$\frac{\ell h}{4}$	$\frac{4}{5}\ell$	$\frac{1}{5}\ell$
6		$\frac{2}{3}\ell h$	$\frac{5}{8}\ell$	$\frac{3}{8}\ell$
7		$\frac{2}{3}\ell h$	$\frac{1}{2}\ell$	$\frac{1}{2}\ell$

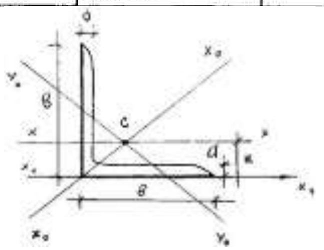


μ-uzynlygyň getirme koeffisiýentiniň berkitmeler bilen baglanyşykly shemasy.

3-nji tablissa

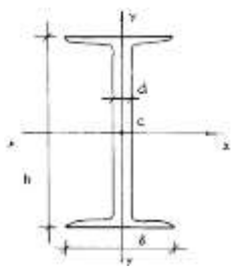
Syryg çeýeligi $\lambda = \frac{\mu l}{i}$	Dürli materiallar üçin boý egilme koefsiýenti-φ			
	Polat П-4,3,2	Polat П-5	Çoýun	Agaç
0	1.00	1.00	1.00	1.00
10	0.99	0.98	0.97	0.99
20	0.96	0.95	0.91	0.97
30	0.94	0.92	0.81	0.93
40	0.92	0.89	0.69	0.87
50	0.89	0.86	0.57	0.80
60	0.86	0.82	0.44	0.71
70	0.81	0.76	0.34	0.60
80	0.75	0.70	0.26	0.48
90	0.69	0.62	0.20	0.38
100	0.60	0.51	0.16	0.31
110	0.52	0.43	-	0.25
120	0.45	0.36	-	0.22
130	0.40	0.33	-	0.18
140	0.36	0.29	-	0.16
150	0.32	0.26	-	0.14
160	0.29	0.24	-	0.14
170	0.26	0.21	-	0.11
180	0.23	0.19	-	0.10
190	0.21	0.17	-	0.09
200	0.19	0.16	-	0.08
210	0.17	0.15	-	0.07

N t/h	Hasap şekili	Egiji momendiň	
		Epyury	Formulasy
1			$M_A=-\left(\frac{P\ell}{2}\right)\cdot\vartheta(1-\vartheta^2)$ $M_C=\frac{P\ell}{2}u^2\vartheta(3-u)$ $R_A=\frac{P\vartheta}{2}(3-\vartheta^2)$ $R_B=\frac{Pu^2}{2}(3-u)$
2			$M_A=\frac{-q\ell^2}{8}$ $R_A=\frac{5q\ell}{8}$ $R_B=\frac{3q\ell}{8}$
3			$M_A=u\vartheta^2 P\ell$ $M_B=u^2\vartheta P\ell$ $M_C=2u^2\vartheta P\ell$ $R_A=\vartheta^2(1+2u)P$ $R_B=u^2(1+2\vartheta)P$
4			$M_A=-M_B=-\frac{q\ell^2}{12}$ $R_A=R_B=\frac{q\ell}{2}$



Deňtaraply ugolnik

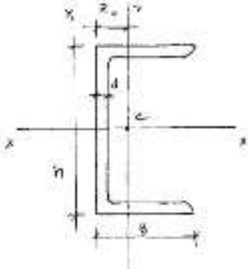
Profiliü nomeri	Geometrik ölçegler		Profiliň medany	Geometrik häsiýetleri							
				x-x		X_0-x_0		Y_0-y_0		X_1-x_1	Z_0
	b	a		I_X	i_x	I_{X0}	i_{x0}	I_{Y0}	i_{y0}	Y_{x1}	
	mm	mm	Sm^2	Sm^4	sm	Sm^4	sm	Sm^4	sm	Sm^4	sm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	20	3	1.13	0.40	0.59	0.63	0.75	0.17	0.39	0.81	0.60
2.5	25	3	1.43	0.81	0.75	1.29	0.95	0.34	0.49	1.57	0.73
2.8	28	3	1.62	1.16	0.85	1.84	1.07	0.48	0.55	2.20	0.80
3.2	32	3	1.86	1.77	0.94	2.80	1.23	0.74	0.63	3.26	0.89
3.6	36	3	2.10	2.56	1.10	4.06	1.39	1.06	0.71	4.64	0.99
4	40	3	2.35	3.55	1.23	5.63	1.55	1.47	0.79	6.35	1.09
4.5	45	4	4.38	6.63	1.38	10.5	1.74	2.74	0.89	12.1	1.26
5	50	3	2.96	7.11	1.55	11.3	1.95	2.95	1.00	12.4	1.3
5.6	56	4	4.38	13.10	1.73	20.8	2.18	5.41	1.11	23.3	1.52
6.3	63	4	4.96	18.9	1.95	29.9	2.45	7.81	1.25	33.1	1.69
7	70	5	6.20	29.0	2.16	46	2.72	12.0	1.39	51.0	1.88
8	80	6	9.38	57	2.47	90.4	3.11	23.5	1.58	102	2.19



DWUTAWRALAR

Profi-liň nomer	Geometrik ölçegler			Profiliň meý	Geometrik häsiýetleri					
					x-x			y-y		
	h	b	d		I_x	W_x	i_x	I_y	Wy	iy
	mm	m m	mm	sm^2	sm^4	sm^3	sm	sm^4	sm^3	sm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	100	55	4.5	12	198	39.7	4.06	17.9	6.49	1.22
12	120	64	4.8	14.7	350	58.4	4.88	27.9	8.72	1.38
14	140	73	4.9	17.4	572	81.7	5.73	41.9	11.5	1.55
16	160	81	5	20.2	873	109	6.57	58.6	14.5	1.70
18	180	90	5.1	23.4	1290	143	7.42	82,6	18.4	1.88
18^a	180	100	5.1	25.4	1430	159	7.51	114	22.8	2.12
20	200	100	5,2	26,8	1840	184	8,28	115	23,1	2,07
20^a	200	110	5.4	30.6	2550	232	9.13	157	28.6	2.27
22	220	110	5.2	28.9	2030	203	8.37	155	28.2	2.32
22^a	220	120	5.4	32.8	2790	254	9.22	206	34.3	2.50
24	240	115	5.6	34.8	34.60	289	9.97	1.98	34.5	2.37
27	270	125	6.0	40.2	5010	371	11.2	260	41.5	2.54
27^a	270	135	6.0	43.2	5500	407	11.3	337	49.9	2.80
30	330	135	6.5	46.5	7080	472	12.3	337	60.1	2.69
30^a	330	145	6.5	49.9	7780	518	12.5	436	59.9	2.95
33	330	140	7.0	53.8	9840	557	13.5	419	71.1	2.79
36	360	145	4.5	61.9	13380	743	14.7	516	85.9	2.89
40	400	155	8.0	71.4	18930	947	16.3	666	101	3.05
45	450	160	8.6	83.0	27450	1220	18.2	807	122	3.12
50	500	170	9.5	97.8	39290	1570	20.0	1040	150	3.44
55	550	180	10.3	114	55150	22.0	1350	150	150	3.26
60	600	190	11.1	132	75450	2510	23.9	1720	181	3.60
65	650	200	12.0	153	101400	3120	25.8	2170	217	3.77
70	700	210	13.0	202	134600	3840	27.7	2730	260	3.94
70^a	700	210	15.0	202	152700	4360	27.5	3240	309	4.01
70^b	700	210	17.5	234	175330	5010	27.4	3910	373	4.09

Şwellerler.



Profiliň nomeri	Geometrik ölçegler			Profiliý meý dany	Gepmetrik häsiýetlri						
					x-x			y-y			Z_0
	h	b	d		I_x	W_x	i_x	I_y	W_y	i_y	
	mm	mm	mm		sm^4	sm^3	sm	sm^4	Sm^3	sm	Sm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	50	32	4.4	6.16	22.8	9.10	1.92	5.61	2.75	0.954	1.16
5	65	36	4.4	7.51	48.6	15.0	2.54	870	3.68	1.08	1.24
6.5	80	40	4.5	8.98	89.4	22.4	3.16	12.8	4.75	1.19	1.31
8	100	46	4.8	10.9	174	34.8	3.99	20.4	6.46	1.37	1.44
10	120	52	4.8	13.3	304	50.6	4.78	31.2	8.52	1.53	1.54
12	140	58	4.9	15.6	491	70.2	5.60	45.4	11.0	1.70	1.67
14ª	140	62	4.9	17.0	545	77.8	5.66	57.5	13.3	1.84	1.87
16	160	76	5.0	18.1	747	93.4	6.42	63.3	13.8	1.87	1.80
16ª	180	80	5.0	19.5	823	103	6.49	78.8	16.4	2.0	2.00
18	180	82	5.1	20.7	1090	121	7.24	86.0	17.0	2.04	1.94
18ª	180	87	5.1	22.2	1190	132	7.32	105.1	20.0	2.18	2.13
20	200	90	5.2	23.4	1520	152	8.07	11.0	20.5	2.20	2.07
20ª	200	95	5.2	25.2	1670	167	8.15	139.0	24.2	2.35	2.28
22	220	95	5.4	26.7	2110	192	8.89	151	25.1	2.37	2.21
22ª	220	100	5.4	28.2	2330	212	8.99	187	30.0	2.55	2.46
24	240	105	5.6	30.6	2900	242	973	208	31.6	2.60	2.42
24ª	270	110	5.6	32.9	3180	265	9.84	254	37.2	2.78	2.67
27	270	95	6.0	35.2	4160	308	10.9	262	37.3	2.84	2.47
30	300	105	6.5	40.5	5810	387	12.0	327	43.6	2.97	2.58
33	330	105	7.0	46.5	7980	484	13.1	410	51.8	3.10	1.59
36	360	110	7.5	53.4	10820	601	14.2	513	61.7	3.10	2.68

Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiýasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Pezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny).
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň “Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşaýyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin” Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. “Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry” Milli maksatnamasy. “Türkmenistan” gazeti, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. “Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy”. Aşgabat, 2006.
10. G.A.Amansahatow B.Aşyrow Materiallaryň garşylygy Aşgabat.Ylym.2002.
11. Aşirow A.I, Meredow G.Ö. Nurmammedow M. Handöwletow Materiallaryň garşylygy (okuw gollanma) A-2002.

12. Aşyrow A.I, Möwlýamow Ýa.A, Garadjaew A.G, Nafasow E.N, Ýazdurdyýew A.Ý. Türkmençe-rusça gysga tehniki sözlik, A.,1995.
13. Безухов Н. И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. М.,1968.
14. Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М., 1975.
15. Самуль В. И. Основы теории упругости и пластичности. М., 1982.
16. Теребушко О. И. Основы теории упругости и пластичности. М., 1984.
17. Тимошенко С. П. и Гудьер Дж. Теория упругости. М., 1979.
18. Киселев В. А. Плоская задача теории упругости. М., 1976.
19. Колкунов Н. В. Основы расчета упругих оболочек. М., 1987.
20. Рекач В. Г. Руководство к решению задач прикладной теории упругости. М., 1984.

MAZMUNY

III. Tekiz kesigiň geometriki häsiýetnamalary

IV. Dartgynlyk ýagdaýynyň teoriýasy

V. Towlanma deformasiýasy

VI. Orun üýtgeme deformasiýasy

VII. Egilme deformasiýasy

X. Maýyşgak esasdaky pürsler

XI. Egri pürsüň hasaplanyşy

XII. Gysylýan pürsleriň durnuklylygy